

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Respuestas del Pimiento Morrón (*Capsicum annum* L.) a la Biofertilización,  
Fertilización Tradicional y Acolchado Plástico en Condiciones de Casa Sombra

Por

**FRANCISCO JAVIER TORRES JUÁREZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Respuestas del Cultivo de Pimiento (*Capsicum annuum* L.) a la Biofertilización,  
Fertilización Tradicional y Acolchado Plástico en Condiciones de Casa Sombra

Por

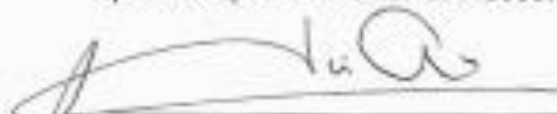
**FRANCISCO JAVIER TORRES JUÁREZ**


TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:


**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**


Aprobada por el Comité de Asesoría

  
Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar  
Asesor Principal

  
Dr. Ricardo Hugo Lira Saldívar  
Coasesor

  
Dr. Valentín Robledo Torres  
Coasesor

  
Dr. Gabriel Balleza Méndez  
Coordinador de la División de Agronomía

  
Coordinación  
División de Agronomía  
Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2015.

## RESUMEN

### **Respuestas del Pimiento Morrón (*Capsicum annuum* L.) a la Biofertilización, Fertilización Tradicional y Acolchado Plástico en Condiciones de Casa Sombra.**

En este trabajo se analizó el uso de biofertilizantes en la producción de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en el cual se evaluó el efecto benéfico del hongo micorrícico arbuscular *Glomus intraradices* y de la rizobacteria *Azospirillum brasilense* en variables fenológicas y rendimiento en condiciones de casa sombra con y sin acolchado plástico (AP). El trabajo experimental se llevó a cabo en el predio, Las Encinas II, ubicado en el municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México, ubicado en las coordenadas 25°39' 16.0 latitud Norte, 101° 06'46.5 de longitud Oeste, perteneciente a las instalaciones del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). Se estudiaron ocho tratamientos de los cuales, el que recibió una reducción de Nitrógeno (N) y Fósforo (P) al 50 % de una fertilización convencional más biofertilizantes sin AP, demostró tener un rendimiento estadísticamente igual al del tratamiento testigo el cual constó de una fertilización convencional al 100% con AP sin inoculación de biofertilizantes. Este trabajo muestra el potencial de los biofertilizantes para la producción sustentable de pimiento en condiciones de casa sombra.

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

Correo electrónico; Francisco Javier Torres Juarez, [paco\\_tierra@live.com](mailto:paco_tierra@live.com)

## DEDICATORIAS

Este trabajo está dedicado principalmente a usted lector que se toma el tiempo para conocer esta investigación, que cumple con el propósito de generar un cambio en la producción de la agricultura convencional esperando así que la información aquí expuesta sea de su utilidad.

A Don Antonio Narro Rodríguez por regalar sus terrenos y fortuna personal, gracias a esa noble acción usted generó una ilustre escuela en la cual mi Padre y yo estudiamos la mejor carrera universitaria.

A mis padres Francisco Torres Aguirre y María Teresa Juárez Cervantes, sin ustedes yo no hubiera nacido se los agradezco siempre y se los digo aquí LOS AMO.

A mis hermanas Elide, Reyna, Dalia y Mayte quienes me han apoyado en todo momento.

A mi sobrino Pancholin, cuando crezcas veras esto y notarás que te mande saludos en mi tesis, te quiero.

A mi novia Melissa Guadalupe Mata Macías, por ser excelente persona conmigo gracias a ti mi universo es más claro y puedo verlo mejor, te amo.

A el equipo miseria Tlaxcala, Lorenzo, Fede y Lalo sin ustedes este experimento no hubiera sido exitoso.

A mis amigos, Jorge, Tosta, Chícharo, Tlaxcala, Edson, Ángel, Uriel, Will, Memo, Lenin, Eliud, Elda, Dante, Mich, Saúl, Dengue, Costra, Fer, Señor Oscar, Crilin, Gato, John, Calabazo, Arturo, Mena, Lorenzo, Alfredo, Cardeña, Álvaro por compartir momentos invaluablees en mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Alma Terra Mater por darme la oportunidad de haber concluido mis estudios universitarios.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada por darme la oportunidad de realizar mis prácticas profesionales así como mi trabajo de tesis.

Al Dr. Hugo Lira Saldívar, por aceptarme y apoyarme en el proceso de mis prácticas profesionales así como en la elaboración de mi tesis.

Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar por sus aportaciones, sugerencias y el tiempo que dedico en mi para poder realizar este trabajo.

Al Dr. Valentín Robledo Torres por participar en el proceso de mi terminación de tesis.

Al Ing. Lorenzo Antonio Zamorano Moreno por ser pieza fundamental de este equipo al igual que sus sugerencias y aportaciones hacia este proyecto.

A mi papá MC. Francisco Torres Aguirre por estirarme las orejas de vez en cuando para corregir las deficiencias en mi desarrollo.

A mis profesores de la carrera por compartir sus enseñanzas a toda mi generación.

A mis compañeros de generación.

A Don Emilio por su apoyo incondicional.

*“Tu enfoque determina tu realidad”*

-Qui Gon Jinn

## INDICE.

RESUMEN.....	iii
DEDICATORIAS.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
INTRODUCCION.....	1
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
Hipótesis.....	3
REVISION DE LITERATURA.....	3
Antecedentes.....	3
Biofertilizantes Bacterianos y Microorganismos Fijadores de Nitrógeno.....	4
Bacterias Promotoras de Crecimiento en Plantas.....	6
El género <i>Azospirillum</i> .....	7
<i>Azospirillum brasilense</i> .....	8
Biofertilizantes Fúngicos.....	8
Micorrizas Arbusculares.....	9
Agricultura Protegida.....	11
Acolchado Plástico.....	14
Producción del Chile Pimiento Morrón en México y el Mundo.....	15
MATERIALES Y METODOS.....	17
Descripción del Sitio.....	17
Material Vegetal Utilizado.....	17
Coinoculación del Biofertilizante en la Semilla.....	17
Siembra.....	18
Preparación del Terreno.....	18
Trasplante.....	19
Control Fitosanitario.....	19
Poda de Formación.....	19
Cosecha.....	19

Tratamientos.....	20
Diseño Experimental.....	20
Variables Evaluadas.....	20
RESULTADOS .....	21
Rendimiento.....	21
Diámetro del Tallo.....	22
Altura.....	24
Área Foliar.....	27
Peso Seco.....	30
DISCUSIÓN.....	34
CONCLUSIONES .....	36
BIBLIOGRAFIA.....	37



## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tabla de producción de chile pimiento morrón. ....	15
Cuadro 2. Tabla de producción del pimiento morrón en coahuila.....	16
Cuadro 3. Lista de tratamientos evaluados. ....	20
Cuadro 4.Efecto del acolchado plástico (AP) bicolor blanco/negro del suelo en combinación con la sustitución de la fertilización química convencional (FC) con biofertilizantes (BF) en el rendimiento de fruto ( $T/ha^{-1}$ ) en un cultivo de pimiento morrón crecido en casa sombra.....	21
Cuadro 5.Efecto del acolchado plástico (AP) bicolor blanco/negro del suelo en combinación con la sustitución de la fertilización química (FC) convencional con biofertilizantes (BF) en el diámetro de tallo (mm) en un cultivo de pimiento morrón crecido en casa sombra. ....	23
Cuadro 6. Efecto del acolchado plástico (AP) bicolor blanco/negro del suelo en combinación con la sustitución de la fertilización química convencional (FC) con biofertilizantes (BF) en la altura (cm) de un cultivo de pimiento morrón crecido en casa sombra. ....	24
Cuadro 7 Efecto del acolchado plástico (AP) bicolor blanco/negro del suelo en combinación con la sustitución de la fertilización química convencional (FC) con biofertilizantes (BF) en el área foliar ( $cm^2$ ) en un cultivo de pimiento morrón crecido en casa sombra. ....	27
Cuadro 8.Efecto del acolchado plástico (AP) bicolor blanco/negro del suelo en combinación con la sustitución de la fertilización química convencional (FC) con biofertilizantes (BF) en el peso seco total (gr) en un cultivo de pimiento morrón crecido en casa sombra. ....	31

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y biofertilización, con o sin acolchado plástico de suelo sobre el rendimiento en plantas de pimiento. ....	22
Figura 2. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y biofertilización con o sin acolchado plástico del suelo sobre el diámetro de tallo a 113 días después del trasplante en plantas de pimiento. ....	23
Figura 3. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y biofertilización con o sin acolchado plástico del suelo sobre la altura a 44 días después del trasplante en plantas de pimiento. ....	25
Figura 4. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y biofertilización con o sin acolchado plástico de suelo sobre la altura a 78 días después del trasplante en plantas de pimiento. ....	25
Figura 5. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y biofertilización con o sin acolchado plástico del suelo sobre la altura a 113 días después del trasplante en plantas de pimiento. ....	26
Figura 6. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y con o sin ap de suelo sobre la altura a 184 días después del trasplante en plantas de pimiento. ....	26
Figura 7. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y con o sin ap de suelo sobre el área foliar a 44 días después del trasplante en plantas de pimiento. ....	28
Figura 8. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y con o sin ap de suelo sobre el área foliar a 78 días después de trasplante en plantas de pimiento. ....	29
Figura 9. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y con o sin ap de suelo sobre el área foliar a 113 días después del trasplante en plantas de pimiento. ....	29
Figura 10. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y con o sin ap de suelo sobre el área foliar a 184 días después del trasplante en plantas de pimiento. ....	30

Figura 11. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y con o sin ap de suelo sobre el peso seco a 44 días después del trasplante en plantas de pimiento.....	32
Figura 12. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y con o sin ap de suelo sobre el peso seco 78 días después del trasplante en plantas de pimiento. ....	32
Figura 13. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y con o sin ap de suelo sobre el peso seco a 113 días después del trasplante en plantas de pimiento.....	33
Figura 14. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y con o sin ap de suelo sobre el peso seco a 184 días después del trasplante en plantas de pimiento.....	33

## INTRODUCCION

El pimiento es originario de la zona de Bolivia y Perú en donde ya se cultivaban al menos otras cuatro especies. En el Siglo XVI en España esta especie fue llevada por Cristóbal Colón que en colaboración con mercaderes portugueses lograron su distribución en el resto de Europa y del mundo (Eco Agricultor, 2015).

El género *Capsicum*, proviene del náhuatl "Chilli", su principal uso fue como saborizante. En la actualidad el chile es un producto fundamental en la gastronomía nacional, además de ser usado en el campo de la medicina, en la industria de los cosméticos, ritos y ceremonias. El 60% del chile utilizado para elaborar platillos típicos en México han sido importados de China, el mayor productor de *Capsicum* en el mundo. El cultivo de pimiento ha sido cultivado en Centro y Sudamérica antes de la llegada de Cristóbal Colón (Vela, 2009). El pimiento morrón es de gran importancia mundial, ya que ocupa el 5° lugar en la producción de superficie cultivada de las principales hortalizas y se encuentra extendido de manera general en las regiones templadas y cálidas (Guzmán y Limón, 2000). El cultivo de esta especie requiere de una mayor mano de obra sin embargo los ingresos que genera este cultivo son altos y por lo tanto no representa un problema de costos en jornaleros.

En la actualidad el manejo convencional en la agricultura, el laboreo indiscriminado y uso de agroquímicos han ocasionado un deterioro en las propiedades físico-químicas del suelo, el desarrollo con rápida multiplicación de organismos plagas y con mayor resistencia a plaguicidas. (Toledo *et al.* 1991; Torres y Trapaga, 1997), por lo tanto se han buscado alternativas para cambiar el manejo de la producción agrícola convencional mediante diversos métodos; uno de ellos es el uso de microorganismos benéficos para el suelo y la planta los cuales ocupan un importante papel dentro de la agricultura sustentable (Álvarez y Ferrera-Cerrato, 1994).

El uso a gran escala de estos microorganismos traerían grandes beneficios para los sistemas de producción agrícola, ya que son más económicos que los agroquímicos, tienen un efecto positivo en las plantas y no manifiestan un impacto ecológico perjudicial (Hernández *et al.* 2002), así mismo la aplicación de estos microorganismos en el cultivo del chile, pueden traer beneficios significativos como son un mejor crecimiento, mayor resistencia a patógenos, mas vigor, los cuales por consecuencia lograrían un mayor rendimiento y generarían frutos de mejor calidad, así como una menor pérdida económica para el agricultor (Grajales, 2012).

### **Objetivo General.**

Analizar y determinar el efecto benéfico de los biofertilizantes *A. brasilense* y *G. intraradices* en variables fenológicas así como en el rendimiento de la planta de pimiento morrón en condiciones de casa sombra.

### **Objetivos Específicos.**

- Determinar si la inoculación de la semilla con los biofertilizantes *A. brasilense* y *G. intraradices*, así como la coinoculación de ambos microorganismos generan un efecto favorable en el crecimiento y rendimiento del cultivo del pimiento morrón en casa sombra.
- Evaluar la respuesta del cultivo del pimiento morrón con y sin acolchado plástico en condiciones de casa sombra.
- Determinar los tratamientos más sobresalientes con base al desarrollo del cultivo y al rendimiento de frutos por unidad de superficie.

### **Hipótesis.**

El uso de biofertilizantes con base en microorganismos como *A. brasilense* y *G. intraradices* tendrán resultados positivos en el crecimiento y rendimiento de la planta de pimiento morrón; de igual manera el efecto del acolchado plástico mejorara el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo.

## **REVISION DE LITERATURA**

### **Antecedentes.**

Desde finales del siglo XIX, en el mundo, al ponerse de manifiesto la actividad beneficiosa de los microorganismos del suelo, dentro del desarrollo ya sobresaliente que venían manifestando las ciencias agrícolas, se presentan los primeros reportes de diversas bacterias y hongos en cultivos de importancia económica (Bauer, 2001; Dibut *et al.* 1996), dando como resultado que a finales de dicho siglo la actividad beneficiosa del microorganismo destacará.

Bauer en el 2001, menciona que en los sistemas agrícolas sustentables, los biofertilizantes microbianos representan un componente importante, ya que constituyen un medio económicamente accesible, ambientalmente seguro y culturalmente aceptable. Presentándose así, como una opción para reducir los insumos externos, mejorar la calidad y cantidad del suelo, esto a través de la utilización de los microorganismos, dada su capacidad de fijar a los cultivos el nitrógeno proveniente de la atmosfera y liberar el fósforo no disponible que está en el suelo, activando sustancias que ayudan en el metabolismo vegetal (Burdman *et al.* 2000).

Estos microorganismos son usados en la eliminación de los problemas asociados con el uso de fertilización química y pesticidas, y están ahora siendo aplicados ampliamente en la agricultura orgánica. (Higa, 1991; Parr *et al.* 1994).

Se ha señalado que mediante el uso de bacterias y hongos benéficos es factible la obtención de incrementos significativos en el crecimiento vegetal y otros beneficios paralelos (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000).

### **Concepto de biofertilizantes.**

Primeramente, es conveniente mencionar que a los microorganismos del suelo aprovechados en la agricultura se les han denotado diversas denominaciones. Tradicionalmente se han utilizado los términos “inoculo” o “inocular” que es la introducción de gérmenes en un sustrato cualquiera (Quer, 1977).

Barea (1998) resalta que los microorganismos beneficiosos facilitan la captación de nutrientes, producen fitohormonas que favorecen el enraizamiento, protegen a la planta frente a patógenos, descomponen sustancias tóxicas y mejoran la estructura del suelo. De igual manera, una alternativa de manejo para mejorar el estado nutricional de los suelos es el uso de mecanismos biológicos que permitan restituir su fertilidad, sin perturbar y/o empeorar su condición (Dodd *et al.* 1990).

En suma, podemos decir que son productos que contienen microorganismos, que al ser inoculados pueden vivir asociados o en simbiosis con las plantas y le ayudan a su nutrición y protección (Vessey, 2003).

### **Biofertilizantes bacterianos y microorganismos fijadores de nitrógeno.**

La fijación biológica del nitrógeno atmosférico es realizada por los organismos procariotas la cual consiste en la reducción de  $N_2$  a  $NH_4^+$  por medio de la enzima nitrogenasa (Sprent y Sprent, 1990). Según Zehr *et al.* (1998) los microorganismos fijadores de nitrógeno comparten una característica similar que es la enzima nitrogenasa; entre ellos encontramos bacterias de las familias Rhodospirillaceae, Clorobiaceae y Cianobacteriae, las cuales comprenden los organismos fotótrofos. De igual manera se presentan los organismos quimioautótrofos, dentro de ellas se encuentran las bacterias de los géneros *Thiobacillus*, *Xanthobactery* *Desulfovibrio*.

Por último tenemos a los organismos heterótrofos como las bacterias pertenecientes a la familia Frankiaceae, al grupo Rhizobiaceae (Sprent y Sprent, 1990). A su vez, estos organismos pueden realizar la fijación biológica de nitrógeno, ya sea independientemente (a excepción de las rizobiáceas) o estableciendo relaciones simbióticas con otros organismos.

Por otro lado, varios estudios revelan la existencia de bacterias de vida libre que se asocian al sistema radical de diversas gramíneas, dando como resultado de su actividad, el coadyuvar a la fijación de nitrógeno en estas plantas y a la promoción del crecimiento. Algunos géneros bacterianos tales como el *Azospirillum*, *Beijeriackia*, *Derrxia*, *Azotobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*, han sido asociados con gramíneas como maíz, trigo, caña de azúcar, arroz, pastos tropicales y diferentes cultivos como papaya, algodón y chile (De Marcos y Rodríguez, 1981; Bashan *et al.* 1989; González, 1994). Es importante mencionar que el uso de inoculantes a base de bacterias Gram-negativas de los géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium* o *Azorhizobium*, ha favorecido la captación de nitrógeno atmosférico en plantas de la familia Fabaceae (leguminosas) (Da Silva *et al.* 1999). A manera de ejemplo, la sola inoculación de *Rhizobium* en leguminosas, propicia que se incremente la tasa de fijación de N en comparación con plantas sin inoculación de bacterias, debido a que la actividad de los bacteroides dentro del nódulo, ejercen cambios significativos en la fisiología de la planta en aspectos enzimáticos esto implica la captación del CO<sub>2</sub>, la actividad nitrogenasa, así como la fijación y asimilación del nitrógeno atmosférico (Brown y Bethlenfalvay, 1988).

Por lo que se refiere a estas bacterias se le ha dado especial interés puesto a su capacidad de solubilizar fosfatos inorgánicos en forma de compuestos de aluminio, hierro y calcio, cuya composición química limita la disponibilidad y absorción de fósforo por las plantas (Rangel, 1997; Montero, 1999).



La actividad de estas bacterias consiste en la secreción de ácidos orgánicos y enzimas cuya acción libera el fosfato atrapado en los aniones Al, Fe y Ca, de tal modo que el fósforo queda libre para ser asimilado por las plantas. Hay que mencionar además, que estas bacterias tienen especial importancia en suelos que presentan problemas de retención o fijación de P en los coloides del suelo (andosoles y calcáreos), y es absorbido fuertemente, lo que imposibilita su aprovechamiento por la planta, produciéndose desbalances metabólicos en las plantas que limitan su crecimiento y desarrollo e incluso muerte de las mismas (Plaxton, 1998).

Kim *et al.* (1998) destacan que la actividad de este tipo de bacterias no sólo puede contribuir en la solubilización de fosfatos, sino que intervienen directamente en el incremento de la capacidad de crecimiento de las especies vegetales en las que son inoculadas. A mayor entendimiento de estas bacterias benéficas, encontramos como ejemplo el *Enterobacter agglomerans* y diversas especies del género *Bacillus* (Toro *et al.* 1996), las cuales tienen la capacidad de solubilizar fosfatos a partir de fuentes inorgánicas insolubles.

### **Bacterias promotoras de crecimiento en plantas.**

Éste grupo de rizobacterias pertenecen al grupo de bacterias promotoras de crecimiento vegetal, conocido también por sus siglas BPCV; de estos microorganismos, los más conocidos están las especies pertenecientes a los géneros, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Burkholderia*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Rhizobium*, *Erwinia*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Acinetobacter* y *Flavobacterium* entre otros. El mecanismo más común para la solubilización de fosfatos minerales es la producción de los ácidos orgánicos (Rodríguez y Fraga, 1999), mientras que Chen *et al.* (2006) determinaron que el fosfato orgánico es mineralizado por enzimas fosfatasas. De esta forma el fósforo queda disponible en el suelo y finalmente es absorbido por las plantas y utilizado para su desarrollo (Kang *et al.* 2002).

Bashan y Holguín (1997), señalaron que los mecanismos que son activados por estas bacterias están relacionados con la síntesis de reguladores del crecimiento, como auxinas, citocininas y giberelinas, así como en la síntesis de precursores de estas fitohormonas, mismas que intervienen en el crecimiento, desarrollo y diferenciación de órganos en las plantas (Davis y Curry, 1991; Duveiskoviski *et al.* 1993; Hernández, 1997).

Es importante destacar que estas bacterias, tienen la capacidad de secretar compuestos orgánicos (sideróforos) que facilitan la nutrición por Hierro (Fe) para las plantas, dado que estos compuestos quelatan iones de este metal de modo que las plantas lo pueden tomar con facilidad (Schippers *et al.* 1987).

### **El género *Azospirillum***

El término *Spirillum lipoferum* fue descrito en 1925 por Beijerinck, esta bacteria estuvo olvidada por varias décadas. Son las observaciones de Peña-Cabriales y Döbereiner en 1983 las que iniciarían la época moderna de esta bacteria. Sin embargo, son los estudios taxonómicos de *S. lipoferum* (Krieg, 1977) los que conducen a la reclasificación en un género nuevo, *Azospirillum* (Murthy y Ladha, 1987).

En la actualidad existen seis especies reconocidas del género *Azospirillum*. Las dos primeras referencias que se tuvieron fueron del *A. lipoferum* y *A. brasilense* (Tarrand *et al.* 1978), siendo éstas las más investigadas. Posteriormente fueron descritas las especies *A. amazonense*, *A. halopraeferans*, *A. irakense* y *A. largomobile* siendo el nombre de esta especie corregido a *A. largimobile*.; pocos años antes ésta especie fue considerada como un sinónimo de la especie *A. lipoferum* (Reinhold *et al.* 1987; Magalhães *et al.* 1983). Recientemente, en honor de quien impulsara los estudios con este género bacteriano y descubriera otros diazotóforos, se ha propuesto la especie candidata *A. doebereineriae* (Hartmann *et al.* 2000). De acuerdo a Bashan *et al.* (2007), la producción de hormonas como, auxinas,

citocininas y giberelinas generadas por las bacterias del genero *Azospirillum* spp, mejoran el crecimiento vegetal de la planta. Así mismo Steenhoudt y Vanderleyden (2000) mencionan que la fitohormona producida con mayor importancia por *Azospirillum* spp es la auxina ácido indol-3-acético (AIA) ya que después de ser inoculadas las plantas, mostraron cambios morfológicos en las raíces, así como también una mejor absorción de minerales.

### ***Azospirillum brasilense.***

Entre los microorganismos que son evaluados por su potencial contribución al desarrollo de las plantas se encuentra el *A. brasilense*. Algunos antecedentes muestran efectos en la fijación libre del nitrógeno atmosférico, la producción y liberación de hormonas promotoras del crecimiento radical, citando como ejemplo de ello las auxinas, giberelinas y citoquininas, (Bayan y Levanony, 1990) y de enzimas tales como las pectinolíticas, distorsionando así la funcionalidad de células de las raíces y el aumento en la producción de exudados y promoviendo al crecimiento de otros organismos rizosféricos; (Okon y González, 1994).

### **Biofertilizantes fúngicos.**

Las micorrizas son una asociación simbiótica mutualista entre raíces de plantas superiores y hongos. Estos hongos dependen de la planta para el suministro de carbono, energía y de un nicho ecológico, que a la vez entregan nutrimentos minerales; además les imparten otros beneficios como la estimulación de sustancias reguladoras de crecimiento, el incremento de la tasa fotosintética, ajustes osmóticos cuando hay sequía, aumento de la fijación de N por bacterias simbióticas o asociativas, el incremento de resistencia a plagas, la tolerancia a estrés ambiental, mejoramiento de la agregación del suelo y mediación en muchas de las acciones e interacciones de la microflora y macrofauna, que ocurren en el suelo, alrededor de las raíces. (Bethlenfalvay y Linderman 1992).

Acorde con Sieverding (1991) las micorrizas se han clasificado con base en su:

- Estructura.
- Morfología.
- Modo de infección en dos tipos principales: ectomicorrizas y endomicorrizas.

Este último se divide en varios subtipos:

- *Ectendomicorriza*.
- *Arbutoides*.
- *Monotropoides*.
- *Ericoides*.
- *Orquidáceas*.
- *Arbusculares*.

No obstante de los seis tipos definidos de micorrizas en las plantas, solo dos de ellas representan alternativa de uso en los sistemas de producción de plantas. (Sylvia, 1999).

### **Micorrizas Arbusculares.**

Las micorrizas arbusculares (MA) pertenecen al orden Glomales. El suborden Glomineae tiene 2 familias: Glomaceae que comprende los géneros *Glomus* y *Sclerocystis* (Bethlenfalvai y Linderman, 1992). Estos hongos mediante la actividad del micelio externo, facilitan la asimilación de nutrientes (P, N, Ca, Mn, Mg, Zn, etc.) que la planta puede aprovechar. De igual manera, contribuyen en la funcionalidad fisiológica de la planta hospedante, propiciando incrementos en su capacidad de crecimiento (Alarcón *et al.* 1998).

Clase taxonómica: Zigomicetes (Blanco y Salas 1997).

- No forman manto hifal, micelio septado.

- Crecimiento inter e intracelular en corteza radical.
- Hospederos: árboles, arbustos, hierbas.
- Reproducción: asexual, clamidosporas y micelio.
- Diversidad: solo 6 géneros con 150 especies descritas, diversidad fisiológica, intraespecífica.
- No hay especificidad a hospederos.
- Menor selectividad a requerimientos ambientales.
- Ocurren en toda clase de suelos.
- Predominan en suelos tropicales con bajos contenidos en materia orgánica.

Estos hongos producen cambios apreciables en la morfología radical y pueden ser observados en raíces colonizadas por estos microorganismos (Pérez-Moreno, 1995). Concorde a la investigación de Aguilera-Gómez *et al.* (1999) en Chile, ancho inoculado con *G. intraradices*, en suelo franco arenoso, con bajo contenido de fósforo (P), se obtuvo un incremento en el número de hojas, área foliar, frutos y biomasa de raíces. Bajo esa tesitura, 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.

Clases taxonómicas: Basidiomicetes, Ascomicetes y Ficomicetes, (Blanco y Salas 1997).

- Formación de manto, micelio septado.
- Crecimiento del micelio intercelular.
- Hospederos: árboles maderables.

- Reproducción: sexual y asexual.
- Diversidad: 148 géneros con 5400 especies.
- Desde mucha a ninguna especificidad.
- Selectivos a requerimientos ambientales
- Mayos distribución en bosques de zonas templadas y en suelos con alto contenido de materia orgánica.
- Absorben principalmente P y Zn. Son descomponedores y aprovechan fuentes orgánicas de N.

### **Agricultura Protegida.**

En los últimos años, el variante clima que afecta a las diferentes regiones, no sólo de nuestro estado ni del país, sino en gran parte del planeta a consecuencia del cambio climático, los cultivos hortícolas y ornamentales han experimentado una tendencia cada vez más marcada hacia la obtención de una producción anticipada o fuera de estación, en ocasiones diferentes a aquellas en las que tradicionalmente dichos productos se cultivan a campo abierto. Tendencia que ha creado la necesidad de usar diversos elementos, herramientas, materiales y estructuras en la producción de los cultivos con la finalidad de obtener altos rendimientos con productos de mejor calidad (Huerta, 2012).

Reséndiz *et al.* (2011) menciona que la agricultura, por su naturaleza, se encuentra asociada al riesgo, de ahí que este sistema tenga como característica básica la protección contra los riesgos inherentes a esta actividad. Estos riesgos pueden ser climatológicos, económicos (rentabilidad, mercado) o de limitaciones de recursos productivos (agua o de superficie).

Por otra parte, Sánchez-Salazar y Martínez-Galicia (2006) consideran que uno de los efectos del cambio climático, será el ascenso de temperatura, reflejándose en

un aumento de la evaporación y evapotranspiración, una reducción de la precipitación y de los escurrimientos, lo que incidirá, a mediano plazo, en el incremento de la desertificación y de redistribución del recurso hídrico.

En lo que respecta a México, existen muchas regiones con condiciones naturales idóneas para el establecimiento de invernaderos, debido a ello la agricultura protegida se ha desarrollado en forma acelerada (López *et al.* 2011), ya que existen alrededor de 20 000 ha bajo agricultura protegida de las cuales aproximadamente 12 000 ha son de invernadero y las otras 8 mil ha corresponden a casas sombra y macro túnel principalmente (SAGARPA, 2012).

No obstante, las instalaciones para la protección de cultivos pueden ser muy diversas entre sí; por las características y complejidad de sus estructuras, así como por la mayor o menor capacidad de control ambiental. Una primera clasificación de los diversos tipos de protección, puede hacerse distinguiendo AP, cubiertas flotantes, micro y macro túneles, invernaderos y casas sombra (Bielinski *et al.* 2012).

### **Casa Sombra.**

Las casas sombras, tienen como función el sombreado de los cultivos en terrenos abiertos, teniendo como objetivo disminuir la incidencia de los rayos solares durante el día y moderar la temperatura durante las noches frías a través del uso de mallas negras (sarán) o de colores, que realizan un sombreado de 30 a 50%. (Bielinski *et al.* 2012).

El término refiere a mallas plásticas de gran duración, ya te tienen un compuesto que evita la degradación prematura del material a causa de los rayos solares; dando una durabilidad de entre 5 y 7 años. Para su fabricación se utiliza hilo de 12 milésimas de pulgada de espesor (SAAPSA, 2014).

En general, los invernaderos constituyen 44 % y la malla sombra 51 % de la superficie total. Los Estados que concentran la mayor cantidad de hectáreas de 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).

En este tenor, otro apunte importante, atendiendo a las estadísticas de SAGARPA (2012) es que los principales cultivos que se producen bajo agricultura protegida son el jitomate (70%), pimiento (16%), pepino (10%). Por consiguiente, en los últimos años se ha intensificado la diversificación de cultivos tales como la papaya, fresa, chile habanero, flores, plantas aromáticas. Ayala-Tafoya (2015) realizó un experimento en Culiacán Sinaloa, con mallas de colores (verde, rojo, beige y azul) con un 50 % de sombreo más una malla negra como testigo positivo y a campo abierto como testigo negativo en el cultivo del chile pimiento morrón (*Capsicum annumm* L.) dando como resultado un aumento de 21.0 % de humedad relativa con la malla de color beige, mientras que las mallas verdes y roja propiciaron los mayores incrementos en altura y área foliar de las plantas así mismo el rendimiento. Los rendimientos con calidad de exportación obtenidos con la malla color beige fue superado hasta 132% comparado con el testigo sin malla.



### **Acolchado Plástico.**

El AP de suelos es una práctica vetusta, la cual consta de colocar materiales diversos, cubriendo el suelo, con el fin de proteger al cultivo y al suelo de los agentes atmosféricos, promover cosechas precoces, mejorar rendimientos y calidad de los productos.

Atendiendo a lo anterior, Burgueño (1995) Menciona los beneficios de esta tecnología los cuales son:

- Control de temperatura.
- Control de malezas.
- Mantiene niveles de humedad favorables para el desarrollo de raíces.
- Modificación del pH en el suelo.
- Modificación de la evaporación y la velocidad de infiltración del agua.

A su vez, Papaseit (1997) precisa los tipos de AP y sus aplicaciones:

- Transparentes: aumentan la temperatura durante el día, dan precocidad y mejoran el uso del agua. -Negro y opaco (gris, marrón y verde): impiden el crecimiento de malas hierbas, mejoran el uso del agua y conseguimos mayores rendimientos.
- Térmico-opaco: retienen el calor durante la noche, impiden el crecimiento de malas hierbas y mejoran el uso del agua.
- Degradable: las características dependen del color que tienen, además son de fácil degradación por los agentes medioambientales.
- Blanco-negro o aluminizado: impiden el crecimiento de malas hierbas, reflejan la luz sobre la planta, disminuyen el calor durante el día, dan mejores

cosechas y mejoran el uso del agua. Controla áfidos y mosca blanca (Gourcy, 2014).

### **Producción del Chile Pimiento Morrón en México y el Mundo.**

La producción mundial de chile pimiento ha ido en aumento cada año, debido a que hay mayor demanda de dicho producto. El consumo per cápita ha aumentado un 10% en todos los países, ya que muchos países lo están tomando como base de alimentación debido a sus propiedades alimenticias y medicinales.

Cuadro1. Tabla de producción de chile pimiento morrón.

<b>Producción anual (toneladas)</b>		
<b>Posición</b>	<b>País</b>	<b>2009</b>
1	China	14,520,301
2	México	1,914,560
3	Turquía	1,837,000
4	Indonesia	1,100,00
5	España	1,011,700
6	Estados Unidos de América	926,680
7	Egipto	800,000
8	Nigeria	452,673
9	República de Corea	415,000
10	Países Bajos	370,000

Fuente: FAOESTAT, 2009.

A nivel internacional, en los principales países productores de pimiento morrón en el 2009, aparece en primera posición China con 14, 520,301 toneladas en el 2009 (Cuadro 1), siendo los principales productores: China, México, Turquía, Indonesia y España que producen por arriba de 1, 000,000.00 de toneladas (FAOSTAT 2009).

En México la mayor parte de la producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) se destina a la exportación, tanto la que se genera a campo abierto como la de invernadero. Se siembran aproximadamente 5,800 hectáreas en todo el país, con rendimientos en campo que pueden llegar hasta 50 T/ha<sup>-1</sup>·año. La exportación hacia los Estados Unidos de Norteamérica y Canadá ha venido en ascenso llegando a un máximo de 240,000 toneladas en 2006 (Castellanos y Borbón, 2009). En cuanto a la producción de los pimientos, entre 2006 y 2010, el volumen de producción creció 8.6 por ciento de acuerdo a la SAGARPA. La Asociación Mexicana de Horticultura Protegida indica que el país tiene una capacidad productiva de más de 3.5 millones de toneladas de hortalizas con un valor superior a los 1,500 millones de dólares (Syngenta, 2014). La producción de pimiento morrón verde en Coahuila durante 2009 presentó una producción de 803.48 toneladas con un rendimiento de 25.11 t ha<sup>-1</sup> y un valor de la producción de \$5,172.19 millones de pesos (Cuadro 2). El municipio de "Ramos Arizpe" presentó la producción mayor con 386.08 toneladas y una superficie cosechada de 16 hectáreas (SIAP, 2009).

Cuadro2. Tabla de producción del pimiento morrón en Coahuila.

<b>M</b>	<b>SS</b>	<b>SC</b>	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>PMR</b>	<b>VP</b>
Hidalgo	4.00	4.00	160.00	40.00	9,000.00	1,440.00
Ramos Arizpe	16.00	16.00	386.08	24.13	5,500.00	2,123.44
Saltillo	12.00	12.00	257.40	21.45	6,250.00	1,608.75
<b>TOTAL</b>	<b>32.00</b>	<b>32.00</b>	<b>803.48</b>	<b>25.11</b>	<b>6,437.24</b>	<b>5,172.19</b>

*M=Municipio, SS= Superficie de siembra por hectárea, SC= Superficie cosechada por hectárea, P= Producción en toneladas, R= Rendimiento tonelada por hectárea, PMR= Precio medio rural por tonelada, VP= Valor de la producción en miles de pesos.*

Fuente: SIAP, 2009.-

## **MATERIALES Y METODOS.**

### **Descripción del sitio.**

El trabajo experimental se realizó en el predio, Las encinas II, Ramos Arizpe, Coahuila, México. Ubicado en las coordenadas 25°39´ 16.0 latitud Norte, 101° 06´46.5 longitud Oeste, a una altitud de 1330 msnm en las instalaciones del campo experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada. Los meses de junio, julio y agosto fueron los más cálidos, con temperaturas máximas de 39°C, mientras que en los meses de diciembre y enero, se registraron las temperaturas, de hasta -5°C, presentándose heladas regulares en el período de noviembre a marzo. El experimento se realizó bajo condiciones de casa sombra de 11 x 27 m, con cubiertas superior y laterales con malla anti insectos (áfidos y trips) de 50% de transmisión de luz.

### **Material Vegetal Utilizado.**

Pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) var. California Wonder es de ciclo semi precoz. La planta es muy productiva y de porte medio. Produce frutos de forma cuadrada, de 10 cm de longitud y 10 cm de ancho, con 3-4 cascotes, de color rojo brillante en madurez. La carne es gruesa y muy dulce.

### **Coinoculación del Biofertilizante en la Semilla.**

Las semillas de pimiento antes de sembrarlas en charolas de poliestireno de 200 cavidades para la producción de plántula, se lavaron con agua purificada, en una parrilla de agitación (CIMAREC) y un magneto, para descartar la existencia de pesticidas agrícolas, antes de la coinoculación con los biofertilizantes de la empresa Biofabrica Siglo XXI. Los microorganismos que se usaron fueron, *A. brasilense* (AzoFer) en presentación sólida con un contenido de 380 gr a base de carbonato de calcio, turba esterilizada en una concentración (U.F.C) de 500 millones de bacterias por gramo y *Glomus intraradices* teniendo un contenido neto de 1 kg en una

concentración de 30,000 esporas. Después en un recipiente se colocó la semilla junto con los biofertilizantes siguiendo las instrucciones del producto biológico (200 gr MicorrizaFer y 10 g de AzoFer).

### **Siembra.**

Se desarrolló la siembra de 17 charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato Peat Moss “turba” (Sunshine 3), misma a la que se le añadió 1000 g de “MicorrizaFER” para completar la dosis (1200 g) y 8 charolas más con sustrato no inoculado y con semilla tratada de manera convencional (con fungicida). Acto seguido se dio un riego, hasta que el sustrato quedó totalmente húmedo, luego se apilaron y se cubrieron con un plástico negro, a la emergencia de la primera planta fueron extendidas en el invernadero destinado a la producción de plántulas del CIQA. Los riegos se realizaron de acuerdo a las condiciones ambientales utilizando una fertilización en 1100 L de agua con:  $\text{KNO}_3= 300$  gr,  $\text{HNO}_3= 220$  ml,  $\text{H}_2\text{SO}_4= 60$  ml,  $\text{H}_3\text{PO}_4=130$ ml, además se le suministraron fungicidas orgánicos (Best Ultra F) a las dosis recomendadas en el producto.

### **Preparación del Terreno.**

Se realizó un paso de arado de discos removiendo de 30 a 40 cm de suelo, para favorecer la aireación y el espacio poroso, una semana después se usó una rastra de gradas para dejar el tamaño de partículas aún más pequeño y más poroso para que el terreno quede suelto y sea capaz retener agua sin encharcamientos y evitar burbujas de aire cuando se acolche, se formaron las camas manualmente con ancho de 80 cm y 20 cm de alto con una separación de centro a centro de 1.8 m sobre la cual se instaló un sistema de riego dentro de la casa sombra, con 2 cintillas de riego por goteo, el cual contiene emisores cada 20 cm con gasto hidráulico de 1 lph en cada cama, la cual se acolcho manualmente con polietileno (PE) coextruido blanco/negro con doble hilera de plantas, teniendo 40 cm de separación entre individuos y entre hileras con un sistema tres bolillo.

## **Trasplante.**

El 30 de abril del 2014, Se aplicó un riego pre-trasplante una hora antes, de establecer la planta acuerdo al marco de plantación y el diseño experimental, una vez establecida la planta, se llevó un programa de fertirriego con la dosis de 175-80-330-75-15 de nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, la solución nutritiva fue almacenada en 4 tanques de 1000 L con una reducción de 50%, 25% y 0% de nitrógeno (N) y fosforo (P), la demanda de micronutrientes se cubrió con 20g de Ultrasol, rexene mix, de acuerdo a las etapas fenológicas del cultivo. A los 7 y 21 días después de trasplante (ddt) se aplicó una biofertilización al sistema radical, por la mañana y suelo húmedo, estableciendo los tiempos de riego en base a las mediciones de un tensiómetro.

## **Control Fitosanitario.**

El monitoreo de plagas y enfermedades se realizó durante todo el ciclo de cultivo, aplicando productos de la empresa Green Corp, el control de malezas se realizó mensualmente o cuando se consideró necesario.

## **Poda de Formación.**

El sistema de conducción del cultivo fue tipo español (libre crecimiento), se eliminó la primera flor de la primera bifurcación, para darle mayor vigor a la planta y los brotes debajo de esta misma cuando alcanzaron un tamaño aproximado de 2 cm y las hojas debajo de la bifurcación serán eliminadas después del corte del primer fruto.

## **Cosecha.**

Esta se realizó cuando el fruto alcanzo una madurez comercial, mediante pinzas de podar previamente desinfectadas con cloro comercial al 10%.

## Tratamientos.

En el cuadro tres se muestran los tratamientos utilizados en esta investigación.

Cuadro3. Lista de tratamientos evaluados.

---

<b>T1</b>	Fertilización convencional (100% químico)+ sin AP
<b>T2</b>	Fertilización convencional (100% químico)+ con AP
<b>T3</b>	Fertilización 50% (N y P)+Biofertilizantes+ sin AP
<b>T4</b>	Fertilización 50% (N y P)+Biofertilizantes+ con AP
<b>T5</b>	Fertilización 25% (N y P) + Biofertilizantes+ sin AP
<b>T6</b>	Fertilización 25% (N y P)+ Biofertilizantes+ con AP
<b>T7</b>	Fertilización 0% (N y P)+ Biofertilizantes+ sin AP
<b>T8</b>	Fertilización 0% (N y P)+ Biofertilizantes+ con AP

---

## Diseño experimental.

Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con arreglo factorial, con 8 tratamientos y 4 repeticiones en casa sombra, donde los factores de variación fueron con y sin AP y fertilización al 100%, 50%, 25% y 0% donde las subdosis se complementaran con biofertilización. Para el análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias (Tukey  $p < 0.5$ ), se utilizó el paquete estadístico SAS 9.2.

## Variables Evaluadas.

A los 44, 78 113 y 184 días después del trasplante se determinó: diámetro de tallo con un vernier, altura de planta con un flexómetro y el área foliar se midió con un integrador digital de área foliar LI-COR modelo LI-3100A). Para el rendimiento se cosecharon frutos de manera periódicamente de acuerdo a su maduración, utilizando 8 plantas por repetición en un total de 32 plantas por tratamiento. Se seccionaron las partes del, tallo, hoja, flores y fruto de la planta de pimiento para determinar el peso

seco total (PST) los cuales fueron colocadas en bolsas de papel (estruza) dentro de una estufa de circulación forzada de aire, a 75° C por 72 horas.

## RESULTADOS

### Rendimiento.

Los tratamientos que recibieron el 100% de la fertilización con o sin AP permitieron lograr los mayores rendimientos de frutos (Cuadro 4.) Sin embargo cuando las plantas recibieron el 50% de fertilización y fueron inoculados con los biofertilizantes y no fueron acolchados se tuvo un rendimiento estadísticamente similar al de los tratamientos testigo. Cuando se disminuyó la dosis a un 25 y 0 % la disminución en el rendimiento fue significativa.

Cuadro4. Efecto del acolchado plástico (AP) bicolor blanco/negro del suelo en combinación con la sustitución de la fertilización química convencional (FC) con biofertilizantes (BF) en el rendimiento de fruto (T/ha<sup>-1</sup>) en un cultivo de pimiento morrón crecido en casa sombra.

TRATAMIENTO	AP	FC	BF	RENDIMIENTO
1	SIN	100	NO	40.02ab <sup>+</sup>
2	CON	100	NO	46.90 a
3	SIN	50	SI	36.22 abc
4	CON	50	SI	33.67 bc
5	SIN	25	SI	32.60 bc
6	CON	25	SI	29.12 c
7	SIN	0	SI	33.47 bc
8	CON	0	SI	29.77 bc
ANOVA				p<0.0004

AP= Acolchado Plástico, FC= Fertilización Convencional, BF= Biofertilización.\*Promedio seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (p>0.05).



Como se observa en la Fig.1 los niveles de fertilización al 100 % lograron el mayor rendimiento en el fruto, mientras que los niveles de fertilización de 0 y 50 % los presenta una tendencia de crecimiento similar, destacando que en el 50 % con AP hubo un considerable incremento. En general las plantas sin AP lograron un mejor rendimiento de fruto, sin embargo, cuando la dosis de fertilización química convencional se aumentó, fueron las plantas en suelo con AP las más productivas (Fig.1).

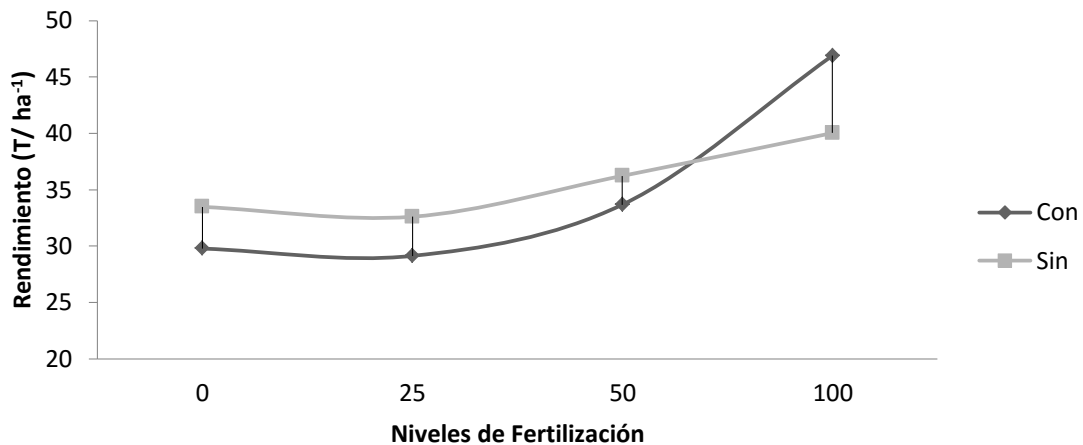


Figura 1. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y biofertilización, con o sin acolchado plástico de suelo sobre el rendimiento en plantas de pimiento.

### **Diámetro del Tallo.**

Los tratamientos que recibieron el 100% de la fertilización con y sin AP permitieron lograr el mayor diámetro del tallo (Cuadro 5). Las plantas a los 44, 78 y 184 ddt no mostraron una diferencia significativa. En cambio las plantas que recibieron el 50% de fertilización con la inoculación de biofertilizantes y en donde no se usó el AP obtuvieron un diámetro estadísticamente similar al de los tratamientos testigo. Cuando se disminuyó la dosis de fertilización convencional a un 25% y 0 % la disminución del diámetro del tallo fue significativo.

Cuadro 5. Efecto del acolchado plástico (AP) bicolor blanco/negro del suelo en combinación con la sustitución de la fertilización química (FC) convencional con biofertilizantes (BF) en el diámetro de tallo (mm) en un cultivo de pimiento morrón crecido en casa sombra.

T	AP	FC	BF	Días después del trasplante			
				44	78	113	184
1	SIN	100	NO	6.12 a <sup>+</sup>	9.85 a	16.02 a	15.92a
2	CON	100	NO	5.82 a	11.15 a	15.57 ab	16.70 a
3	SIN	50	SI	6.50 a	10.42 a	12.92 bc	15.17 a
4	CON	50	SI	6.87 a	10.75 a	13.70 abc	14.95 a
5	SIN	25	SI	6.62 a	10.75 a	12.90 bc	14.85 a
6	CON	25	SI	7.12 a	9.00a	11.75 c	14.92 a
7	SIN	0	SI	5.62 a	10.62 a	12.60 c	14.40 a
8	CON	0	SI	5.75 a	8.72 a	11.77 c	15.07 a
ANOVA				ns	ns	p<0.0003	ns

T= Tratamientos, AP= Acolchado Plástico, FC= Fertilización Convencional, BF= Biofertilización. <sup>+</sup>Promedio seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p>0.05$ ).

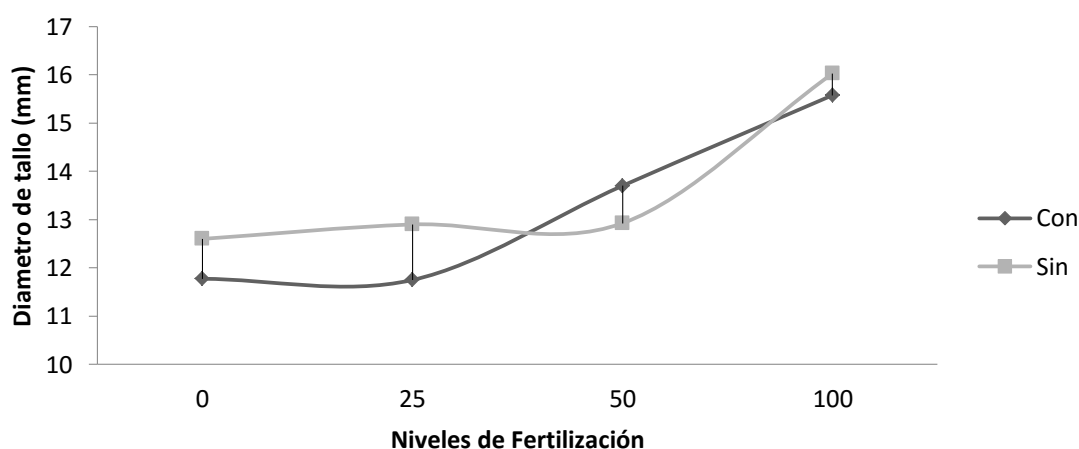


Figura 2. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y biofertilización con o sin acolchado plástico del suelo sobre el diámetro de tallo a 113 días después del trasplante en plantas de pimiento.

El diámetro de tallo a los 113 ddt tendió a aumentar conforme se eleva la dosis de fertilización química convencional, sin embargo cuando estas dosis fueron de 25% o 0% las plantas de suelo sin acolchar superaron a las de suelo con AP.

### Altura.

Las plantas tratadas con la fertilización al 25% e inoculadas con los biofertilizantes y con el suelo sin AP y demostraron tener una mayor altura a los 78 ddt (Cuadro 6) mientras que los demás tratamientos son estadísticamente no significativos.

Cuadro 6. Efecto del acolchado plástico (AP) bicolor blanco/negro del suelo en combinación con la sustitución de la fertilización química convencional (FC) con biofertilizantes (BF) en la altura (cm) de un cultivo de pimiento morrón crecido en casa sombra.

T	AP	FC	BF	Días después del trasplante			
				44	78	113	184
1	SIN	100	NO	23.75 a <sup>+</sup>	49.75 ab	80.27 a	82.00 a
2	CON	100	NO	27.95 a	52.00 ab	76.00 a	88.32 a
3	SIN	50	SI	28.37 a	56.00 ab	66.62 ab	94.75 a
4	CON	50	SI	23.75 a	46.50 ab	54.75 bc	75.32 a
5	SIN	25	SI	23.87 a	61.12 a	66.00 ab	95.32 a
6	CON	25	SI	21.25 a	39.25 b	43.85 c	73.00 a
7	SIN	0	SI	29.87 a	60.00 ab	67.50 ab	72.00 a
8	CON	0	SI	22.67 a	39.67 ab	51.37 bc	76.00 a
ANOVA				ns	P<0.0138	P<0.0001	ns

T= Tratamientos, AP= Acolchado Plástico, FC= Fertilización Convencional, BF=Biofertilización.\*Promedio seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (P>0.05).

En el total de los muestreos, no se observó una tendencia clara, para el comportamiento de la altura dentro de los niveles de fertilización sin AP (Fig. 3 y 6) sin embargo en general se observó un comportamiento ascendente en los niveles de fertilización con AP.

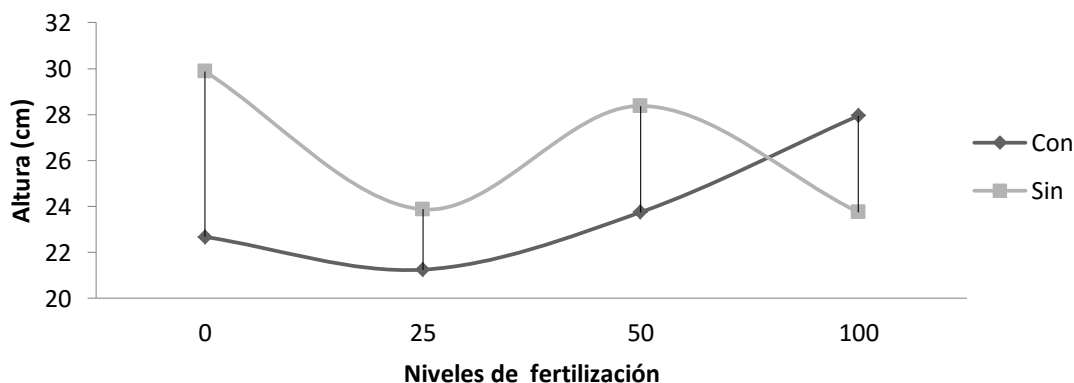


Figura 3. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y biofertilización con o sin acolchado plástico del suelo sobre la altura a 44 días después del trasplante en plantas de pimienta.

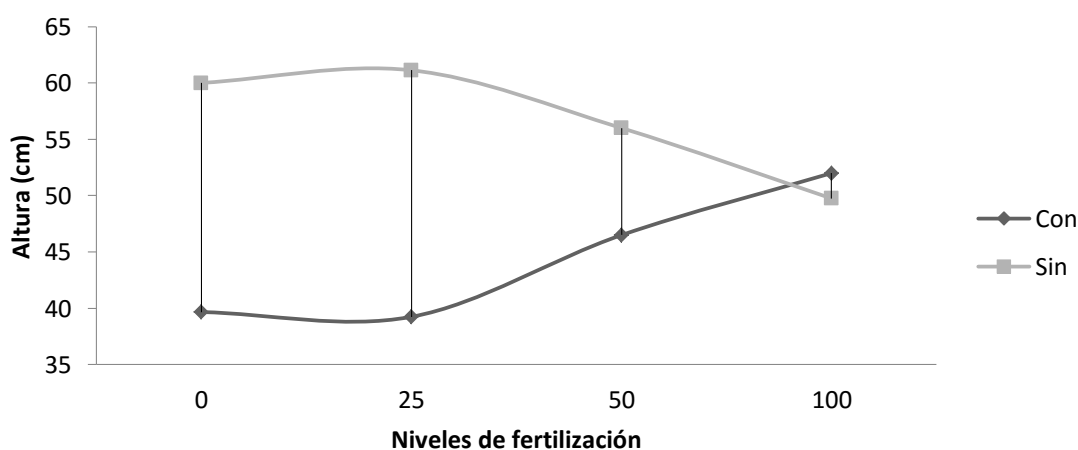


Figura 4. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y biofertilización con o sin acolchado plástico de suelo sobre la altura a 78 días después del trasplante en plantas de pimienta.

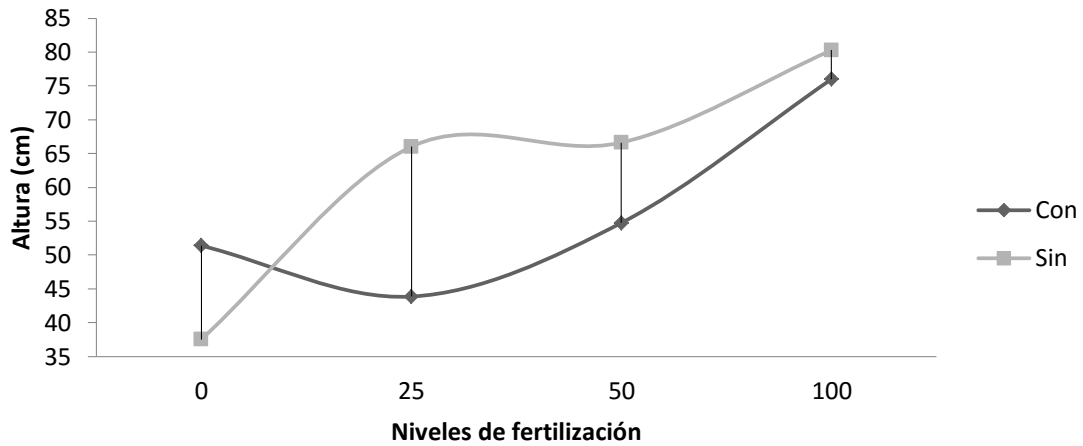


Figura 5. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y biofertilización con o sin acolchado plástico del suelo sobre la altura a 113 días después del trasplante en plantas de pimienta.

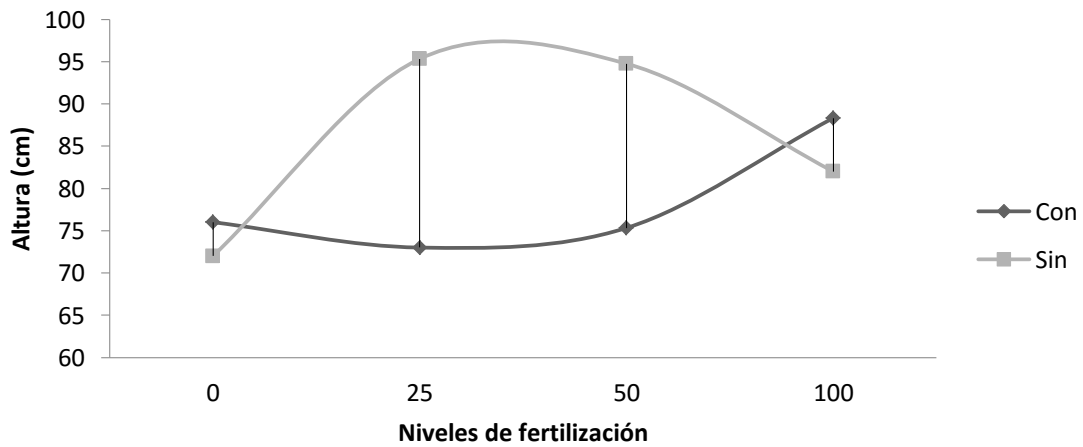


Figura 6. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y con o sin AP de suelo sobre la altura a 184 días después del trasplante en plantas de pimienta.

## Área Foliar.

Las plantas que recibieron una fertilización al 100% con AP y sin inoculación, logro mostrar una área foliar superior a los demás tratamientos a los 44 ddt (Cuadro 7). Las plantas de pimiento que fueron tratadas con una dosis de fertilización al 25% sin AP más la inoculación de biofertilizantes demostraron tener una área foliar mayor dentro de los tratamientos que fueron inoculados con biofertilizantes.

Cuadro 7. Efecto del acolchado plástico (AP) bicolor blanco/negro del suelo en combinación con la sustitución de la fertilización química convencional (FC) con biofertilizantes (BF) en el Área foliar (cm<sup>2</sup>) en un cultivo de pimiento morrón crecido en casa sombra.

T	AP	FC	BF	Días después del trasplante			
				44	78	113	184
1	SIN	100	NO	619.28 bc <sup>+</sup>	2735.60 bcd	5483.00 a	4361.50 a
2	CON	100	NO	1067.78 a	3597.50 b	5557.10 a	2594.40 b
3	SIN	50	SI	686.73 bc	3496.40 bc	4245.20 b	1528.50 c
4	CON	50	SI	640.80 bc	5379.30 a	2486.20 cd	887.30 cd
5	SIN	25	SI	762.35 b	2854.50 bc	1683.80 d	1570.70 c
6	CON	25	SI	610.65 bc	1466.80 d	1941.90 d	832.50 cd
7	SIN	0	SI	529.50 bc	2889.40 bc	3111.20 c	885.60 cd
8	CON	0	SI	444.45 c	2147.10 cd	2447.30 cd	620.10 d
ANOVA				p>0.0001	p>0.0001	p>0.0001	p>0.0001

T= Tratamientos, AC= Acolchado Plástico, FC= Fertilización Convencional, BF=Biofertilización.\*Promedio seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (p>0.05)

El área foliar a los 44 y 78 ddt (Figs. 7 y 8) muestra un comportamiento muy similar con el rendimiento de fruto, en cuanto a que estos parámetros tienden a elevarse al aumentar la dosis de fertilización química convencional y que con dosis bajas son las plantas no acolchadas en las cuales se obtiene la mejor respuesta. Sin embargo a los 113 (Fig. 9) y 184 ddt (Fig. 10) las plantas en suelo sin AP tuvieron una área foliar similar o superior a la de las plantas en suelo AP. A los 78 ddt que lograron una mayor área foliar fueron las que recibieron una dosificación al 50% con AP más la inoculación con biofertilizantes, seguido del tratamiento testigo con una dosis de 100% con AP sin inoculación de biofertilizantes (Cuadro 7). Cuando se disminuyó la dosificación al 25% con AP más la inoculación con biofertilizantes, se observó una significativa disminución del área foliar. A los 133 ddt, los tratamientos que recibieron una dosificación al 100% con y sin AP, permitieron lograr mayor área foliar (Cuadro 7). Sin embargo, el tratamiento con fertilización al 50% sin AP más inoculación con biofertilizantes logro tener una mayor área foliar en comparación con los demás tratamientos que fueron inoculados. A los 184 ddt se notó una tendencia similar respecto al área foliar del tercer corte.

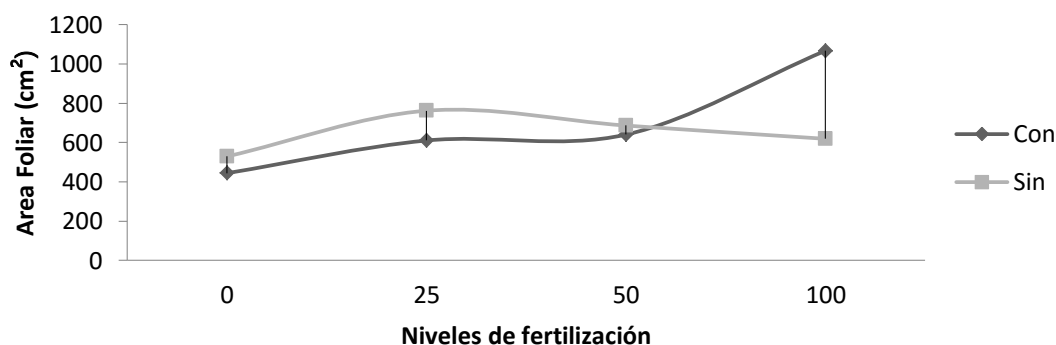


Figura 7. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y con o sin AP de suelo sobre el área foliar a 44 días después del trasplante en plantas de pimiento.

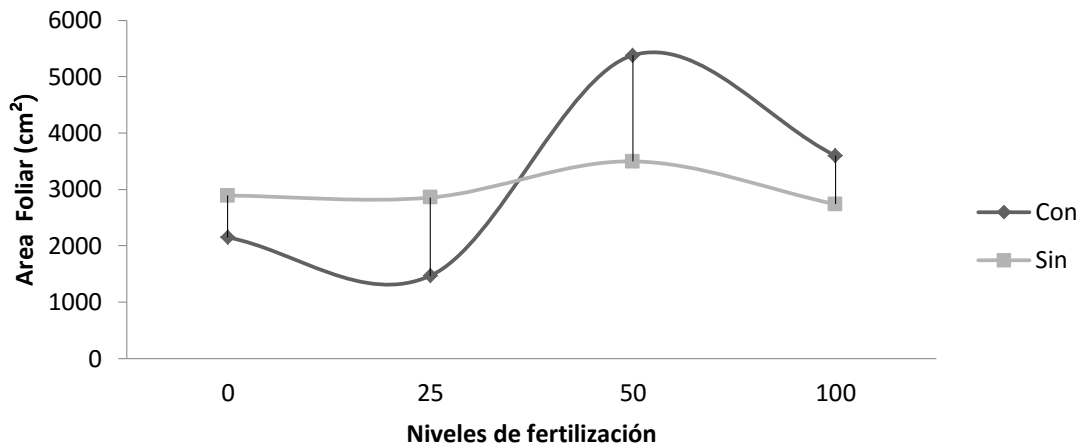


Figura 8. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y con o sin AP de suelo sobre el área foliar a 78 días después de trasplante en plantas de pimiento.

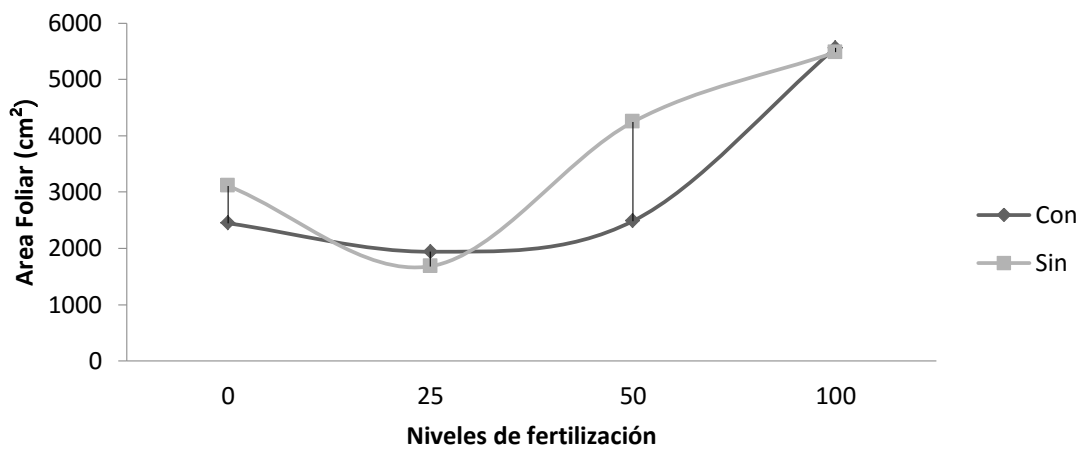


Figura 9. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y con o sin AP de suelo sobre el área foliar a 113 días después del trasplante en plantas de pimiento.



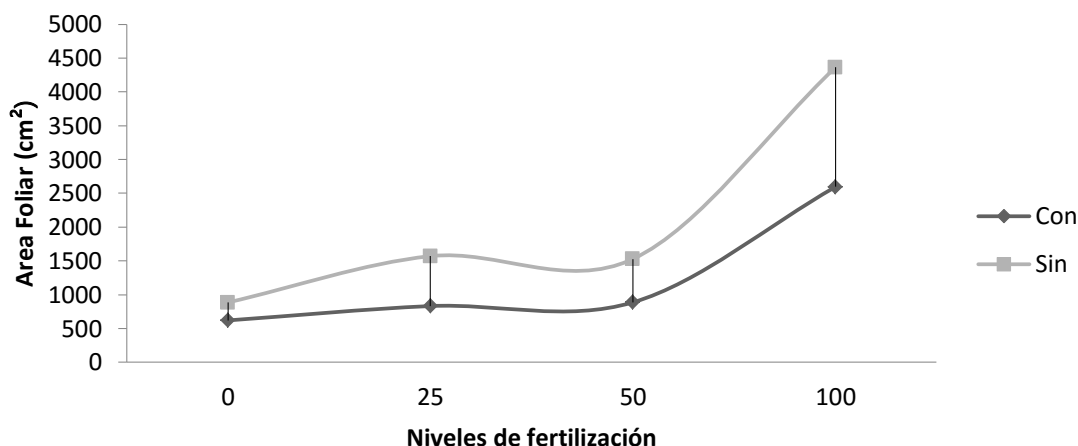


Figura 10. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y con o sin AP de suelo sobre el área foliar a 184 días después del trasplante en plantas de pimiento.

### Peso Seco.

A los 44 ddt, el tratamiento testigo con una dosificación al 100% con AP, permitió lograr un mayor peso seco (Cuadro 8). Cuando se disminuyó la dosis a un 0 % la disminución en el peso seco fue significativa. Sin embargo los tratamientos restantes tuvieron un resultado estadísticamente similar, siendo el tratamiento con una fertilización al 50% sin AP más una dosificación de biofertilizantes quien obtuvo un resultado estadísticamente similar al tratamiento testigo. A los 78 ddt los tratamientos con la dosificación al 100% con AP, sin inoculación con biofertilizantes y 50% sin AP más inoculación con biofertilizantes demostraron tener el mayor peso seco (Cuadro 8). En el momento que se redujo la dosis al 0 y 25% ambos con AP e inoculación con biofertilizantes, la disminución del peso seco fue significativa. Los tratamientos restantes obtuvieron un peso seco estadísticamente similar entre ellos.

A los 113 ddt los tratamientos que recibieron el 100% de la fertilización con y sin AP permitieron lograr el mayor peso seco (Cuadro 8). No obstante cuando las plantas recibieron el 50% de fertilización y fueron inoculados con los biofertilizantes y

sin AP se tuvo un rendimiento estadísticamente similar al de los tratamientos testigo. Cuando se disminuyó la dosis a un 25% y 0 % la disminución en el peso seco fue significativa. A los 184 ddt los tratamientos testigos con la dosificación al 100% con y sin AP y el tratamiento con la dosificación al 50% sin AP más una inoculación con biofertilizantes proporcionaron los mayores pesos secos (Cuadro 8). No obstante los tratamientos con las dosificaciones al 50% con AP más una inoculación con biofertilizantes y 25% con y sin AP más una inoculación con biofertilizantes demostraron ser estadísticamente similares a los tratamientos que obtuvieron mayor peso seco.

Cuadro7. Efecto del acolchado plástico AP bicolor blanco/negro del suelo en combinación con la sustitución de la fertilización química convencional (FC) con biofertilizantes (BF) en el peso seco total (gr) en un cultivo de pimiento morrón crecido en casa sombra.

T	AP	FC	BF	Días después del trasplante			
				44	78	113	184
1	SIN	100	NO	6.05 ab <sup>+</sup>	76.85 ab	191.58 a	211.38 a
2	CON	100	NO	10.87 a	99.55 a	164.43 ab	175.38 abc
3	SIN	50	SI	6.47 ab	96.15 a	131.25 abc	186.70 a
4	CON	50	SI	7.17 ab	80.50 ab	97.55 c	122.20 bcd
5	SIN	25	SI	7.35 ab	68.35 ab	100.13 c	152.40 abcd
6	CON	25	SI	6.65 ab	43.55 b	109.95 bc	117.85 bcd
7	SIN	0	SI	5.65 b	71.73 ab	100.18 c	100.33 cd
8	CON	0	SI	4.95 b	43.30 b	93.70 c	94.40 d
<b>ANOVA</b>				p>0.0341	p>0.0026	p>0.0001	p>0.0002

T= Tratamientos, AP= Acolchado Plástico, FC= Fertilización Convencional, BF=Biofertilización. <sup>+</sup>Promedio seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (p>0.05).

El peso seco total mostro unas tendencias muy similares a la del área foliar en todos los muestreos correspondientes (Figs. 11 y 14).

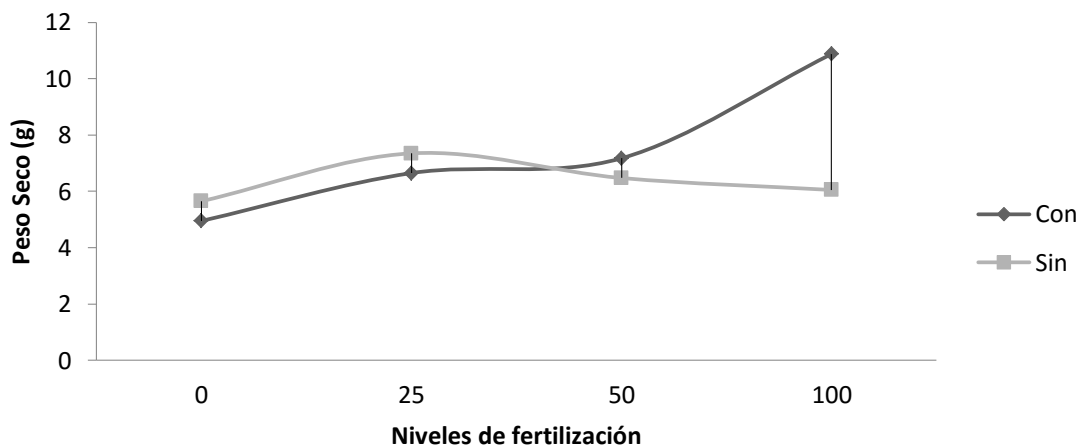


Figura 11. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y con o sin AP de suelo sobre el peso seco a 44 días después del trasplante en plantas de pimiento.

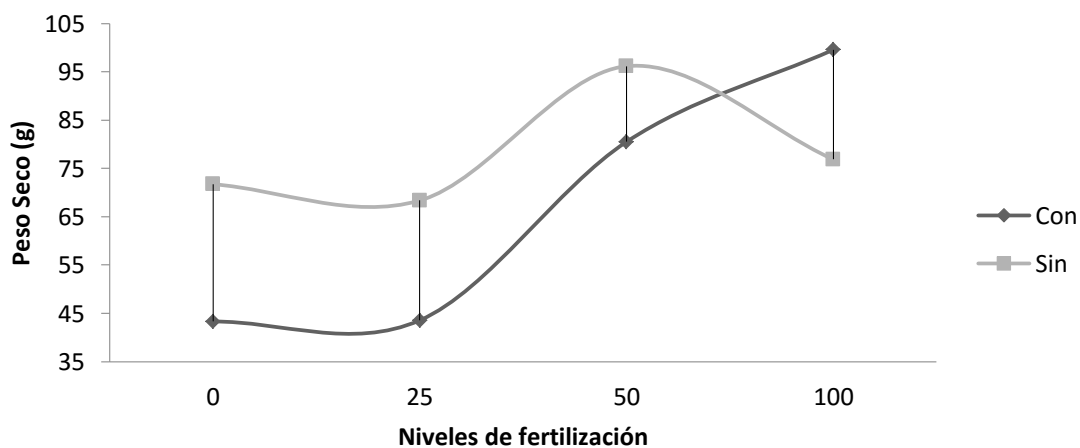


Figura 12. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y con o sin AP de suelo sobre el peso seco 78 días después del trasplante en plantas de pimiento.

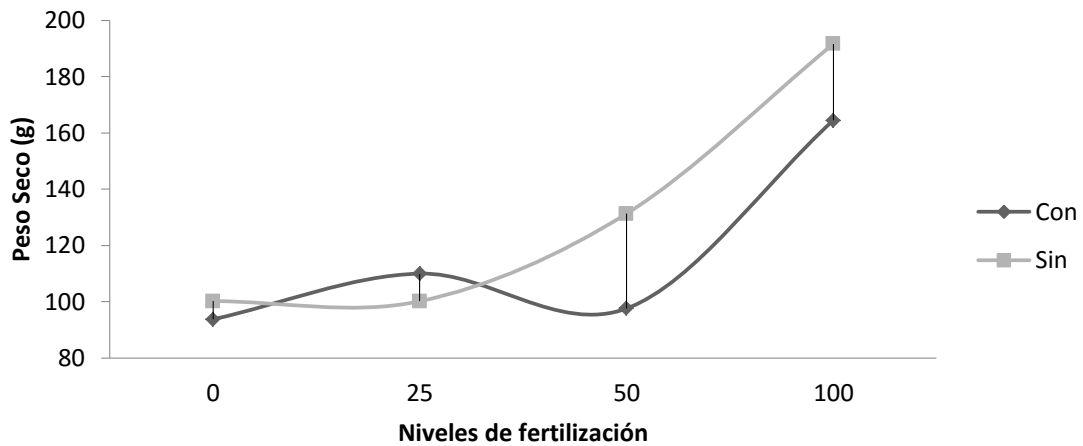


Figura 13. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y con o sin AP de suelo sobre el peso seco a 113 días después del trasplante en plantas de pimiento.

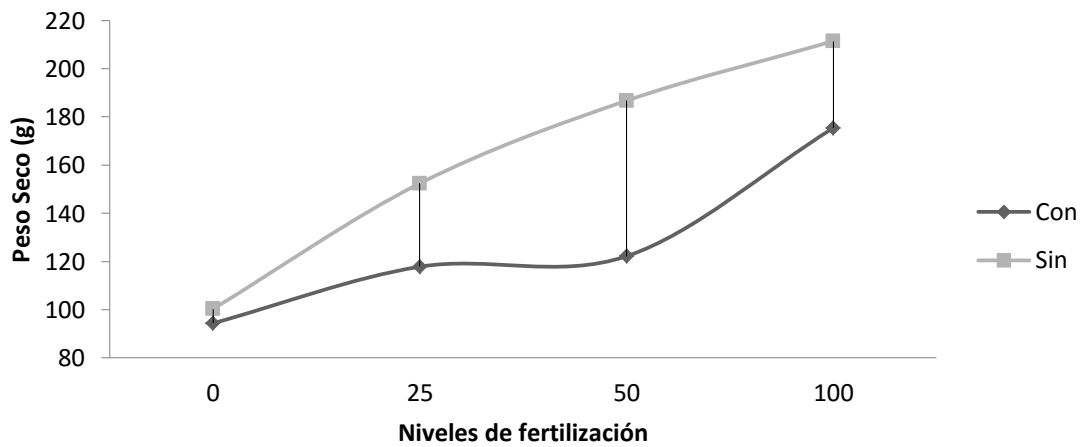


Figura 14. Efecto de la interacción entre la dosis de fertilización química convencional y con o sin AP de suelo sobre el peso seco a 184 días después del trasplante en plantas de pimiento.

## DISCUSIÓN

Las plantas de pimiento que fueron inoculadas con los biofertilizantes, más una dosis al 50% de fertilización convencional sin AP del suelo, mostraron un rendimiento estadísticamente similar al de los tratamientos con fertilización convencional al 100% con AP de suelo de igual manera se observó con la misma reducción en la fertilización convencional al 50% pero con AP de suelo, se tuvo un considerable incremento en el rendimiento; esto pudiese ser debido a que el AP indujo un mayor crecimiento en el área foliar; Martínez y Herrera (2001) mencionan que en un cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) obtuvieron un mayor índice de área foliar en un suelo con AP comparado con un suelo sin AP.

Por otro lado el acolchado blanco hace uso eficiente de la difusión de la luz provocando que las porciones inferiores de las hojas también realicen la fotosíntesis generando así una mayor producción de fotosintatos para la planta (Martínez, 2007). Una investigación realizada por Quezada-Martín *et al.*(2011) demostró el efecto de siete colores de AP sobre el pimiento morrón, dando como resultado un aumento del 40% al 150% en la actividad fotosintética con AP de color blanco y plata, así como un incremento en el rendimiento de 190% y 166% respectivamente al AP transparente. Aunado a esto, Gourcy (2014), realizó un experimento con AP blanco en el cultivo del chile pimiento dando como resultado, un alto control de malezas, media absorción de calor, una duración del AP de tres años, y una elevada precocidad de cosechas. Por otro lado un estudio en tomate bajo invernadero se encontró que el mayor rendimiento total se obtuvo con AP blanco en otoño y negro en primavera. La ventaja del AP blanco está dada por el beneficio que trae la reflexión de la luz sobre las plantas (Eltez y Tüzel, 1994).

Resultados similares a este experimento se obtuvieron en el trabajo de (Vásquez-Santiago, *et al.* 2014), donde se inocularon plantas de pepino con *A. brasilense* y *G. intraradices* mas una dosis al 50% de fertilización química sin AP, en el cual obtuvieron un rendimiento similar al tratamiento que obtuvo un mayor rendimiento el

cual consto de una fertilización química al 100% mas biofertilización con AP del suelo. Así mismo, Ríos en el 2013 demostró que el cultivo de pepino con una fertilización química al 50% sin AP logro un rendimiento similar al tratamiento con el 100% de fertilización química con AP. Esto sugiere que la fertilización química puede ahorrarse el 50% ya que el resto de nutrientes es proporcionado por los microorganismos, permitiendo así una producción a bajo costo además de que no contamina el ambiente, conserva la fertilidad y diversidad del suelo; logrando así un sistema agrícola ecológicamente sostenible. (Alfonso, *et al.* 2005). Bajo esa tesitura el uso de biofertilizantes para la producción agrícola disminuye el uso de los fertilizantes químicos los cuales en su uso excesivo generan disminución de la producción y aumento de insumos a corto plazo que a su vez genera infertilidad total y desertificación del territorio a largo plazo (Gaiak, 2007).

Sin embargo, los tratamientos que no tuvieron suelo AP superaron en cuanto al crecimiento de la planta de pimiento a los tratamientos con AP, esto pudiese ser a que los microorganismos benéficos tuvieran mayor presencia en un suelo sin acolchar que en un suelo con AP.

En un cultivo de sandía (Ramírez, 1996) sugiere que el uso de cubiertas plásticas en el suelo reduce de forma significativa, hasta en un 50% la actividad metabólica microbiana del suelo, ya que en dicho experimento se midió el CO<sub>2</sub> emitido por los microorganismos a profundidades 0-10 y 10-20 cm y se encontró que el uso de plástico disminuyó en forma significativa la producción metabólica de CO<sub>2</sub>, por consiguiente la microflora del cultivo fue mayor en un suelo sin AP que en suelos con AP negro y transparente; estos resultados coinciden con el trabajo de Gutiérrez, 1992 donde se encontró que la presencia de microflora es mayor en suelos sin acolchar que en suelos cubiertos con los AP negro y transparente. En efecto la inoculación con los biofertilizantes *A. brasilense* y *G. intraradices* en el cultivo de chile presenta incrementos significativos en la altura, peso seco, diámetro del tallo, área foliar y rendimiento en comparación con las plantas que no contaron con la presencia de estos microorganismos (Lara, *et al.* 2009). Esto es debido a que los

hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y las rizobacterias asociadas con la planta benefician la nutrición vegetal al incrementar la calidad del suelo y la producción de los cultivos al influir en el flujo del CO<sub>2</sub> (Hamel *et al.* 2004).

La inoculación de las plantas con estos microorganismos aumentan la concentración foliar de fósforo (P), cobre (Cu), magnesio (Mg) y zinc (Zn). Asimismo potencializan la competitividad de las plantas para la asimilación de nitrógeno (N) y fósforo (P) a partir de fuentes orgánicas (Feng *et al.* 2003). Por el contrario esta asociación demanda a la planta un costo energético estimado de 10% a 12 % de los fotoasimilados para su funcionamiento (Jakobsen *et al.* 2002). De mismo modo en un suelo con AP blanco/negro se inocularon semillas de tomate cherry con *A. brasilense* y *G. intraradices*, en el cual se obtuvo un crecimiento vegetativo mayor en comparación con el tratamiento que solo recibió fertilización química convencional, demostrando así que la interacción entre los microorganismos, la planta y el AP dentro de una casa sombra propician un aumento significativo en cuanto al crecimiento vegetativo de la planta (Lira-Saldívar, *et al.* 2014).

Por otro lado en un estudio que realizó Decoteau *et al.* en 1990, menciona que la radiación reflejada por el color del AP influye en la temperatura del suelo y el desarrollo del pimiento morrón, demostrándolo en un experimento en el cual se evaluó el crecimiento del pimiento con AP de color rojo, negro, amarillo y blanco. Siendo el AP blanco quien obtuvo los menores resultados en cuanto a altura y área foliar, de igual manera el AP de color rojo fue quien obtuvo el resultado con mayor crecimiento

## **CONCLUSIONES**

Basados en los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye que las plantas de pimiento pueden ser fertilizadas con microorganismos benéficos sin AP, lo cual permite reducir la fertilización química convencional hasta un 50% sin efectos negativos en el rendimiento.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguilera-Gómez, 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 pp.
- Alarcón, A., Ferrera-Cerrato, R., Villegas-Monter, A. y Almaraz, S. (1998). Efecto de la simbiosis micorrízica en la fotosíntesis de *Citrus volkameriana* Tan y Pasq. In Zulueta, R., Escalona, A. y Trejo A. (eds.). *Avances de la investigación micorrízica en México*. Xalapa Veracruz, México. Universidad Veracruzana. 119-126 pp.
- Alarcón, A. y Ferrera-Cerrato, F. 2000. Biofertilizantes: Importancia y utilización en la agricultura. *Agricultura Técnica en México*. 26 (2):191-2013 pp.
- Alfonso, T.E, Leyva, A., Hernández, A. (2005). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill). *Revista Colombiana de Biotecnología*. Vol.7 N°2. 47-54 pp.
- Álvarez, S. y Ferrera-Cerrato. (1994). Los microorganismos del suelo en la estructura y función de los agro ecosistemas. Colegio de postgraduados (ed.). Montecillo, Edo. De México. (Cuaderno de Edafología N° 25) 44 pp.
- Ayala-Tafoya, F., Sánchez-Madrid, R., Partida-Ruvalcaba, L. Yáñez-Juárez, F., Ruiz-Espinosa, H., Velázquez, T., Valenzuela-López, M. y Parra-Delgado, J. (2015). Producción de pimiento morrón con mallas sombras de colores. *Revista Fitotecnia*. México. Vol. 38 (1): 93-99.
- Barea J., 1998. Biología de la rizósfera. *Investigación y Ciencia (Scientific American)* 256: 74-81 pp.
- Bashan, Y; Khaosaad, T; Salazar, BG; Ocampo, JA; Wiemken, A; Oehl, F; Vierheilig, H. (2007). Mycorrhizal characterization of the boojum tree, *Fouquieria columnaris*, an



endemic ancient tree from the Baja California Peninsula, Mexico. *Trees-Structure and Function*. 21(3):329-335 pp.

Bashan, Y. and Holguin, G. (1997). *Azospirillum*-plant relationships-environmental and physiological advances (1990-1996). *Can. J. Microbiol.* 43:103-121 pp.

Bashan, Y.; Ream, Y.; Levanony, H. and Sade, A. (1989). Nonspecific responses in plant growth, yield, and root colonization of non-cereal crop plants to inoculation with *Azospirillum brasilense*. *Can. J. Bot.* 67:1317-1324. pp.

Bauer T. (2001). Microorganismos fijadores de nitrógeno. Disponible en: <http://www.microbiologia.com/nf/suelo/rhizobium.html>

Bayan, Y.; y Levanony, H. (1990). Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. *Can. J. Microbiol.*, 36: 591-608 pp.

Bethlenfalvay, G.J.; Linderman, R.G. (1992). Preface. In *mycorrhizae in sustainable agriculture*. Ed. By G.J. Bethlenfalvay and R.G. Linderman. Madison, Wisconsin, USA. ASA. Special Publication Number 54. P. 45-70 pp.

Bielinski, M. S., Henner A. Obregón-Olivas, Teresa P. Salamé-Donoso. (2012). *Producción de Hortalizas en Ambientes Protegidos: Estructuras para la Agricultura Protegida*. Universidad de California.

Blanco, F.A. y Salas, E.A. (1997). *Micorrizas en la Agricultura: Contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica*. *Agronomía Costarricense* 21 (1): 55-67 pp.

Brown, M.S. and Bethlenfalvay, G. J. (1988). The Glycine- *Glomus*-*Rhizobium* symbiosis. VII. Photosynthetic nutrient use efficiency in nodulated mycorrhizal soybeans. *Plant Physiol.* 86: pp. 1292-1297 pp.

Burdman S., Hamnoni B., Okon Y. (2000). Improvement of legume crop yield by coinoculation with *Azospirillum* and rhizobium. Israel.

- Burgueño, H., Rodríguez, J. G., & Montoya, I. M. (1995). La fertirrigación en cultivos hortícolas con acolchado plástico. 44 pp.
- Castellanos, J. Z.; Borbón, C. M. (2009). Panorama de la Horticultura protegida en México, pp. 1–18. In: Manual de Producción de Tomate en Invernadero. Castellanos, J. Z. (ed.). Intagri. Guanajuato, México.
- Chen, Y.; Rekha, P.; Arun, F.; Schen, W.; Lai, C. and Young, C. (2006). Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Appl. Soil Ecol.* 34:33-41 pp.
- Da Silva, P., Tsai, S. y Bonetti, R. (1999). Respuesta a la inoculación y a la fertilización nitrogenada para incrementar la producción y la fijación biológica de nitrógeno en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Peña-Cabriales, J. y Zapata, F. (ed.). Aumento de la fijación biológica del nitrógeno en el frijol común en América latina, arreglos regionales cooperativos para la promoción de la ciencia y la tecnología nuclear en América Latina y el Caribe. 137-144 pp.
- Davis, T. and Curry, E. (1991). Chemical regulation of vegetative growth of three legume trees inoculate with VA mycorrhizal fungi and *Rhizobium*. *Plant and Soil.* 108: 111-115 pp.
- Decoteau, D. R., Kasperbauer, M. J., Hunt, P. G. (1990). Bell Pepper Plant Development over Mulches of Diverse Colors. Department of Horticultural, Clemson University. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Coastal Plains Soil and Water Conservation Research Center, Florence. *Hortscience.* 25 (4): 460-462 pp.
- De Marcos L., B. Y Rodríguez B., S. (1981). Aislamiento, cuantificación y distribución ecológica de *Azospirillum* spp. en algunas regiones del país. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Puebla, Escuela de Ciencias Químicas. Puebla, Pue. México.

- Dibut, B., R. Martínez Viera, Marisel Ortega, J.M. País y M.C. Acosta (1996): Biomasa vs. Biomasa. Reproducción Bacteriana-Producción Vegetal. En Memorias de Conferencia sobre Medio Ambiente, Biomasa y Energía, La Habana, 36 pp.
- Döbereiner, J. (1983). Ten years Azospirillum, En W. Klingmüller (ed.), Azospirillum II: Genetics, physiology, and ecology. Birkhauser, Basel Switzerland. (Experientia supplementum, 48). 9-23 pp.
- Dodd, J. C., I. Arias, I. Koomen and D. S. Hayman. (1990). the management of populations of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in acid-infertile soils of a savanna ecosystem. Plant and Soil. 122:229-240 pp.
- Duveiskoviski, A., Mordukhova, E., Kochetkov, V., Polikarpova, F. and Boronin, A. (1993). Growth promotion of blackcurrant softwood cutting by recombinant strain *Pseudomonas fluorescens* BSP53a synthesizing an increased amount of indole 3 acetic acid. Soil. Biol. Biochem. 25:1277-1281 pp.
- Eco Agricultor. (2015) El Cultivo del Pimiento. Publicado en "Agricultura Ecológica, Blog". Disponible en: <http://www.ecoagricultor.com/el-cultivo-del-pimiento/>
- Eltez, R. y Tüzel, Y. (1994). Efecto de diferentes materiales utilizados en acolchamiento de suelo sobre el rendimiento y la calidad de los cultivos de tomate bajo invernadero. Plasticulture N° 103: 23-25-
- FAOSTAT. (2009) Estadísticas de países productores y comercializadores de productos agrícola. FAOSTAT. <http://faostat.fao.org/> (Consultado Abril 2015).
- Feng, G., Song, Y., Li, X., Christie, P. (2003). Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to utilization of organic sources of phosphorus by red clover in a calcareous soil. Appl. Soil Ecol. 22:139-148.

- Gaiak, E. (2007). Fertilizantes de plantas, esterilizantes de suelos. Agricultura y contaminación. Gara. Baigorri Argitaletxea.
- González, R., L.P. (1994). Caracterización de microorganismos de mucigel y rizosfera de maízolotón de la región Mixe, Oaxaca. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma "Benito Juárez". Oaxaca, Oax., México.
- Gourcy, F. (2014). Plantación y uso apropiado de acolchado plástico en el cultivo de chile. Disponible en: <http://www.hortalizas.com/cultivos/chiles-pimientos/uso-apropiado-de-acolchado-plastico-en-el-cultivo-del-chile/>
- Grajales, F. (2012). Biofertilización de plantas de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) con rizobacterias del género *Pseudomonas* en invernadero. Trabajo de experiencia recepcional. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana. P. 77.
- Gutiérrez, B., A. (1992). Efecto de la microflora del acolchado a la aplicación de diferentes sustratos In: Tovar S., J.L. y Quintero L., R. eds. "La investigación edafológica en México". Memorias de XXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Gro. 240 pp.
- Guzmán, O. y Limón, V. (2000). Producción de chile morrón (*Capsicum annuum* L.) en la zona oriente del valle de México bajo invernadero-hidroponía. Tesis de licenciatura. UACH. Chapingo, México. 94 pp.
- Hamel, C., Landry, C., Elmi, A., Liu, A. and Spedding, T. (2004). Nutrient dynamics: utilizing biotic-abiotic interactions for improved management of agricultural soils. In: New Dimension in Agroecology. Clements, D., Shresstha, A., (eds). The Haworth Press. New York. USA. 209-248 pp.
- Hartmann, A., M. Stoffels, B. Eckert, G. Kirchhof, and M. Schloter. (2000). Analysis of the presence and diversity of diazotrophic endophytes. Wymondham, UK. En E. W. Triplett (ed.), Prokaryotic nitrogen fixation: a model system for analysis of a biological process. Horizon Scientific Press. 727 pp.

- Hernández, P. (1997). *Azospirillum brasilense* como productor de fitohormonas (auxinas y giberelinas) *in vitro*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química. México, D.F., México.
- Hernández, D., Chailloux, L., Salgado, P., Marrero, G., Ojea, V., Mc Donald, C. (2002). Efecto de la Fertilización Nitrogenada y la Biofertilización de la Calidad y Conservación Poscosecha de Tomate. *Temas de Ciencia y Tecnología: Ensayos*, 6 (17):17-24 pp.
- Higa, T. (1991). Effective microorganisms: A biotechnology for mankind. In J.F. Parr, S.B. Hornick, and C.E. Whitman (ed.) *Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming*. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., USA.8-14 pp.
- Huerta, A. (2012). Agricultura protegida. *Revista Agroentorno* 9 (1): 31.
- Jakobsen, I., Smith, S. and Smith, F. (2002). Function and diversity of arbuscular mycorrhizae in carbon and mineral nutrition. *In: Mycorrhizal Ecology*. Van Der Heijden, M., Sanders, I (eds). Springer-Verlag. Berlin, Germany:75-92 pp.
- Kang, S., Hat, C., Lee, T. and Maheshwari, D. (2002). Solubilization of insoluble inorganic phosphates by a soil-inhabiting fungus *Fomitopsis* sp. *PS 102.Curr. Sci.* 82:439-442 pp.
- Kim, K.Y., Jordan, D. and McDonald, G.A. (1998). Effect of phosphate-solubilizing bacteria and vesiculararbuscular mycorrhizae on tomato growth and soil microbial activity. *Biol. Fertil Soils* 26:79-87 pp.
- Krieg, N. R. (1977). Taxonomic studies of *Spirillum lipoferum*. En A. Hollander (ed.), *Genetic engineering for nitrogen fixation*. Plenum Press. New York. 463-472 pp.
- Lara, C., Lechuga, D., Lara, A., Luna, M., Bravo, A., Avelar, J., Llamas, J . (2009). Evaluación de biofertilizantes en cultivos de chile (*Capsicum annuum* L.) en el estado

de Zacatecas. Unidad Académica de Agronomía. Universidad Autónoma de Zacatecas.

- Lira-Saldivar, H., Hernández, A., Cárdenas, A., Valdez, L., Ibarra, L., Hernández, M., Ruiz, N. (2014). La coinoculación con *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices* estimula el crecimiento y rendimiento de tomate cherry. *Revista Internacional de Botánica Experimental*. 83: 133-138 pp.
- López, P., Bugarin, R., Castro, R., Sánchez-Monteon, A., Cruz-Crespo, E., Juárez, C., Alejo, G., Balois, R. (2011). *Revista Fuente Año* 3.8.
- Magalhães, F. M., J. I. Baldani, S. M. Souto, J. R. Kuykendall, and J. Döbereiner. (1983). A new acid-tolerant *Azospirillum* species. *An. Acad. Brazil. Cienc.*55:417-430 pp.
- Martínez, A., D. y Herrera, A., L. (2001). Producción de chile (*Capsicum annuum* L.) con cubrimiento plástico del suelo y frecuencia de riego por goteo. 5as Jornadas de Investigación. Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Martínez, J. (2007). Acolchado en hortalizas. Responsable del proyecto de hortalizas. Gobierno de Nuevo León. Fundación Produce, Nuevo León A.C. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. 8:6 pp.
- Montero C., P.A. (1999). Efecto de enmiendas orgánicas sobre la disponibilidad de fósforo en un andosol. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. De Méx., México.
- Murthy, M. G., and J. K. Ladha. (1987). Differential colonization of *Azospirillum lipoferum* on roots of two varieties of rice (*Oryza sativa* L.). *Biol. Fertil. Soils* 4:3-7 pp.
- Okon, Y. y Labandera-González, C. A. (1994). Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biol. Biochem.*, 26: 1591-1601 pp.

- Papaseit, P. (1997). Los plásticos y la agricultura. Ediciones de Horticultura. Normalización, invernaderos y más seguros. España. La norma UNE76-208/92.
- Parr, J. y Higa, T (1994). Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenible. Departamento de agricultura de los Estados Unidos. Bestville. Maryland. Estados Unidos.
- Perea E., (2011). Alto crecimiento de agricultura protegida; hay desorden y abandono regional [consultado 2015 junio] Disponible en: [http://imagenagropecuaria.com/articulos.php?id\\_art=1170&id\\_ejemplar=1&id\\_sec=26](http://imagenagropecuaria.com/articulos.php?id_art=1170&id_ejemplar=1&id_sec=26)
- Pérez-Moreno, J. (1995). La simbiosis ectomicorrízica y su importancia ecológica. In: Ferrera-Cerrato, R. y Pérez-Moreno, J. (eds.). Agro microbiología, elemento útil en la agricultura sostenible. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. De Méx., México. p. 200-233 pp.
- Plaxton, W.C. (1998). Metabolic aspects of phosphate starvation in plants. *In*: Lynch, J.P. and Deickman, J. (eds.) Phosphorus in plants biology: Regulatory roles in molecular, cellular, organismic, and ecosystems processes. American Society of Plant Physiologists. Volume 19. Maryland, U.S.A. 229-241 pp.
- Quer, F., P. (1977). Diccionario de Botánica. 6ª. Reimpresión. Barcelona, España, Editorial Labor, S. A. 1244 p.
- Quezada-Martín, Ma. Rosario; Munguía-López, Juan; Ibarra-Jiménez, Luis; Arellano García, Marco Antonio; Valdez-Aguilar, Luis Alonso; Cedeño-Ruvalcaba, Boanerges. (2011). Fisiología y Producción de Pimiento Morrón Cultivado con Diferentes Colores de Acolchado. Terra Latinoamericana, Octubre-Diciembre. 29:4 p. 421-430.
- Rangel L., M. (1997). Efecto de mejoradores sobre algunas propiedades químicas de un andosol y el crecimiento del maíz. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. De Méx., México.

- Reinhold, B., T. Hurek, I. Fendrik, B. Pot, M. Gillis, K. Kersters, S. Thielemans, and J. De Ley. (1987). *Azospirillum halopraeferans* sp. nov., a nitrogen-fixing organism associated with roots of Kallar grass (*Leptochloa fusca* (L.) Kunth). *Int. J. Syst. Bacteriol.* 37:43-51 pp.
- Reséndiz, M., Aguilar, J., y Luévano, A. (2011). Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 15(29), 763-774 pp.
- Ríos, C. A. Y. (2013). Uso de Biofertilizantes en el Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.) Bajo un sistema de producción sustentable en Casa Sombra. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 50 pp.
- Rodríguez, H and Fraga, R. (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnol. Advances.* 17:319-339 pp.
- SAAPSA. (2014). Surtidora de Alambres y Aceros el Pacifico S.A. de C.V. Malla Sombra. Disponible en: [http://www.saapsa.com.mx/upload/fichas/FT\\_malla\\_sombra.pdf](http://www.saapsa.com.mx/upload/fichas/FT_malla_sombra.pdf)
- SAGARPA. (2012). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Agricultura protegida 2012. Disponible en: [www.sagarpa.gob.mx/agricultura/paginas/agriculturaprotegida2012](http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/paginas/agriculturaprotegida2012).
- Sánchez-Salazar, M. T. y Martínez-Galicia, M. (2006). La vulnerabilidad de la industria y los sistemas energéticos Ante el cambio climático global. Instituto de Geografía. UNAM.
- Schippers, B., Lugtemberg, B. and Weisbeek, P. (1987). Plant growth control by fluorescent pseudomonads In: Chet, 1. (ed). *Innovative approaches to plant disease control*. Willey & Sonso New York, N.Y., U.S.A. 19-39 pp.
- SIAP. (2009). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. (Consultado Mayo 2015). Disponible en: [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx)



- Sieverding, E. (1991). Vesicular- arbuscular mycorrhizal management in tropical agrosystems. Technical Cooperation, Federal Republic of Germany. 371 pp.
- Sprent J. and Sprent P. (1990) Nitrogen fixing organisms. Pure and applied aspects. Chapman and Hall, Cambridge. Great Britain. 256pp.
- Steenhoudt, O. and Vanderleyden, J. (2000). *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. FEMS Microbiol. Reviews 24: 487–506 pp.
- Sylvia, D.M. (1999). Mycorrhizal symbioses. In: Sylvia, D.M.; Fuhrmann, J.J.; Hartel, P.G. and Zubere, D.A. (eds.). Principles and applications of soil microbiology. Prentice Hall. Upper Saddle, N.J., U.S.A. 408-426 pp.
- Syngenta. (2014). Se reconocerá la excelencia en la producción de pimienta en México. Disponible en: <http://syngenta.com.mx/produccion-pimienta-.aspx>
- Tarrand, J. J., N. R. Krieg, and J. Döbereiner. (1978). A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasilense* spp. nov. Can. J. Microbiol. 24:967-980 pp.
- Toledo, V., Carabias, J., Mapes, C., Toledo, C. (1991). Ecología Autosuficiente Alimentaria. 3era Edición. Siglo Veintiuno Editores. México.
- Toro, M., Azcón, R and Herrera, R 1996. Effects on yield and nutrition of mycorrhizal and nodulated *Pueraria phaseoloides* exerted by P-solubilizing rhizobacteria. Biol. Fertil. Soils 21:23-29 pp.
- Torres, T., Trapaga, Y. (1997). La Agricultura Orgánica; Una Alternativa Para la Economía Campesina de la Globalización. IIE-UNAM y Valdés Editores, México. 196 pp.
- Vásquez, S. E. (2012). Producción Orgánica de Pepino con Biofertilizantes y Acolchado Plástico en Condiciones de Casa sombra. Tesis para obtener el título de Ingeniero

Agrónomo en Producción. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 43 pp.

Vásquez-Santiago, E., Lira-Saldívar, R.H., Valdez-Aguilar, L.A., Ibarra-Jiménez, L., González-Sandoval, D.C. (2014). Respuestas del Pepino a la fertilización biológica y mineral con sin acolchado plástico en condiciones de casa sombra. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica. Año 2, No. 10.

Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil. 255:571-586 pp.

Zehr J.P., Mellon J.M. y Zani S. (1998). New nitrogen-fixing microorganisms detected in oligotrophic oceans by amplification of nitrogenase (nifH) genes. Applied and Environmental Microbiology, 64: 3444-3450 pp.