

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Uso de Biofertilizantes en el Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus L.*) Bajo un Sistema de Producción Sustentable en Casasombra

Por:

ANA YUDELMA RÍOS CAMEY

Tesis

Presentada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Febrero 2013.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Uso de Biofertilizantes en el Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.) Bajo un Sistema de Producción Sustentable en Casasombra

Por:

ANA YUDELMA RÍOS CAMEY

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Asesor Principal

Dr. Ricardo Hugo Lira Saldivar
Coasesor

Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar
Coasesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Febrero, 2013

DEDICATORIAS

A mis padres el Sr. Antonio Ríos Granados y la Sra. Floribertha Camey López, por haberme brindado todo su amor, apoyo y confianza en mí, les agradezco todo el esfuerzo que hicieron para sacarme adelante y el apoyo brindado a lo largo de toda mi vida los quiero muchísimo.

A mis hermanos Ervin, Bianey, Octavio, Mario, Yesenia y Juan quienes me han apoyado moralmente motivándome a continuar y a echarle siempre muchas ganas y lograr lo que me proponga en la vida.

A mis sobrinos Carlos, Conrado, Anthony, Elizma, Henri y Florecita quienes me han brindado su cariño y me han motivado a seguir adelante.

A mi princesa hermosa, mi hija Betsy Abril por ser mi razón de ser, lo más bonito e importante en mi vida, quien me impulsa a seguir adelante y lograr todo lo que me proponga.

AGRADECIMIENTOS

A Dios principalmente por todas las bendiciones que me ha brindado y por estar conmigo siempre cuando más lo he necesitado.

A mi padre Antonio Ríos Granados y a mi madre Floribertha Camey López por darme la vida y por ser el motor en mi vida, quienes me han brindado su apoyo incondicional a lo largo de mi formación y más que nada por todo el amor que me han brindado así como los consejos para llegar a ser una mejor persona y poder guiarme en la vida.

A mi familia por brindarme todo el cariño y apoyo moral que me impulso a seguir adelante y poder concluir mis estudios universitarios.

A mi esposo Edwin G. Ross López por brindarme su amor, cariño, confianza y sobre todo por ser una pieza esencial en mi vida, gracias por todos los buenos y malos momentos que hemos pasado juntos y por brindarme tu apoyo durante la realización de mi tesis.

A mi “Alma Terra Mater” la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por abrirme las puertas y darme la oportunidad para realizar mis estudios, por todos los servicios y más que nada por forjarme como una ingeniera.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) por apoyarme para realizar mi tesis, prestando sus instalaciones y a todo el departamento de plasticultura por su servicio.

A la empresa GreenCorp Biorganiks de México S. A., por proporcionar sus productos orgánicos para el control de plagas y enfermedades durante el ciclo del cultivo de pepino.

Al Dr. Ricardo Hugo Lira Saldívar por haberme brindado su confianza y la oportunidad de realizar mi tesis y por todo el apoyo brindado en campo y la asesoría durante la elaboración de este trabajo de investigación

.Al Dr. Leobardo Bañuelos Herrera por haberme brindado su apoyo confianza, y consejos durante la elaboración de este trabajo de investigación.

Al Dr. Antonio Cárdenas por brindarme su apoyo en campo durante la realización del trabajo de investigación.

Al Dr. Luis Alonso Aguilar por ser de gran apoyo durante la realización y redacción de este trabajo de investigación.

Al M.C. Federico Cerda Ramírez, M.C. Eduardo Alfonso Treviño López y al Ing. Felipe Hernández Castillo por su valioso apoyo en la instalación del sistema de fertirriego, toma de datos fenológicos y en los cortes de fruto.

A mis compañeros de la universidad por haberme brindado su amistad y por todos los lindos momentos que pasamos juntos a lo largo de la carrera.

A mis maestros que me brindaron sus conocimientos para mi formación y llegar a ser una ingeniera competente.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Origen del pepino.....	4
2.2 Generalidades del cultivo de pepino.....	4
2.3 Morfología de la planta de pepino.....	5
2.3.1 Sistema radicular.....	5
2.3.2 Tallo.....	5
2.3.3 Hoja.....	5
2.3.4 Flores.....	5
2.3.5 Fruto.....	6
2.4 Requerimientos de la planta de pepino	6
2.4.1 Temperatura.....	6
2.4.2 Humedad relativa.....	6
2.4.3 Luminosidad.....	7
2.4.4 Tipo de suelo	7

2.5 Agricultura orgánica o ecológica.....	7
2.6 Producción orgánica en el mundo.....	9
2.7 Producción orgánica en México.....	10
2.8 Agricultura protegida	11
2.9 Casa sombra.....	12
2.10 Uso de acolchado plástico.....	13
2.11 Acolchado plástico blanco/negro.....	14
2.12 Biofertilizantes.....	15
2.13 Uso de microorganismos como biofertilizantes en cultivos Hortícolas.....	16
2.14 Micorrizas.....	18
2.15 <i>Azospirillum brasilense</i>	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1 Localización geográfica del trabajo experimental.....	22
3.2 Material genético.....	22
3.3 Tratamientos.....	23
3.4 Metodología.....	23
3.4.1 Preparación del terreno.....	23
3.4.2 Instalación de cintillas y acolchado plástico.....	23
3.4.3 Siembra.....	24
3.4.4. Inoculaciones.....	24
3.5 Manejo agronómico del cultivo de pepino.....	24
3.5.1 Tutorio.....	24
3.5.2 Podas.....	24
3.5.3 Deshoje.....	25
3.5.4 Nutrición y riegos.....	25
3.5.5 Manejo de plagas y enfermedades	25
3.5.6 Cosecha.....	27
3.6 Variables evaluadas	27

3.7 Colecta de datos	28
3.8 Diseño experimental.....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1 Altura de plantas	30
4.2 Diámetro de tallo	31
4.3 Número de hojas.....	32
4.4 Numero de frutos.....	33
4.5 Área foliar.....	34
4.6 Peso seco	36
4.7 Rendimiento.....	37
V. CONCLUSIONES.....	41
VI. LITERATURA CITADA.....	43
APÉNDICE.....	50

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 3.1 Productos orgánicos aplicados al cultivo de pepino durante el desarrollo del cultivo para prevenir y controlar plagas y enfermedades.....	26
Cuadro 3. 2 Variables evaluadas durante el establecimiento del cultivo de pepino en casasmombra	27
Cuadro A 1. Análisis de varianza bloques al azar con arreglo factorial para la variable altura de plantas.....	51
Cuadro A 2. Análisis de varianza bloques al azar con arreglo factorial para la variable diámetro de tallo.....	51
Cuadro A 3. Análisis de varianza bloques al azar con arreglo factorial para la variable número de hojas.....	52
Cuadro A 4. Análisis de varianza bloques al azar con arreglo factorial para la variable número de frutos.....	52
Cuadro A 5. Análisis de varianza bloques al azar con arreglo factorial para la variable área foliar.....	53
Cuadro A 6. Análisis de varianza bloques al azar con arreglo factorial para la variable peso seco.....	53
Cuadro A 7. Análisis de varianza bloques al azar con arreglo factorial para la variable rendimiento.....	54
Cuadro A 8. Medias generales de los 8 tratamientos para la variable altura de plantas.....	54
Cuadro A 9. Medias generales de los 8 tratamientos para la variable diámetro de tallo.....	55
Cuadro A 10. Medias generales de los 8 tratamientos para la variable número de hojas.....	55

Cuadro A 11. Medias generales de los 8 tratamientos para la variable número de frutos.....	56
Cuadro A 12. Medias generales de los 8 tratamientos para la variable área foliar.....	56
Cuadro A 13. Medias generales de los 8 tratamientos para la variable peso seco.....	57
Cuadro A 14. Medias generales de los 8 tratamientos para la variable rendimiento.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 4.1. Efecto del factor acolchado y fertilización en la altura de plantas de pepino.....	30
Figura 4.2. Efecto del acolchado plástico y la aplicación de <i>Azospirillum brasilense</i> y <i>Glomus intraradices</i> , en el diámetro de tallo de plantas de pepino.....	32
Figura 4.3. Efecto del acolchado plástico y la aplicación de <i>Azospirillum brasilense</i> y <i>Glomus intraradices</i> , en el número de hojas en plantas de pepino.....	33
Figura 4.4 Efecto del acolchado plástico y la aplicación de <i>Azospirillum brasilense</i> y <i>Glomus intraradices</i> , en el número de frutos de pepino.....	34
Figura 4.5. Efecto del acolchado plástico y la aplicación de <i>Azospirillum brasilense</i> y <i>Glomus intraradices</i> , en el área foliar.....	35
Figura 4.6. Valores promedio de los ocho tratamientos aplicados para la variable área foliar (cm^2/m^2) al utilizar biofertilizantes en la producción de pepino en condiciones de casahuate.....	35
Figura 4.7. Efecto del acolchado plástico y la aplicación de <i>Azospirillum brasilense</i> y <i>Glomus intraradices</i> , en el peso seco de plantas de pepino.....	37
Figura 4.8. Efecto del acolchado plástico y biofertilizantes en el rendimiento del cultivo de pepino en condiciones de casahuate.....	38
Figura 4.9. Valores promedio de los ocho tratamientos aplicados para la variable rendimiento total (Kg) al utilizar biofertilizantes en la producción de pepino en condiciones de casahuate.....	39

RESUMEN

Este trabajo de investigación se realizó en una casasombra con malla anti-trips (700 mesh por pulgada cuadrada) cuya superficie es de 300 m², situada en las instalaciones del campo experimental agrícola del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), cuya ubicación se encuentra al noroeste de la ciudad de Saltillo, Coahuila, en las coordenadas geográficas 25° 27` 37" de latitud norte, 100° 58` 6" longitud oeste del meridiano de Greenwich y a una altitud de 1610 msnm. Se utilizó semilla híbrida de pepino (*Cucumis sativus L.*) poisnet + dasher, de la empresa Seminis.

El principal objetivo de este trabajo de investigación es demostrar que al inocular las plantas de pepino *Cucumis sativus L* estas producirán un efecto benéfico en el rendimiento. Para el experimento se utilizaron 8 tratamientos con 4 repeticiones cada uno en el cual se analizó la acción de biofertilizantes, acolchado plástico y dosis de fertilización.

Los mejores resultados lo obtuvieron los tratamientos que utilizaron acolchado plástico y microorganismos.

El tratamiento que obtuvo el mejor rendimiento fue el T8 con 14.85 kg equivalente a 49.5 ton⁻¹ /ha, siguiendo el T4 con un rendimiento de 14.57 kg lo que es equivalente a 48.5 ton⁻¹/ha, el T2 obtuvo un rendimiento 13.82 kg representando 46.06 ton⁻¹ /ha; el menor rendimiento se obtuvo con el T5 con un rendimiento de 11.71 kg o 39.03 ton⁻¹/ha.

Palabras clave: biofertilizantes, dosis de fertilización, acolchado plástico, *Glomus intraradices*, *azospirillum brasilense*, casasombra.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*) es una de las hortalizas que tiene gran importancia, ya que tiene muy diversas formas de consumo, sirve de alimento tanto en fresco como industrializado. También es de gran relevancia debido a que es una hortaliza principalmente para exportación, por lo cual año con año se incrementa su producción (www.Infoagro.com, 2011).

Según estadísticas de la SAGARPA en el año 2010 la superficie sembrada con el cultivo de pepino en el ciclo primavera-verano fue de 16, 518,41 ha con una producción total de 477, 366,29 ton⁻¹, obteniendo un rendimiento promedio de 30.5 ton/ha⁻¹.

La agricultura protegida con invernaderos, túneles, casasombra, etc., constituye un sistema de producción que cada vez se ha popularizado más en México y en muchos países, ya que da protección a los cultivos contra temperaturas extremas, alta insolación, plagas, promueve un uso más eficiente del agua y los fertilizantes, etc. Una alternativa relativamente económica, en el que se minimiza el efecto adverso de la radiación solar extrema en los frutos, es mediante el uso de la casasombra, la cual permite mantener un mejor control de los problemas fitosanitarios que afectan a los cultivos en campo abierto y además no necesita equipo para climatizar el ambiente, ya que tiene circulación de aire por los cuatro costados y por el techo.

Las mallas, modifican el ambiente térmico y luminoso de las plantas, lo cual puede influir de manera importante en el crecimiento y desarrollo vegetal al afectar procesos significativos que dependen de la luz y/o temperatura como la fotosíntesis y transpiración, así como proteger a la planta de la radiación directa del sol (Gómez, 2009).

Por otro lado, la agricultura orgánica es un sistema productivo factible para las zonas áridas, semiáridas y tropicales del país y de todo el mundo. Considerando los costos de producción de los cultivos hortícolas ante el aumento en el precio de los fertilizantes y el efecto de su uso excesivo sobre la contaminación de los mantos freáticos y del ambiente en general, se ha hecho más evidente la necesidad de aplicar nutrimentos de manera racional, evitando las altas aplicaciones de fertilizantes químicos sintéticos en la agricultura tradicional y modernizada (Adesemoye *et al.*, 2009).

La agricultura orgánica, ecológica o biológica se define como aquel sistema de producción que utiliza insumos naturales como compostas, repelentes naturales hechos a base de plantas, abonos verdes, control biológico, etc. excluyendo los productos de origen químico (Salazar *et al.*, 2003). También considera el uso de biofertilizantes biológicos y antagonistas de fitopatógenos, como las rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (RPCP) y los hongos micorrícicos arbusculares (HMA).

El uso de productos orgánicos en la agricultura, hacen de esta una agricultura más próspera, debido a que sus productos son mejor pagados, especialmente para el mercado de exportación; son más sanos; el costo de producción es menor y no contaminan el ambiente (Vessey, 2003).

Objetivo general

Estudiar y analizar bajo condiciones de agricultura semiprotegida en casa sombra, el potencial efecto benéfico de dos biofertilizantes: la RPCP *Azospirillum brasilense* y el HMA *Glomus intraradices*, en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pepino.

Objetivos específicos

- ❖ Evaluar un paquete tecnológico con base en agroquímicos orgánicos para controlar plagas y enfermedades en el cultivo de pepino.
- ❖ Valorar el efecto del acolchado plástico en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pepino.

- ❖ Determinar si la inoculación a la semilla con *A. brasilense* y *G. intraradices*, promueven un efecto favorable en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pepino en casasombra.
- ❖ Comprobar si el uso de biofertilizantes a base de RPCP y HMA, más una subdosis de fertilización química convencional al 50% produce un rendimiento similar en el cultivo de pepino al utilizar una dosis de fertilización al 100% de lo recomendado comercialmente.

Hipótesis

El uso de biofertilizantes a base de microorganismos como la bacteria rizosférica *A. brasilense* y el hongo micorrízico *G. intraradices* provocarán un efecto benéfico en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de pepino.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del pepino

El pepino (*Cucumis sativus L.*) es originario de las regiones tropicales del sur de Asia y ha sido cultivado en la india desde hace más de 3000 años. De la india se ha extendido a Grecia y de ahí a Roma y posteriormente se introdujo en China. El cultivo de pepino fue introducido por los romanos en otras partes de Europa; aparecen registros de este cultivo en Francia en el siglo IX, en Inglaterra en el siglo XIV y en Norteamérica a mediados del siglo XVI, ya que Cristóbal Colón llevó semillas a América. El primer híbrido de pepino tuvo su aparición en el año 1872 (Infoagro, 2011).

2.2. Generalidades del cultivo de pepino.

El pepino (*Cucumis sativus L.*) es una hortaliza que pertenece a la familia de las cucurbitáceas, es una planta anual, herbácea, rastrera, de clima cálido aunque se adapta a climas templados hasta 1200 msnm. Este cultivo tiene gran importancia debido a su alto índice de consumo en nuestra población, sirve de alimento tanto en fresco como industrializado, representando una alternativa de producción tanto para mercado interno, como con fines de exportación.

El pepino, cuya parte comestible es un fruto inmaduro, tiene mucha demanda en todo el mundo, debido a sus cualidades refrescantes. Dentro de la familia de las cucurbitáceas, ocupa el cuarto lugar en importancia por la superficie sembrada que ocupa. También cobra gran importancia debido a la gran demanda de mano de obra. Otros usos que se le atribuyen son propiedades medicinales como diurético, tónico, y vermífugo; además de que es utilizado en la industria de farmacéutica y de cosméticos (Plants for a future: *Cucumis sativus*; Boletín 69: Pepino).

2.3. Morfología de la planta de pepino

2.3.1. Sistema radicular

El sistema radicular consiste en una fuerte raíz principal que alcanza de 1.0-1.20 metros de largo, ramificándose en todas las direcciones principalmente entre los primeros 25 a 30 centímetros del suelo (Gálvez, 2004).

2.3.2. Tallo

Sus tallos son rastreros, postrados y con zarcillos, con un eje principal que da origen a varias ramas laterales principalmente en la base, entre los 20 y 30 primeros centímetros. Los tallos trepadores, pueden llegar a alcanzar una longitud de hasta 3.5 metros en condiciones normales (Bolaños, 1998).

2.3.3. Hojas

Las hojas son simples, acorazonadas, alternas, pero opuestas a los zarcillos. Posee de 3 a 5 lóbulos angulados y triangulares, de epidermis con cutícula delgada, por lo que no resiste evaporación excesiva (Bolaños, 1998).

2.3.4. Flores

Es una planta monoica, lo cual implica que tiene dos sexos en la misma planta, de polinización cruzada. Algunas variedades presentan flores hermafroditas. Las flores se sitúan en las axilas de las hojas en racimos y sus pétalos son de color amarillo. Estos tres tipos de flores ocurren en diferentes proporciones, dependiendo del cultivar. Al inicio de la floración, normalmente se presentan sólo flores masculinas; a continuación, en la parte media de la planta están en igual proporción, flores masculinas y femeninas y en la parte superior de la planta existen predominantemente flores femeninas. En términos generales, los días cortos, temperaturas bajas y suficiente agua, inducen la formación de mayor número de flores femeninas; por el contrario, los días largos, altas temperaturas y sequía, promueven la formación de flores masculinas (Křístková *et al.*, 2003).

La polinización se efectúa a nivel de campo principalmente mediante abejas. En los cultivares híbridos de tendencia ginoica, al haber cruce por abejas, pero insuficiente polinización como consecuencia se producen deformaciones de los frutos, volviéndose no comercializables.

2.3.5. Fruto

Se considera como una baya falsa (pepónide), alargado, mide aproximadamente entre 15 y 35 cm de longitud. Además es un fruto carnoso, más o menos cilíndrico, exteriormente de color verde y su carne interna es de color blanco. Contiene numerosas semillas ovaladas de color blanco amarillento. En estadios jóvenes, los frutos presentan en su superficie espinas de color blanco o negro (Valdez, 1998).

2.4. Requerimientos climáticos y edáficos del cultivo de pepino

2.4.1. Temperatura

Es menos exigente en calor que el melón, pero más que la calabacita. Las temperaturas que durante el día oscilan entre 20 y 30°C, apenas tienen incidencia sobre la producción, aunque con temperaturas más altas durante el día, hasta 25°C, mayor es la producción precoz. Por encima de los 30°C se observan desequilibrios en las plantas que afectan directamente a los procesos de fotosíntesis y respiración; mientras que temperaturas nocturnas iguales o inferiores a 17°C ocasionan malformaciones en hojas y frutos. El umbral mínimo crítico nocturno es de 12°C, y a temperaturas de alrededor de 1°C se producen daños por helada. El empleo de dobles cubiertas en invernaderos tipo parral supone un sistema útil para aumentar la temperatura y la producción del pepino (Comisión para la Investigación y la Defensa de las Hortalizas; CIDH, 2011).

2.4.2. Humedad relativa

Es una planta con elevados requerimientos de humedad, debido a su gran superficie foliar, siendo la humedad relativa óptima durante el día del

60-70% y durante la noche del 70-90%. Sin embargo, los excesos de humedad durante el día pueden reducir la producción, al disminuir la transpiración y en consecuencia la fotosíntesis, aunque esta situación es poco frecuente (www.agronet.com.mx).

2.4.3. Luminosidad

El pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (con menos de 12 horas de luz), aunque también soporta elevadas intensidades luminosas y a mayor cantidad de radiación solar, mayor es la producción (www.agronet.com.mx).

2.4.4. Tipo de suelo

El pepino puede cultivarse en cualquier tipo de suelo de estructura suelta, bien drenado y con suficiente materia orgánica. Es una planta medianamente tolerante a la salinidad (algo menos que el melón), de forma que si la concentración de sales en el suelo es demasiado elevada las plantas absorben con dificultad el agua de riego, el crecimiento es más lento, el tallo se debilita, las hojas son más pequeñas y de color oscuro y los frutos obtenidos serán torcidos. Si la concentración de sales es demasiado baja el resultado se invertirá, dando plantas más frondosas, que presentan mayor sensibilidad a diversas enfermedades. El pH óptimo oscila entre 5,5 y 7 (www.agronet.com.mx).

2.5. Agricultura orgánica o ecológica

La agricultura es la base de la economía nacional. A través de la ciencia y la tecnología y la utilización intensiva de las tierras, se han obtenido grandes logros en la agricultura. Sin embargo, algunos problemas de agroecología y medio ambiente van en aumento. Debido a esto, la gente ha comenzado a reflexionar sobre la agricultura en el desarrollo de políticas, modelos y tecnologías, y proponer nuevas ideas para el desarrollo agrícola sustentable o ecológico (Gómez 2001).

La agricultura orgánica recibe diversos nombres como: agricultura biológica, agricultura natural, agricultura integrada, agricultura ecológica y agricultura sustentable. Los nombres y el significado de estos términos varían, pero todos reflejan el pensamiento ecológico y la gran necesidad y deseo de explorar la agricultura sostenible (SAGARPA, 2011)

La agricultura orgánica es un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos de la finca, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y la actividad biológica y al mismo tiempo a minimizar el uso de recursos no renovables, reduciendo o eliminando el uso de fertilizantes y plaguicidas sintéticos para proteger el medio ambiente y la salud humana (SAGARPA, 2011).

La práctica de la agricultura ecológica consiste en fortalecer las capacidades de los ecosistemas naturales en el agro ecosistema, a propósito alterado para producir alimentos y fibras. Las estrategias generales incluyen el uso de prácticas como: hacer que las plantas crezcan sanas con buena capacidad de defensa, hacer hincapié en el control no químico de las plagas, y la mejora de las poblaciones de organismos benéficos. Muchas de las prácticas que contribuyen a las estrategias generales son bien conocidas, como el uso intensivo de cultivos de cobertura o la labranza reducida. La agricultura ecológica enfatiza el desarrollo coordinado de la agricultura y el medio ambiente ecológico, que es de gran importancia para mejorar el desarrollo sostenible de la agricultura (WWW.FAO.MX).

La agricultura sostenible tiene como objetivo reducir la incidencia de plagas y enfermedades, a tal grado que no dañan seriamente los cultivos sin alterar el equilibrio de la naturaleza. Uno de los objetivos de la agricultura sostenible es descubrir y desarrollar estrategias cuyo costo ecológico y los efectos secundarios son mínimos. El uso de pesticidas sintéticos, sin duda, ha dado lugar en el avance de la revolución verde tradicional que tiene como fundamento el alto uso de insumos, en los diferentes países para la producción de los cultivos. Sin embargo, en los últimos años ha habido una considerable presión por parte de organizaciones no gubernamentales y

entidades del gobierno, sobre los agricultores para reducir o eliminar los plaguicidas sintéticos en la agricultura (Navejas, 2002).

2.6. Producción orgánica en el mundo.

La agricultura orgánica ha adquirido importancia dentro del sistema agroalimentario en más de 154 países; existen alrededor de 67 millones de hectáreas certificadas en forma orgánica y por lo menos 560,000 unidades de producción atendidas por 1.4 millones de productores (Willer y Kilcher, 2010).

Alrededor de un tercio de las tierras son manejadas orgánicamente en el mundo. Casi 11 millones de hectáreas se encuentran en los países en desarrollo. La mayor parte de esta tierra está en América Latina, Asia y África en el segundo y tercer lugar. Los países con mayor superficie bajo manejo orgánico son Argentina, Brasil, China, India y Uruguay. Los países con el mayor número de productores son Uganda, India y Etiopía. Casi la mitad de los productores orgánicos del mundo están en África.

A nivel global, la superficie orgánica aumentó en casi 1.5 millones de hectáreas en comparación con los datos de 2006. América Latina aumentó 1,4 millones de hectáreas lo que representa el 28%, Brasil la incrementó en 0.90 millones de hectáreas, Europa en 0.33 millones de hectáreas, lo que representa un 4% y África tuvo un incremento 0.18 millones de hectáreas que representa el 27%. El mercado se ha triplicado su valor en ocho años, las ventas globales fueron alrededor de 15 millones de dólares EE.UU. la mayor demanda de los consumidores de productos orgánicos se concentra en América del Norte y Europa, estas dos regiones comprenden 97 por ciento de los ingresos mundiales. Otras regiones como Asia, América Latina y el Australasia son importantes productores y exportadores de alimentos orgánicos (Willer y Kilcher, 2010).

2.7. Producción orgánica en México

La agricultura orgánica en México se encuentra en un estado de cambio, y cada vez es más interesante para muchos agricultores producir en forma orgánica (International Federation of Organic Agriculture Movement; IFOAM, 2008). Algunos ven la agricultura orgánica como una forma de vivir, producir y mantener las antiguas tradiciones agrícolas y para obtener un mejor ingreso. Otros agricultores a nivel empresarial perciben la agricultura orgánica como una buena oportunidad de negocio, al mercado de productos frescos o procesados a nivel local o para exportarlos.

La agricultura orgánica contribuye de manera importante a reducir la dependencia de alimentos importados, la generación de empleo, la reducción de la migración, la obtención de un mejor nivel de vida de los productores orgánicos. Además, contribuye en la generación de divisas, o bien a la reducción de las importaciones de la agricultura convencional (IFOAM, 2010).

En la actualidad, el sector orgánico de México se caracteriza por un crecimiento dinámico. Esto está en marcado contraste con otros subsectores de la economía agrícola de México, que han visto gravemente afectados como consecuencia de la crisis económica. Desde 1996, la cantidad de tierra dedicada a la producción ecológica ha crecido en aproximadamente 30% anual. Para finales de 2007, se estima que 403,268 ha estaban cultivadas de forma orgánica con más de 128,819 productores (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo; PNUD, 2007).

En el ámbito mundial, México ocupa la posición 16 respecto a la superficie orgánica, el tercero con respecto al número de productores y es el país con mayor diversidad de cultivos producidos orgánicamente, con alrededor de 81 productos de origen agrícola (IFOAM, 2010). En México, la agricultura orgánica adquiere una dimensión particular; la geografía de su producción está estrechamente ligada a la geografía de la pobreza y la

biodiversidad. Su crecimiento se concentra en Chiapas y Oaxaca (Gómez *et al.*, 2010).

El 91.5% de la producción orgánica del estado de Chiapas sigue siendo el cultivo del café; en Oaxaca corresponde 90.1%. En Tabasco el 90.5% de la superficie orgánica es de cacao. El 50.7% de la superficie orgánica en Michoacán se concentra en aguacate y 46.5% en coco; en Sinaloa el 80.4% corresponde a hortalizas; y en Jalisco 70.5% es de agave (*Agave potatorum*) (Gómez *et al.*, 2010).

La gran mayoría (91.6%) de la tierra orgánica se dedica a la producción de cultivos, mientras que el resto se utiliza para la ganadería y la apicultura. En promedio, la agricultura orgánica utiliza mano de obra del 30% más que la producción convencional, creando aproximadamente 172,000 jornales por año (Gómez *et al.*, 2010).

La mayoría de los productos orgánicos producidos en México están destinados a la exportación, no sólo hacia los Estados Unidos y la Unión Europea, sino también, en menor medida a Japón y otros países más pequeños. Con mucho, el cultivo orgánico de exportación más importante es el café, que representa el 61% de la tierra orgánica en México (239,763 ha). Además, 35,000 ha se utilizan para la producción de hortalizas; 16,000 de cacao, 10,000 para el aguacate, y cantidades importantes de agave, mango, coco, aloe vera, maíz, cítricos, miel y ajonjolí, todo lo cual se producen casi exclusivamente para exportación. Su mercado interno, por otro lado, se encuentra todavía muy poco desarrollado. Menos del 5% de los productos orgánicos de México se venden en las tiendas de alimentos naturales y restaurantes (Nelson *et al.*, 2008).

2.8. Agricultura protegida

La agricultura protegida (AP) es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, para proteger cultivos, al minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos. La agricultura, por su naturaleza, se encuentra asociada al riesgo, de ahí que este sistema tenga como característica básica la protección contra los

riesgos inherentes a esta actividad. Los riesgos pueden ser: climatológicos, económicos (rentabilidad, mercado) o de limitaciones de recursos productivos (agua o de superficie). Adicionalmente, se establece que la AP ha modificado las formas de producir alimentos y genera múltiples ventajas para los productores (Sánchez y Martínez, 2006).

Entre otras ventajas, permite el desarrollo de cultivos agrícolas fuera de su ciclo natural y en menor tiempo, se enfrenta con éxito plagas y enfermedades, con mejores rendimientos en menor espacio, sanos y con un mejor precio en los mercados. Generando, evidentemente, en un mejor ingreso para los productores (FAO-SAGARPA, 2010).

En México, las hectáreas protegidas han evolucionado desde 1998 a 2008 a una tasa media de crecimiento anual (TMCA) de 34.5%, existiendo diferentes versiones de su inventario. De la información obtenida en el II Simposio Internacional de Invernaderos 2008, de 8,834 ha con AP, 49% eran de invernaderos tecnificados y de mediana tecnificación y el 51% de malla sombra. Es decir, la dinámica de la TMCA corresponde en un porcentaje importante (70%) al crecimiento de los invernaderos de mediana y baja tecnología. En México, los invernaderos de mediana tecnología han proliferado en la región del Bajío y los de alta tecnología se han instalado, preferentemente, en los estados de Baja California y Sinaloa.

2.9. Casa sombra

Son estructuras que se han desarrollado en condiciones cálidas y secas principalmente en el noroeste de país. Es un medio donde se protege, acondiciona y mejora el factor agroclimatológico. Usualmente se utiliza una malla tejida de monofilamentos, lo cual le da mayor resistencia mecánica y física en la estructura. Utiliza diversos porcentajes de sombra, desde 30% hasta 75% en diferentes colores. La estructura es parecida a la de un invernadero pero más sencilla, facilitando el uso de alambres y tensores en el techo que sirven de puntos de apoyo para el entutorado de plantas. Algunas de sus ventajas son: economía, disminuye el uso de agroquímicos y

de residuos tóxicos en frutos, mayor control de la polinización y eficacia en el manejo de organismos para control biológico, de fácil mantenimiento, no requieren ventilación artificial, permiten el uso de maquinaria en el interior, reducción de estrés hídrico y térmico, inducción a la precocidad y coloración más uniforme de frutos, además evita los daños causados por vientos.

Estas estructuras se derivan principalmente de la demanda de consumo para el crecimiento de los cultivos a un costo significativamente menor en comparación con el cultivo de plantas en un invernadero convencional. Las cubiertas de red plástica ofrecen muchas ventajas y beneficios ambientales (Briassoulis *et al.*, 2009).

Las mallas, sin importar el color, reducen la radiación que llega a los cultivos. Obviamente mientras más alto sea el factor de sombra, mayor radiación será bloqueada. La reducción de la radiación afectará la temperatura (del aire, planta, suelo) y la humedad relativa (Stamps, 2004). Además de afectar la cantidad de radiación, las mallas pueden influir en la dirección de la radiación, pueden afectar la transpiración, fotosíntesis, respiración y otros procesos. La malla permite mayor movimiento ascendente del aire caliente lo que reduce la temperatura causada por la radiación roja y roja lejana que incide en las plantas (Tanny *et al.*, 2008).

El objetivo del uso de sombreo no es reducir la luz, sino el exceso de temperatura que se presenta en cierta época del año. Considerando que esta es producida por la radiación infrarroja, el material de sombreo debe ser un filtro selectivo que detenga gradualmente dicha radiación sin afectar la parte útil para la fotosíntesis. Además, la radiación IR detenida debe ser reflejada en su mayor parte, para que no sea emitida hacia el interior en forma de calor (Martínez y Bimbo, 2001).

2.10. Uso de acolchado plástico

El uso de plásticos es una práctica importante que es adoptada por los productores para lograr las condiciones apropiadas para la producción de

cosecha temprana (Tarara, 2000), pero los productores deben entender las condiciones óptimas que son necesarias para la producción de buena cosecha.

La producción de hortalizas en túneles no es posible sin el uso de acolchado plástico porque las coberturas mejoran el rendimiento, aceleran la maduración temprana y reducen al mínimo los trastornos en las frutas y verduras (Ekinci y Dursun, 2006).

Los acolchados de material plástico son los más utilizados por ser económicos, pero su uso intensivo está produciendo una contaminación de los suelos por su alta estabilidad y persistencia de sus restos. Por ello, el plástico está siendo progresivamente sustituido por otros materiales alternativos biodegradables de tipo orgánico (paja, corteza de pino, papel) o mineral (geotextiles). El acolchado reduce la evaporación directa del agua desde la superficie del suelo, manteniendo una mayor humedad en el mismo, favorece la estabilidad estructural y fertilidad del suelo; reduce la concentración de sales y consecuentemente la salinización del suelo. Asimismo, desde el punto de vista térmico, el acolchado orgánico amortigua las fluctuaciones de temperatura del suelo, mientras que el acolchado plástico favorece el calentamiento del suelo lo que puede provocar la precocidad beneficiosa de ciertos productos hortícolas (Aragüés-Lafarga, 2011); pero también un sobrecalentamiento del perfil del suelo donde se tiene el mayor volumen radicular, lo cual no resulta ser beneficioso en áreas agrícolas con muy altas temperaturas en verano, como es el caso del norte de México.

2.11. Acolchado blanco/negro

El acolchado blanco/negro es una película coextruída, tricapa cuya opacidad evita el paso de la luz impidiendo la germinación y desarrollo de malezas, en tanto que el color blanco refleja la luz evitando el calentamiento del suelo controlando mejor la temperatura, además de repeler plagas y vectores de enfermedades (Martínez, 2010).

La luz reflejada hacia el follaje de las plantas es aprovechada por estas en su actividad fotosintética con lo que se incrementa la productividad del cultivo. Por eso este tipo de acolchado se utiliza en zonas de alta radiación y temperaturas elevadas o durante el verano. Los plásticos blancos/negro o plata producen un ligero aumento de temperatura comparado con suelo desnudo, ya que reflejan la radiación solar por debajo del cultivo. Estos plásticos son utilizados para establecer cultivos cuando las temperaturas son altas y cualquier reducción de la temperatura es benéfica. (López-Gutiérrez, 2003).

2.12. Biofertilizantes

Los biofertilizantes son productos elaborados con base en bacterias y hongos, que viven en asociación o simbiosis con las plantas y ayudan a su proceso natural de nutrición, fijando el nitrógeno de la atmósfera; asimismo, contribuyen solubilizando nutrientes del suelo como fósforo, potasio y azufre, haciendo que estén más fácilmente disponibles para las plantas, para su desarrollo y producción. Estos productos biotecnológicos han probado su efectividad en diversos cultivos agrícolas en México, como maíz de temporal, chile, jitomate, cebolla, papa, entre otros. La fertilidad de los suelos está relacionada con dos elementos: la cantidad de nutrientes y la capacidad de asimilación de los mismos por la planta. Pueden existir nutrientes abundantes en el suelo pero éstos pueden estar en formas que no son fácilmente asimilables por las plantas. En este caso hay una función muy importante de los biofertilizantes que es precisamente hacer que los nutrientes que no están en una forma asimilable, sean aprovechables por las plantas (SAGARPA, 2011).

La ventaja de utilizarlos es que llegan a aportar 20% del nitrógeno que requieren los cereales y hasta 70% de las necesidades en leguminosas; además, permiten que disminuya el uso de los fertilizantes minerales entre 20 y 40%, son de bajo costo y de fácil aplicación. Está demostrado que propician altos rendimientos en los cultivos cuando se combinan con algunas

cantidades de otros fertilizantes, abonos orgánicos y abonos verdes (Fernández *et al.*, 2006).

En México, esta promisorio tecnología ha permitido desarrollar la fabricación de biofertilizantes por empresas privadas, instituciones de investigación y por los gobiernos de algunas entidades, ya que aparte de dar más viabilidad a la producción de granos, es una práctica no contaminante (Terry, 2006). Tan sólo el INIFAP ha producido este año más de un millón de dosis de biofertilizantes para su aplicación en igual número de hectáreas; y tiene la meta de llegar a producir 2 millones anuales de dosis antes del año 2012 (INIFAP-SAGARPA, 2011). Algunas funciones de los biofertilizantes se mencionan a continuación:

1. Fijadores de nitrógeno del medio ambiente para la alimentación de la planta.
2. Protectores de la planta ante microorganismos patógenos del suelo.
3. Estimulan el crecimiento del sistema radicular de la planta.
4. Mejoradores y regeneradores del suelo.
5. Incrementan la solubilización y absorción de nutrientes, como el fósforo y zinc, que de otra forma no son de fácil asimilación por la planta.
6. Incrementan la tolerancia de la planta a estreses bióticos y abióticos como los causados por insectos, hongos, sequía, salinidad, etc.

2.13. Uso de microorganismos como biofertilizantes en cultivos hortícolas

El uso continuado de fertilizantes químicos y abonos para la fertilidad de los suelos y la productividad de los cultivos a menudo resulta en inesperados efectos nocivos del medio ambiente, incluyendo la lixiviación de nitrato en el agua subterránea, la escorrentía superficial de fósforo y nitrógeno, y la eutrofización de los ecosistemas acuáticos. Los sistemas

integrados de manejo de los nutrientes son necesarios para mantener la productividad agrícola y proteger el medio ambiente (Suniaga *et al.*, 2008).

Los biofertilizantes son productos con base en bacterias y hongos, que viven en asociación o simbiosis con las plantas y ayudan a su proceso natural de nutrición, fijando el nitrógeno de la atmósfera; asimismo, contribuyen extrayendo nutrientes del suelo como fósforo, potasio y azufre, cediéndolo a las plantas para su desarrollo y producción (SAGARPA, 2011).

Los estudios con inoculantes microbianos han demostrado que algunos inoculantes como hongos micorrícicos arbusculares y rizobacterias puede mejorar la absorción de nutrientes en la planta y aumentar así la eficiencia en el uso de fertilizantes químicos y los abonos aplicados (Kloepper y Adesemoye, 2011).

La búsqueda de microorganismos que mejoran la fertilidad del suelo y mejoran la nutrición de las plantas, ha continuado atrayendo la atención debida a los crecientes costos de los fertilizantes y algunos de sus impactos ambientales negativos (Adesemoye *et al.*, 2011).

La rizósfera es el volumen de suelo bajo la influencia de las raíces de las plantas, donde son importantes e intensivas las interacciones de plantas con microorganismos. Estas interacciones pueden influir significativamente tanto en el crecimiento de las plantas como en el rendimiento de los cultivos y tener aplicaciones biotecnológicas. La rizósfera alberga una diversa comunidad de microorganismos que interactúan y compiten entre sí y con la raíz de la planta. La actividad de algunos de los miembros de esta comunidad afecta el crecimiento y la fisiología de los demás, así como las propiedades físicas y químicas del suelo. Entre todas estas interacciones, los derivados de la fijación simbiótica y no simbiótica de nitrógeno, son considerablemente importantes (Dardanelli y García, 2011).

En la última década, los inventarios de la capacidad productiva del suelo indican una severa degradación y pérdida de tierras de cultivo como consecuencia de la erosión del suelo, la salinización, el exceso de pastoreo, el desmonte de tierras, la desertificación, la contaminación del suelo y la

contaminación atmosférica. En este sentido, los hongos HMA de la microbiota del suelo, que están entre los componentes más comunes de la rizósfera, son de gran interés para los científicos del suelo y del medio ambiente, ya que tienen una función importante en la restauración de ecosistemas contaminados y son cada vez más utilizados en muchos países para mejorar la nutrición de las plantas y la fertilidad de las tierras degradadas (Giasson, 2008).

Los microorganismos son un componente esencial e importante de la biomasa viviente del suelo. Ellos juegan un papel clave en los ciclos biogeoquímicos y tienen un gran potencial para el uso agrícola y protección del medio ambiente, Sin embargo, el uso actual de los microorganismos en la agricultura se mantiene en un nivel bajo a pesar de la importante inversión en el trabajo científico para comprender y utilizar los recursos naturales microbianos y para mejorar el crecimiento vegetal y la salud (Dobbelaere *et al.*, 2007) La mayoría de ellos tienen la capacidad de colonizar y establecer una relación permanente con las plantas que producen el aumento de la biomasa, el crecimiento de raíces y el rendimiento comercial. Por lo general son llamados PGPR por sus siglas en inglés (Plant Growth Promoting Rizobacters), los cuales estimulan el crecimiento vegetal, o también se conocen generalmente en español como: bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) (Dobbelaere *et al.*, 2007).

2.14. Micorrizas

El término micorriza significa asociación hongo-raíz, es una agrupación entre los pelos de la raíz de una planta y el hongo específico de la micorriza. Existen varios tipos de asociación, siendo la más popular la micorriza vesículo-arbuscular. Los mayores beneficios de esta asociación son el incremento de la longevidad de los pelos de la raíz, aumentando con ello no sólo el tiempo sino también el área de absorción de nutrientes tanto mayores como menores.

Las micorrizas son capaces de absorber, acumular y transferir los principales macro y micro nutrientes y el agua a la planta, más rápidamente que las raíces sin micorrizas. Décadas de investigación muestran que las

micorrizas incrementan la tolerancia de las plantas a la sequía, compactación, altas temperaturas del suelo, metales pesados, salinidad, toxinas orgánicas e inorgánicas y extremos de pH del suelo. Estos hongos también prolongan la vida, viabilidad y productividad del sistema radicular de la planta (Jaizme y Pinochet, 2005).

Los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) también estimulan la producción de hormonas de crecimiento e incrementan la resistencia frente a patógenos y situaciones de estrés. Se sabe que la intervención temprana con micorrizas acentúa los efectos benéficos en las plantas, aprovechando eficientemente los nutrientes proporcionados por la fertilización (Aguilera *et al.*, 2009).

Los HMA son asociaciones simbióticas mutualistas entre las raíces de la planta y los hongos específicos de la tierra, formándose en el 90% de las plantas terrestres (Smith y Read, 1997). Las micorrizas pueden ofrecer varios beneficios a la planta huésped, incluyendo una mejor nutrición mineral (sobre todo de fosfato) y el crecimiento vigoroso de la planta. Los HMA crecen no sólo dentro de las raíces de la planta sino también en la tierra circundante (Schnepf *et al.*, 2008).

Las micorrizas al establecerse en la zona cortical del sistema radical de las plantas tienen la característica de formar estructuras internas, como los arbusculos. Estas estructuras fúngicas se generan en el interior de las células corticales y su papel es contribuir incrementando la capacidad de absorción e intercambio de nutrientes entre ambos participantes de la simbiosis. Otro tipo de estructuras características de estos hongos son las vesículas, cuya función es almacenar reservas para el hongo, las cuales se utilizan en situaciones de limitación de energía para el crecimiento de los mismos (Aguilera *et al.*, 2007).

Los HMA gracias a su micelio extra radical que crece en la rizósfera, mejoran las propiedades físicas del suelo (como su estructura) produciendo una glicoproteína llamada glomalina, que posee características químicas que favorece la agregación del suelo (Cuenca *et al.*, 2007). Además aumentan la absorción de nutrientes, debido a que el micelio es más pequeño en

diámetro y puede penetrar las partículas del suelo, que no son accesibles a los pelos radicales, de este modo los nutrientes se canalizan a la planta (Thaker y Jasrai, 2002).

2.15. *Azospirillum brasilense*

Es una bacteria fijadora de nitrógeno de vida libre que vive sobre las raíces de las plantas y es capaz de beneficiar diversos cultivos de importancia agrícola. Además de fijar nitrógeno, esta bacteria es capaz de producir hormonas de crecimiento vegetal (ácido indol acético), generando un crecimiento importante del sistema radicular, lo que permite mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes disponibles en el suelo, incluyendo su mayor absorción y de los propios fertilizantes químicos aplicados (SAGARPA, 2011).

El género *Azospirillum* son bacterias Gram negativas heterotróficas, fijadores de nitrógeno de vida libre, pertenecen a la subclase α de las proteobacterias. Se han descrito 10 especies: *A. brasilense*, *A. lipoferum*, *A. amazonense*, *A. halopraeferans*, *A. irakense*, *A. largimobil*, *A. dobereineriae*, *A. orizae*, *A. melinis*, y *A. canadense* (Rodríguez *et al.*; 2006); las cuales se han aislado de la rizósfera o del interior de la planta (endofíticas), de diferentes especies monocotiledóneas o dicotiledóneas y en regiones templadas y tropicales del mundo. Son consideradas bacterias promotoras del crecimiento vegetal por el beneficio obtenido posterior a la inoculación de la bacteria, en una amplia variedad de plantas.

La inoculación con *Azospirillum* modifica el sistema radicular por un mecanismo o mecanismos aún no completamente establecidos, sin embargo éste se atribuye al menos en parte, a la producción por la bacteria de sustancias que regulan el crecimiento vegetal, conduciendo a un incremento en el número de raíces laterales y pelos radicales, aumentando la superficie disponible para la absorción de nutrientes y el flujo de protones en la membrana de la raíz, lo que promueve la captación de agua y minerales (Bashan *et al.*, 2004).

La inoculación con estas bacterias generalmente implica costos más bajos que el empleo de fertilización química; además de generar un menor impacto ambiental. *Azospirillum* produce principalmente ácido indol-3-acético (IAA) y en menor cantidad ácido indol-3-butírico (IBA) citocininas y giberilinas. Asimismo, la inoculación con *Azospirillum* puede afectar el metabolismo de fitohormonas endógenas. Sin embargo, no se sabe si este fenómeno es debido al IAA producido por la bacteria, o por la hidrólisis de hormonas conjugadas en el tejido de la raíz (Ona *et al.*, 2005).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización geográfica del trabajo experimental

Este trabajo de investigación se realizó en una casa sombra con malla antinsectos (700 mesh por pulgada cuadrada) cuya superficie era de 300 m², situada en las instalaciones del Campo Experimental Agrícola del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), cuya ubicación se encuentra al noroeste de la ciudad de Saltillo, Coahuila, en las coordenadas geográficas 25°27'37" de latitud norte, 100°58'6" longitud oeste del meridiano de Greenwich y a una altitud de 1610 msnm.

3.2. Material genético

Se utilizó semilla híbrida de pepino (*Cucumis sativus* L.) de la empresa Seminis en una presentación en lata que contenía semilla del híbrido Dasher II y como polinizador semillas de la variedad Poinsett 76. Las características de ambos son las siguientes:

Dasher II: Híbrido ginoico, vigoroso y productivo de excelente cuaje de flores. Fruto recto, verde oscuro, 20x6 cm, espinosidad media y peso alrededor de 350 g. Excelente rendimiento, resistente al virus del mosaico del pepino, *Pseudomonas psyringae* pv, Lachrymans, antracnosis raza 2, mildiu polvoso, mildiu algodonoso, *Cladosporium cucumerinum*. Ciclo de 50-60 días de siembra a cosecha aproximadamente.

Poinsett 76: variedad moderadamente vigorosa y adaptable a diversas condiciones climáticas. Frutos monoicos, de dimensiones muy parecidas a Dasher II, de forma cilíndrica y color verde oscuro. Resistente a *Pseudomonas psyringae* pv, Lachrymans antracnosis raza 2, mildiu polvoso, mildiu algodonoso, *Cladosporium cucumerinum*. Ciclo de 65 días de siembra a cosecha aproximadamente.

3.3. Tratamientos

Los tratamientos aplicados en este trabajo de investigación fueron:

1. Fertilización completa 100% (250-200-250) con acolchado.
2. Fertilización completa 100% (250-200-250) sin acolchado.
3. Inoculación con *A. brasilense* y *G. intraradices* + 2 aplicaciones en planta y fertilización completa (250-200-250) con acolchado.
4. Inoculación con *A. brasilense* y *G. intraradices* + 2 aplicaciones en planta y fertilización completa (250-200-250) sin acolchado.
5. Fertilización al 50% (125-100-125) con acolchado.
6. Fertilización al 50% (125-100-125) sin acolchado.
7. Inoculación con *A. brasilense* y *G. intraradices* + 2 aplicaciones en planta y fertilización al 50% (125-100-125) con acolchado.
8. Inoculación con *A. brasilense* y *G. intraradices* + 2 aplicaciones en planta y fertilización al 50% (125-100-125) sin acolchado.

3.4. Metodología

3.4.1. Preparación del terreno

El barbecho y rastreo del suelo en la casahuate se realizó con maquinaria agrícola, mientras que el levantamiento de camas fue de forma manual.

3.4.2. Instalación de cintillas y acolchado plástico

La instalación del sistema de riego se realizó en la parte superior de la cama, utilizando cintillas con goteros a 30 cm de distancia, con un gasto hidráulico de 1 litro por hora a una presión de 9 PSI; después de colocar la cintilla se procedió a instalar el acolchado plástico con una película coextruída de color blanco-negro dejando la cara blanca sobre la parte superior de la cama de siembra.

3.4.3. Siembra

El día 10 de mayo de 2011 se inocularon las semillas con la bacteria rizosférica *A. brasilense* y el hongo micorrícico *G. intraradices* y se procedió a realizar la siembra en seco y posteriormente se aplicó el riego.

3.4.4. Inoculaciones

A los 15 y 30 días después de la siembra,, se procedió a realizar las inoculaciones en las plantas de pepino, las cuales consistieron en depositar en la base del tallo de la planta 1 ml de la solución que contenían las rizobacterias y 1 g del producto que contenían los hongos micorrícicos.

3.5. Manejo agronómico del cultivo de pepino

3.5.1. Tutoreo

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida, mejorando la aireación general de esta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales (destallados, recolección, etc.). Todo ello repercute en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades. Para la realización del tutoreo se utilizaron 6 metros de rafia de poliestireno que se enredó en un gancho metálico, que colgaba de un alambre localizado paralelo al surco, al cual se enredó verticalmente la planta, pudiendo así hacer más fácil su manejo.

La rafia se colocó en la parte basal del tallo y posteriormente se fue enredando en la planta conforme fue creciendo, cuidando de no pasar la rafia en las axilas porque es donde crecen los frutos. Cuando la planta llegó a la altura del alambre, se fue bajando para facilitar el desbrote y cosecha. Posteriormente la planta se deslizó 50 cm por debajo del alambre y se corrieron a la izquierda o derecha, acomodando el tallo en forma horizontal para evitar que este se rompiera.

3.5.2 Podas

Las podas en el cultivo de pepino, consistieron en eliminar los brotes laterales de la planta conforme esta iba creciendo, con la finalidad de

manipular la planta a un solo tallo para hacer más fácil el manejo y aprovechar al máximo la intensidad lumínica que puede pasar a través de la casahombra. Esto se realizó 4 veces durante el ciclo.

3.5.3. Deshoje

El deshoje que se realizó en el cultivo de pepino, consistió en suprimir las hojas viejas conforme se iban cosechando los pepinos, al igual que ir cortando las hojas de las plantas que se enfermaban. Esta labor se ejecutó 2 veces por semana.

3.5.4. Nutrición y riegos

Para la nutrición de las plantas se utilizaron fertilizantes como sulfato de amonio, fosfato monopotásico y nitrato de potasio que fueron suministrados a la planta a través del sistema de riego por goteo. El fertiriego se aplicó a las plantas tres veces por semana, la calendarización de los riegos se hizo siguiendo las lecturas reportadas por los tensiómetros (30-50 centibares), que era el momento considerado adecuado para aplicar los riegos, sin tener demasiada humedad en el suelo que pudiera propiciar la incidencia de plagas y enfermedades y/o afectar la respiración del sistema radicular.

3.5.5. Manejo de plagas y enfermedades

Para la prevención y control de plagas y enfermedades se utilizaron principalmente productos orgánicos y biológicos, con la finalidad de realizar un manejo sustentable del cultivo, mismos que se presentan en el Cuadro 1.

Durante el ciclo del cultivo de pepino se tuvieron incidencias de plagas como pulgones (*Aphis gossypii*), mosquita blanca (*Bemisia tabasi*), trips (*Frankiniella occidentalis*) y minador (*Liriomyza* sp). Para tener un mejor control de las plagas y poder identificarlas se utilizaron trampas amarillas de plástico las cuales se colocaron en diferentes lugares estratégicos dentro de la casahombra.

Para controlar la incidencia de minador se utilizó el producto Abamixxin que es un insecticida acaricida de amplio espectro a razón de 0.75 a 1.0 L/ha⁻¹. Para el control de pulgones y trips se utilizó el producto eBioluzion que es un insecticida de amplio espectro a razón de 1.0 - 2.0 L/ha⁻¹. Para la mosquita blanca se utilizó el Pestilout que es un repelente insecticida orgánico a razón de 0.5 a 1.0 L/ha⁻¹.

Las enfermedades que se presentaron durante el ciclo fueron cenicilla (*Erysiphe cichoracearum*), nematodos (*Meloidogyne* sp) y *Alternaria* sp. Para el control de la cenicilla se utilizó el producto Milduout a razón de 1.0 a 1.5 L/ha⁻¹ que es un biofungicida. Para *Alternaria* se manejó el producto Best Ultra F que es un fungicida orgánico a base de productos microbiológicos a razón de 1.0 – 2.0 L/ha⁻¹ en intervalos de 7 días. Para el control de nematodos se aplicó el producto Nematron Plus que es un nematicida orgánico bilógico.

Cuadro 3.1. Productos orgánico-biológicos aplicados al cultivo de pepino durante el ciclo para prevenir y controlar plagas y enfermedades.

Producto	Actividad biológica
<ul style="list-style-type: none"> • Trichobiol • Nematron Plus • MildOut • eBioluzion • FungiOut • Larbiol 2X • Akabrown • PestilOut 	<ul style="list-style-type: none"> • Agente de biocontrol de hongos fitopatógenos. • Nematicida orgánico-microbiológico. • Biofungicida para el control de cenicillas. • Insecticida orgánico de amplio espectro. • Fungicida inductor de resistencia foliar. • Larvicida biológico. • Acaricida orgánico • Repelente insecticida en base a productos orgánicos.
<ul style="list-style-type: none"> • Azidol orgánico • Best Ultra S • Abamixxin • Destroyer Bio 	<ul style="list-style-type: none"> • Acidificante, buferizante y dispersante con titulador de pH. • Fungicida nematicida con base en productos microbiológicos, orgánicos y minerales. • Insecticida acaricida de amplio espectro. • Biofumigante de suelos de origen natural.

3. 5. 6. Cosecha

La cosecha se realizó 2 veces por semana cuando los frutos de pepinos habían alcanzado su madurez fisiológica, considerando como indicadores su firmeza, color, espinosidad y el tamaño que fue entre 25 y 30 cm de largo. Durante el ciclo se realizaron 7 cortes.

3.6. Variables evaluadas

Las variables fenológicas que a continuación se muestran en el Cuadro 3.2, se evaluaron mediante el método destructivo, removiendo 5 plantas por tratamiento para proceder a su evaluación en el laboratorio.

Cuadro 3.2 Variables fenológicas evaluadas durante el desarrollo del cultivo de pepino en condiciones de casasonbra.

Variables	Actividad realizada
<ul style="list-style-type: none">• Altura de plantas	<ul style="list-style-type: none">• Se utilizó cinta métrica para poder obtener la altura total de las plantas de pepino.
<ul style="list-style-type: none">• Diámetro de tallo• Número de hojas	<ul style="list-style-type: none">• Se utilizó un vernier digital• Se contaron las hojas totales de forma manual
<ul style="list-style-type: none">• Número de frutos	<ul style="list-style-type: none">• Se contaron los frutos totales de cada una de las plantas evaluadas.
<ul style="list-style-type: none">• Área foliar	<ul style="list-style-type: none">• Se determinó el índice de área foliar con un medidor de área foliar estacionario AREA METER (LI COR), modelo LI-3100 inc. Lincoln, Nebraska, E.U.).
<ul style="list-style-type: none">• Peso seco	<ul style="list-style-type: none">• Las plantas evaluadas se seccionaron y fueron puestas en bolsas de papel para luego proceder a colocarlas en una estufa de secado a una temperatura de 75° C durante un mínimo de 72 horas; el peso seco se determinó utilizando una balanza analítica.

- Rendimiento

- Esta determinación se realizó cortando los frutos cuando llegaron a su madurez comercial y se procedió a pesarlos en una balanza digital, reportando en Kg/m².

3.7. Colecta de datos

Los datos se colectaron mediante la realización de 3 muestreos durante el ciclo vegetativo del cultivo, el cual consistió en remover 5 plantas por tratamiento del experimento establecido para proceder a evaluar las variables antes mencionadas.

3.8. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado para este trabajo estuvo constituido por 8 tratamientos y cuatro repeticiones distribuidos completamente al azar con arreglo factorial. Cada unidad experimental estuvo constituida por una cama de 3 metros de longitud, con una separación de 1.8 m entre camas. La siembra se realizó a una distancia entre plantas de 0.3 m. El experimento se conformó por 32 camas teniendo un área total de 300 m² y cada cama representaba una unidad experimental. El modelo estadístico del diseño en bloques al azar con arreglo factorial fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{jk} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + E_{ijkl}$$

Dónde:

μ = efecto de la media general

α_i = efecto del i-esima media del factor A (Con o sin acolchado)

β_j = efecto de la j- esima media del factor B (Dosis de fertilizantes)

γ_k = efecto de la k- esima media del factor C (Microorganismos biofertilizantes)

$\alpha\beta_{ij}$ = interacción de los tratamientos A B

$\alpha\chi_{jk}$ = interacción de los tratamientos A C

$\beta\chi_{jk}$ = interacción de los tratamientos B C

$\alpha\beta\chi_{ijk}$ = interacción de los tratamientos A B y C

E_{ijkl} = efecto del i-esimo acolchado, j-esima dosis, k-esimo microorganismo y l-esima repetición.

$i = 1, 2, \dots$ acolchado.

$j = 1, 2, \dots$ dosis de fertilización.

$k = 1, 2, \dots$ microorganismos biofertilizantes

$l = 1, 2, 3, 4, \dots$ repeticiones.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Altura de plantas

Al realizar el análisis de varianza se encontró diferencia significativa para el factor acolchado plástico. En la Figura 4.1 se puede observar que las plantas sometidas al efecto del factor A (tratamientos con acolchado) tuvieron una mayor altura, reportando un promedio por planta de 265.53 cm; esto correspondió a un incremento de 6.08% en comparación con los tratamientos en los que no se utilizó acolchado plástico los cuales obtuvieron un promedio de 248.28 cm por planta.

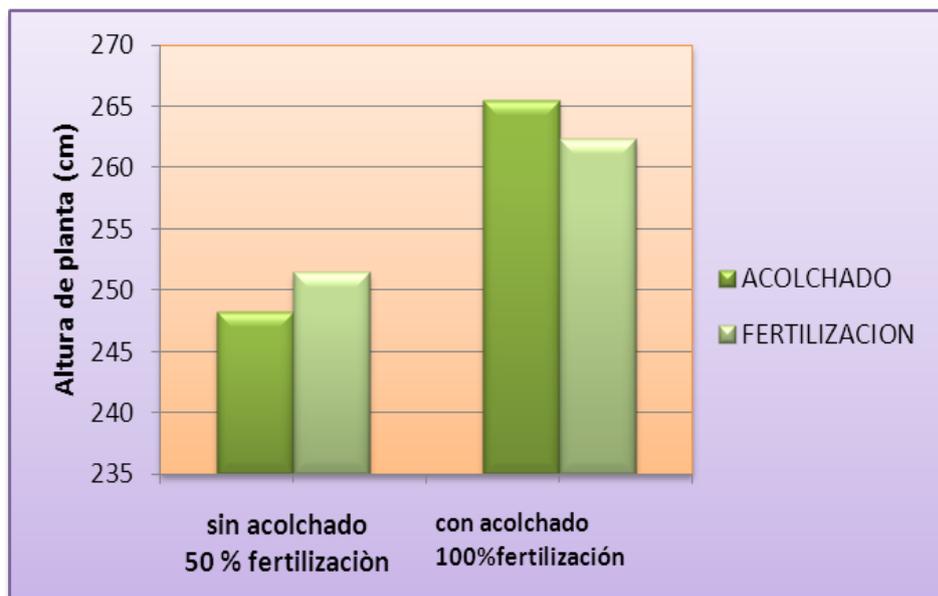


Figura 4.1. Efecto del factor acolchado plástico y dosis de fertilización en la altura de plantas de pepino.

Con respecto al factor B (dosis de fertilizantes) también se encontró que los tratamientos aplicados produjeron una diferencia significativa, ya que la dosis del 100% (250-200-250) incrementó en 4.32% la altura promedio 262.34 cm, en comparación con la dosis al 50% (125-100-125), la cual promedió un valor de 251.47 cm en las plantas de pepino.

El análisis estadístico reveló que el factor C (microorganismos biofertilizantes) no produjo diferencias significativas entre tratamientos; al igual que en las interacciones (AxB), (AxC), (BxC) y (AxB xC); lo cual indica que las variables estudiadas se comportaron de forma independiente.

El efecto promotor del crecimiento de las plantas por los microorganismos biofertilizantes ha sido demostrado anteriormente por diversos autores. Guevara-Aniuska *et al.* (2008) al realizar un estudio con el cultivo de pepino encontró que al utilizar rizobacterias en combinación con humus de lombriz y lionita produjo un efecto favorable en la altura de plantas de pepino. De manera similar, Elsen *et al.* (2002) hallaron que al utilizar micorrizas en plátano benefician el crecimiento de las plántulas en comparación a las plantas no inoculadas. En el estudio realizado por Baudoin *et al.* (2009) se encontró que la inoculación con *Azospirillum* beneficia la población microbiana nativa del lugar, teniendo el cultivo mayor número de raíces lo cual induce un mayor crecimiento de las plantas.

4.2 Diámetro de tallo

Respecto a esta variable, el análisis estadístico indicó que hubo una diferencia altamente significativa para el factor A (con o sin acolchado), sobresaliendo en un 7.62% los tratamientos con acolchado plástico, reportando un valor promedio de 11.55 mm, en comparación con los tratamientos que no tenían acolchado, los cuales reportaron un valor promedio de 10.73 mm (Figura 4.2).

El factor C (microorganismos biofertilizantes) también tuvo un efecto significativo en esta variable, ya que las plantas de pepino tuvieron un grosor de tallo superior en 4.13% debido al efecto de la inoculación con la rizobacteria *A. brasilense* y el hongo micorrícico *G. intraradices*, los cuales reportaron un diámetro promedio de 11.37 mm sobre los tratamientos a los cuales no se le inocularon y el valor obtenido fue 10.92 mm.

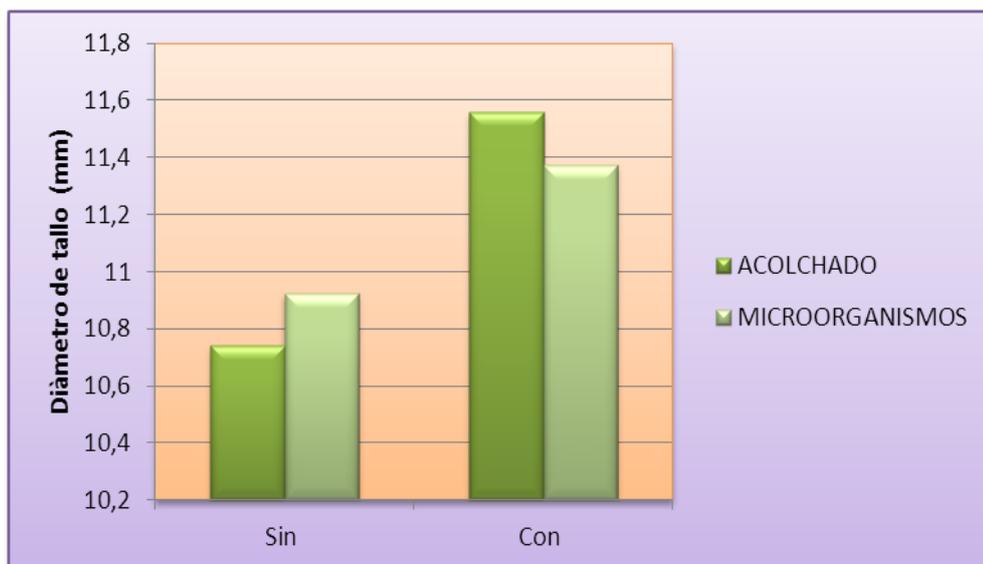


Figura 4.2. Efecto del acolchado plástico y la aplicación de *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices*, en el diámetro de tallo de plantas de pepino.

Al realizar estudios en banano, Quezada *et al.* (2011) obtuvieron resultados favorables en el diámetro de tallo al inocular las plantas con el hongo micorrícico *G. intraradices*. Por su parte, García-Olivares *et al.* (2007) mencionan que la inoculación con *A. brasilense* promueve el crecimiento de las plantas, tanto en altura como en diámetro, lo anterior debido a que favorece la asimilación de nitrógeno que es el elemento esencial para el crecimiento.

4.3 Número de hojas

Esta variable es muy importante ya que el número de hojas representa el desempeño productivo de la planta debido a las actividades fisiológicas realizadas por este órgano como son fotosíntesis y respiración, los cuales influyen en la producción o rendimiento final.

Los datos estadísticos obtenidos en este trabajo experimental mostraron un incremento de 5.87%, en comparación con los tratamientos sin acolchado plástico (Figura 4.3). Por lo que respecta al factor biofertilizantes (microorganismos) mostró una diferencia significativa sobresaliendo en

4.05%, respecto a tratamientos inoculados con la rizobacteria y el hongo micorrícico.

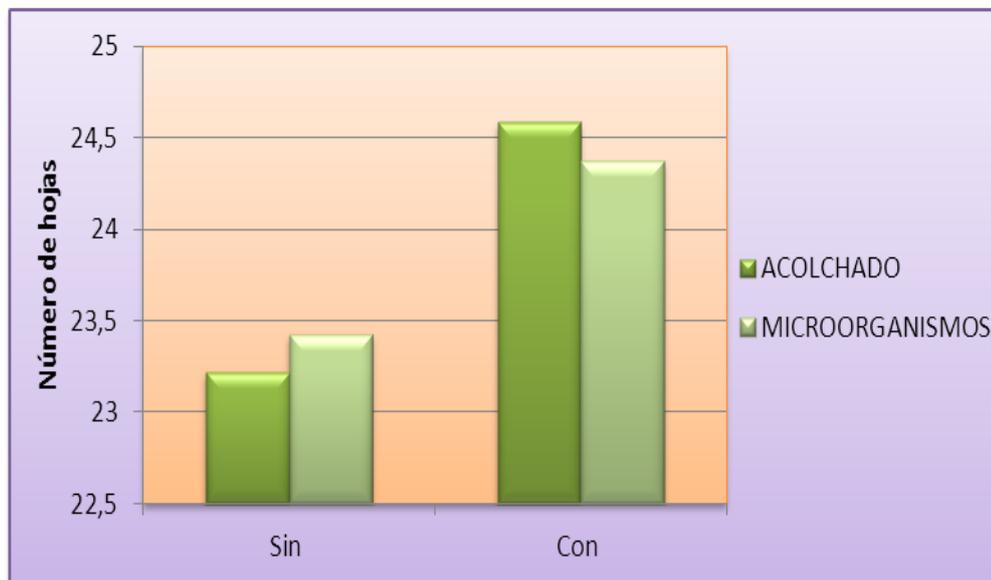


Figura 4.3. Efecto del acolchado plástico y la aplicación de *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices*, en el número de hojas en plantas de pepino.

El trabajo reportado por Cagras *et al.* (2000) consigna que la inoculación micorrízica de plantas de pepino aumentó significativamente el número de las hojas por planta. Similarmente, Wang *et al.* (2008) al realizar estudios con inoculación de *G. intraradices* encontró que plantas de pepino inoculadas con esta micorriza obtuvieron un mayor número de hojas.

4.4. Número de frutos

El número de frutos es un claro indicador del rendimiento que la planta puede llegar a tener. Los resultados indican que hubo una diferencia altamente significativa para el factor acolchado, destacando un incremento de 5.73% en los tratamientos con acolchado, en comparación con los que no tuvieron acolchado (Figura 4.4). El factor microorganismos biofertilizantes mostró una diferencia significativa sobresaliendo los tratamientos inoculados con los biofertilizantes en un 5.52% sobre los tratamientos sin recibir inoculación.

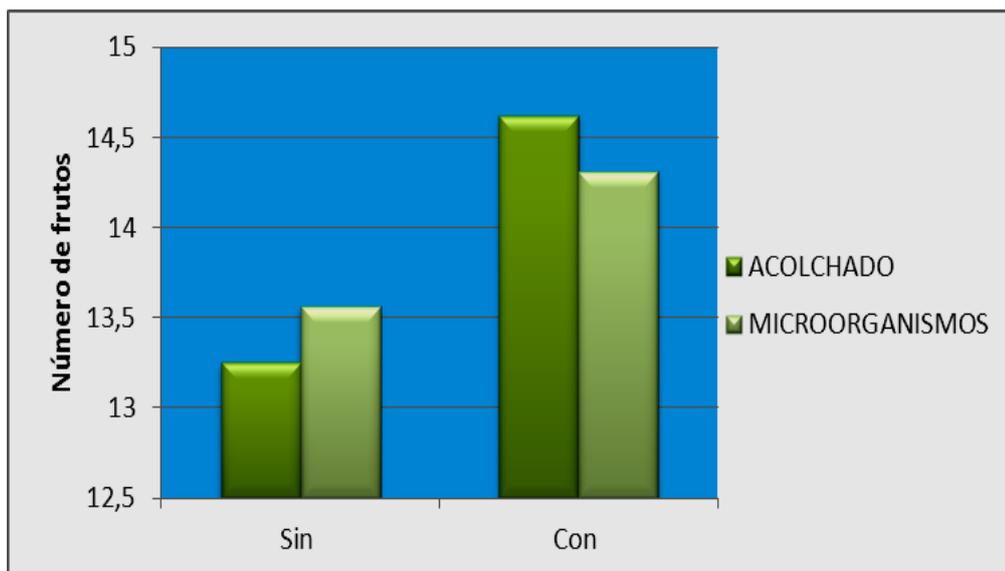


Figura 4.4. Efecto del acolchado plástico y la aplicación de *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices*, en el número de frutos de pepino.

El trabajo publicado por Dursun *et al.* (2010) menciona que los biofertilizantes mejoran el estado nutricional de los cultivos lo cual se refleja en el desarrollo de las plantas y por ende en la capacidad de fructificación y amarre de frutos. Youssef *et al.* (2010) al realizar estudios utilizando el hongo micorrícico *G. intraradices* mejoró la calidad y número de frutos en plantas de pepino al minimizar el efecto de alcalinidad en el suelo.

4.5. Área foliar

El área foliar expresada en cm^2/m^2 representa el aparato fotosintético de las plantas. Debido a eso es una variable muy importante con la que podemos determinar el índice de crecimiento de un cultivo en determinado período de tiempo. Un conocimiento elemental es que a mayor área foliar, mayor será la cantidad de luz que se podrá captar, lo que incrementará el proceso de fotosíntesis e incidirá positivamente en el crecimiento de la planta. El ANVA realizado para analizar estadísticamente esta variable, encontró una diferencia altamente significativa para el factor acolchado, resaltando su área foliar en 8.86%, en comparación al tratamiento sin acolchado plástico (Figura 4.5).

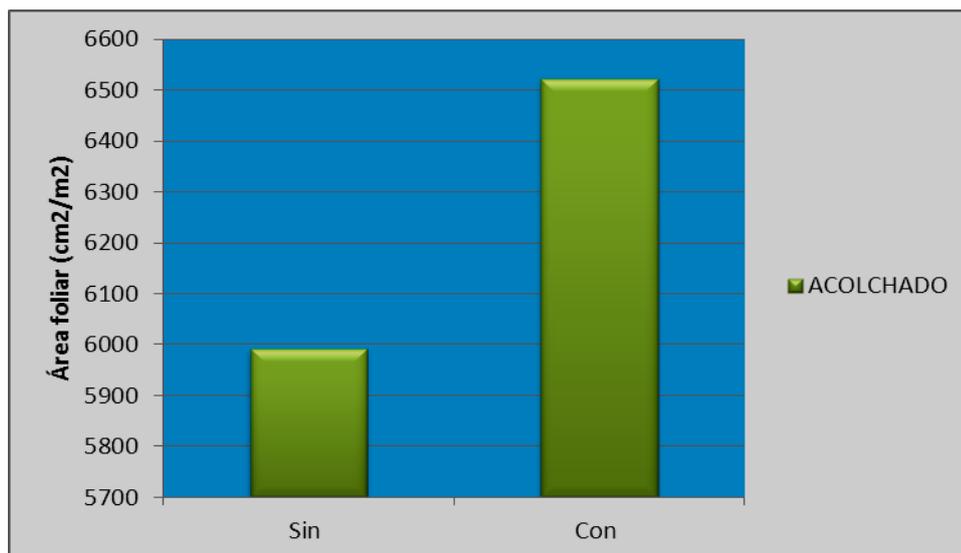
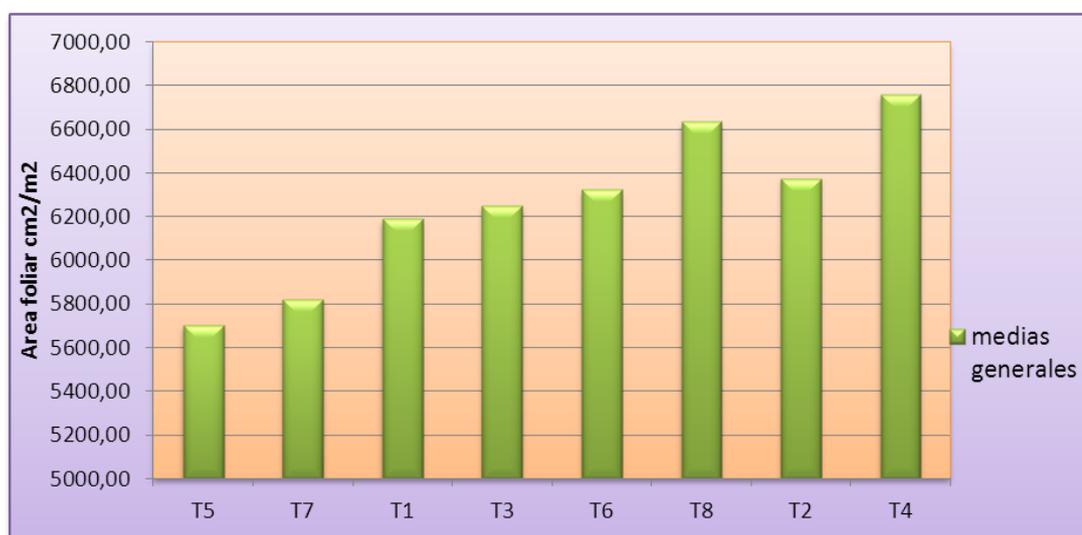


Figura 4.5. Efecto del acolchado plástico y la aplicación de *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices*, en el área foliar.

Con respecto al factor fertilización y microorganismos biofertilizantes, no se encontraron diferencias significativas. Sin embargo al realizar la comparación de medias generales entre los tratamientos que se muestran en la Figura 4.6, se puede apreciar que los tratamientos inoculados fueron superiores a los tratamientos sin inoculación de microorganismos.



TRATAMIENTOS: T1= 250-200-250 SA, T2= 250-200-250 CA, T3= Azo+Gi (semilla+2 aplic) + 100% SA, T4= Azo+Gi (semilla+2 aplic) + 100 % CA, T5= 125-100-125 SA, T6= 125-100-125 CA, T7= Azo+Gi (semilla+2 aplic) + 50 % SA, T8= Azo+Gi (semilla+2 aplic) + 50 % CA.

Figura 4.6. Valores promedio de los ocho tratamientos aplicados para la variable área foliar (cm²/m²) al utilizar biofertilizantes en la producción de pepino en condiciones de casombrá.

Los resultados reportados en el trabajo de Aguilera *et al.* (1999) en pimiento inoculado con *G. intraradices*, indican que ellos obtuvieron plantas más desarrolladas y con mayor área foliar que las plantas testigo sin recibir biofertilizantes. Por su parte, Castillo *et al.* (2010) señalan que la inoculación de un sustrato con un HMA, afectó positivamente la producción de chile, ya que obtuvieron plantas más vigorosas y con mayor área foliar. Por otro lado, estudios realizados por Dimkpa *et al.* (2009) utilizando rizobacterias, mostraron que estos microorganismos benéficos aumentaron el índice de área foliar en plantas de pepino. Estas respuestas en el crecimiento del área foliar en las plantas inoculadas pueden ser explicadas parcialmente por la producción de fitohormonas por parte de las rizobacterias (Karacurt y Aslants, 2010).

4.6. Peso seco total

Es una variable es muy importante debido a que refleja de manera directa la acumulación de biomasa y de reservas en la planta como consecuencia de la actividad fotosintética. El valor de la biomasa seca puede llegar a influir de diversas formas en el rendimiento de los cultivos. En el análisis de varianza se encontró una diferencia altamente significativa para la variable bloques, que refleja la heterogeneidad que presentaba el suelo en donde se estableció el experimento. Para el factor acolchado plástico se encontró una respuesta altamente significativa (Figura 4.7), lo que indica la diferencia estadística que existe entre el uso de acolchado y la ausencia de este, superando en 8.67% el uso de acolchado respecto al peso seco de las plantas en donde no se utilizó.

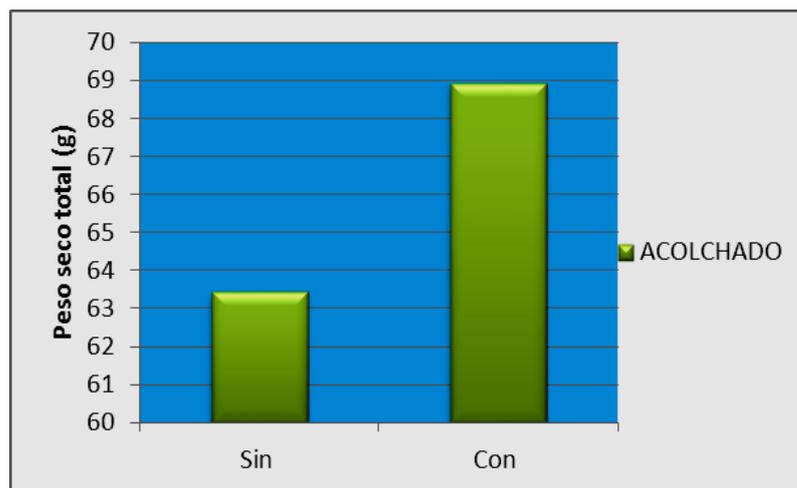


Figura 4.7. Efecto del acolchado plástico y la aplicación de *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices*, en el peso seco de plantas de pepino.

Con respecto a los factores fertilización y microorganismos no se encontraron diferencias significativas. Para las dobles interacciones (AXB), (AXC) y (BXC), no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre ellas, lo que indica un comportamiento independiente entre los factores A y B con respecto al factor C. De manera similar, Minag (2003) al efectuar estudios en tomate encontró que las plantas inoculadas con biofertilizantes fueron superiores en biomasa seca con respecto a las plantas testigo que no recibieron.

4.7. Rendimiento

Los resultados obtenidos de rendimiento por metro cuadrado (Figura 4.8) muestran una diferencia altamente significativa para el factor acolchado, sobresaliendo en un 9.78% el ambiente con acolchado con un rendimiento promedio de 13.90 kg comparado con 12.66 kg sin acolchar. No obstante se encontró una diferencia altamente significativa para el factor microorganismos sobresaliendo en un 12.79% los tratamientos inoculados con el hongo micorrícico *G. intraradices* y la bacteria *A. brasilense* con un rendimiento de 14.08 kg sobre los tratamientos no inoculados que obtuvieron 12.48 kg

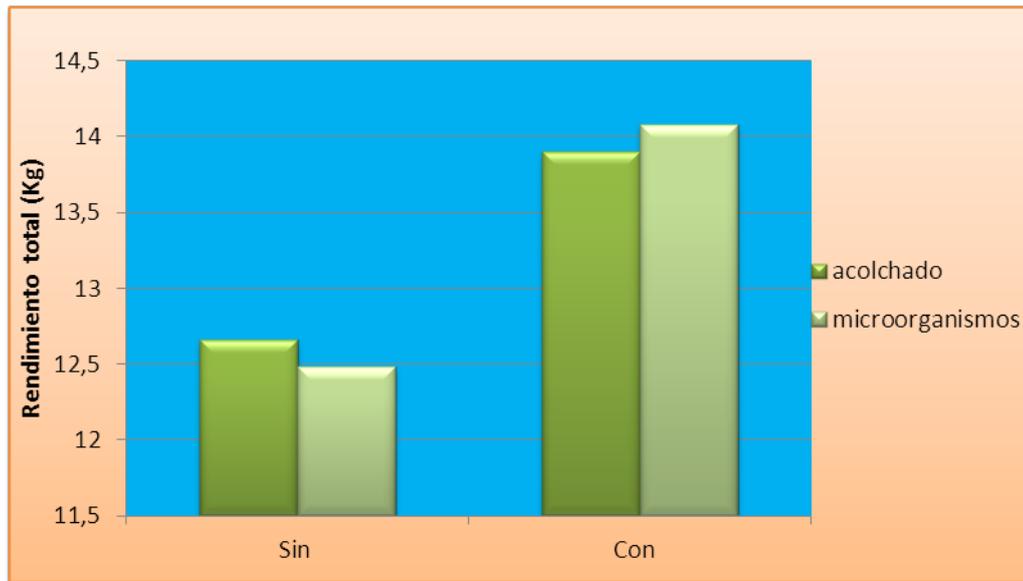
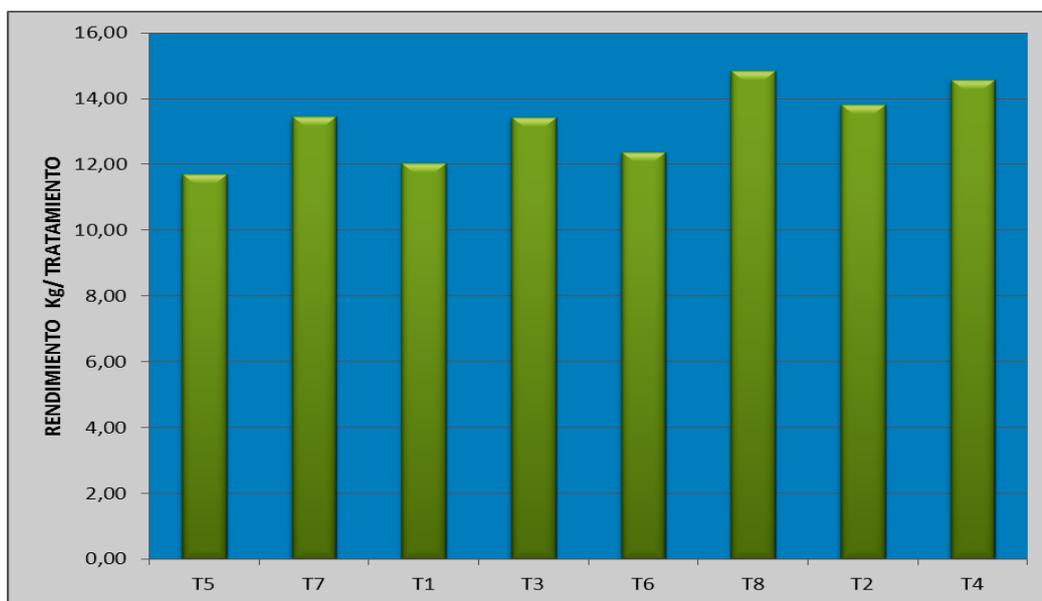


Figura 4.8. Efecto del acolchado plástico y biofertilizantes en el rendimiento del cultivo de pepino en condiciones de casasmombra.

Aunque no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas en las interacciones acolchado-fertilización, (AXB) acolchado-microorganismos (AXC), fertilización-microorganismos (BXC); Al realizar la comparación de medias que se muestra en la Figura 4.9, los tratamientos inoculados obtuvieron un rendimiento superior sobre los tratamientos no inoculados; el T7 *Azospirillum* + *Glomus* (semilla+2 aplicaciones) + 50% sin ACOL fue superior en un 14.94% con un rendimiento de 13.46 kg por planta sobre el T5 (125-100-125) sin ACOL que obtuvo un rendimiento de 11.71 kg, el T3 *Azospirillum* + *Glomus* (semilla+2 aplicaciones) + 100% sin acolchado fue superior en un 11.62 % obteniendo un rendimiento de 13.44 kg sobre el T1 (250-200-250) sin acolchado con un rendimiento de 12.04 kg, el T8 *Azospirillum* + *Glomus* (semilla+2 aplicaciones) + 50 % acolchado fue superior en 20.14% con un rendimiento de 14.85 kg sobre el T6 125-100-125 acolchado con rendimiento de 12.36 kg y el T4 *Azospirillum* + *Glomus* (semilla+2 aplicaciones) + 100% acolchado con rendimiento de 14.57 kg, superó al T2 en 5.42% con un rendimiento de 13.82%. Así mismo, los tratamientos acolchados obtuvieron un mayor rendimiento sobre los tratamientos sin acolchar; por su parte, los tratamientos con la dosis de fertilización al 100% fueron superiores en su mayoría en comparación a los

tratamientos con la dosis al 50%; lo antes mencionado sugiere que los tres factores analizados en este experimento se comportaron de forma independiente y al interactuar entre ellos no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas.



TRATAMIENTOS: T1= 250-200-250 SA, T2= 250-200-250 CA, T3= Azo+Gi (semilla+2 aplic) + 100% SA, T4= Azo+Gi (semilla+2 aplic) + 100 % CA, T5= 125-100-125 SA, T6= 125-100-125 CA, T7= Azo+Gi (semilla+2 aplic) + 50 % SA, T8= Azo+Gi (semilla+2 aplic) + 50 % CA.

Figura 4.9. Valores promedio de los ocho tratamientos aplicados para la variable rendimiento total (Kg) al utilizar biofertilizantes en la producción de pepino en condiciones de cas sombra.

El tratamiento que obtuvo el mejor rendimiento fue el T8 con 14.85 kg por tratamiento equivalente a 49.5 ton/ha⁻¹, siguiendo el T4 con un rendimiento de 14.57 kg lo que es equivalente a 48.5 ton/ha⁻¹; el T2 obtuvo un rendimiento 13.82 kg representando 46.06 ton /ha⁻¹; mientras que el menor rendimiento se obtuvo con el T5 con un rendimiento de 11.71 kg o sea 39.03 ton/ha⁻¹.

El estudio reportado por Gül *et al.* (2008) al inocular rizobacterias en tomate, obtuvo mayores rendimientos en comparación con las plantas testigo. Por su parte, Adesemoye (2009) encontró que las plantas con dosis baja de fertilización en combinación con la inoculación de rizobacterias

obtuvieron un rendimiento casi similar a la fertilización completa. Este resulta ser un escenario muy similar al presente trabajo con pepino en casa sombra y el uso de subdosis de fertilización NPK más la adición de biofertilizantes. De igual manera, Mata *et al.* (2011) al realizar estudios en cebolla obtuvieron resultados favorables en el rendimiento al inocular las plantas con biofertilizantes.

V. CONCLUSIONES.

Los resultados antes relatados indican que el uso de biofertilizantes a base de rizobacterias, hongos micorrícicos aunado a una dosis de fertilización baja y acolchado plástico produce un efecto similar a utilizar una dosis de fertilización química sintética alta, lo cual tiende a reducir costos, reducir el impacto ambiental debido al uso excesivo de fertilizantes químicos que degradan los suelos y los acuíferos; pero lo más importante es obtener altos rendimientos por unidad de superficie, pero de manera sustentable o ecológica.

El uso de biofertilizantes, una subdosis de fertilización y el uso de acolchado es una buena opción para obtener un buen rendimiento de pepino. En el experimento realizado, el uso de acolchado plástico obtuvo una respuesta favorable en todas las variables evaluadas en comparación con los tratamientos que no se acolcharon; esto se puede explicar por el hecho de que se hace más eficiente el uso de fertilizantes al reducir la pérdida por lixiviación, además de aprovechar al máximo las concentraciones de CO₂ producido por la respiración de las raíces, las cuales se concentran en las hojas permitiendo que estas se desarrollen mejor y la planta aproveche esas reservas producidas y las utilice en el crecimiento y desarrollo de la planta, lo cual se verá reflejado en la producción final.

La reducción de las dosis de fertilizantes químicos sintéticos por el uso de biofertilizantes o bioinoculantes, permite bajar el costo de los insumos, además se reduce el impacto ecológico por no aplicar fertilizantes que contaminan el agua al llegar a los mantos freáticos, ríos, lagos, etc.

Estos productos permiten poner al alcance de productores microorganismos benéficos con alta efectividad, con los que se sustituye

hasta el 50% del fertilizante nitrogenado mineral en el caso de los fijadores asociativos, hasta el 80% en el de los simbióticos, mientras que los microorganismos solubilizadores de fósforo como las micorrizas, permiten sustituir hasta el 70% del fertilizante fosfórico.

Lo antes señalado tiene un gran impacto económico beneficioso para el bolsillo del agricultor; esto además, estimula el desarrollo de técnicas sustentables de producción, lo cual está siendo demandado por la sociedad.

Por último, el uso eficaz de biofertilizantes está llamada a ser una tecnología clave para asegurar la sustentabilidad y productividad del sector agrícola, además de brindar la posibilidad de obtener altos rendimientos aunado a la preservación del medio ambiente; ya que el uso de biofertilizantes y compostas, más fertilización química a una dosis parcial o subdosis, permiten obtener rendimientos más altos que con fertilización química al 100%, además la cosecha es de mejor calidad.

VI. LITERATURA CITADA

- Adesemoye, A. O., Torbert H.A. and Kloepper J.W. . 2011. Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. *Microbial Ecology*, 58: (4), 921-929.
- Adesemoye, A.O., Torbert, H.A. and Kloepper, J.W. 2009. Increased plant uptake of nitrogen from fertilizer using plant growth-promoting rhizobacteria. *Applied Soil Ecology*, 46: 54-58.
- AgroNet. 2011. Disponible en: <http://www.agronet.com.mx>.
- Aguilera, L., Olalde, V., Arriaga, R. y Contreras, R. (2007). Micorrizas arbusculares. *Ciencia Ergo Sum*, 14 (3), 300-306.
- Aguilera-Gomez, L., F.T. Davies Jr., S.A. Duray, L. Phavaphutanon, and V. Olalde-Portugal. 1999. Influence of phosphorus and endomycorrhiza (*glomus intraradices*) on gas exchange and plant growth of chile ancho pepper (*Capsicum annuum* cv. San Luis). *Photosynthetica*, 36:441-449
- Aniuska, Guevara B., Hartman Teresa., Bardanca Teodoro., Corrales G., 2008. Combinations of solid biofertilizers and litonite sustrates in seedling trays, ISSN Paper: 0253-5785 ISSN on line: 12 p.
- Azcón-Aguilera, C., Barea, J., Gianinazzi S. and Gianinazzi-Pearson, (Eds). (2009). *Mycorrhizas functional processes and ecological impact*. Berlin-Alemania: Springer. 23-25
- Bashan, Y., Holguín. G y de-Bashan, L.E. 2004. *Azospirillum* plant Relationships: Physiological, Molecular, Agricultural, and Environmental Advances (1997–2003). *Can. J. Microbiol.* 50:521-577.
- Baudoin, E., Nazaret S., Mougél C., Ranjard L. and Y. Moenne-Loccoz. 2009. Impact of inoculation with the phytoestimulatory PGPR-*Azospirillum lipoferum crt1* on the genetic structure of the rhizobacterial community of field-grown maize. *Soil Biology and Biochemistry* .409-413

- Bolaños, H. A. 1998. Introducción a la Olericultura, Editorial, Universal Estatal a Distancia, San Jose, C. R. 27-28.
- Briassoulis, D., Mistriotis A. and D. Eleftherakis 2007. mechanical behavior and properties of agricultural nets. Part II: Analysis of the performance of the mains categories of agricultural nets, polym, test. 20: 970 – 984.
- Cagras, S., Sari N., Ortas I., 2000. The effects of vesicular- arbuscular mycorrhizae on the plant growth and nutrient uptake of Cucumber. *turk agric forest* 24: 571-578.
- Castillo, R. C., Sotomayor S. L., Ortiz O. C., Leonelli C. G., Borie B F., y Rubio H. R. 2010. Efecto de los hongos micorrícicos arbusculares en un cultivo ecológico de ají (*Capsicum annuum* L.) cacho de cabra. FONDECYT N° 1070283 y DGIUCT N° 2006-3-02.
- Comisión para la Investigación y la Defensa de las Hortalizas. 2011. Disponible en:<http://www.cidh.org.mx/mapas.php>.
- Cuenca, G., Cáceres A., Oirdobro G., Hasmy Z. y Urdaneta C. (2007). Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. *Interciencia*, 32:pág 23-29.
- Daly, M. and Stewart, D. (2007). Influence of "effective microorganisms" (em) on vegetative production and carbon mineralization - a preliminary investigation. *j. sustain agric*, 14: 15-25.
- Dardanelli, S. M., Carletti S. M., Paulucci N. S., Medeot D. B., E. A., Rodriguez Cáceres., Vita F. A., Garcia. 2011. Benefits of plant growth-promoting rhizobacteria and rhizobia in agriculture. *microbiology monographs*, 2011.
- Dimkpa, C., Weinand T. and F. Asch. 2009. Plant-rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. *plant cell and environment*, 32:1618-1694.
- Dobbelaere, S., Vanderleyden, J. and Okon, Y. 2007. Plant Growth Promoting Effects of Diazotrophs in the Rhizosphere. *Plant Sciences*, 22:107-149.

- Dursun, A., Ekinci M. and Figen M. 2010. Effectr of foliar application of plant growth promoting bacterium on chemical contents, yield and growth of tomato (*Lycopersicon esculentum*) and Cucumber (*Cucumis sativus*). Pakistan Journal of Botany, 42:3349-3356.
- Ekinci, M. and Dursun A.. 2006. Sebze yetiştiriciliğinde malç kullanımı. derim dergisi 23: 20-27.
- Elsen, A.; Declerck, S.; y De Waele, D. 2002. Effect of three arbuscular mycorrhizal fungi on root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) Infection of *Musa*. Infomusa, 11(1):21 - 23.
- FAO, 2011. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/La agricultura orgánica en la FAO. 2011>.
- Fernández, F.; J. M; Rodríguez, P. 2006. Efectividad de algunos tipos de inoculantes micorrízicos a base de *glomus hoi-like* en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. var *Amalia*). Cultivos Tropicales 27(3):25-30.
- Gálvez, F.2004. El cultivo de pepino en invernadero, editor manual de producción hortícola en invernadero, 2ª Edición. 282-293.
- García-Olivares, J. G; Moreno V. R.; Rodríguez I. C; Mendoza H; y Mayek, P. (2007). "Efecto de cepas de *Azospirillum brasilense* en el crecimiento y rendimiento de grano del maíz", Rev. Fitotec. México. Vol. 30: Pág. 123-131.
- Gaur, A., Adholeya A., and Mukerji K. 1998. A comparison of am fungi inoculants using *capsicum* and *poliantes* in marginal soil amended with organic matter. Mycorrhiza, 7:307-312.
- Gómez Cruz, M. Á; Schwentesius R., Gómez L. 2001. *Agricultura orgánica de México. Datos básicos*. Boletín, SAGARPA-CIESTAAM, México, 46p.
- Gómez; Schwentesius, R. R; Ortigoza, R. J. y Gómez, T. 2010. Agricultura, apicultura y ganadería orgánica 2009. UACH-CONACYT.112 p.
- Gómez, P. G. 2009. Avances en la norma de construcción de invernaderos en México. DT-NMX-E-255-CNCP-2006. Asociación Mexicana de constructores de Invernadero.

- Guevara, A., Hartman, T., Bardanca, M.T., Corrales, R.I.G., 2008. Combinations of solid biofertilizers and litorite substrates in seedling trays, ISSN Papel: 0253-5785 ISSN on line: 2001-2008. 12 p.
- Gül, A., Kidoglu, F., Tüzel, Y. and Tüzel, I.H. 2008. Effects of nutrition and bacillus amyloliquefaciens on tomato (*solanum lycopersicum l.*) growing in perlite. spanish journal of agricultural reseach, 6:422-429.
- Hussain, T., Anwar-ul-Haq, M., Ahmad, I., Zia, M., Ali, T. and Ajum, S. (2000). Techonology of effective microorganisms as an alternative for rece ans wheat in pakistan. *EM World J* 1: 57-67.
- Hussain, T., Javaid, T., Parr, J., Jilani, G. and Haq, M. (1999). Rice and wheat production in Pakistan with effective microorganisms. *Am J Alter Agric* 14: 30-36.
- IFOAM. 2010. Arguments in Favor of Organic agriculture.URL: http://www.ifoam.org/growing_organic/1_arguments_for_oa/arguments_s_main_page.html.
- Infoagro 2011. El cultivo de pepino. Disponible en [www.infoagro.com/Pepino \ guias para producir \ pepino archivos html\pepino.htm](http://www.infoagro.com/Pepino/guias_para_producir_pepino_archivos_html/pepino.htm).
- International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM). 2008. Definition of Organic Agriculture.URL: http://www.ifoam.org/growing_organic/definitions/sdhw/pdf/DOA_Spanish.pdf.
- Jaizme-Vega, M., Rodríguez-Romero A. & Piñero M. (2005). Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) and Other Rhizosphere Microorganisms on Development of the Banana Root System. *Banana Root System. INIBAP.* 180-192.
- Karakurt, H and R. Aslantas. 2010. Effects of Some Plant Growt Promoting Rhizobacteria Treated Twice on Flower Thining, Fruit Set and Fruit Properties on Apple. *African Journal of Agricultural Research* 5:384-388.
- Kloepper, W. and Adesemoye, A. O. 2011. Plant–Microbes Interactions in Enhanced Fertilizer-use Efficiency. Mini-Review, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85, (1) 1-12.

- Krístková, E., Lebeda, A., Vinter, V., Blahousek, O. (2003). Genetic resources of the genus cucumis and their morphological description. Horticultural Science (Prague), 30: pág, 165-170
- López, G. M. 2003. Alternativas de protección de cultivos con materiales plásticos. IDEA 11:6 – 12.
- Martínez, F. y Bimbo, B. 2001. Propiedades de Cubiertas, Mallas y Pantallas Térmicas. Productores de Hortalizas. Febrero 8-9.
- Mata, V. H., Patishtán P. J., Vázquez G. E, Ramírez M. M. 2011 Efectos de biofertilizantes y biocompostas con fertilización química sobre el rendimiento y calidad de cebolla *Allium cepa*. UACH. Pág 10-11.
- MINAG: Manual para la producción protegida de hortaliza. asoc. Ilh. Liliana Dimitrova y cultivos varios, 113 pp., 2003.
- Navejas, J.J. 2002. Producción orgánica de tomate. INIFAP-CIRNO. Desplegable Técnica No. 5
- Ona, O., Impe J.V., Prinse E. and Vanderleyden J. 2005. Growth and indole-3-acetic acid biosynthesis of *Azospirillum brasilense* Sp245 is Environmental Controlled. FEMS Microbiol. Let. 246:125-132.
- Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación - Secretaria de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (FAO - SAGARPA). 2007. Producción de hortalizas a cielo abierto y bajo condiciones protegidas. México. 33 pp.
- Philippe, G., Karam A. and Jaouich A. .2008. Arbuscular mycorrhizae and alleviation of soil stresses on plant growth. mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry 2008, Pág 99-134.
- Plants for a Future: Cucumis sativus. Devon; Boletín 69: Pepino. Disponible en:http://www.ibiblio.org/pfaf/cgi-bin/arr_html?Cucumis+sativus&CAN=LATIND.
- Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo (PNUD). 2007. Informe Sobre Desarrollo Humano, México 2006-2007. Mundi-Prensa. D. F., México. 21-25 pp.
- Quezada, C.A., Velázquez R.H., Cruz L.A., Iracheta D.L., Villavicencio G., Pérez 2011. Respuesta de vitroplantas de banano a sustratos,

fertilizantes químicos y biofertilizantes durante la aclimatación.
Campo Experimental Rosário Izapa-INIFAP. Centro de Biociencias-
UNACH. C.E. Saltillo-INIFAP

Rodríguez, H., Mendoza A., Cruz, G. Holguin G. ,Glick and Y. Bashan. 2006.
Pleiotropic physiological effects in the plant growth-promoting
bacterium *azospirillum brasilense* following chromosomal labeling in
the *clpX* gene. FEMS Microbiol. Ecol. 57:217-225.

SAGARPA. 2011 Disponible en: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper &itemid =351](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&itemid=351).

Salazar, S, E., Fortis H. M., Vázquez A. A., Vázquez V. C., 2003.
Agricultura Orgánica. Pp 34-56

Sánchez,-Salazar, M. T. y Martínez-Galicia, M. 2006. la vulnerabilidad de la
industria y los sistemas energéticos ante el cambio climático global.
Instituto de Geografía. UNAM .

Schnepf, A., Roose T. & Schweiger P. (2008). Growth model for arbuscular
mycorrhizal fungi. J. R. Soc. Interface, 5:773–784.

Schwentenius, E. Nelson, R. R.; Gómez, T. L. y Gómez, C. M. A. 2008.
Participatory organic certification in México: an alternative approach
to maintaining the integrity of the organic label”. Agriculture and
Human Values, 36:123-134.

Smith, S. E. & Read, D. J. (1997). Mycorrhizal symbiosis. San Diego:
Academic Press. 89-95.

Stamps, R. H. 2009. Use of colored shade netting in horticulture. Hortscience
vol. 44.

Suniaga, Q. J., Rodríguez A., Ramírez L., Romero E. y Montilla E. 2008.
Fertilización mediante fertirriego, durante diferentes etapas del ciclo
de cultivo de hortalizas. Agricultura Andina, 15: 56-66.

Tanny, J., Teitel M., Barak M. M., 2008: Effect of height on greenhouse
microclimate proceedings of the international symposium on high
technology for greenhouse system management. Naples, Italy. Acta
Horticulturae 801: 107-114.

Tarara, J.M., 2000. Microclimate modification with plastic mulch. HortSci. 35:
169-180.

- Valdez, L. A. 1998. Producción de hortalizas. Noriega Editores. México. D. F.
- Vessey, K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255:571-586.
- Zribi, W., Faci, J. M., Aragüés, R. ITEA, Información técnica económica agraria: Revista de la Asociación Interprofesional Para el Desarrollo Agrario (AIDA), ISSN 1699-6887, N°. 2, 2011 , págs. 148-162 .
- Wang, C., Li X., Zhou J., Wang G., Dong Y., 2008. effects of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and yield of cucumber plants. *Com Soil Sci Plant Anal*, 39, 499-509.
- Willer, H. and Kilcher, L. 2010. The world of organic agriculture. statistics and emerging trends 2010. IFOAM, FiBL, ITC. Suiza. 239 p.
- Youssef, R., Cardarelli M., Di Mattia E., Tullio M., Rea Elvira. Colla, G. 2010. Enhancement of alkalinity tolerance in two cucumber genotypes inoculated with an arbuscular mycorrhizal biofertilizer containing *Glomus Intraradices*. *Biol Fertil Soils*, 46:499–509 DOI 10.1007/s00374-010-0457-9.

APÉNDICE

Cuadro A 1. Análisis de varianza bloques al azar con arreglo factorial para la variable altura de plantas

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	3	8041.000	2680.333	15.467	0.000
FACTOR A	1	2381.250	2381.250	13.741	0.002 **
FACTOR B	1	945.000	945.000	5.453	0.028*
FACTOR C	1	72.250	72.250	0.416	0.532 NS
A X B	1	44.000	44.000	0.253	0.625 NS
A X C	1	61.500	61.500	0.354	0.564 NS
B X C	1	114.250	114.250	0.659	0.569 NS
A X B X C	1	87.750	87.750	0.506	0.509 NS
ERROR	21	3639.000	173.285		
TOTAL	31	15386.00			

C.V. = 5.1238%

Grados de significancia: ** Altamente significativo ($p \leq 0.05$);* significativo ($p \leq 0.05$); NS: no significativo.

Cuadro A 2. Análisis de varianza bloques al azar con arreglo factorial para la variable diámetro de tallo.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	3	0.909	0.303	1.620	0.214
FACTOR A	1	5.363	5.363	28.66	0.000**
FACTOR B	1	0.505	0.505	2.703	0.112 NS
FACTOR C	1	1.629	1.629	8.707	0.008 *
A X B	1	0.210	0.210	1.126	00.31 NS
A X C	1	0.026	0.026	0.136	0.713 NS
B X C	1	0.0007	0.0007	0.003	0.949 NS
A X B X C	1	0.090	0.090	0.485	0.500 NS
ERROR	21	3.929	0.187		
TOTAL	31	12.666			

C.V. = 3.8801 %

Grados de significancia: ** Altamente significativo ($p \leq 0.05$);* significativo ($p \leq 0.05$); NS: no significativo

Cuadro A 3. Análisis de varianza bloques al azar con arreglo factorial para la variable número de hojas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	3	62.292	20.764	16.471	0.000
FACTOR A	1	14.865	14.865	11.792	0.003 **
FACTOR B	1	2.503	2.503	1.986	0.170 NS
FACTOR C	1	7.210	7.210	5.720	0.025*
A X B	1	1.011	1.011	0.802	0.616 NS
A X C	1	1.097	1.097	0.870	0.636 NS
B X C	1	0.005	0.005	0.004	0.945 NS
A X B X C	1	0.076	0.076	0.060	0.803 NS
ERROR	21	26.472	1.260		
TOTAL	31	115.537			

C.V. = 4.6976%

Grados de significancia: ** Altamente significativo ($p \leq 0.05$);* significativo ($p \leq 0.05$); NS: no significativo).

Cuadro A 4. Análisis de varianza bloques al azar con arreglo factorial para la variable número de frutos.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	3	16.187	5.395	4.212	0.017
FACTOR A	1	14.960	14.960	11.678	0.003 **
FACTOR B	1	0.382	0.382	0.298	0.596 NS
FACTOR C	1	4.500	4.500	3.512	0.072 NS
A X B	1	1.369	1.369	1.069	0.314 NS
A X C	1	0.0004	0.0004	0.0004	0.982 NS
B X C	1	0.007	0.007	0.006	0.936 NS
A X B X C	1	0.986	0.986	0.770	0.606 NS
ERROR	21	26.901	1.281		
TOTAL	31	65.297			

C.V. = 8.1208%

Grados de significancia: ** Altamente significativo ($p \leq 0.05$);* significativo ($p \leq 0.05$); NS: no significativo.

Cuadro A 5. Análisis de varianza bloques al azar con arreglo factorial para la variable área foliar.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	3	3629696	1209898.625	5.044	0.009
FACTOR A	1	2256384	2256384.000	9.407	0.006 *
FACTOR B	1	595328	595328.000	2.482	0.127NS
FACTOR C	1	385152	385152.000	1.605	0.217NS
A X B	1	272256	272256.000	1.135	0.299NS
A X C	1	133248	133248.000	0.555	0.529NS
B X C	1	0.000	0.0000	0.000	1.000NS
A X B X C	1	8832	8832.000	0.036	0.844NS
ERROR	21	5036800	239847.625		
TOTAL	31	12317696			

C.V. = 7.8264%

Grados de significancia: ** Altamente significativo ($p \leq 0.05$);* significativo ($p \leq 0.05$); NS: no significativo.

Cuadro A 6. Análisis de varianza bloques al azar con arreglo factorial para la variable peso seco.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	3	203.296	67.765	2.851	0.061
FACTOR A	1	242.171	242.171	10.191	0.005 **
FACTOR B	1	9.046	9.046	0.380	0.550 NS
FACTOR C	1	29.328	29.328	1.234	0.279 NS
A X B	1	0.156	0.156	0.006	0.934 NS
A X C	1	17.468	17.468	0.735	0.595 NS
B X C	1	3.328	3.328	0.140	0.713 NS
A X B X C	1	5.500	5.500	0.231	0.640 NS
ERROR	21	499.031	23.763		
TOTAL	31	1009.328			

C.V. = 7.3653%

Grados de significancia: ** Altamente significativo ($p \leq 0.05$);* significativo ($p \leq 0.05$); NS: no significativo.

Cuadro A 7. Análisis de varianza bloques al azar con arreglo factorial para la variable rendimiento.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	3	3.311	1.103	1.600	0.218
FACTOR A	1	12.286	12.286	17.815	0.001 **
FACTOR B	1	1.119	1.119	1.623	0.214 NS
FACTOR C	1	20.397	20.397	29.576	0.000**
A X B	1	0.377	0.377	0.548	0.526 NS
A X C	1	0.005	0.005	0.008	0.925 NS
B X C	1	2.148	2.148	3.115	0.089 NS
A X B X C	1	0.968	0.968	1.404	0.248 NS
ERROR	21	14.482	0.689		
TOTAL	31	55.099			

C.V. = 6.2530%

Grados de significancia: ** Altamente significativo ($p \leq 0.05$); * significativo ($p \leq 0.05$); NS: no significativo.

Cuadro A 8. Medias generales de los 8 tratamientos para la variable altura de plantas (cm)

TRATAMIENTO	MEDIA
1. 250-200-250 SA	249.89
2. 250-200-250 CA	263.06
3. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 100% SA	255.22
4. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 100 % CA	268.72
5. 125-100-125 SA	240.91
6. 125-100-125 CA	255.27
7. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 50 % SA	247.13
8. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 50 % CA	262.61

Azo: *Azospirillum brasilense*; Gi: *Glomus intraradices*; CA: Con Acolchado; SA: Sin Acolchado.

Cuadro A 9. Medias generales de los 8 tratamientos para la variable diámetro de tallo (mm)

Tratamiento	Media
1. 250-200-250 SA	10.54
2. 250-200-250 CA	11.57
3. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 100% SA	11.02
4. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 100 % CA	11.47
5. 125-100-125 SA	10.54
6. 125-100-125 CA	11.04
7. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 50 % SA	10.10
8. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 50 % CA	11.67

Azo: *Azospirillum brasilense*; Gi: *Glomus intraradices*; CA: Con Acolchado; SA: Sin Acolchado.

Cuadro A 10. Medias generales de los 8 tratamientos para la variable número de hojas

TRATAMIENTO	MEDIA
1. 250-200-250 SA	22.77
2. 250-200-250 CA	23.50
3. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 100% SA	23.47
4. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 100 % CA	24.75
5. 125-100-125 SA	23.09
6. 125-100-125 CA	24.34
7. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 50 % SA	23.55
8. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 50 % CA	25.73

Azo: *Azospirillum brasilense*; Gi: *Glomus intraradices*; CA: Con Acolchado; SA: Sin Acolchado.

Cuadro A 11. Medias generales de los 8 tratamientos para la variable número de frutos

TRATAMIENTO	MEDIA
1. 250-200-250 SA	12.94
2. 250-200-250 CA	14.38
3. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 100% SA	13.38
4. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 100 % CA	15.50
5. 125-100-125 SA	12.81
6. 125-100-125 CA	14.13
7. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 50 % SA	13.89
8. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 50 % CA	14.48

Azo: *Azospirillum brasilense*; Gi: *Glomus intraradices*; CA: Con Acolchado; SA: Sin Acolchado.

Cuadro A 12. Medias generales de los 8 tratamientos para la variable área foliar (cm²/m²).

TRATAMIENTO	MEDIA
1. 250-200-250 SA	6189.23
2. 250-200-250 CA	6373.75
3. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 100% SA	6252.05
4. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 100 % CA	6760.72
5. 125-100-125 SA	5704.58
6. 125-100-125 CA	6324.04
7. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 50 % SA	5822.15
8. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 50 % CA	6633.88

Azo: *Azospirillum brasilense*; Gi: *Glomus intraradices*; CA: Con Acolchado; SA: Sin Acolchado

Cuadro A 13. Medias generales de los 8 tratamientos para la variable peso seco (g).

TRATAMIENTO	MEDIA
1. 250-200-250 SA	63.08
2. 250-200-250 CA	67.79
3. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 100% SA	64.99
4. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 100 % CA	71.00
5. 125-100-125 SA	63.50
6. 125-100-125 CA	66.69
7. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 50 % SA	62.31
8. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 50 % CA	70.27

Azo: *Azospirillum brasilense*; Gi: *Glomus intraradices*; CA: Con Acolchado; SA: Sin Acolchado

Cuadro A 14. Medias generales de los 8 tratamientos para la variable rendimiento (kg).

TRATAMIENTO	MEDIA
1. 250-200-250 SA	12.04
2. 250-200-250 CA	13.82
3. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 100% SA	13.44
4. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 100 % CA	14.57
5. 125-100-125 SA	11.71
6. 125-100-125 CA	12.36
7. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 50 % SA	13.46
8. Azo+Gi (semilla+2 aplicaciones) + 50 % CA	14.85

Azo: *Azospirillum brasilense*; Gi: *Glomus intraradices*; CA: Con Acolchado; SA: Sin Acolchado.