

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Respuestas del Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.) a Biofertilizantes y Fertilización Tradicional con y sin Acolchado Plástico en Condiciones de Casasombra y Campo Abierto

Por

DULCE CONCEPCIÓN GONZÁLEZ SANDOVAL

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Septiembre, 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARAMENTO DE HORTICULTURA

Respuestas del Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.) a Biofertilizantes y
Fertilización Tradicional con y sin Acolchado Plástico en Condiciones de
Casasombra y Campo Abierto

Por

DULCE CONCEPCIÓN GONZÁLEZ SANDOVAL

TESIS

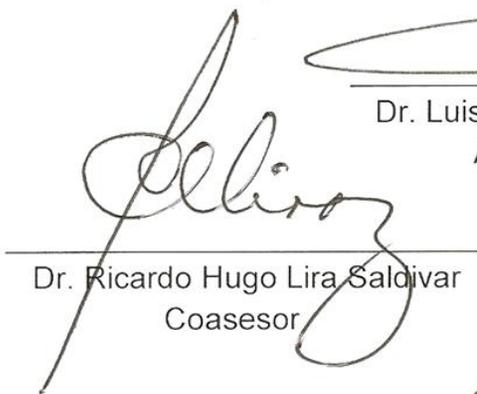
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada



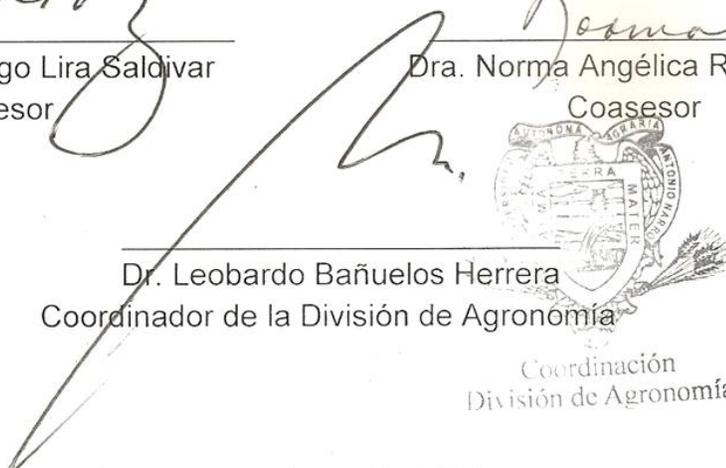
Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar
Asesor Principal



Dr. Ricardo Hugo Lira Saldivar
Coasesor



Dra. Norma Angélica Ruiz Torres
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Septiembre, 2013

RESUMEN

Respuestas del Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.) a Biofertilizantes y Fertilización Tradicional con y sin Acolchado Plástico en Condiciones de Casasombra y Campo Abierto

Se analizó el uso de biofertilizantes en la producción orgánica de pepino (*Cucumis sativus* L.) y se evaluó el efecto benéfico de la rizobacteria *Azospirillum brasilense* y del hongo micorrícico arbuscular *Glomus intraradices* en variables fenológicas y en rendimiento, tanto en condiciones de campo abierto como casasombra. El trabajo se realizó en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). Se evaluaron ocho tratamientos: 1) Fertilización completa 200-200-100 (NPK) sin acolchado; 2) Fertilización completa 200-200-100 (NPK) con acolchado; 3) Inoculación de *A. brasilense* + *G. intraradices* + 3 aplicaciones a las plántulas + 200-200-100 (NPK) sin acolchado; 4) Inoculación de *A. brasilense* + *G. intraradices* + 3 aplicaciones a las plántulas + 200-200-100 (NPK) con acolchado; 5) Fertilización media 100-100-50 (NPK) sin acolchado; 6) Fertilización media 100-100-50 (NPK) con acolchado; 7) Inoculación de *A. brasilense* + *G. intraradices* + 3 aplicaciones a las plántulas + 100-100-50 (NPK) sin acolchado; 8) Inoculación de *A. brasilense* + *G. intraradices* + 3 aplicaciones a las plántulas + 100-100-50 (NPK) con acolchado. Los resultados indican que los microorganismos empleados tienen una función importante en la producción de pepino orgánico, ya que promovieron mayor crecimiento e influyeron positivamente en la altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas por planta, área foliar, número de frutos por planta y biomasa seca. El rendimiento de fruto fue mejorado cuando las plantas se coinocularon con los biofertilizantes. Este trabajo muestra el potencial de los biofertilizantes para la producción sustentable de pepino en casasombra y campo abierto e indica que con su uso se puede mejorar la rentabilidad del cultivo.

Palabras clave: Biofertilizantes, *Azospirillum brasilense*, *Glomus intraradices*, inoculación, agricultura sustentable, agroplasticultura.

DEDICATORIAS

Este trabajo se lo dedicó principalmente a Dios el creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado.

A mis padres Emma Sandoval Galicia y Ramón González Florentino por haberme formado con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi hija Angella González que es el motor de mi vida y por la cual estoy de pie día con día.

A mis hermanos y hermanas que siempre han estado siempre junto a mí brindándome su apoyo, principalmente a Manuel González que nunca me dejó sola.

A mí cuñada Maryjo Méndez Serrano que siempre ha estado al pendiente de mí.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A todas las personas que he conocido a lo largo de mi vida y me han enseñado muchas cosas y que han compartido sus experiencias conmigo son ejemplos de vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios principalmente por brindarme la fortaleza y conocimientos para terminar este gran paso al comienzo de nuevas etapas.

A mi Alma Mater por darme la oportunidad de haber concluido mis estudios universitarios y haberme preparado para el inicio de un camino largo hacia el conocimiento.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada por darme la oportunidad de realizar mis prácticas profesionales así como mi trabajo de tesis al mismo tiempo que fortaleció mi nivel académico.

A la empresa GreenCorp Biorganiks de México S.A. de C.V. por donar sus productos de origen orgánico para el manejo del cultivo de pepino en la nutrición y la prevención de plagas y enfermedades.

Al Dr. Ricardo Hugo Lira Saldívar por compartir sus conocimientos y brindarme su apoyo incondicional para la realización del presente trabajo de investigación.

A mi asesor Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar y mi coasesor la Dra. Norma Angélica Ruiz Torres por sus aportaciones, sugerencias y por el tiempo que dedicaron para realizar al presente trabajo.

Al Dr. Leobardo Bañuelos Herrera y esposa por su amistad y haber compartido sus conocimientos conmigo.

A mis compañeros y compañeras de la carrera por su apoyo y compañía.

A mi hermano el Ing. Eliseo S. González Sandoval y esposa por su amistad y por estar siempre que los necesite.

A mis amigos y amigas que estuvieron conmigo siempre Nilda, Efraín, Fabiola, Clara.

ÍNDICE

RESUMEN.....	iii
DEDICATORIAS.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	13
Objetivo General.....	15
Objetivos específicos.....	15
Hipótesis.....	15
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
2.1 Fertilizantes sintéticos.....	16
2.1.1 Contaminación causada por los fertilizantes sintéticos.....	16
2.2 Uso de los biofertilizantes y antagonistas de fitopatógenos.....	17
2.3 Biofertilizantes bacterianos (rizobacterias ó BPCP).....	20
2.4 Biofertilizantes fúngicos (micorrizas ó HMA).....	22
2.5 Acolchado plástico en horticultura.....	23
2.6 Agricultura protegida.....	24
2.7 Producción de pepino en México y el mundo.....	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1 Localización del sitio experimental.....	30
3.2 Características climáticas del área experimental.....	30
3.3 Material Biológico.....	30
3.4 Tratamientos.....	31
3.5 Metodología.....	32
3.5.1 Preparación del terreno.....	33
3.5.2 Instalación de cintillas y acolchado.....	32
3.5.3 Siembra.....	32
3.5.4 Nutrición.....	32
3.5.5 Riegos.....	33

3.6 Manejo agronómico del cultivo.....	33
3.6.1 Tutorio.....	33
3.6.2 Poda.....	33
3.6.3 Cosecha.....	34
3.7 Colecta de datos	34
3.7.1 Muestreos.....	34
3.7.2 Variables evaluadas.....	34
3.8 Diseño experimental.....	35
IV. RESULTADOS.....	36
4.1 Rendimiento.....	36
4.1.1 Campo Abierto.....	36
4.1.2 Casasombra.....	37
4.1.3 Comparación del rendimiento del cultivo de pepino sometido a diferentes tratamientos en condiciones de casasombra y campo abierto.....	38
4.2 Altura de Plantas.....	39
4.2.1 Campo Abierto.....	39
4.2.2 Casasombra.....	40
4.2.3 Comparación de la altura de plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos en condiciones de casasombra y campo abierto.....	41
4.3 Número de Hojas.....	42
4.3.1 Campo Abierto.....	42
4.3.2 Casasombra.....	43
4.3.3 Comparación de la respuesta de las plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos en condiciones de casasombra y campo abierto.....	44

4.4 Área Foliar.....	45
4.4.1 Campo Abierto.....	45
4.4.2 Casasombra.....	46
4.4.3 Comparación de la respuesta de las plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos en condiciones de casasombra y campo abierto.....	47
4.5 Número de Frutos.....	48
4.5.1 Campo Abierto.....	48
4.5.2 Casasombra.....	49
4.5.3 Comparación de la respuesta de las plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos en condiciones de casasombra y campo abierto.....	50
4.6 Diámetro de Tallo.....	51
4.6.1 Campo Abierto.....	51
4.6.2 Casasombra.....	52
4.6.3 Comparación de la respuesta de las plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos en condiciones de casasombra y campo abierto.....	53
4.7. Peso Seco de Tallo.....	54
4.7.1 Campo Abierto.....	54
4.7.2 Casasombra.....	55
4.7.3 Comparación de la biomasa seca de plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos en condiciones de casasombra y campo abierto.....	56
4.8. Peso Seco de Hoja.....	57
4.8.1 Campo Abierto.....	57
4.8.2 Casasombra.....	58
4.8.3 Comparación de la biomasa seca en plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos en condiciones de casasombra y	

campo abierto.....	59
4.9 Peso Seco de Fruto.....	60
4.9.1 Campo Abierto.....	60
4.9.2 Casasombra.....	61
4.9.3 Comparación de la respuesta de las plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos en condiciones de casasombra y campo abierto.....	62
V. DISCUSIÓN.....	64
VI. CONCLUSIONES.....	69
VII. LITERATURA CITADA.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rendimiento total (kg/planta) del cultivo de pepino sometido a diferentes tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en condiciones de campo abierto y casasonbra.....	39
Figura 2. Altura (cm) de plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en condiciones de campo abierto y casasonbra.....	42
Figura 3. Número de hojas de plantas de pepino sometido a diferentes tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en condiciones de campo abierto y casasonbra.....	45
Figura 4. Área foliar (cm ²) de plantas de pepino sometido a diferentes tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en condiciones de campo abierto y casasonbra.....	48
Figura 5. Número de frutos de plantas de pepino sometido a diferentes tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en condiciones de campo abierto y casasonbra.....	51
Figura 6. Diámetro de tallo (mm) de plantas de pepino sometido a diferentes tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en condiciones de campo abierto y casasonbra.....	54
Figura 7. Peso seco (g) de tallo de plantas de pepino sometido a diferentes tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en condiciones de campo abierto y casasonbra.....	57
Figura 8. Peso seco (g) de hoja de plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en condiciones de campo abierto y casasonbra.....	60
Figura 9. Peso seco (g) de fruto de plantas de pepino sometido a diferentes tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en condiciones de campo abierto y casasonbra.....	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción mundial de pepino.....	27
Cuadro 2. Producción de pepino en México (ton).....	29
Cuadro 3. Productos órgano-biológicos utilizados para el cultivo de pepino.	31
Cuadro 4. Variables de crecimiento evaluadas.....	34
Cuadro 5. Rendimiento de pepino (kg/planta) por cortes y total, sometido a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en cuatro fechas de cosecha en condiciones de campo abierto.....	37
Cuadro 6. Rendimiento de pepino (kg/planta) por cortes y total, sometido a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización con y sin acolchado plástico en cuatro fechas de cosecha en condiciones de casasombra.....	38
Cuadro 7. Altura (cm) de plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de campo abierto.....	40
Cuadro 8. Altura (cm) de plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de casasombra.....	41
Cuadro 9. Número de hojas por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de campo abierto.....	43
Cuadro 10. Número de hojas por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de casasombra.....	44
Cuadro 11. Área foliar (cm ²) por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de campo abierto.....	46
Cuadro 12. Área foliar (cm ²) por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de casasombra.....	47
Cuadro 13. Número de frutos cosechados por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y	

sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de campo abierto.....	49
Cuadro 14. Número de frutos cosechados por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de casasombra.....	50
Cuadro 15. Diámetro de tallo (mm) por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de campo abierto.....	52
Cuadro 16. Diámetro de tallo (mm) por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de casasombra.....	53
Cuadro 17. Peso seco (g) de tallo por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de campo abierto.....	55
Cuadro 18. Peso seco (g) de tallo por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de casasombra.....	56
Cuadro 19. Peso seco (g) de hoja por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de campo abierto.....	58
Cuadro 20. Peso seco (g) de hoja por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de casasombra.....	59
Cuadro 21. Peso seco (g) de frutos por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en dos fechas de muestreo en condiciones de campo abierto.....	61
Cuadro 22. Peso seco (g) de frutos por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en dos fechas de muestreo en condiciones de casasombra.....	62

I. INTRODUCCIÓN

El pepino es un cultivo importante y comercialmente popular entre las cucurbitáceas manteniendo una posición muy codiciada en el mercado mundial de las hortalizas. Es nativo de la India, siendo una de las más hortalizas más nutritivas, y rico en vitaminas y minerales como fósforo, potasio, calcio y hierro. Es principalmente cultivada por sus frutos en las zonas tropicales y subtropicales del mundo. Las plantas producen frutos tiernos continuamente. A diferencia de las otras cucurbitáceas, los frutos de pepino se cosechan normalmente cuando aún están verdes o inmaduros (Sumathi y Tachibana, 2008).

El pepino, ha sido cultivado en la India desde hace más de 3000 años. De la India se extendió a Grecia y de ahí a Roma y posteriormente se introdujo a China. Este cultivo de pepino fue introducido por los romanos en otras partes de Europa; ya que 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 (Infoaserca, 2011).

En México la región Noroeste reúne cualidades climatológicas que han permitido un desarrollo perdurable de la actividad hortícola, ya que se aprovechan las ventajas que le proporciona la cercanía del mercado estadounidense y la explotación de un nicho para hortalizas de invierno. Actualmente, México es el segundo exportador mundial de esta hortaliza y el primer proveedor del mercado americano de pepino. Aunado a ello, es de distinguir el papel de organización de la producción, y la comercialización internacional que han tenido históricamente las diversas asociaciones de productores en el estado de Sinaloa (SIAP, 2011).

Ante el incremento en los precios de los fertilizantes químicos, los biofertilizantes representan una alternativa en la producción de hortalizas y, sobre todo, para los agricultores que no fertilizan o lo hacen en pequeñas cantidades. La ventaja de utilizarlos es que llegan a aportar 20% del nitrógeno (N) que requieren las hortalizas; además, permiten que disminuya el uso de los fertilizantes minerales entre 20 y 40% además 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 (Manning, 2010).

Los biofertilizantes (BF) son insumos formulados con uno o varios microorganismos (MICs), los cuales proveen o mejoran la disponibilidad de nutrientes cuando se aplican a los cultivos. Las ventajas de su uso son: permiten una producción a bajo costo, protegen el ambiente y mantienen la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad (Acuña, 2006).

Entre las bacterias más utilizadas en los BF para numerosos cultivos básicos y hortícolas está *Azospirillum brasilense*, que tiene la capacidad de fijar N del medio ambiente y beneficiar a cultivos como calabaza, tomate y pepino entre otras hortalizas. La bacteria *Rhizobium etli* es tres veces más fijadora de N que otros *Rhizobium* para el cultivo de frijol. Entre los hongos BF se utiliza a la micorriza *Glomus intraradices*, que establece una asociación con las raíces de la planta y es capaz de absorber y transferir los principales nutrientes en las plantas (Jain *et al.*, 2010; INIFAP, 2009).

La agricultura protegida (AP) es una tendencia que ha modificado las formas de producir alimentos y que genera múltiples ventajas para los productores del campo, ya que con este sistema de producción es posible obtener cultivos agrícolas fuera de su ciclo natural y en menor tiempo, además los productores son capaces de enfrentar con éxito plagas y enfermedades, con mejores rendimientos en un espacio reducido, los alimentos son sanos y con un mejor precio en los mercados. Todo esto es posible obtenerlos mediante la agricultura protegida. Una de las tecnologías más conocidas que engloba este concepto son los invernaderos, pero también incluye túneles, microtúneles, casasombras, cubiertas de plástico, acolchados plásticos, mallas, pantallas térmicas, mallas de diversos tipos o cortinas rompe vientos (FIAGRO, 2011).

Objetivo General

Analizar y determinar el efecto benéfico del uso de la rizobacteria *A. brasilense* y del hongo micorrícico arbuscular *G. intraradices* como biofertilizantes, en variables fenológicas, así como en el rendimiento de pepino orgánico, en condiciones de campo abierto y casahombra.

Objetivos Específicos

- Determinar si la inoculación de la semilla con la bacteria *A. brasilense* y el hongo *G. intraradices*, así como la coinoculación de ambos microorganismos promueven un efecto favorable en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pepino en casahombra y campo abierto.
- Evaluar la respuesta del cultivo de pepino con y sin acolchado plástico en condiciones de campo abierto y casahombra.
- Determinar los tratamientos más sobresalientes con base al desarrollo del cultivo y al rendimiento de frutos por unidad de superficie.
- Comparar las diferencias entre las repuestas fenológicas del cultivo de pepino en condiciones de casahombra y campo abierto.

Hipótesis

El uso de biofertilizantes con base en microorganismos como *A. brasilense* y *G. intraradices* tendrán resultados positivos en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pepino; de igual manera el efecto del acolchado plástico en ambos sistemas de producción mejorará el crecimiento, desarrollo y rendimiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Fertilizantes sintéticos

Los nutrientes que necesitan las plantas se toman del aire y del suelo. Si el suministro de nutrientes en el suelo es amplio, los cultivos probablemente crecerán mejor y producirán mayores rendimientos. Sin embargo, si uno solo de los nutrientes necesarios es escaso, el crecimiento de las plantas es limitado y los rendimientos de los cultivos son reducidos. En consecuencia, a fin de obtener altos rendimientos, los fertilizantes son necesarios para proveer a los cultivos con los nutrientes del suelo que están faltando. Con los fertilizantes sintéticos ó tradicionales, los rendimientos de los cultivos pueden duplicarse o triplicarse en comparación que sin la aplicación de estos insumos (FAO, 2002).

El uso de los fertilizantes se ha vuelto indispensable debido a la baja fertilidad de la mayoría de los suelos para los altos rendimientos y la buena calidad que se espera en la actualidad, por lo que hacer un uso adecuado de ellos es importante para una agricultura sostenible. Los suelos contienen todos los elementos esenciales que la planta requiere para su desarrollo y reproducción; sin embargo, en la mayoría de los casos, no en las cantidades suficientes para obtener altos rendimientos y buena calidad, por lo que es indispensable agregar los nutrimentos por medio de los fertilizantes, sin el uso de estos agroquímicos, los rendimientos serán cada vez más bajos debido al empobrecimiento paulatino del suelo por la extracción de los nutrimentos en las cosechas (SAGARPA, 2000).

2.1.1 Contaminación de fertilizantes sintéticos

El N es el nutrimento más extensivamente aplicado como fertilizante, seguido por el fósforo (P) y potasio (K). Los fertilizantes nitrogenados se caracterizan por su baja eficiencia en su uso por los cultivos, misma que puede ser menor al 50% (Keeney, 1982), lo que trae como consecuencia un impacto ambiental adverso, tal como contaminación de mantos acuíferos con nitrato (NO_3^-), eutrofización, lluvia ácida y calentamiento global (Ramanathan *et al.*, 1985).

2.2 Uso de los biofertilizantes y antagonistas de fitopatógenos

La agricultura moderna se enfrenta a nuevos retos en los que los enfoques ecológicos y moleculares se están integrando para lograr los rendimientos más altos y reducir al mínimo los impactos negativos sobre el medio ambiente. La aplicación de BF podría cumplir con este requisito. El biofertilizante es un fertilizante orgánico natural que ayuda a proporcionar todos los nutrientes requeridos por las plantas y ayuda a aumentar la calidad de la tierra con un entorno microorgánico natural (Xiang *et al.*, 2012).

Los BF son preparados de MICs aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética, así como disminuir la contaminación generada por los agroquímicos. Los MICs utilizados en los BF son clasificados dentro de dos grupos: El primero incluye MICs que tienen la capacidad de sintetizar sustancias que promueven el crecimiento de la planta, fijando N atmosférico, solubilizando hierro y P inorgánico y mejorando la tolerancia al estrés por sequía, salinidad, metales tóxicos y exceso de pesticidas, por parte de la planta. El segundo grupo incluye MICs los cuales son capaces de disminuir o prevenir los efectos de deterioro de MICs patógenos (Bashan y Holguin, 1998; Lucy *et al.*, 2004).

El aumento de la concientización sobre el cuidado del medio ambiente y la evidencia del deterioro ambiental que causan los agroquímicos ha hecho que los productores agrícolas, vean como buena alternativa la aplicación de los BF ya que en la actualidad se usan bacterias promotoras de crecimiento en plantas (BPCP) y hongos micorrícicos arbusculares (HMA), entre los productores de plántulas en invernaderos y viveros, así como el incremento de microempresas productoras de abonos orgánicos que incluyen los BF y la producción de estos insumos por los propios productores, que los introducen a un manejo más sustentable del suelo, estas prácticas van en aumento tanto en agricultura orgánica como convencional, sobre todo en el noroeste del país, aun siendo donde se tiene la tecnología agrícola más avanzada. Se está adoptando una estrategia de suministro de nutrientes a los cultivos (hortalizas y cultivos de grano), integrando una inteligente

combinación de fertilizantes orgánicos, humus de lombriz y BF; todo ello dentro del marco de la sustentabilidad, para reducir los daños causados al ambiente y a la salud del hombre y los animales por los métodos irracionales que se han empleado en las últimas décadas.

Los Bioproductos (BF, bioestimuladores y bioplaguicidas) son componentes vitales de los sistemas sustentables, ya que constituyen medios económicamente atractivos y ecológicamente aceptables para reducir los insumos externos y mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos, mediante la utilización de MICs debidamente seleccionados por su alta eficiencia e inocuidad (Chirinos *et al.*, 2006).

Los BF son insumos formulados con uno o varios MICs, los cuales, de una forma u otra, proveen o mejoran la disponibilidad de nutrientes cuando se aplican a los cultivos. Las ventajas de su uso es que permiten una producción a bajo costo, protección del medio ambiente y mantienen la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad (Acuña, 2003).

Los BF con base a MICs se revelan como una estrategia importante para lograr una agricultura sustentable o ecológica. Su utilización permite disminuir insumos químicos y, además de reducir el impacto ambiental desfavorable, permite obtener ahorros económicos, incrementar rendimientos, mejorar la salud general de las plantas y regenerar paulatinamente las características físicas, químicas y biológicas de los suelos (Peralta, 2007).

Los BF microbianos representan un componente vital de los sistemas agrícolas sustentables, ya que constituyen un medio económicamente justo, ambientalmente seguras y culturalmente aceptables, para reducir los insumos externos y mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos mediante la utilización de MICs del suelo debidamente seleccionados, capaces de aportar a los cultivos N fijado de la atmósfera, P transformado a partir del que está fijado en el suelo y sustancias fisiológicamente activas que, al interactuar con la planta,

desencadenan una mayor activación del metabolismo vegetal (Bauer, 2001; Burdman *et al.*, 2000).

El uso de inoculantes biológicos o BF, la incorporación de enmiendas o mejoradores orgánicos, las prácticas agrícolas que tienden a la conservación del suelo, la rotación de cultivos y el uso de leguminosas de cobertura, entre otras prácticas, pueden a largo plazo, contribuir a la recuperación de las poblaciones microbianas del suelo y con ello mejorar la calidad de este recurso (Cardoso *et al.*, 1992; Siquiera y Franco, 1998; Lindsey y Jones, 1992).

Los resultados de innumerables estudios aunados a la concientización, sobre los efectos adversos de los pesticidas químicos, propiciaron el resurgimiento a escala mundial de la investigación sobre el uso de inoculantes bacterianos para controlar patógenos y mejorar el crecimiento vegetal. De esta manera se utilizan organismos naturales como rizobacterias y micorrizas antagonistas para reducir los efectos de organismos indeseables patógenos y así favorecer la producción de cultivos vegetales (Siquiera y Franco, 1998; Pérez *et al.*, 2000). Se conoce un gran número de bacterias de vida libre o asociativas que se destacan por su potencial como BF (Diaz *et al.*, 2001; Zago *et al.*, 2000). Los efectos positivos que ejercen estas bacterias en las plantas radican en que producen y segregan reguladores del crecimiento como auxinas, giberelinas y citoquininas, mejorando procesos como germinación de semillas, nutrición mineral, desarrollo de raíces y el uso del agua, entre otros factores (Pan *et al.*, 1999).

El empleo de MICs, constituye una práctica agrícola que cada día cobra más fuerza en la agricultura, no solo por su bajo costo de producción sino por la posibilidad de fabricarse a partir de recursos locales renovables (Altieri, 1997). Se ha señalado que los MICs utilizados como BF tienen una triple función ya que son suministradores de nutrientes, fitohormonas y antagonistas de fitopatógenos (Mayea, 1995). Entre los principales MICs presentes en el suelo capaces de lograr este efecto se encuentran el hongo antagonista *Trichoderma harzianum* Rifai, del

cual se ha comprobado su efecto como estimulador de crecimiento en múltiples cultivos y los hongos formadores de micorrizas arbusculares (Parets, 2002; Fernández, 1999).

2.3 Biofertilizantes bacterianos (rizobacterias ó BPCP)

Respecto al uso y manejo de BF en la agricultura, uno de los principales problemas es el desconocimiento de las especies presentes en los agroecosistemas y en la rizosfera de los cultivos, para su posible utilización eficiente. Desde el punto de vista ecológico, es importante conocer los integrantes de la comunidad bacteriana que favorecen su aplicación como inoculantes y propician un efecto agrobiológico positivo en los cultivos agrícolas. Elein *et al.* (2005) realizó un estudio con el objetivo de evaluar la efectividad agrobiológica de *Azospirillum* spp en el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo del tomate. Para ello, se partió de seleccionar el género microbiano predominante en la rizosfera del cultivo y posteriormente se evaluó el efecto de su inoculación a partir de la respuesta del cultivo. Los resultados demostraron que los géneros *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus* y *Streptomyces*, forman parte de la comunidad microbiana de la rizosfera del tomate, en las condiciones estudiadas, y que *Azospirillum* es el género dominante. La inoculación artificial de esta rizobacteria causó un efecto positivo sobre el crecimiento de las plántulas, así como una mejora en su estado nutricional promoviendo un rendimiento agrícola superior al 11 % con respecto a las plantas testigo. También reportaron un alto nivel poblacional en la rizósfera de las plantas inoculadas (Elein *et al.*, 2005).

Las BPCP son utilizadas como inoculantes para la biofertilización, además desempeñan algunas funciones como control biológico y fitoestimulación (Huerta *et al.*, 2010). Existen varios mecanismos que permiten entender porqué las BPCP pueden promover el crecimiento de plantas, incluyendo la producción de fitohormonas, la estimulación de la fijación de N, absorción de nutrientes y el control biológico de MICs patogénicos (Rokhzadi *et al.*, 2008; Rodriguez y Fraga, 1999; Sindhu *et al.*, 1999).

Las BPCP pueden suprimir enfermedades producidas por MICs fitopatógenos a través del antagonismo promovido por la producción de sideróforos, síntesis de antibióticos, enzimas y/o compuestos fungicidas (Sarabia *et al.*, 2010; Lugtenberg y Kamilova, 2009).

Las BPCP tienen la capacidad para sintetizar sustancias reguladoras del crecimiento o fitohormonas. Estas sustancias son compuestos naturales, que afectan diversos procesos de las plantas a concentraciones más bajas de las que presentan nutrimentos o vitaminas. Los reguladores del crecimiento vegetal sintetizados por las plantas son: auxinas, giberelinas, citocininas, ácido indolacético, etileno y ácido abscísico. Cuando estas sustancias son producidas en forma endógena por las plantas, se les denomina hormonas vegetales o fitohormonas. El término "reguladores del crecimiento de las plantas" se refiere a los compuestos sintéticos que tienen propiedades para regular el crecimiento de las plantas; generalmente, este término se utiliza también cuando las hormonas de las plantas son producidas por MICs de la rizósfera (Arshad y Frankenberger, 1991).

Los sideróforos son compuestos producidos por diferentes MICs en el suelo que basan su actividad en fenómenos de quelatación, un fenómeno rutinario en los sistemas biológicos (Sánchez *et al.*, 2006; Neilands, 1995). La gran mayoría de los MICs fijadores de N producen sideróforos para obtener el hierro, elemento necesario para llevar a cabo la fijación de N, ya que la enzima nitrogenasa, que está compuesta de varias unidades proteicas, requiere 36 átomos de hierro para su correcto funcionamiento (Sylvia, 2005).

Los MICs productores de sideróforos que son compuestos de bajo peso molecular con alta afinidad por el fierro (Fe_3^+); también pueden tener afinidad por el manganeso y molibdeno (Leong, 1986; Cornish y Page, 2000) como un mecanismo para obtener estos micronutrientes en condiciones de deficiencia (Neilands, 1981). Los sideróforos se asocian con el Fe_3^+ en la solución del suelo y son reabsorbidos y procesados en la planta o en la bacteria, siendo un mecanismo

eficiente para obtener nutrimentos. Su producción ha sido asociada con diversas bacterias libres, especialmente del grupo de las *Pseudomonas* (Zdor y Anderson, 1992).

2.4 Biofertilizantes fúngicos (micorrizas ó HMA)

En la agricultura orgánica, el mejoramiento de las condiciones físicas y químicas del suelo promueve un incremento en la diversidad, desarrollo y actividad de MICs benéficos en especial de los HMA pertenecientes al Orden *Glomerales*, los cuales forman asociaciones simbióticas con las raíces de la mayoría de las plantas de interés agrícola (Schüssler *et al.*, 2001). Dicha simbiosis promueve una mayor eficiencia en la absorción radical de nutrientes como N (Tobar *et al.*, 1999) y especialmente aquéllos de lenta movilidad en el suelo como fósforo (P) (Smith y Read, 1997), cobre (Cu) y zinc (Zn) (Tarafdar y Marschner, 1994). Esto permite además, un mejoramiento en la resistencia de las plantas a las enfermedades radiculares (Pozo *et al.*, 2002). Adicionalmente, la simbiosis produce una mayor estabilidad de los agregados del suelo, ya sea por acción física mediante la unión de partículas por las redes de hifas, como por la acción directa de la glomalina, una glicoproteína producida exclusivamente por hongos arbusculares simbiotes, la cual actúa como sustancia cementante de partículas (Borie *et al.*, 2006).

Los HMA son cruciales para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres tanto en su diversidad como productividad (Burrows y Pflieger, 2002). De allí su importancia para desarrollar una agricultura sostenible, de bajos insumos (Muthukumar y Udaiyan, 2002). Los HMA en agroecosistemas que se desarrollan sin adición de fertilizantes sintéticos, tienen como principal mecanismo de adquisición de P la actividad suplementaria que ejercen estos hongos. La agricultura orgánica presenta evidentes ventajas por el funcionamiento de esta simbiosis (Mäder *et al.*, 2000).

Hay MICs que proporcionan P a las plantas, entre los más importantes están los hongos micorrícicos que presentan asociación simbiótica con las plantas,

las cuales suministran además de un nicho ecológico, la fuente de carbono que necesita el hongo para su desarrollo, a su vez la planta se beneficia incrementando la captación de nutrientes minerales del suelo, principalmente el P (Alloush *et al.*, 2000).

En chile ancho inoculado con *G. intraradices* en suelo franco arenoso, con bajo contenido de P se obtuvo un incremento en el número de hojas, área foliar, frutos y biomasa de raíces. Estudios previos han demostrado que la interacción planta/micorrizas aumenta la tolerancia a diversos factores de estrés biótico y abiótico y entre los mecanismos involucrados se mencionan la mayor capacidad de las plantas micorrizadas para incorporar nutrientes minerales y agua, junto con un estímulo provocado en el metabolismo fotosintético (Aguilera-Gómez *et al.*, 1999).

2.5 Acolchado plástico en horticultura

La temperatura de un suelo es un factor que tiene la mayor relevancia, tanto por su influencia en el crecimiento vegetal, como por su relación con las actividades biológicas y fisicoquímicas del suelo. Con el fin de obtener mayor precocidad, y en general, un mejoramiento en las condiciones de cultivo se vienen utilizando desde hace algunos años los acolchados de materiales plásticos. A pesar de que se utilizaron en un principio como cubiertas de estructuras para crear un ambiente benéfico y favorecer el crecimiento vegetal, en las últimas décadas los polímeros han revolucionado la agricultura y la industria de alimentos; se han utilizado como nuevas herramientas para la detección rápida de la enfermedad, y utilizado micro encapsulados para la lenta liberación de nutrientes, lo cual ayuda a mejorar la capacidad de absorción de las plantas. Los plásticos se han utilizado en innumerables aplicaciones con poca consideración por su desecho final causando graves problemas de contaminación. Los polímeros convencionales, tales como polietileno (PE) y polipropileno permanecen en el ambiente durante muchos años después de su eliminación, entre las posibles rutas diferentes para eliminar

desechos poliméricos es a través de la biodegradación, bioreciclaje y bioasimilación; estas se consideran soluciones atractivas para la protección del ambiente (Puoci *et al.*, 2008).

La utilización de acolchados plásticos sobre el suelo con diferentes fines es una práctica que ha adquirido creciente importancia desde que se inició la aplicación del PE en la agricultura a mediados del siglo XX. El acolchado del suelo se ha utilizado principalmente debido a que permite lograr mayor temperatura, menor evaporación de agua y mejor control de malezas; también se obtiene mayor limpieza de frutos en cultivos diversos como fresas, etc. Uno de los beneficios logrados con las cubiertas plásticas es el incremento de la masa radical y de la absorción de nutrientes (Wien *et al.*, 1993). En control de malezas se ha observado efectividad incluso sobre ciperáceas, utilizando PE transparente para la solarización (Lira-Saldivar *et al.*, 2013; Lira-Saldivar *et al.*, 2005; Gabriel *et al.*, 1994). La utilización de plásticos como acolchado o para solarizar se hace cada día una práctica más común, sin que exista un medio cuantitativo aceptable que oriente al agricultor para categorizar la variedad de la oferta de materiales en el mercado.

2.6 Agricultura protegida

Los objetivos deseables de la agricultura moderna son obtener altos rendimientos de productos agroalimentarios, inocuos, con calidad, y de costo accesible para la población. Asimismo, busca sustentar y fomentar el desarrollo industrial mediante el abastecimiento de materia prima de bajo costo, generar divisas mediante la exportación de productos de alto valor económico, generar empleos con ingresos suficientes para una vida digna de la población y sin deterioro del ambiente (Sánchez, 2007). Sin embargo, en México la agricultura se enfrenta a diversos problemas, entre los que predominan: topografía accidentada y otras limitantes del suelo (salinidad, plagas y enfermedades), deforestación, precipitación insuficiente y errática, heladas tempranas o tardías, predios o

parcelas pequeñas también llamadas minifundios (Moreno, 2007). En este contexto, los sistemas de producción agrícola en invernadero, también conocida como AP, constituyen una opción viable para enfrentar varios de los problemas anteriormente citados. Los invernaderos son estructuras generalmente metálicas, con cubierta de plástico, que permiten obtener productos hortícolas durante todo el año y representan una alternativa para la obtención de productos hortícolas fuera de temporadas normales de producción, con lo que se consigue mejores precios de los productos cosechados (Bastida, 2008).

La AP se define como un sistema agrícola con técnicas de producción que permiten modificar el ambiente en el que se desarrollan los cultivos, con el propósito de favorecer su crecimiento y desarrollo, incrementar rendimientos y lograr cosechas en fechas donde con sistemas de cultivo convencional en campo abierto no pueden conseguirse (Bastida, 2008; Sánchez, 2007).

Las estructuras que se utilizan en la AP, además de los invernaderos, son la malla sombra ó casasombra, las cubiertas flotantes (mantas térmicas), los macrotúneles y micro túneles. Estas estructuras de protección generalmente se acompañan de sistemas de riego localizado (fertirrigación), cultivo sin suelo (sustratos) o hidroponia. Con estos elementos de producción se logra mayor eficiencia de agua y fertilizantes, así como mejor control de plagas, enfermedades y malezas (Moreno, 2007).

La AP se ha convertido en una industria de alta tecnología en el mundo, debido al gran contenido de ciencia y tecnología que se aplica y demanda en esta actividad de alto rendimiento y calidad. El grado de desarrollo de la AP se ha convertido en uno de los símbolos importantes para evaluar el nivel de modernización de la agricultura en un país o una región (Chen *et al.*, 2008). En México, la AP está en pleno crecimiento y desarrollo (Castellanos, 2007; Moreno, 2007). En el año de 1980 se reportaron 300 ha con este sistema de producción y en 2008 alrededor de 10,000 ha (SIAP, 2009).

Este sistema de producción ha presentado un elevado crecimiento en los últimos años alcanzando entre 20 y 25 % anual, lo que ha generado contradicciones en el número de hectáreas establecidas actualmente. Según la SAGARPA, en 2010 se tenían 11,760 ha mientras que para el mismo año la Asociación Mexicana de Agricultura Protegida, A. C. (AMHPAC) en el mismo año censó 15,300 ha (Perea, 2011). En general, los invernaderos constituyen 44 % y la malla sombra 51 % de la superficie total. Los Estados que concentran la mayor cantidad de hectáreas bajo cultivo en invernadero son: Sinaloa (22 %), Baja California (14 %), Baja California Sur (12 %) y Jalisco (10 %); estas cuatro entidades aportan más del 50 % de la producción total de cultivos protegidos (Perea, 2011).

Las principales especies cultivadas en este sistema de producción son: hortalizas como tomate rojo o jitomate, pimiento morrón, pepino y melón; así como ornamentales (rosas, gerbera, crisantemo, etc.); existen también amplias perspectivas para el cultivo de plantas medicinales y aromáticas (SIAP, 2009).

La AP implica el uso de métodos y estructuras que permiten brindar a los cultivos condiciones favorables para su desarrollo, lo cual se traduce en altos rendimientos. Los elementos enfocados a proteger cultivos son diversos. Los acolchados y cubiertas flotantes se emplean para cubrir terrenos agrícolas con cultivos; las cubiertas de mallas para disminuir luminosidad y evitar el daño de insectos y granizadas y los mini invernaderos o micro túneles para plantas de porte bajo y en regiones con necesidades específicas (Li *et al*, 2011). Las ventajas de la AP son significativas en comparación con la explotación en campo abierto, ya que los rendimientos pueden incrementarse de manera gradual, con una mayor seguridad en la inversión realizada (Jensen y Malter, 1995).

2.7 Producción de pepino en México y el mundo

En 2004, la producción mundial de pepino fue de aproximadamente 40×10^6 toneladas (ton) y el área cultivada de 2.427×10^3 hectáreas (ha). La mayor parte de la producción mundial proviene de Asia y Europa (Cuadro 1), con China y Turquía produciendo cerca de 25×10^6 ton y 17×10^6 ton, respectivamente. El mayor exportador mundial, en 2003 fue México, con 423, 323 ton seguido por España, con 372, 564 ton. Estados Unidos y Alemania fueron los mayores importadores, con 408, 283 ton y 407, 833 ton, respectivamente (FAO, 2005).

Cuadro 1. Producción mundial de pepino

Regiones	Toneladas
África	1,071,101
América del Norte y Central	33,011,993
América del Sur	4,659,776
Asia	2,174,252
Europa	2,027,206
Oceanía	71,521
Total	40,860,985

Fuente: FAO, 2004.

El cultivo del pepino es una hortaliza que se cultiva prácticamente en todo el mundo e incluso en invernaderos en los países templados durante el invierno, se cotiza a un alto precio en determinados meses del año. Por los datos de la FAO, a nivel mundial los países que logran los mayores rendimientos son China 25, 073, 163 ton, Turquía 1, 750, 000 ton, Irán 1, 350, 000 ton y Estados Unidos 1, 046, 960 ton (Infoagro, 2006).

La demanda de pepino en los Estados Unidos de Norteamérica ha tenido un crecimiento sin precedentes en los últimos años. La importación creció de 394, 107 ton en 2002 a 459, 242 ton en 2007 es decir, un incremento del 16.5% en solo cinco años (FAOSTAT, 2010). De este volumen de importación 361, 721 ton proceden de México, siendo el principal país exportador de pepino hacia los Estados Unidos (MercaNET, 2007).

En el año 2009 en México se sembraron alrededor de 14,600 ha de pepino con rendimiento de 300 ton ha⁻¹ como media de producción. En el estado de Sonora ese mismo año se programó una superficie de siembra de alrededor de 570 ha, ocupando el quinto lugar a nivel nacional. Con respecto a la Costa de Hermosillo, en el 2009 se sembraron alrededor de 220 ha con un rendimiento promedio de 182 ton ha⁻¹ (SIAP, 2011).

La producción de pepino en invernadero en el noroeste de México ha sido un éxito, al obtenerse buenos rendimientos con una sola duración del ciclo, siendo esta de 108 días en invierno, lo que da oportunidad de realizar dos siembras al año prolongando así la ventana de producción (Hernández, 2006). Bajo condiciones de invernadero, la producción de pepino es de 2 a 9 veces más que en campo abierto, dependiendo del nivel tecnológico, el manejo agronómico y las condiciones climatológicas (FUMIAF, 2005), constituyendo asimismo una alternativa a la diversificación de cultivos en invernadero.

La forma de poda más comúnmente usada en pepino bajo condiciones de invernadero consiste en eliminar por abajo de los 40 a 50 cm del tallo principal todos los brotes que salgan, al igual que las hojas y los frutos que se vayan formando. A partir de los 40 a 50 cm se eliminan todos los brotes laterales que aparecen en el tallo principal, dejando un fruto en cada axila, hasta que este alcance el alambre superior usado para el entrenudo de la planta. Una vez que una o dos hojas han desarrollado por arriba del alambre, el punto terminal del tallo principal es eliminado, dejando crecer libremente en el extremo superior de la

planta dos brazos laterales, eliminando la yema terminal cuando la planta está cerca del suelo (Hochmuth, 2001).

En cuanto a la composición y calidad del producto final, estas características dependen del genotipo y manejo agronómico del cultivo como son: densidad de plantación, fertilización, irrigación, al igual que el control de plagas y enfermedades, condiciones climáticas, estado de madurez a la cosecha y el método de cosecha (Kader, 1996).

Las estadísticas generadas durante los años 2004 al 2008 presentadas en el Cuadro 2, revelan que en México el principal Estado productor es Sinaloa, ya que en 2008 obtuvo 195,277.5 ton, equivalente al 49.2 % del total nacional, seguido por Michoacán con una producción 114,925.78 ton, lo que significó el 29 % del total producido. Estos dos Estados cubren por si solos más del 70 % de la producción nacional; a continuación aparecen Yucatán, Baja California y Sonora con 9.3, 7.99 y 4.54 % respectivamente (SIAP, 2008).

Cuadro 2. Producción de pepino en México (ton).

Estados	2004	2005	2006	2007	2008
Sinaloa	226,967.5	204,850	184,281	212,895	195,277.5
Michoacán	99,564.94	99,335.23	201,233.6	91,599.23	114,925.78
Yucatán	7,140.38	20,798.9	31,451.82	23,472.78	36,948.65
Baja California	40,294.38	27,886.47	35,093.37	40,888.86	31,730.5
Sonora	9,189	7,670	24,862.15	14,464.46	17,998.84
Total	518,385.56	475,442.11	496,028.52	490,214.72	502,173.25

Fuente: www.siacon.sagarpa.gob.mx 2008

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del sitio experimental

Este trabajo de investigación se realizó en dos ambientes la primera en condiciones semiprotegidas dentro de una casahombra de 284 m², teniendo las cubiertas superior y laterales con malla antiáfidos de 50% de transmisión de luz, y la segunda en campo abierto. Ambos trabajos se ejecutaron, en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), ubicado en Saltillo, Coahuila, en las coordenadas geográficas: 25°27'37" de latitud norte, 100°58'6" de longitud oeste del meridiano de Greenwich y a una altitud de 1610 msnm.

3.2 Características climáticas del área experimental

El clima es templado; con una temperatura promedio anual de 17 °C, el verano es cálido con temperaturas que pueden superar los 35°C durante algunos días y teniendo eventualmente tormentas eléctricas por las tardes. En primavera y verano el clima es caluroso; la estación lluviosa es en julio, agosto y septiembre, en invierno el tiempo es frío y brumoso siendo comunes las temperaturas por debajo de 0°C llegando en ocasiones a -7°C y pudiendo nevar ocasionalmente.

3.3 Material Biológico

Se utilizó semilla de pepino cv. Dasher II 88% y Poinsett 76 12% de la compañía Seminis, así como los biofertilizantes Azotón (*Azospirillum brasilense*) y Ecorriza (*Glomus intraradices*) de la empresa Greencorp Biorganiks de México, S.A. de C.V. Para prevenir y controlar plagas y enfermedades que se presentaron se usaron productos órgano-biológicos (Cuadro 3) de la empresa antes señalada.

Cuadro 3. Productos órgano-biológicos utilizados para el cultivo de pepino.

Insecticidas y Repelentes	Acaricidas	Fungicidas	Bactericida	Acondicionador de agua	Nematicida
- eBIOLUZION - Pestil Out	- Akabrown - Abamixxin	- Best Ultra S - Best Ultra F	- BiobacterO	- Proflux	- Nematón plus

3.4 Tratamientos

Los tratamientos que se evaluaron en esta investigación fueron los siguientes:

1. Testigo con fertilización completa 200-200-100 (^NPK) sin acolchado.
2. Testigo con fertilización completa 200-200-100 (NPK) con acolchado.
3. Inoculación de *A. brasilense* + *G. intraradices*+ 3 aplicaciones a las plántulas a los 7, 14 y 21 *dds + 200-200-100 (NPK) sin acolchado.
4. Inoculación de *A. brasilense* + *G. intraradices*+ 3 aplicaciones a las plántulas+ 200-200-100 (NPK) con acolchado.
5. Testigo con la mitad de la fertilización 100-100-50 (NPK) sin acolchado.
6. Testigo con la mitad de la fertilización 100-100-50 (NPK) con acolchado.
7. Inoculación de *A. brasilense* + *G. intraradices*+ 3 aplicaciones a las plántulas + 100-100-50 (NPK) sin acolchado.
8. Inoculación de *A. brasilense* + *G. intraradices*+ 3 aplicaciones a las plántulas + 100-100-50 (NPK) con acolchado.

* Días después de la siembra (dds).

^ Nitrógeno-Fosforo-Potasio (NPK)

3.5 Metodología

3.5.1 Preparación del terreno

El barbecho y rastreo tanto en casashombra como en campo abierto se realizó con maquinaria agrícola, mientras que el levantamiento de las camas fue de forma manual, teniendo estas una longitud de 3.0 m y 1.2 m de ancho con una separación entre cama y cama de 1 m dejando el suelo en condiciones óptimas para la instalación manual de la cintilla y acolchado.

3.5.2 Instalación de cintillas y acolchado

La instalación del sistema de riego se realizó colocando dos líneas de cintilla en la parte superior de la cama, utilizando goteros a 0.3 m. de distancia y con un gasto de 1 litro de agua por hora a una presión de 9 libras por pulgada cuadrada (PSI); y enseguida se instaló el acolchado plástico con una película coextruída en blanco/negro dejando la parte blanca hacia el exterior.

3.5.3 Siembra

Se realizó el 26 de julio de 2011. Las semillas sembradas en los tratamientos se inocularon con los biofertilizantes Azotón (*A. brasilense*) y Ecorriza (*G. intraradices*) siguiendo las indicaciones de la etiqueta de los productos; se aplicaron a la base del tallo de las plantas a los 7, 14 y 21 dds.

3.5.4 Nutrición

La fertilización sintética o convencional se hizo cada tercer día mediante el sistema de riego por goteo, distribuida la dosis durante todo el ciclo del cultivo.

3.5.5 Riegos

El sistema de riego permitió dosificar 1 litro de agua por hora con presión en manómetro de 9 PSI, los riegos se programaron para aplicarse cada 3 días, habiendo utilizado tensiómetros para determinar el contenido de humedad del suelo.

3.6 Manejo agronómico del cultivo

3.6.1 Tutoreo

Para el tutoreo de las plantas, se utilizó rafia que se enredó a un gancho metálico que cuelga de un alambre paralelo al surco, para así poder enredar la planta verticalmente y obtener un manejo más eficiente. La rafia se colocó en la parte inferior del tallo a unos centímetros arriba de la superficie del suelo y se va enredando la planta según se vaya desarrollando.

3.6.2 Poda

La planta de pepino requiere de un manejo cuidadoso, por lo que la poda a un tallo es la más común a lo largo del ciclo. En casahuate las plantas se dejaron a un solo tallo, se eliminaron todos los brotes que salieron entre las axilas de las hojas para evitar que se consumieran los nutrimentos que pudieran ser utilizados para el desarrollo de planta o bien para la calidad del fruto, haciéndose antes de que alcanzaran los 5 cm de longitud para permitir una rápida cicatrización, y así evitar el desarrollo de enfermedades. En campo abierto no se realizó la poda, por lo tanto, se dejaron las plantas a libre crecimiento pero conduciendo los tallos de manera vertical con hilo de rafia.

3.6.3 Cosecha

Los cortes se realizaron cada tercer día, se cosecharon los frutos cuando estos alcanzaron la madurez comercial, debido a los cambios de temperatura solo se realizaron 5 cortes durante todo el ciclo.

3.7 Colecta de datos

3.7.1 Muestreos

Para determinar las variables de crecimiento del experimento (Cuadro 4), se realizaron 3 muestreos, a los 30, 45 y 60 dds. Se cosechó una planta de cada repetición, de los distintos tratamientos e inmediatamente se evaluaron en el laboratorio. Para obtener el rendimiento, se realizaron 4 cosechas, cada 6 días y los frutos se pesaron al terminar de cosechar cada tratamiento.

3.7.2 Variables evaluadas.

Las variables de crecimiento evaluadas en este trabajo de investigación fueron las que se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Variables de crecimiento evaluadas.

Variables evaluadas	Materiales utilizados
Altura de planta	Se utilizó una cinta métrica para determinar la altura total de las plantas.
Número de hojas	Se contaron las hojas totales de las plantas evaluadas
Número de frutos	Se contaron los frutos de las plantas evaluadas
Diámetro de tallo	Se determinó el diámetro del tallo

	utilizando un vernier digital.
Área foliar	Se determinó el área foliar con un medidor de área foliar Modelo LI-3100 AREA METER (LICOR, inc. Lincoln, Nebraska, E. U.)
Peso seco de las plantas	Las plantas se introdujeron en una estufa de secado, a una temperatura de 65°C durante 72 horas como mínimo hasta obtener peso constante; posteriormente se pesaron en una balanza digital.
Rendimiento	Los frutos cosechados de las plantas a evaluar fueron pesados en una balanza digital.

3.8 Diseño experimental

En el experimento se utilizó el diseño bloques completos al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Cada repetición constaba de una cama de 3.0 m de longitud y 1.2 m de ancho. La parcela experimental estuvo integrada por 320 plantas para campo abierto y casashombra. Cada repetición consistió de 10 plantas. Los datos obtenidos de las variables evaluadas se analizaron estadísticamente mediante el procedimiento GLM del Sistema de Análisis Estadístico SAS versión 9.0, empleando el análisis de varianza para determinar su respectiva significancia, realizando asimismo una prueba de comparación de medias con Tukey ($P \leq 0.05$) para los tratamientos con diferencias significativas.

IV. RESULTADOS

4.1 Rendimiento

4.1.1 Campo Abierto

En el primer corte se detectó diferencia estadística significativa en cuanto al rendimiento del fruto (Cuadro 5). Las plantas que recibieron la inoculación de BF más la dosis de fertilización (100% NPK) más alta así como el acolchado del suelo mostraron una mayor producción de fruto comparadas con el resto de las plantas que recibieron otros tratamientos, exceptuando aquellos con acolchado de suelos pero con la dosis de fertilización (100% NPK) más alta ó bien con la dosis más baja (50% NPK) pero inoculadas con los BF.

Comparado con las plantas que recibieron el tratamiento testigo que consistió en dosis alta de fertilización (100% NPK) y sin acolchado, las plantas con inoculación de BF, dosis más alta y acolchado mostraron un rendimiento del 100% superior en el primer corte. En los siguientes cortes las plantas con este tratamiento continuaron mostrando los rendimientos más altos, pero no se detectó diferencia estadística significativa. En cambio si se detectó diferencia estadística significativa en el rendimiento total de las plantas que recibieron el tratamiento con inoculación de BF, la dosis más alta de fertilización (100% NPK) y acolchado. Los tratamientos con la dosis más alta (100% NPK) y baja (50% NPK) de fertilización esta última con inoculación de BF y ambas con acolchado mostraron un buen rendimiento pero no se detectó diferencia estadística significativa.

Cuadro 5. Rendimiento de pepino (kg/planta) por cortes y total, sometido a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en cuatro fechas de cosecha en condiciones de campo abierto.

*Tratamientos	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	∞Rto. total
DA/SA	0.093 b	0.656 a	1.401 a	0.540 a	2.691 b
DA/CA	0.581 ab	1.030 a	1.298 a	0.869 a	3.778 ab
IN/DA/SA	0.152 b	0.774 a	1.101 a	0.650 a	2.678 b
IN/DA/CA	0.943 a	1.520 a	1.275 a	0.963 a	4.703 a
DB/SA	0.137 b	0.580 a	1.652 a	0.791 a	3.161 ab
DB/CA	0.175 b	1.014 a	1.496 a	0.799 a	3.485 ab
IN/DB/SA	0.075 b	0.889 a	1.602 a	0.674 a	3.241 ab
IN/DB/CA	0.415 ab	1.206 a	1.533 a	0.920 a	4.074 ab

*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado. ∞Rto.= Rendimiento.

4.1.2 Casasombra

En todos los cortes realizados no se detectó diferencia estadística significativa en cuanto al rendimiento de fruto (Cuadro 6), pero si se observó una diferencia numérica respecto a las plantas que recibieron la dosis más alta de fertilización (100% NPK) y sin acolchado, o bien las plantas con la dosis más baja de fertilización (50% NPK) pero con acolchado tuvieron los mayores rendimientos.

En cuanto al rendimiento total no se detectaron diferencias estadísticas significativas pero en cuanto a diferencia numérica, las plantas que recibieron los tratamientos con la dosis más alta de fertilización (100% NPK), uno de estos con inoculación con BF y ambos con acolchado mostraron el más alto rendimiento, seguidos por las plantas que recibieron el tratamiento con inoculación con BF, la dosis más baja de fertilización (50% NPK) y sin acolchado.

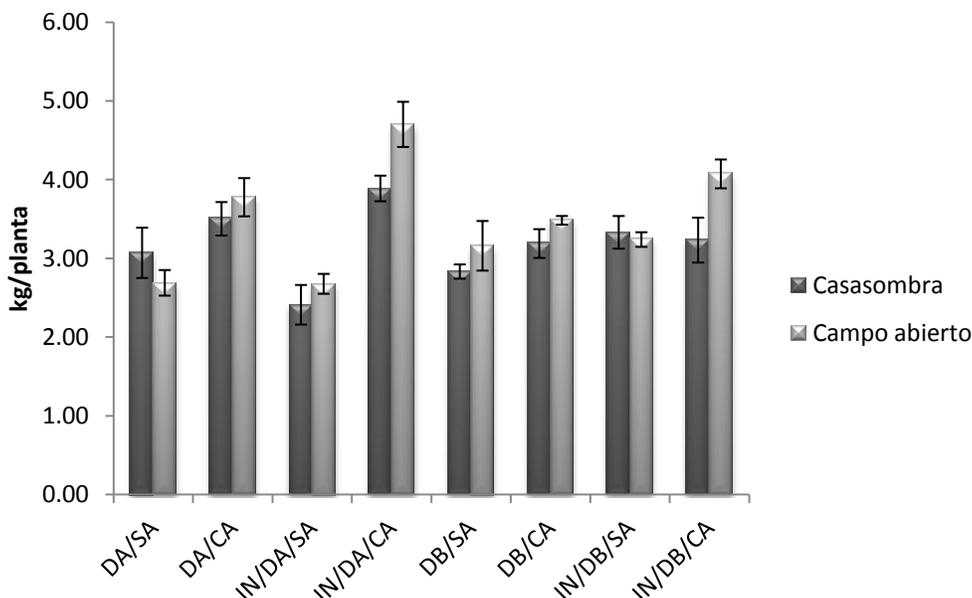
Cuadro 6. Rendimiento de pepino (kg/planta) por cortes y total, sometido a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización con y sin acolchado plástico en cuatro fechas de cosecha en condiciones de casahombra.

*Tratamientos	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	∞Rto. total
DA/SA	0.356 a	0.949 a	1.105 a	0.627 a	3.072 a
DA/CA	0.700 a	1.198 a	0.612 a	0.881 a	3.504 a
IN/DA/SA	0.112 a	0.994 a	0.843 a	0.462 a	2.412 a
IN/DA/CA	0.703 a	1.553 a	1.016 a	0.617 a	3.890 a
DB/SA	0.250 a	1.218 a	0.996 a	0.369 a	2.834 a
DB/CA	0.358 a	1.342 a	0.892 a	0.502 a	3.190 a
IN/DB/SA	0.625 a	1.241 a	0.825 a	0.641 a	3.332 a
IN/DB/CA	0.327 a	1.209 a	1.044 a	0.653 a	3.233 a

*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado. ∞Rto= Rendimiento.

4.1.3 Comparación del rendimiento del cultivo de pepino sometido a diferentes tratamientos en condiciones de casahombra y campo abierto.

Al comparar el rendimiento total en los dos ambientes estudiados casahombra y campo abierto, los resultados muestran que las plantas que recibieron el tratamiento con el mejor rendimiento fue el inoculado con BF, dosis alta de fertilización (100% NPK) y acolchado en campo abierto (Figura 1). En general, las plantas que recibieron los tratamientos que tuvieron acolchado durante el ciclo fenológico fueron los que mejores resultados generaron, asimismo, las plantas que estuvieron en condiciones de campo abierto tuvieron mayor rendimiento en la mayoría de los tratamientos; con excepción de las plantas que recibieron los tratamientos de fertilización con dosis alta (100% NPK), dosis baja (50% NPK) esta última con inoculación de BF y ambas sin acolchado.



DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado.

Figura 1. Rendimiento total (kg/planta) del cultivo de pepino sometido a diferentes tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en condiciones de campo abierto y casasombra.

4.2 Altura de Plantas

4.2.1 Campo Abierto

En el primer muestreo se detectó diferencia estadística significativa en cuanto a esta variable (Cuadro 7). Las plantas que recibieron la inoculación de BF y la dosis de fertilización (100% NPK) más alta, así como el acolchado mostraron mayor altura comparada con la de la mayoría de los tratamientos en estudio. En el segundo muestreo las plantas que recibieron este tratamiento continuaron revelando mayor altura, con excepción del tercer muestreo, tiempo en que las plantas con el tratamiento de la dosis (100% NPK) más alta y con acolchado tuvieron la mayor altura, aunque no se detectaran diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 7. Altura (cm) de plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de campo abierto.

*Tratamientos	Altura de plantas		
	**30	45	60
DA/SA	45.75 b	117.75 a	130.00 a
DA/CA	48.37 ab	112.00 a	164.50 a
IN/DA/SA	45.00 b	127.25 a	144.75 a
IN/DA/CA	63.00 a	132.25 a	156.25 a
DB/SA	38.87 b	106.75 a	137.50 a
DB/CA	46.00 b	119.00 a	147.50 a
IN/DB/SA	43.75 b	115.75 a	144.00 a
IN/DB/CA	46.75 b	117.00 a	151.25 a

*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado; **Días después de siembra.

4.2.2 Casasombra

Esta variable fue afectada por los tratamientos estudiados, sin embargo en todos los muestreos no se detectaron diferencias estadísticas significancias (Cuadro 7). Comparadas numéricamente en los tres muestreos las plantas que recibieron el tratamiento con la dosis más alta de fertilización (100% NPK) con inoculación de BF así como la dosis más alta de fertilización (100% NPK), ambas con acolchado, y la dosis más baja de fertilización (50% NPK) sin acolchado mostraron las alturas más sobresalientes.

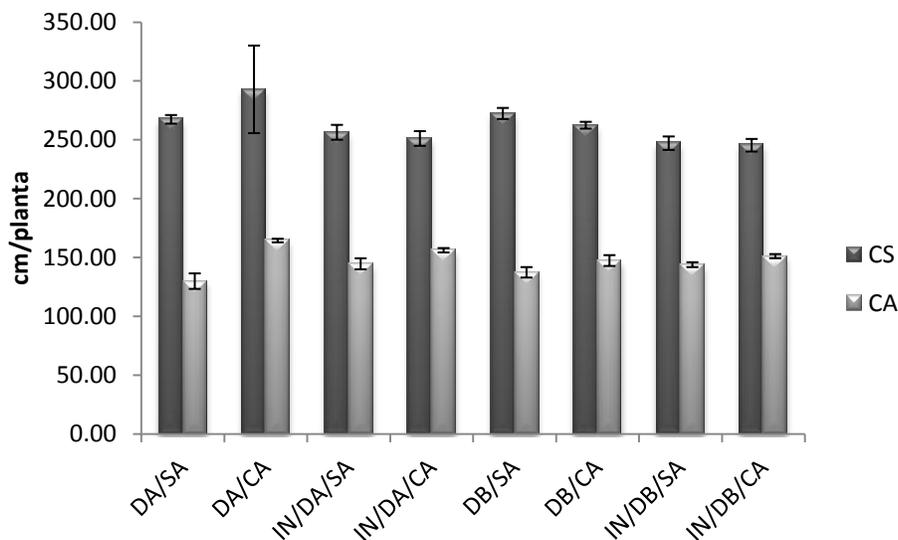
Cuadro 8. Altura (cm) de plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de casasonombra.

*Tratamientos	Altura de plantas		
	**30	45	60
DA/SA	76.75 a	207.50 a	267.50 a
DA/CA	61.25 a	188.50 a	293.00 a
IN/DA/SA	71.75 a	194.00 a	256.50 a
IN/DA/CA	90.25 a	194.00 a	251.25 a
DB/SA	83.25 a	215.25 a	272.50 a
DB/CA	79.75 a	204.25 a	262.50 a
IN/DB/SA	76.25 a	211.00 a	247.25 a
IN/DB/CA	87.75 a	214.75 a	245.50 a

*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado; ** Días después de siembra.

4.2.3 Comparación de la altura de plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos en condiciones de casasonombra y campo abierto.

El mayor porte de plantas correspondió a aquellas establecidas dentro de la casasonombra comparadas con las de campo abierto (Figura 2). Las plantas que registraron la mayor altura en condiciones de casasonombra son las que fueron sometidas a dosis alta de fertilización (100% NPK) y con acolchado, seguidas de las plantas que recibieron los tratamientos dosis alta (100% NPK) y baja (50% NPK) de fertilización sin acolchado; mientras que en campo abierto fueron las plantas que recibieron la dosis alta de fertilización (100% NPK) y con acolchado, seguida por las plantas que recibieron la inoculación de BF, dosis alta (100% NPK) y baja (50% NPK) de fertilización ambas sin acolchado.



*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado.

Figura 2. Altura (cm) de plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en condiciones de campo abierto y casasonbra.

4.3. Número de Hojas

4.3.1 Campo Abierto

En el primer y segundo muestreo se detectaron diferencias estadísticas significativas en cuanto al número de hojas (Cuadro 9). Las plantas que recibieron el tratamiento con inoculación de BF, dosis alta de fertilización (100% NPK) y acolchado, reportaron mayor número de hojas en comparación con los demás tratamientos; en el tercer muestreo ya no se detectó significancia estadística, pero se obtuvo la mayor cantidad de hojas con este mismo tratamiento.

En general, las plantas que tuvieron acolchado plástico mostraron mayor número de hojas durante todo el ciclo fenológico del cultivo. Asimismo, las plantas con dosis alta de fertilización (100% NPK) mostraron más hojas en los muestreos iniciales; sin embargo, a los 60 dds solo las plantas con dosis alta de fertilización

(100% NPK) más la inoculación de BF superaron numéricamente a aquellas con dosis baja de fertilización sintética. En general, las plantas inoculadas con BF mostraron más hojas que las plantas sin la inoculación de BF.

Cuadro 9. Número de hojas por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de campo abierto.

*Tratamientos	Número de hojas		
	**30	45	60
DA/SA	25.00 ab	73.25 ab	83.00 a
DA/CA	35.50 ab	87.25 ab	97.25 a
IN/DA/SA	25.50 ab	88.00 ab	88.00 a
IN/DA/CA	41.25 a	113.50 a	120.25 a
DB/SA	24.25 b	65.75 b	100.50 a
DB/CA	28.75 ab	100.00 ab	101.75 a
IN/DB/SA	27.25 ab	84.75 ab	86.75 a
IN/DB/CA	28.75 ab	92.00 ab	117.25 a

*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado; ** Días después de siembra.

4.3.2 Casasombra

En los tres muestreos no se detectó significancia estadística en cuanto al número de hojas en condiciones de casasombra (Cuadro 10), sin embargo, en cuanto a diferencia numérica las plantas que mostraron el mayor número de hojas durante todo el ciclo fue las que recibieron la dosis más baja de fertilización (50% NPK) pero con acolchado en el primer y segundo muestreo; haciendo una excepción en el tercer muestreo en el cual las plantas que recibieron el tratamiento de la dosis más alta de fertilización (100% NPK) pero sin acolchado fueron las que mostraron más número de hojas.

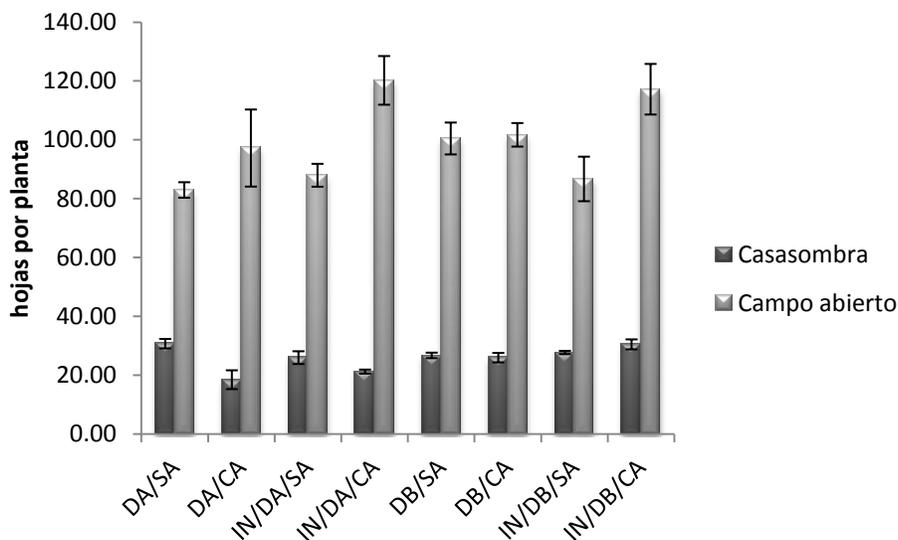
Cuadro 10. Número de hojas por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de casasombra.

*Tratamientos	Número de hojas		
	**30	45	60
DA/SA	12.75 a	21.50 a	30.75 a
DA/CA	12.25 a	22.75 a	18.50 a
IN/DA/SA	13.50 a	21.50 a	26.00 a
IN/DA/CA	13.75 a	22.25 a	21.25 a
DB/SA	13.75 a	20.25 a	26.75 a
DB/CA	14.75 a	24.00 a	26.00 a
IN/DB/SA	13.50 a	23.50 a	27.75 a
IN/DB/CA	13.50 a	21.50 a	30.50 a

*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado; ** Días después de siembra.

4.3.3 Comparación de la respuesta de las plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos en condiciones de casasombra y campo abierto.

En relación con el número de hojas (Figura 3) en campo abierto esta variable fue superior comparado con las plantas en casasombra. Las plantas que recibieron el tratamiento con inoculación de BF, dosis alta (100% NPK) y baja (50% NPK) de fertilización y acolchado en las dos condiciones, fueron las que tuvieron el mayor número de hojas.



*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado.

Figura 3. Número de hojas de plantas de pepino sometido a diferentes tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en condiciones de campo abierto y casasombra.

4.4. Área Foliar

4.4.1 Campo Abierto

En el primer muestreo a los 30 dds se detectó diferencia estadística significativa en cuanto al área foliar (Cuadro 11), en las plantas que recibieron el tratamiento de BF, con dosis alta de fertilización (100% NPK) y acolchado. En el segundo y tercer muestreo (60 y 90 dds) no se detectó significancia estadística pero las plantas con mayor área foliar fueron las que recibieron este mismo tratamiento.

Cuadro 11. Área foliar (cm²) por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de campo abierto.

*Tratamientos	Área foliar		
	**30	45	60
DA/SA	1886.14 b	6904.34 a	8016.30 a
DA/CA	2848.98 ab	8178.70 a	9279.66 a
IN/DA/SA	1714.82 b	8805.53 a	7678.51 a
IN/DA/CA	3590.26 a	10642.27 a	12190.09 a
DB/SA	1622.83 b	6909.04 a	9837.66 a
DB/CA	2323.34 ab	10457.36 a	9423.89 a
IN/DB/SA	1722.94 b	8232.41 a	8755.16 a
IN/DB/CA	2463.91 ab	9293.13 a	10795.21 a

*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado; **Días después de siembra.

4.4.2 Casasombra

En los tres muestreos no se detectó diferencias estadísticas significativas en cuanto al área foliar (Cuadro 12), pero las plantas con mayor área foliar fueron las que recibieron el tratamiento de inoculación con BF, dosis alta (100% NPK) y baja (50% NPK) de fertilización, pero ambos con acolchado; así como las plantas con el tratamiento de dosis más baja de fertilización (50% NPK) y acolchado, inoculadas con BF. A los 30 dds las plantas que recibieron los tratamientos con la dosis más baja de fertilización (50% NPK) y unos de los mismos con inoculación y ambos con acolchado mostraron un valor de área foliar similar al tratamiento que reportó el mayor valor de esta variable. A los 45 dds las plantas con los tratamientos que le siguieron al que obtuvo mayor área foliar fueron el de la dosis (100% NPK) más alta e inoculado con BF, dosis más baja de fertilización (50% NPK) y ambos con acolchado. A los 60 dds las plantas que recibieron los tratamientos con la dosis (100% NPK) más alta con y sin acolchado, generaron área foliar similar a la que obtuvo el mejor tratamiento el cual tuvo dosis baja de fertilización (50% NPK), inoculación de BF y con acolchado.

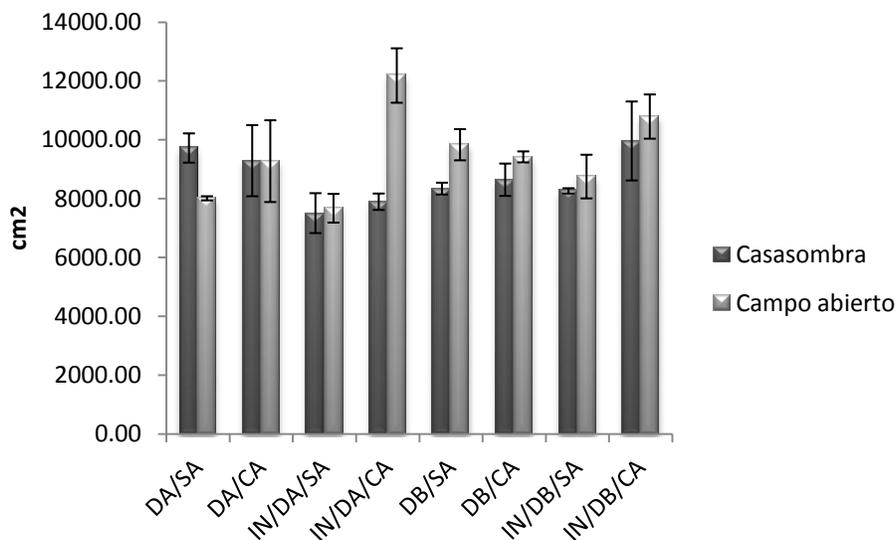
Cuadro 12. Área foliar (cm²) por plantas de pepino de muestreo sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de casasmombra.

*Tratamientos	Área foliar		
	**30	45	60
DA/SA	2705.31 a	6827.82 a	9726.25 a
DA/CA	2397.26 a	7926.10 a	9295.49 a
IN/DA/SA	2539.56 a	5803.56 a	7512.35 a
IN/DA/CA	3399.94 a	7190.57 a	7899.90 a
DB/SA	3007.04 a	6546.61 a	8345.31 a
DB/CA	3055.16 a	8251.54 a	8647.34 a
IN/DB/SA	2791.73 a	7096.20 a	8268.07 a
IN/DB/CA	3148.99 a	7487.32 a	9965.23 a

*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado; **Días después de siembra.

4.4.3 Comparación de la respuesta de las plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos en condiciones de casasmombra y campo abierto.

En relación al área foliar de las plantas de pepino en ambos ambientes estudiados, en la Figura 4 se puede apreciar que las condiciones de campo abierto promovieron mayor área foliar en comparación con las plantas de la casasmombra; en campo abierto las plantas con los mayores valores de esta variable fueron aquellas que recibieron los tratamientos con BF y teniendo dosis alta (100% NPK) y baja (50% NPK) de fertilización ambos tratamientos con acolchado, en la casasmombra las plantas con mayor área foliar fueron aquellas que recibieron los tratamientos de dosis alta de fertilización (100% NPK) sin acolchado y las inoculadas con BF, dosis baja de fertilización (50% NPK) con acolchado.



*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado.

Figura 4. Área foliar (cm²) de plantas de pepino sometido a diferentes tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en condiciones de campo abierto y casasombra.

4.5 Número de Frutos

4.5.1 Campo Abierto

No se detectó significancia estadística en cuanto al número de frutos (Cuadro 13), sin embargo, las plantas con mayor número de frutos fueron las que recibieron el tratamiento con inoculación de BF, dosis alta de fertilización (100% NPK) y acolchado, seguido por las plantas que recibieron el tratamiento con la dosis alta con acolchado y las plantas sometidas al tratamiento con la dosis más baja de fertilización (50% NPK) pero sin acolchado. Las plantas que tuvieron acolchado durante todo el ciclo fenológico son las que produjeron mayor número de frutos; esta misma respuesta correspondió a las plantas con inoculación de BF.

Cuadro 13. Número de frutos cosechados por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de campo abierto.

*Tratamientos	Número de frutos			
	**30	45	60	Total
DA/SA	0.00 a	20.00 a	23.00 a	43.00 a
DA/CA	2.25 a	26.00 a	32.75 a	61.00 a
IN/DA/SA	1.25 a	28.50 a	22.75 a	52.50 a
IN/DA/CA	1.50 a	30.25 a	37.25 a	69.00 a
DB/SA	0.50 a	18.00 a	40.50 a	59.00 a
DB/CA	2.25 a	20.00 a	19.25 a	41.50 a
IN/DB/SA	0.25 a	22.75 a	34.00 a	57.00 a
IN/DB/CA	0.75 a	21.25 a	22.75 a	44.75 a

*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado; **Días después de siembra.

4.5.2 Casasombra

Respecto a los muestreos que se realizaron a los 30, 45 y 60 dds, la información generada no reveló que hubieran diferencias estadísticas significativas en relación al número de frutos (Cuadro 14), aunque si se apreciaron diferencias numéricas entre tratamientos, ya que las plantas tratadas con la dosis más alta (100% NPK) y baja (50% NPK) de fertilización, ambos con acolchado, y el tratamiento con inoculación de BF, dosis más alta de fertilización (100% NPK) y sin acolchado mostraron un mayor número de frutos durante los tres muestreos a los 30, 45 y 60 dds. En cuanto al número total de frutos las plantas con mayor cantidad producida fueron las que se sometieron al tratamiento con inoculación de BF, dosis alta de fertilización (100% NPK) y acolchado.

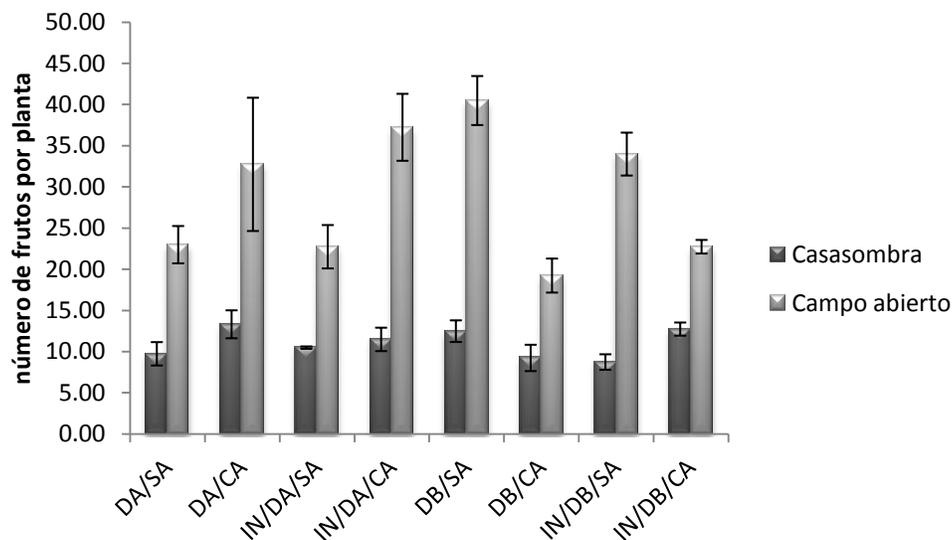
Cuadro 14. Número de frutos cosechados por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de casasmombra.

*Tratamientos	Número de frutos			
	**30	45	60	Total
DA/SA	1.75 a	9.75 a	9.75 a	21.25 a
DA/CA	0.04 a	12.75 a	13.33 a	23.50 a
IN/DA/SA	2.75 a	11.75 a	10.50 a	25.00 a
IN/DA/CA	0.08 a	13.25 a	11.50 a	26.75 a
DB/SA	0.08 a	9.25 a	12.50 a	23.75 a
DB/CA	2.50 a	13.75 a	9.25 a	25.50 a
IN/DB/SA	0.08 a	12.00 a	8.75 a	22.75 a
IN/DB/CA	1.50 a	10.25 a	12.75 a	24.50 a

*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado; **Días después de siembra.

4.5.3 Comparación de la respuesta de las plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos en condiciones de casasmombra y campo abierto.

En referencia a número de frutos la Figura 5 muestra que en campo abierto se obtuvo el mayor número de frutos y las plantas con mejores resultados fueron las sometidas a los tratamientos que recibieron una dosis baja de fertilización (50% NPK) y sin acolchado, los inoculados con BF, dosis alta de fertilización (100% NPK) con acolchado y el de dosis baja de fertilización (50% NPK) sin acolchado en condiciones de campo abierto; mientras que en la casasmombra las plantas sometidas a los tratamientos con dosis alta de fertilización (100% NPK) con acolchado, dosis baja de fertilización (50% NPK), inoculación de BF y con acolchado y las que recibieron dosis baja de fertilización (50% NPK) pero sin acolchado son las que tuvieron los mejores resultados.



*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado.

Figura 5. Número de frutos de plantas de pepino sometido a diferentes tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en condiciones de campo abierto y casapombra.

4.6 Diámetro de Tallo

4.6.1 Campo Abierto

En los muestreos realizados a los 30, 45 y 60 dds no se detectó diferencias estadísticas significativas en cuanto al diámetro del tallo (Cuadro 15). Las plantas con el mayor diámetro de tallo a los 30 dds y a los 45 dds fueron las que recibieron la inoculación con BF, dosis alta de fertilización (100% NPK) y acolchado; con excepción de lo que se observó a los 60 dds, ya que las plantas que recibieron inoculación con BF, dosis baja de fertilización (50% NPK) y acolchado fueron las que reportaron el mayor diámetro de tallo.

Cuadro 15. Diámetro de tallo (mm) por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de campo abierto.

*Tratamientos	Diámetro de tallo		
	**30	45	60
DA/SA	9.12 a	12.34 a	10.83 a
DA/CA	9.17 a	12.09 a	12.55 a
IN/DA/SA	9.15 a	12.86 a	11.89 a
IN/DA/CA	9.21 a	13.42 a	13.21 a
DB/SA	9.11 a	12.66 a	13.13 a
DB/CA	9.17 a	13.12 a	12.93 a
IN/DB/SA	9.14 a	12.97 a	12.16 a
IN/DB/CA	9.13 a	12.73 a	13.97 a

*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado; **Días después de siembra.

4.6.2 Casasombra

En los tres muestreos realizados a los 30, 45 y 60 dds no se detectó diferencia estadística significativa en cuanto a diámetro de tallo (Cuadro 16), pero si se pudo detectar que a los 30 y 45 dds las plantas con los mayores diámetros fueron las que recibieron los tratamientos con inoculación de BF, dosis alta de fertilización (100% NPK) y acolchado, en cambio a los 60dds las plantas que recibieron el tratamiento con inoculación de FB, dosis baja de fertilización (50% NPK) y acolchado fueron las que reportaron el mayor diámetro de tallo.

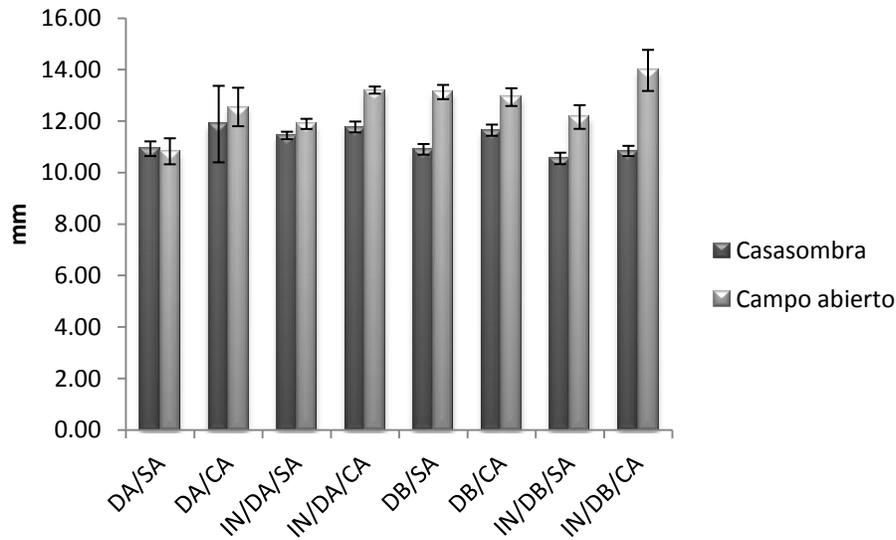
Cuadro 16. Diámetro de tallo (mm) por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de casasonbra.

*Tratamientos	Diámetro de tallo		
	**30	45	60
DA/SA	10.45 a	10.99 a	10.93 a
DA/CA	11.35 a	12.63 a	11.89 a
IN/DA/SA	10.62 a	11.59 a	11.44 a
IN/DA/CA	11.57 a	11.69 a	11.77 a
DB/SA	10.60 a	11.40 a	10.90 a
DB/CA	10.60 a	12.25 a	11.65 a
IN/DB/SA	10.65 a	10.73 a	10.55 a
IN/DB/CA	11.01 a	12.18 a	10.84 a

*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado; **Días después de siembra.

4.6.3 Comparación de la respuesta de las plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos en condiciones de casasonbra y campo abierto.

En referencia al diámetro del tallo de las plantas la Figura 6 permite detectar que en campo abierto se tuvo un mayor diámetro, no habiéndose encontrado diferencia significativa respecto a las desarrolladas en condiciones de casasonbra. Las plantas de pepino con el mejor resultado en condiciones de campo abierto fueron las que recibieron el tratamiento de inoculación con BF y dosis baja de fertilización (50% NPK) con acolchado; mientras que en casasonbra sobresalieron aquellas que recibieron el tratamiento con dosis alta de fertilización (100% NPK) y acolchado.



*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado.

Figura 6. Diámetro de tallo (mm) de plantas de pepino sometido a diferentes tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en condiciones de campo abierto y casasombra.

4.7. Peso Seco de Tallo

4.7.1 Campo Abierto

En los tres muestreos realizados a los 30, 45 y 60 dds en cuanto a peso seco de tallo no se detectó diferencia estadística significativa (Cuadro 17), sin embargo, las plantas que recibieron el tratamiento con inoculación de BF, dosis alta de fertilización (100% NPK) y acolchado plástico son las que presentaron el mayor peso seco en comparación con los demás tratamientos.

Cuadro 17. Peso seco (g) de tallo de plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de campo abierto.

*Tratamientos	Peso seco de tallo		
	**30	45	60
DA/SA	2.55 a	21.30 a	28.55 a
DA/CA	4.95 a	30.87 a	40.17 a
IN/DA/SA	2.32 a	28.17 a	30.40 a
IN/DA/CA	6.52 a	35.27 a	47.52 a
DB/SA	4.72 a	20.62 a	34.55 a
DB/CA	3.25 a	30.30 a	31.70 a
IN/DB/SA	2.25 a	24.45 a	29.62 a
IN/DB/CA	3.70 a	28.55 a	40.37 a

*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado; **Días después de siembra.

4.7.2 Casasombra

En cuanto al peso seco de tallo, la información generada nos permitió detectar que no hubo diferencias estadísticas significativas en los tres muestreos realizados a los 30, 45 y 60 dds (Cuadro 18). A los 30 dds las plantas que recibieron el tratamiento de dosis baja de fertilización (50% NPK) con acolchado son las que muestran el mayor peso seco de tallo, esto mismo ocurrió a los 45 dds; sin embargo, a los 60 dds no sucedió esto ya que las plantas que recibieron el tratamiento con dosis alta de fertilización (100% NPK) y acolchado consiguieron el mayor peso seco de tallo.

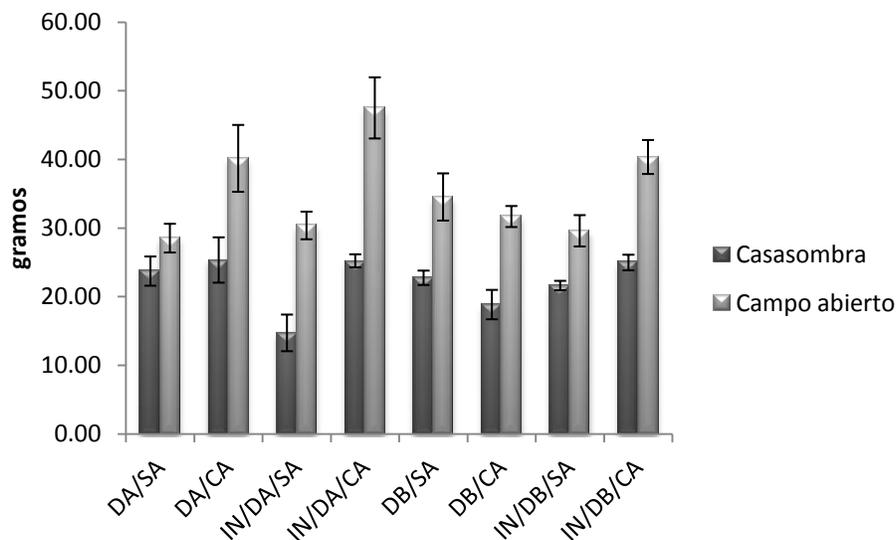
Cuadro 18. Peso seco (g) de tallo por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de casasombra.

*Tratamientos	Peso seco de tallo		
	**30	45	60
DA/SA	6.52 ab	17.62 a	23.75 a
DA/CA	3.00 b	19.42 a	25.36 a
IN/DA/SA	2.82 b	14.85 a	14.75 a
IN/DA/CA	6.25 ab	18.60 a	25.25 a
DB/SA	4.92 ab	18.55 a	22.77 a
DB/CA	7.57 a	23.47 a	18.87 a
IN/DB/SA	6.25 ab	18.80 a	21.65 a
IN/DB/CA	5.52 ab	23.12 a	25.00 a

*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado; **Días después de siembra.

4.7.3 Comparación de la biomasa seca de plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos en condiciones de casasombra y campo abierto.

Respecto a esta variable, la Figura 7 nos muestra que las plantas desarrolladas en campo abierto, el mayor valor de esta variable fue para las plantas que se cultivaron dentro de la casasombra. Las plantas que recibieron los tratamientos de inoculación con BF, dosis baja (50% NPK) y alta (100% NPK) de fertilización con acolchado; en campo abierto y casasombra respectivamente fueron las que produjeron mayor biomasa seca.



*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado.

Figura 7. Peso seco (g) de tallo de plantas de pepino sometido a diferentes tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en condiciones de campo abierto y casasombra.

4.8. Peso Seco de Hoja

4.8.1 Campo Abierto

La información analizada en relación al peso seco de las hojas reporta diferencias estadísticas significativas en el primer muestreo a los 30 dds en relación al peso seco de hoja (Cuadro 19), ya que las plantas sometidas al tratamiento con inoculación de BF, dosis alta de fertilización (100% NPK) y acolchado son las que produjeron mayor peso seco de hoja; de igual manera en los siguientes dos muestreos realizados a los 45 y 60 dds, las plantas sometidas a estos tratamientos mostraron ser las de el mayor peso seco de hojas en comparación con los demás tratamientos.

Cuadro 19. Peso seco (g) de hoja por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de campo abierto.

*Tratamientos	Peso seco de hoja		
	**30	45	60
DA/SA	8.12 b	40.80 a	38.77 a
DA/CA	12.25 ab	45.87 a	49.75 a
IN/DA/SA	8.05 b	49.67 a	48.72 a
IN/DA/CA	14.87 a	60.20 a	67.70 a
DB/SA	8.80 ab	40.37 a	53.47 a
DB/CA	11.97 ab	52.57 a	42.20 a
IN/DB/SA	7.90 b	43.85 a	47.20 a
IN/DB/CA	11.80 ab	47.85 a	58.12 a

*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado; **Días después de siembra.

4.8.2 Casasombra

Durante los tres muestreos realizados a los 30, 45 y 60 dds respecto al peso seco de hoja (Cuadro 20), la información generada revela que no hubo significancia estadística significativa a los 30 dds; en cambio a los 45 dds las plantas que recibieron el tratamiento con la dosis más baja de fertilización (50% NPK) con acolchado obtuvieron el mayor valor para esta variable. En el tercer muestreo realizado a los 60 dds las plantas que recibieron el tratamiento con la dosis más alta de fertilización (100% NPK) y sin acolchado, tuvieron el mayor valor de peso seco de hojas. En general se puede señalar que las plantas de los tratamientos con acolchado generaron un mayor peso seco, así como las inoculadas con los BF microbianos.

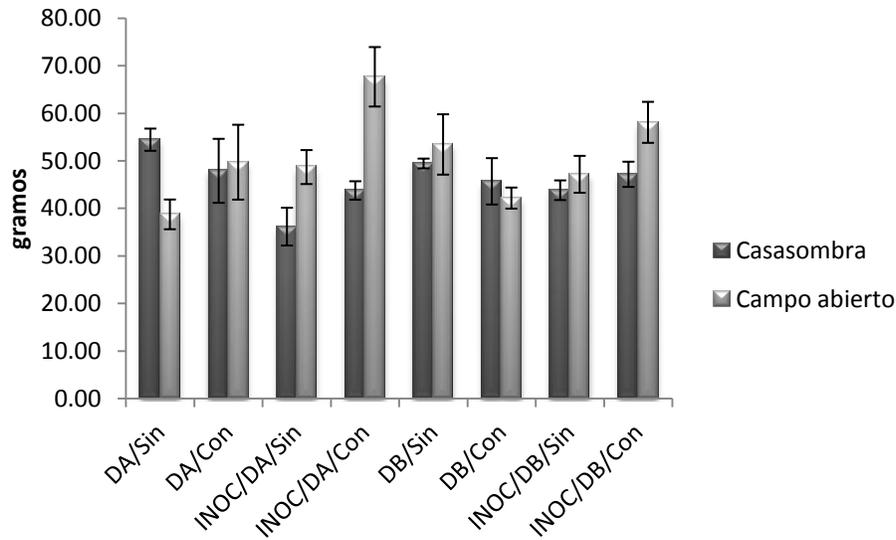
Cuadro 20. Peso (g) seco de hoja por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en tres fechas de muestreo en condiciones de casahuate.

*Tratamientos	Peso seco de hoja		
	**30	45	60
DA/SA	11.27 a	35.80 ab	54.47 a
DA/CA	8.57 a	38.60 ab	47.93 a
IN/DA/SA	9.42 a	28.82 b	36.20 a
IN/DA/CA	13.90 a	37.10 ab	43.80 a
DB/SA	11.60 a	35.02 ab	49.47 a
DB/CA	13.27 a	49.30 a	45.72 a
IN/DB/SA	13.40 a	37.75 ab	43.85 a
IN/DB/CA	13.32 a	43.90 ab	47.20 a

*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado; **Días después de siembra.

4.8.3 Comparación de la biomasa seca foliar en plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos en condiciones de casahuate y campo abierto.

Al realizar la comparación de la biomasa seca de follaje producido por las plantas en ambos ambientes contrastantes, la Figura 8 nos muestra que el valor de esta variable fue mayor en campo abierto que en casahuate; es interesante señalar que las plantas de los tratamientos que generaron la mayor biomasa seca fueron los que recibieron la inoculación de BF teniendo dosis baja (50% NPK) y alta (100% NPK) de fertilización con acolchado plástico, esto ocurrió para campo abierto, mientras que para casahuate fueron el tratamiento con dosis alta de fertilización (100% NPK) con acolchado plástico y el de dosis baja de fertilización (50% NPK) sin acolchado. Consideramos que la producción de biomasa que se registró en ambas condiciones estuvo condicionada a las podas realizadas y al manejo agronómico ejecutado.



*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado.

Figura 8. Peso seco (g) de hoja de plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en condiciones de campo abierto y casasombra.

4.9 Peso Seco de Fruto

4.9.1 Campo Abierto

En cuanto a peso seco de frutos se detectaron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 21) en el muestreo realizado a los 45 dds, ya que en las plantas que recibieron el tratamiento con inoculación de BF, dosis alta de fertilización (100% NPK) se detectó diferencia estadística significativa, mientras que las plantas que recibieron la dosis más alta de fertilización (100% NPK) y sin acolchado tuvieron el mayor valor para esta variable.

Cuadro 21. Peso seco (g) de frutos por plantas de pepino sometidas a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en dos fechas de muestreo en condiciones de campo abierto.

*Tratamientos	Peso seco de frutos	
	**45	60
DA/SA	7.57 bc	46.95 a
DA/CA	13.10 bc	32.75 a
IN/DA/SA	13.75 b	29.50 a
IN/DA/CA	27.62 a	26.25 a
DB/SA	5.87 bc	41.72 a
DB/CA	3.02 c	22.47 a
IN/DB/SA	6.22 bc	48.70 a
IN/DB/CA	14.52 b	28.10 a

*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado; **Días después de siembra.

4.9.2 Casasombra

En los muestreos realizados a los 45 y 60 dds para la variable peso seco de fruto (Cuadro 22), no se encontraron diferencias estadísticas, teniendo como mejor resultado las plantas que recibieron el tratamiento con la dosis baja de fertilización (50% NPK) y acolchado. En comparación con el testigo las plantas que tuvieron este tratamiento tuvieron un porcentaje mayor en peso seco del fruto.

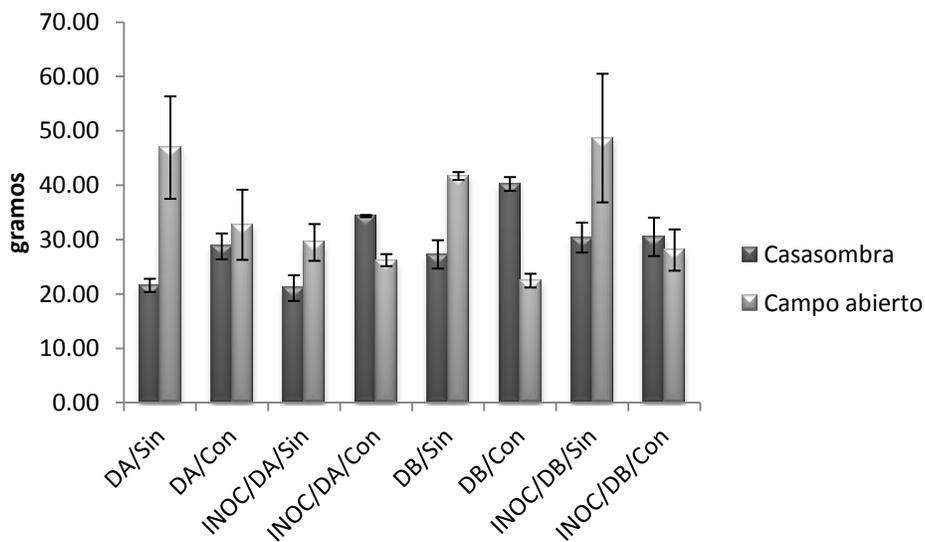
Cuadro 22. Peso seco (g) de fruto por plantas de pepino a tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en dos fechas de muestreo sometidas en condiciones de casasombra.

*Tratamientos	Peso seco de frutos	
	**45	60
DA/SA	2.67 a	21.60 a
DA/CA	3.26 a	28.77 a
IN/DA/SA	1.52 a	21.10 a
IN/DA/CA	3.22 a	34.35 a
DB/SA	4.30 a	27.30 a
DB/CA	6.77 a	40.25 a
IN/DB/SA	3.77 a	30.40 a
IN/DB/CA	4.50 a	30.52 a

*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado; **Días después de siembra.

4.9.3 Comparación de la respuesta de las plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos en condiciones de casasombra y campo abierto.

La Figura 9 en cuanto a biomasa seca de frutos nos permite mostrar que esta fue mayor en condiciones de campo abierto comparado a las de casasombra; esto viene a que la producción de frutos en campo abierto fue mayor que en casasombra. Teniendo que las plantas con los mejores resultados fueron los tratamientos con inoculación de BF, dosis baja de fertilización (50% NPK) y sin acolchado en campo abierto y en casasombra el de dosis baja de fertilización (50% NPK) con acolchado.



*DA/SA = Dosis alta de fertilización sin acolchado plástico; DA/CA = Dosis alta de fertilización con acolchado; IN/DA/SA = Inoculación, dosis alta fertilización sin acolchado; IN/DA/CA = Inoculación, dosis alta fertilización con acolchado; DB/SA = Dosis baja sin acolchado; DB/CA = Dosis baja con acolchado; IN/DB/SA = Inoculación, dosis baja sin acolchado; IN/DB/CA = Inoculación, dosis baja con acolchado.

Figura 9. Peso seco (g) de fruto de plantas de pepino sometidas a diferentes tratamientos de fertilización sintética y biofertilización, con y sin acolchado plástico en condiciones de campo abierto y casasombra.

V. DISCUSIÓN

En cuanto a la producción de fruto de pepino las plantas que tuvieron la inoculación de MICs benéficos como rizobacterias y micorrizas, más la dosis alta de fertilización y acolchado plástico fueron las que mostraron mayor rendimiento. Esta respuesta prevaleció tanto en condiciones de casasombra como en campo abierto, sin embargo, haciendo una comparación entre las dos condiciones, las plantas de campo abierto superaron el rendimiento de las de casasombra. Esto pudiese deberse a la disminución del área foliar debido a la poda que se realizó en el interior, ya que en casasombra se dejó la planta a solo un tallo y en campo abierto se dejó a crecimiento libre como generalmente se hace para manejo comercial. Para la producción de 1 kg de fruto en campo abierto se requirió de un área foliar de 2592 cm² y para casasombra 2031 cm². En el trabajo realizado por Huez-López *et al.* (2011) mencionan que en estudios realizados en plantas de chile cv. Sandia fertilizadas a base de N inorgánico (Nitrato de amonio) se produjo menor área foliar que las plantas fertilizadas con N orgánico (extraído de residuos de zacate), mientras que las plantas fertilizadas orgánicamente obtuvieron mayores rendimientos. Por lo anterior, se sugiere que si el objetivo del cultivo es tener altos rendimientos la poda no es una técnica viable en condiciones de casasombra ya que reduce el rendimiento. La poda es una técnica que se realiza en invernadero por el manejo agronómico que el cultivo requiere en esta condición. Hochmuth (2001) menciona que la poda más común en pepino bajo condiciones protegidas consiste en eliminar todos los brotes laterales que salgan, al igual que las hojas de los tallos secundarios.

Las plantas con la dosis alta de fertilización NPK y acolchado así como las plantas inoculadas, con dosis baja y sin acolchado mostraron un rendimiento similar comparadas con las con las que tuvieron mejor rendimiento. Las demás variables evaluadas tuvieron una respuesta similar, mientras que las plantas acolchadas son las que mostraron un rendimiento mayor. Resultados similares han sido reportados por Greer y Dole (2003), quienes encontraron que el cultivo de pepino con diversos acolchados plásticos, de aluminio y degradables incrementaron el

rendimiento y redujeron las enfermedades causadas por insectos vectores. Análogamente Ibarra-Jiménez *et al* (2004) señalan que el rendimiento total de pepino con acolchado plástico se incrementó hasta en 20 t/ha en comparación con el testigo sin acolchar, lo anterior se asoció a un incremento en la producción de biomasa seca.

Respecto al uso de BF las plantas que fueron coinoculadas con dosis baja de fertilización y acolchado mostraron un rendimiento similar al de las que tuvieron dosis alta. Esto permite suponer que se puede reducir la fertilización sintética, lo que pudiese ser debido a que los MICs benéficos aplicados al suelo como BF compensaron la menor dosis de NPK aplicada, ya que fijaron N atmosférico (Medeot *et al.*, 2010) y solubilizaron P del suelo (Khan *et al.*, 2007). Resultados similares a los aquí presentados han sido previamente reportados por Lira-Saldivar *et al.* (2011) al usar este mismo tipo de biofertilizantes para la producción orgánica de tomate cherry en condiciones de casasombra.

Por su parte Padilla (2006) consiguió incrementos cercanos al 36% en la producción de melón, a partir de la incorporación de micorrizas arbusculares en los cultivos. En su estudio obtuvo además un ahorro de 100% en el uso de fertilizantes fosfóricos, 20% de ahorro en la fertilización potásica y nitrogenada, 25% de ahorro de agua y 100% de reducción en el uso de fungicidas. En un trabajo aún realizado en tomate e inoculado con *Azospirillum*, Alfonso (2005) menciona en sus resultados que se logró una disminución de 30 kg de N.ha⁻¹ en el cultivo y demostró así la eficiencia de la rizobacteria, a partir de una sustitución del fertilizante, que representa un 20% menos de la cantidad que se aplica según la norma técnica del cultivo.

Efectos similares a lo antes señalado en el cultivo de pepino han sido reportados previamente por Saldajeno y Hyakumachi (2011), quienes consignaron que plántulas de este cultivo coinoculadas con las micorrizas *G. mosseae* y *Fusarium equiseti*, no sólo incrementaron la altura y producción de biomasa seca,

sino que también dieron protección contra los fitopatógenos causantes de enfermedades como antracnosis (*Colletotrichum orbiculare*) y damping-off ocasionada por *Rhizoctonia solani*.

Los resultados de Aguirre *et al.* (2011) consignan que la respuesta diferencial entre los MICs por ellos evaluados *A. brasilense* indujo mayor desarrollo radical y la simbiosis doble *G. intraradices* + *A. brasilense* como la evaluada en el presente trabajo con pepino, mejoró el desarrollo del tallo y lámina foliar en el cultivo de café. Por su parte Linderman (1997) afirma que los HMA y las rizobacterias actúan sinérgicamente estimulando el crecimiento de las plantas a través de mecanismos que incluyen una mejor adquisición de nutrientes y la inhibición de patógenos fúngicos.

Algunos estudios han demostrado que las BPCP tienen un fuerte impacto estimulante sobre el crecimiento de HMA. Artursson *et al.* (2006) mencionan que estos mecanismos de ayuda incluyen la estimulación del desarrollo radicular, una mayor susceptibilidad de la raíz a la colonización de hongos micorrícicos, y la mejora del proceso de reconocimiento entre la raíz y los hongos. También señalan que en suelos con baja disponibilidad de P, las bacterias de vida libre solubilizadoras de fosfato pueden liberar iones y contribuir así con un incremento de fosfato en el suelo disponible para que las hifas extraradicales de los HMA puedan pasar a la planta. Es importante señalar que el P orgánico está en gran medida fuera del alcance de las plantas hasta convertirse en forma inorgánica, por bacterias solubilizadoras de fosfato.

En el trabajo se experimentó con pepino en dos ambientes contrastes, las plantas que tuvieron acolchado de suelo durante todo el ciclo mostraron un mayor incremento en cuanto a las variables evaluadas. Esto pudiese atribuirse a los beneficios que aportan los acolchados a los cultivos como son: alto rendimiento, uso eficiente de agua y fertilizantes, aumento en la temperatura en la zona radicular, lo que se traduce en una mayor precocidad de los cultivos (Dong *et al.*, 2009). Por otro lado, Zribi *et al.* (2011) mencionan que el acolchado reduce la

evaporación directa del agua desde la superficie del suelo, mantiene una mayor humedad en el suelo, favorece la estabilidad estructural y la fertilidad 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.

El acolchado plástico tiene muchas ventajas para los usuarios, tales como ahorro de agua, incremento en la producción precoz y producción total, además de un cierto control de plagas, enfermedades y malezas (Liakatas *et al.*, 1986). Aunque la temperatura del suelo acolchado pudiese haber influido en cuanto alguna de las variables evaluadas ó en la actividad de los BF microbianos, la temperatura óptima del suelo parece ser aproximadamente 25°C para la absorción de la mayoría de los elementos minerales y para mejorar las respuestas de crecimiento de las plantas (Tindalla *et al.*, 1990). La temperatura del suelo tiene una fuerte influencia en la actividad de los organismos vivos, ya que la esporulación del hongo *G. intraradices* se redujo a una temperatura inferior a los 23°C, mientras que la actividad metabólica de las esporas se redujo significativamente sólo a 10°C (Liu *et al.*, 2004).. Sin embargo, Zhang *et al.* (1995) reportan que la temperatura óptima de la zona radicular para la infección de la micorriza *G. versiforme* es entre 21 y 22°C, mientras que por encima o debajo de este rango, la colonización micorrícica es inhibida.

En cuanto a los incrementos en las variables altura, número de hojas, área foliar y biomasa seca evaluadas en las plantas de pepino inoculadas con los BF están relacionados probablemente con la producción de algún tipo de hormona como giberelinas, auxinas, y citocininas, entre otras que estos MICs sintetizan. Estas puedan estar influyendo de manera positiva en las plantas, posiblemente teniendo un efecto directo en el aumento de raíces (principalmente en la formación de pelos absorbentes), lo cual incrementa en las plantas su capacidad de exploración del suelo, aumentando así la absorción de agua y nutrientes,

reflejando este beneficio en un aumento en su crecimiento y desarrollo, en comparación a las plantas no inoculadas con MICs.

Al respecto Patten y Glick (1996), exponen que este mecanismo de promoción del crecimiento de las plantas llevada a cabo por las rizobacterias es muy característico de los géneros *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, entre otros, los cuales generalmente sintetizan hormonas del crecimiento como el ácido-indol-acético (AIA), el cual tiene un efecto primario al amplificar el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estudios realizados por Chandanie *et al.* (2005), para analizar la interacción de los HMA por su efecto sobre la colonización de la raíz y el crecimiento de plantas de pepino; tuvo como resultado que las plantas coinoculadas con micorrizas aumentó significativamente el peso seco de los brotes y mejoró el crecimiento de las plantas.

VI. CONCLUSIONES

La coinoculación con *A. brasilense* y *G. intraradices* tuvo una función importante en el desarrollo de las plantas de pepino, tal como se comprobó con los resultados obtenidos en esta investigación, ya que influyeron significativamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas, lo cual resultó en mayor rendimiento de fruto con respecto a la fertilización tradicional o sintética.

El uso de BF para la producción hortícola en condiciones de agroplasticultura, es una opción rentable y sustentable, ya que el precio de este insumo basado en MICs benéficos y antagonistas de fitopatógenos del suelo, es relativamente bajo en comparación con los fertilizantes sintéticos tradicionales; el efecto de las plantas con acolchado tuvieron un crecimiento y rendimiento superior a aquellas sin acolchado, teniendo en cuenta que las plantas con la coinoculación de MICs y acolchado tuvieron los mejores resultados.

Con los resultados arrojados por este trabajo experimental podemos concluir que es factible reducir la fertilización óptima para la producción de pepino hasta un 50 %; obteniendo mejores resultados siempre y cuando se utilicen biofertilizantes a base de microorganismos; al igual que se logran beneficios económicos, debido a que se reduce la cantidad de fertilizante y beneficios ambientales, ya que el uso de los fertilizantes es más efectivo y esto contribuye a una menor contaminación del ambiente y a mantener un equilibrio ecológico en el planeta.

VII. LITERATURA CITADA

1. Acuña, A. O. (2003). Uso de biofertilizantes en la agricultura. Centro de Investigaciones Agronómicas. Laboratorio de Bioquímica de Procesos Orgánicos. 2512- 3075 pp.
2. Acuña, A. O. (2006). Uso de biofertilizantes en la agricultura. Centro de Investigaciones Agronómicas. Laboratorio de Bioquímica de Procesos Orgánicos 2511- 3062 pp.
3. Aguilera-Gomez, L., Davies, F. T., Olalde-Portugal, V., Duray, S. A., Phavaphutanon, L. (1999). Influence of phosphorus and endomycorrhiza (*Glomus intraradices*) on gas exchange and plant growth of chile ancho pepper (*Capsicum annum* L. cv. San Luis). *Photosynthetica*. 36: 441-449.
4. Aguirre, J., Moroyoqui, D., Mendoza, A., Cadena, J., Avendaño, C., Aguirre, J. (2011). Hongo endomicorrízico y bacteria fijadora de nitrógeno inoculadas a *Coffea arabica* en vivero. *Agron. Mesoam* vol.22 no.1 San Pedro. versión ISSN 1021-7444.
5. Alfonso, E. T., Leyva, Á., y Hernández, A. (2005). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Revista Colombiana de Biotecnología*. 7(2), 47-54.
6. Alloush, G. A., Zeto, S. K., Clark, N. (2000). Phosphorus source, organic matter, and arbuscular mycorrhizal effects on growth and mineral acquisition of chickpea grown in acidic soil. *Journal of Plant Nutrition*. 23(9):1351-1369.
7. Altieri, M. A. (1997). Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Consorcio Latino Americano sobre Agroecología y Desarrollo. Grupo Gestor. Asociación Cubana de Agricultura Orgánica. ACAO La Habana, Cuba. 231 pp.
8. Arshad, M. and Frankenberger Jr., W. T. (1991). Microbial production of plant hormones. *Plant and Soil*. 133:1-8.
9. Artursson, V., Finlay R. D., Jansson J. K. (2006). Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. *Environmental Microbiology*. 8: 1-10.
10. Bashan, Y. and Holguin, G. (1998). Proposal for the division of plant growth-promoting rhizobacteria into two classifications: biocontrol PGPB (plant growth-promoting bacteria) and PGPB. *Soil Biol. Biochem*. 30: 1225-1228.
11. Bastida-Tapia, A., Ramírez-Arias, J. A. (2008) Los invernaderos en México. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. 233 p.
12. Bauer, T. (2001). Microorganismos fijadores de nitrógeno. [consultado en 2013 junio 20]. Disponible en <http://www.microbiologia.com/nf/suelo/rhizobium.html>
13. Borie, F., Rubio, R., Rouanet, J. L., Morales, A., Borie, G., Rojas, C. (2006). Effects of tillage systems on soil characteristics, glomalin and mycorrhizal propagules in a Chilean Ultisol. *Soil Till. Res*. 88:253-261.

14. Burdman, S., Hamnoni, B., Okon, Y. (2000). Improvement of legume crop yield by coinoculation with *Azopirillum* and *Rizobium*. Center for Agricultural biotechnology. Jerusalem, Israel.
15. Burrows, R. L. & Pflieger, F. L. (2002). Host responses to AMF from plots differing in plant diversity. *Plant Soil*. 240:169-179.
16. Cardoso, E., Siu, T., Neves, M. (1992). Microbiología do Solo. Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo. Campinas, Brasil.
17. Castellanos, J. (2007). Perspectivas de la agricultura protegida en México. En: Segunda Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. [consultado 2013 junio 25]. Disponible en: http://www.rniaf.org.mx/2007/memoria/ponencias/protegida/p4_perspectivas1.pdf. Guadalajara, México.
18. Chandanie, W. A., Kubota, M., Hyakumachi, M. (2005). Interaction between arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* and plant growth promoting fungus *Phoma* sp. on their root colonization and growth promotion of cucumber. *Mycoscience*. 46: 201-204.
19. Chen, C., Zhang, M., Song, J. X. (2008). Analysis on the current situation and countermeasure of protected agriculture in China. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*. 323.3.
20. Chirinos, J., Leal, A. y Montilla, J. (2006). Uso de insumos biológicos como alternativa para la agricultura sostenible en la zona sur del estado Anzoátegui. *Revista Digital CENIAP HOY* N° 11.
21. Cornish, A. S. and Page, W. J. (2000). Role of molybdate and other transition metals in the accumulation of protochelin by *Azotobacter vinelandii*. *Applied and Environmental Microbiology*. 66(4):1580-1586.
22. Díaz, P., Ferrera-Cerrato, R., Almaraz-Suárez, J. & Alcántara, G. (2001). Inoculation of plant growth-promoting bacteria in lettuce. *Terra*. 19: 327- 33.
23. Dong, H., Li, W., Tang, W., Zhang, D. (2009). Early plastic mulching increases stand establishment and lint yield of cotton in saline fields. *Field Crops Research*. 111: 269-275.
24. Elein, T. A., Leyva, A., Hernández, A. (2005). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. *Revista Colombiana de Biotecnología*. ISSN-e 1909-8758, Vol. 7, N°. 2, 2005 , 47-54pp.
25. FAO. (2002). [consultado 2013 junio 28]. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso.pdf>
26. FAO. (2005). [consultado 2013 junio 28]. Disponible en: <http://www.fao.org/home/es/>

27. FAO STAT. (2010). Food and Agriculture Organization of the United Nations. [Consultado en Junio 25 de 2013]. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>.
28. Fernández, F. (1999). Manejo de las asociaciones micorrízico-arbusculares (MA) sobre la producción de posturas de cafetos (*C. arabica* L.) en algunos tipos de suelos. Tesis de Doctorado, INCA, La Habana. 118 pp.
29. FIAGRO. (2011). [consultado 2013 junio 28]. Disponible en: <http://www.fiagro.org/>
30. FUMIAF. (2005). Cultivo de pepino europeo en invernaderos de alta tecnología en México. Fundación Mexicana para la Investigación Agropecuaria y Forestal, A.C. Sagarpa, México. 37 p.
31. Gabriel, E. L., Lotti, H., Benito, R. M. and Larroque O. R. (1994). Effect of mulch color on yield of fresh-market tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). *Acta Hortic.* 357:243-250.
32. Greer, L. y Dole, J. (2003) Aluminum foil, aluminium-painted, plastic and degradable mulches increase yields and decrease insect vectored viral diseases of Vegetables. *HortTechnology.* 13: 276-284 pp.
33. Hernández, G. (2006). Manejo del pepino en invernadero. En: Diplomado Internacional en Agricultura Protegida. Módulo 5. Cd. Obregón, Sonora, México. 49 p.
34. Hochmuth, R. C.; Leon, L. L. C.; Hochmuth, G. J. (2001). Evaluation of twelve greenhouse cucumber cultivars and two training systems over two seasons in Florida. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 109: 174-177.
35. Huerta, E., Vidal, O., Jarquin, A., Geissen, V. and Gomez, R. (2010). Effect of vermicompost on the growth and production of amashito pepper, interactions with earthworms and rhizobacteria. *Compost Science & Utilization.* 18(4): 282-288.
36. Huez-López, M. A., Ulery, A. L., Samani, Z., Picchioni, G. and Flynn R. P. (2011). Response of chile pepper (*Capsicum annuum* L.) to salt stress and organic and inorganic nitrogen sources: i. growth and yield. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 14 (1): 137-147.
37. Ibarra-Jiménez, L., Quezada-Martín, M. R. y De la Rosa, M. (2004). The effect of plastic mulch and row covers on the growth and physiology of cucumber. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 44: 91-94 pp.
38. Infoagro. (2006). El cultivo del pepino [consultado 2013 agosto 2]. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/pepino.htm>
39. Infoaserca. (2011). [consultado 2013 junio 20]. Disponible en: <http://www.infoaserca.gob.mx/>
40. INIFAP. (2009) [consultado 2013 agosto 5]. Disponible en: <http://www.inifap.gob.mx/SitePages/default.aspx>

41. Jain, K., Kataria, S., Guruprasad, N. (2010). Oxyradicals under UV-B stress and their quenching by antioxidants. *Indian J. Exp. Biol.* 42: 884-872.
42. Jensen, M.; Malter, A. (1995). Protected agriculture: a global review. World Bank Technical Paper N° 253. The World Bank, Washington D.C., Estados Unidos de Norteamérica. 157 p.
43. Kader, A. A. (1996). Maturity, ripening, and quality relationships of fruit-vegetables. *Acta Horticultrae.* 434: 249-256.
44. Keeney, D. R. (1982). Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. Farmed soils, fertilizer, agroecosystems. *Agronomy. A series of monographs-Americans Society of Agronomy.* 22:605-649.
45. Khan, M. S. Zaidi, A. Wani, P. A. (2007). Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development.* 27: 29–43 pp.
46. Leong, J. (1986). Siderophores: Their biochemistry and possible role in the biocontrol of plant pathogen. *Annu. Rev. Phytopathol.* 24:187-209.
47. Li, J., Hong, M., Yin, X., Liu, J. (2010). Effects of the accumulation of the rare earth elements on soil macrofauna community. *J. Rare Earths.* 28:957-964.
48. Liakatas, A.; Clark, J. A.; Montieth, J. L. (1986). Measurements of the heat balance under plastic mulches. Part I. Radiation balance and soil heat flux. *Agr. For. Meteorol.* 36: 227-239.
49. Linderman, R. G. (1997). Vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi. In Carroll GC, Tudzynski P (eds), *The Mycota.* 117–128 pp. Berlin, Germany: Springer-Verlag.
50. Lindsey, K. & Jones, M. (1992). *Biotecnología Vegetal Agrícola.* Editorial Acribia S.A. España.
51. Lira-Saldivar, R. H., Cruz, B. J., Hernandez, F. D., Gallegos, G., Jimenez, F. (2005). Soil solarization and *Larrea tridentata* extract as a biocontrol agent on root damage and epidemiology of pepper plants. *Phytopathology.* 95(6):151.
52. Lira-Saldívar, R. H., Hernández-Pérez, A., Valdez-Aguilar, L. A., Ibarra-Jiménez, L., Cárdenas-Flores, A. (2011). Uso de biofertilizantes para la producción orgánica de tomate cherry en condiciones de casasaombra. *Agricultura Sostenible.* 7: 106-117. ISBN: 978-607-7856-42-9.
53. Lira-Saldivar, R. H., Lira-Valdes, N. y Hernández-Suárez, M. (2013). Solarización y Biofumigación. Control Ecológico de malezas y enfermedades del suelo. Editorial Académica Española. ISBN 978-3-659-06563-7. 145 pp.
54. Liu, A., Wang, B. and Hamel, C. (2004). Arbuscular mycorrhiza colonization and development at suboptimal root zone temperatura. *Mycorrhiza.* 14(2): 93-101.
55. Lucy, M., Reed, E., Glick, B. (2004). Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antonie Van Leeuwenhoek.* 86 1-25.

56. Lugtenberg, B. and Kamilova, F. (2009). Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annu. Rev. Microbiol.* 63:541-556.
57. Mäder, P., Edenhofer, S., Boller, T., Wiemken, A., Niggli, U. (2000). Arbuscular mycorrhizae in a long-term field trial comparing low-input (organic, biological) and high-input (conventional) farming systems in a crop rotation. *Biol. Fertil. Soils.* 31:150-156.
58. Manning, G. (2010). Estudio comparativo de diferentes especies de abonos verdes y su influencia en el cultivo del maíz. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). La Habana, Cuba Cultivos Tropicales. vol. 23, no. 3, 19 p.
59. Mayea, S. (1995). Los biofertilizantes y su acción fitopatogena. Memorias del III Encuentro Nacional Científico Técnico de Bioplaguicidas y EXPOCREE. Ciudad de la Habana: INISAV. 41 p.
60. Medeot, D. B. Paulucci, N. S., Albornoz, A. I., Fumero, M. V., Bueno, M. A., Garcia, M. B., Dardanelli, M. S. (2010). Plant growth promoting rhizobacteria improving the legume–rhizobia symbiosis. *Microbes for Legume Improvement.* Chap. 19: 473-494 pp.
61. Mercanet. (2007). Situación del mercado estadounidense de pepino. Consejo Nacional de Producción. Sistema de Información e Inteligencia de Mercados. Boletín Marzo, Número 1. San José, Costa Rica. [Consultado en Junio 25 de 2013]. Disponible en: http://www.cnp.go.cr/php_mysql/admin/KTML/uploads/files/boletines/Pepino_marzo_2007.pdf.
62. Moreno-Pérez, E. C. (2007). Agricultura protegida para la producción de hortalizas. En: Segunda Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Guadalajara, México, [consultado 2013 junio 25]. Disponible en: http://www.rniaf.org.mx/2007/memoria/ponencias/protegida/p3_produccion.pdf
63. Muthukumar, T., Udaiyan, K. (2002). Growth and yield of cowpea as influenced by changes in arbuscular mycorrhiza in response to organic manuring. *J. Agron. Crop Sci.* 188:123-132.
64. Neilands, J. B. (1981). Microbial iron compounds. *Annu. Rev. Biochem.* 50:715-731.
65. Neilands, J. B. (1995). Siderophores: Structure and Function of Microbial Iron Transport Compounds. *The Journal of Biological Chemistry.* 270(45): 26723–26726.
66. Padilla, E. (2006) Efecto de biofertilizantes en cultivo de melón acolchado con polietileno. *Revista Fitotecnia Mexicana.* Vol. 29, no. 4, 321-329 pp.
67. Pan, B., Bai, Y., Leibovitch, S. & Smith, D. (1999). Plant-growth promoting rhizobacteria and kinetin as ways to promote corn growth and yield in a short-growing-season area. *European Journal of Agronomy.* 11: 179-186.

68. Parets, S. E. (2002). Evaluación agronómica de la inoculación de micorrizas arbusculares, *Rhizobium phaseoli* y *Trichoderma harzianum* en el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis en opción al grado de master en ciencias agrícolas, Universidad Agraria de La Habana.
69. Patten, C. and Glick, B. (1996). Bacterial biosynthesis of indole-acetic-acid. *Canadian Journal of Microbiology*. 42:207-220.
70. Peralta-Díaz, H. (2007). *Azospirillum*, Micorrizas y *Rhizobium*. Biofertilizantes microbianos para una agricultura sustentable. 118-129.
71. Perea, E. (2011). Alto crecimiento de agricultura protegida; hay desorden y abandono regional. [consultado 2013 junio 25] Disponible en: http://imagenagropecuaria.com/articulos.php?id_art=1170&id_ejemplar=1&id_sec=26.
72. Pérez, C., De La Fuente, L., Arias, A. & Altier, N. (2000). Uso de *Pseudomonas* fluorescentes nativas para el control de enfermedades de implantación en *Lotus corniculatus* L. *Agrociencia*. IV (1): 41-47.
73. Pozo, M. J., Cordier, C., Dumas-Gaudot, E., Gianinazzi, S., Barea, J. M., Azcón-Aguilar, C. (2002). Localized versus systemic effect of arbuscular mycorrhizal fungi on defence responses to *Phytophthora* infection in tomato plants. *J. Exp. Bot.* 53: 525-534.
74. Puoci, F., Iemma, F., Gianfranco, S. U., Cirillo, G., Curcio, M. and Picci, N. (2008). Polymer in agriculture. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 3(1): 299-314.
75. Ramanathan, V., Cicerone, R. J., Singh, H. B. and Kiehl. (1985). Trace gas trends and their potential role in climate change. *J. Geophys. Res.* 90: 5547-5566.
76. Rodriguez, H. y Fraga, R. (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances*. 17: 319-339.
77. Rokhzadi, A., Asgharzadeh, A., Darvish, F., Nour-Mohammadi, G. y Majidi, E. (2008). Influence of plant growth-promoting rhizobacteria on dry matter accumulation and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Field Conditions. *Am-Euras. J. Agric. & Environ. Sci.* 3(2): 253-257.
78. SAGARPA. (2000). [consultado 2013 junio 25] Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Uso%20de%20Fertilizantes.pdf>
79. Saldajeno, M. G. B. y Hyakumachi, M. (2011). The plant growth-promoting fungus *Fusarium equiseti* and the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* stimulate plant growth and reduce severity of anthracnose and damping-off diseases in cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings. *Annals of Applied Biology*. 159: 28-40.

80. Sánchez, del Castillo, F. (2007). Proyecto educativo de la licenciatura ingeniero agrónomo en horticultura protegida. Chapingo, México. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. 86 p.
81. Sánchez, L., Hernández, S. y Ortiz S. (2006). Metabolito bacteriano a partir de *Burkholderia cepacia* como agente biocontrolador en cultivos de interés agrícola. [consultado 2011 mayo 21]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos36/metabolito-bacteriano/metabolito-bacteriano2.shtml>.
82. Sarabia, O. M., Madrigal, R. P., Martínez, T. M. y Carreón, A. Y. (2010). Plantas, hongos micorrízicos y bacterias: su compleja red de interacciones. *Biológicas*. 12(1): 65–71.
83. Schüssler, A., Schwarzott, D., Walker, C. (2001). A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycol. Res.* 105:1413-1421.
84. SIAP. (2008). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Sagarpa, México. [consultado 2013 junio 25]. Disponible en: http://reportes.siap.gob.mx/Agricola_siap_
85. SIAP. (2009). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Sagarpa, México. [consultado 2013 junio 25] Disponible en: http://reportes.siap.gob.mx/Agricola_siap/ResumenProducto.do.
86. SIAP. (2009). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Sagarpa, México. [consultado 2013 junio 25] Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=2
87. SIAP. (2011). [consultado 2013 julio 10]. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=233&Itemid=90
88. Sindhu, S. S., Gupa, S. K., and Dadarwal, K. P. (1999). Antagonistic effect of *Pseudomonas* spp. on pathogenic fungi and enhancement of growth of green gram (*Vigna radiate*). *Biology and Fertility of Soils*. 29: 62-68.
89. Siquiera, O. & Franco, A. (1998). Biotecnología del suelo. fundamentos y perspectivas para las ciencias agrarias en los trópicos brasileños. Escuela Superior de Agricultura de Lavras, Brasil.
90. Smith, S. E., Read, D. J. (1997). Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, San Diego, California, USA. 605 p.
91. Sumathi, C. & Tachibana, S. (2008). The influence of root temperature on nitrate assimilation by cucumber and figleaf gourd. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 57(3):440-447.
92. Sylvia, D. M. (2005). Principles and applications of soil microbiology. 2^{da} ed. Pearson/Prentice Hall. New Jersey, USA. 259-306 pp.

93. Tarafdar, J. C., Marschner, H. (1994). Efficiency of VAM hyphae in utilization of organic phosphorus by wheat plants. *Soil Sci. Plant Nutr.* 40:593-600.
94. Tindalla, J. A., Millsb, H. A., Radcliffe, D. E. (1990). The effect of root zone temperature on nutrient uptake of tomato. *Journal of Plant Nutrition.* 13(8): 939-956.
95. Tobar, R. M., Azcón, R., Barea, J. M. (1999). The improvement of plant N acquisition from an ammonium treated drought-stressed soil by the fungal symbiont in arbuscular mycorrhizae. *Soil Biol. Fert.* 9:1-8.
96. Wien, H. C., Minotti, P. L., and Grubinger, V. P. (1993). Polyethylene mulch stimulates early root growth and nutrient uptake of transplanted tomatoes. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 118:207-211.
97. Xiang, W., Zhao, L., Xu, X., Qin, Y., Yu, G. (2012). Mutual information flow between beneficial microorganisms and the roots of host plants determined the bio-functions of biofertilizers. *American Journal of Plant Sciences.* 3 1115-1120.
98. Zago, V., De-Polli, H. & Rumjanek, N. (2000). *Pseudomonas spp.* Fluorescentes bacterias promotoras de crescimento de plantas e biocontroladoras de fitopatógenos em sistemas de produção agrícola. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia. 32 p. EMBRAPA-CNPAB, Documento N° 127. SIN 0104-6187.
99. Zdor, R. E., and Anderson, A. J. (1992). Influence of root colonizing bacteria on the defense responses of bean. *Plant Soil.* 140:99-107.
100. Zhang, F., Hamel, C., Kianmehr, H. and Smith, D. L. (1995). Root-zone temperature and soybean [*Glycine max.* (L.) merr.] vesicular-arbuscular mycorrhizae: Development and interactions with the nitrogen fixing symbiosis. *Environmental and Experimental Botany.* 35(3): 287-298.
101. Zribi, W, Faci, J. M., Aragüés, R. (2011). Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de los suelos agrícolas. *Información técnica económica agraria.* 107 (2):148-162.