

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Microorganismos Benéficos Como Biofertilizantes y Antagonistas de Fitopatógenos en la Producción Sustentable de Pepino (*Cucumis sativus* L.)

Por:

EDWIN GUIDDIEL ROSS LÓPEZ

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Microorganismos Benéficos Como Biofertilizantes y Antagonistas de
Fitopatógenos en la Producción Sustentable de Pepino (*Cucumis sativus* L.)

Por:

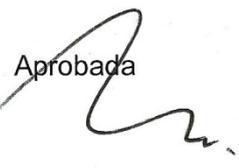
EDWIN GUIDDIEL ROSS LÓPEZ

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

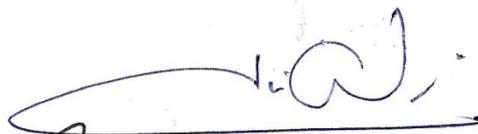
Aprobada



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Asesor Principal



Dr. Ricardo Hugo Lira Saldívar
Coasesor



Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía


Coordinación
División de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México
Febrero, 2013

DEDICATORIAS

A mis padres

Bartolo Ross Gómez

Amparo López Luna

El presente trabajo está dedicado especialmente a mis padres con mucho amor, cariño, admiración e infinito agradecimiento. Por darme la vida, cariño, comprensión y protección, por ser personas que tienen un gran espíritu de lucha y perseverancia, por estar a mi lado en los momentos más difíciles, enseñarme el camino correcto y ser las personas más especiales en mi vida.

Por el apoyo que me han ofrecido a lo largo de mi carrera, por los esfuerzos para sacarme adelante enfrentándose a los problemas de la vida, por ser padres responsables, por los consejos, valores y principios ya que sin ellos no lo hubiera logrado. Gracias por darme la mejor herencia que un padre le puede dar a un hijo al brindarme la oportunidad de estudiar, apoyarme económicamente y sobre todo porque confiaron en mí. Le doy gracias a dios por tenerlos los quiero mucho.

A mis hermanos.

Wider Ross López

Marbin Ross López

Yulma Ross López

Con mucho amor y cariño. Por sus consejos, ánimos y motivación para salir avante y cumplir mis objetivos. Al mismo tiempo agradecer el apoyo moral, económico e incondicional que siempre me han brindado y por confiar en mí, mil gracias hermanos los quiero mucho.

A mis sobrinas

Litzy Karime y Alessandra Yusbet por su amor y cariño.

A mi esposa Ana Ríos

A ti mi amor, por estar siempre conmigo, por tu gran apoyo y motivación a lo largo de este proyecto y por darme el regalo más preciado de mi vida nuestra hija.

A mi hija

Betsy Abril Ross Ríos por hacerme feliz desde tu llegada y ser el motor que me impulsa a ser mejor en la vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a dios el todopoderoso y a la virgen de Guadalupe por permitirme llegar a esta fase tan importante de mi vida y me permitan seguir avanzando hacia nuevos objetivos.

A ti dios mío, por haberme dado la vida y la oportunidad de estar en este mundo, por no abandonarme, por estar conmigo en los momentos más difíciles, por demostrarme que soy uno de tus hijos preferidos, gracias por estar siempre conmigo y también por ayudar a levantarme en mis fracasos, por aprender de ellos y principalmente por permitirme realizar el sueño más importante de mi vida, gracias por existir.

A mi familia “Ross López” por apoyarme en el sentido económico y moral, me siento muy satisfecho con todo lo que me brindaron porque gracias a ustedes he culminado este proyecto de vida.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), por ofrecerme sus servicios y por los conocimientos que de ella adquirí para mi formación como ingeniero.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), por el apoyo al darme la oportunidad de realizar la tesis en sus instalaciones y al mismo tiempo agradecer al departamento de Plásticos en la Agricultura por su atención.

A la empresa GreenCorp Biorganiks de México S.A., por su colaboración al facilitarme un paquete de productos orgánicos que fueron utilizados en el control de plagas y enfermedades durante el ciclo del cultivo de pepino.

Al Dr. Ricardo Hugo Lira Saldívar, por la oportunidad que me dio de realizar el trabajo de tesis con él, por asesorarme en todo momento y gracias

por los conocimientos transmitidos durante el trabajo de investigación me fueron de mucha utilidad.

Al Dr. Leobardo Bañuelos Herrera, por sus asesorías y recomendaciones además de brindarme su amistad y sus conocimientos en el aula de clases.

Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar, por sus asesorías y por su apoyo en el campo durante el establecimiento del cultivo.

Al Dr. Antonio Cárdenas por su apoyo en el trabajo en campo.

Al Mc. Eduardo Alfonso Treviño López, Mc. Federico Cerda Ramírez y el Ing. Felipe Hernández Castillo. Por su valioso apoyo en la instalación del sistema de fertirriego y toma de datos fenológicos.

A mis primos Gilbert Fresh López y Henry López por su amistad y el apoyo que me brindaron, porque de alguna forma fueron participes de este proyecto y por esos momentos tan buenos que pasamos.

A mis compañeros de generación CXII de la carrera Ingeniero Agrónomo en Horticultura por su amistad.

ÍNDICE

Página

DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	x
I.INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Origen del pepino.....	4
2.2 Clasificación taxonómica.....	5
2.3 Descripción morfológica de la planta de pepino.....	5
2.3.1 Sistema radicular.....	5
2.3.2 Tallo.....	6
2.3.3 Flor.....	6
2.3.4 Fruto.....	6
2.3.5 Hoja.....	7
2.3.6 Semilla.....	7
2.4 Valor nutricional.....	7
2.5 Requerimientos edafoclimáticos.....	7
2.5.1 Temperatura.....	8
2.5.2 Humedad.....	8
2.5.3 Luminosidad.....	9
2.6 Material vegetal.....	9
2.7 Concepto de la agricultura orgánica.....	10
2.7.1 Objetivos de la agricultura orgánica.....	10
2.7.2 Ventajas de la agricultura orgánica.....	12
2.7.3 Agricultura orgánica en el mundo.....	13
2.7.4 Agricultura orgánica en México.....	15
2.8 Uso de los biofertilizantes en la agricultura orgánica o ecológica.....	17
2.8.1 Uso de rizobacterias como biofertilizantes en la producción de Pepino.....	19
2.8.2 Uso de <i>Azospirillum brasilense</i> en la agricultura.....	20
2.8.3 Micorrizas.....	21
2.8.4 Modo de acción de las Micorrizas.....	22
2.9 Nutrición mineral del cultivo de pepino.....	23
2.9.1 Nitrógeno (N).....	23

2.9.2 Fósforo (P).....	24
2.9.3 Potasio (K).....	25
2.9.4 Calcio (Ca).....	25
2.9.5 Magnesio (Mg).....	26
2.10 Uso de los plásticos en la agricultura.....	27
2.10.1 Acolchado.....	28
2.10.2 Ventajas del acolchado.....	28
2.10.3 Desventajas del acolchado.....	28
2.11 Tipos de acolchado.....	29
2.11.1 Negro.....	29
2.11.2 Blanco/negro.....	29
2.11.3 Plata/negro.....	29
2.11.4 Verde traslúcido.....	29
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1 Localización geográfica del trabajo experimental	30
3.2 Material genético.....	30
3.3 Tratamientos.....	31
3.4 Metodología.....	31
3.4.1 Preparación del terreno.....	31
3.4.2 Instalación del sistema de riego y establecimiento del acolchado.....	31
3.4.3 Siembra.....	32
3.4.4 Inoculaciones.....	32
3.5 Prácticas culturales realizadas en la producción de pepino orgánico..	32
3.5.1 Tutorio.....	32
3.5.2 Deshoje.....	33
3.5.3 Poda.....	33
3.5.4 Nutrición y riegos.....	33
3.5.5 Manejo de plagas y enfermedades	33
3.5.6 Cosecha.....	35
3.6 Variables evaluadas.....	35
3.7 Colecta de datos	36
3.8 Diseño experimental.....	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1 Diámetro de tallo.....	38
4.2 Altura de planta.....	39
4.3 Número de hojas.....	40
4.4 Número de frutos.....	41
4.5 Área foliar.....	42
4.6 Peso seco.....	43
4.7 Rendimiento.....	45
V. CONCLUSIONES.....	48
VI. LITERATURA CITADA.....	50
APÉNDICE.....	58

ÍNDICE DE CUADROS.

	Página
Cuadro 2.1. Valor nutricional del pepino.....	7
Cuadro 2.2. Requerimientos de temperatura del cultivo del pepino.....	8
Cuadro 2.3. Valor de las ventas de productos orgánicos por país.....	13
Cuadro 3.1. Productos orgánicos aplicados al cultivo de pepino durante el desarrollo del cultivo para prevenir y controlar plagas y enfermedades.....	34
Cuadro 3.2. Variables evaluadas durante el establecimiento del cultivo de pepino a campo abierto.....	35
Cuadro A 1. Análisis de varianza (ANVA) bloques al azar con arreglo factorial para la variable diámetro de tallo.....	59
Cuadro A 2. Análisis de varianza (ANVA) bloques al azar con arreglo factorial para la variable altura de planta.....	59
Cuadro A 3. Análisis de varianza (ANVA) bloques al azar con arreglo factorial para la variable número de hojas.....	60
Cuadro A 4. Análisis de varianza (ANVA) bloques al azar con arreglo factorial para la variable número de frutos.....	60
Cuadro A 5. Análisis de varianza (ANVA) bloques al azar con arreglo factorial para la variable área foliar.....	61
Cuadro A 6. Análisis de varianza (ANVA) bloques al azar con arreglo factorial para la variable peso seco.....	61
Cuadro A 7. Análisis de varianza (ANVA) bloques al azar con arreglo factorial para la variable rendimiento.....	62
Cuadro A 8. Medias generales de los ocho tratamientos para la variable diámetro de tallo.....	62
Cuadro A 9. Medias generales de los ocho tratamientos para la variable altura de planta.....	63

Cuadro A 10. Medias generales de los ocho tratamientos para la variable número de hojas.....	63
Cuadro A 11. Medias generales de los ocho tratamientos para la variable número de frutos.....	64
Cuadro A 12. Medias generales de los ocho tratamientos para la variable área foliar.....	64
Cuadro A 13. Medias generales de los ocho tratamientos para la variable peso seco.....	65
Cuadro A 14. Medias generales de los ocho tratamientos para la variable rendimiento.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS.

	Página
Figura 2.1. Principales países por superficie orgánica en el mundo.....	14
Figura 4.1. Efecto del factor acolchado y microorganismos en el diámetro de tallo.....	38
Figura 4.2. Efecto del factor acolchado y microorganismos en la altura de planta.....	39
Figura 4.3. Efecto del factor acolchado en el número de hojas.....	40
Figura 4.4. Efecto del factor acolchado y microorganismos en el número de frutos.....	41
Figura 4. 5. Efecto del factor acolchado y microorganismos en el área foliar (cm ² /m ²).....	43
Figura 4.6. Efecto del acolchado y microorganismos en el peso seco.....	44
Figura 4.7. Efecto del acolchado plástico y microorganismos en el rendimiento del cultivo de pepino a campo abierto.....	45
Figura 4.8. Rendimiento total Kg/tratamiento del cultivo de pepino a cielo abierto.....	47

RESUMEN.

Actualmente existe una tendencia internacional, nacional y regional para reducir el uso de fertilizantes químicos, plaguicidas y otros insumos en los cultivos agrícolas, así como la búsqueda de sistemas de optimización del agua que reduzcan los costos de producción y se tenga un rendimiento rentable.

Este trabajo de investigación se realizó a campo abierto con una superficie de 504 m², situada en las instalaciones del campo experimental agrícola del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), cuya ubicación se encuentra al noroeste de la ciudad de Saltillo, Coahuila, en las coordenadas geográficas 25° 27` 37" de latitud norte, 100° 58` 6" longitud oeste del meridiano de Greenwich y a una altitud de 1610 msnm. Se utilizó semilla híbrida de pepino (*Cucumis sativus L.*) poisset + dasher, de la empresa Seminis.

El objetivo de este trabajo de investigación es demostrar que las plantas de pepino (*Cucumis sativus L.*) al ser inoculadas con rizobacterias y hongos micorrícicos en este caso *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices* aportan beneficios a la planta, generen rendimientos rentables y sea una herramienta útil en la agricultura sustentable u orgánica.

En este experimento se aplicaron 8 tratamientos con 4 repeticiones, analizando en cada uno la acción de biofertilizantes, dosis de fertilización y acolchado plástico.

Los tratamientos que reportaron los mejores resultados fueron los que utilizaron microorganismos benéficos y acolchado plástico. El tratamiento que mejor rendimiento obtuvo fue el T8 con 18.47 kg lo que es equivalente a 30.78 ton/ha, siguiendo el T4 con 17.15 kg equivalente a 28.58 ton/ha, el T6 con 14.82 kg o sea 24.7 ton/ha. El tratamiento que obtuvo el menor rendimiento fue el T5 con 11.77 kg equivalente a 19.61 ton/ha.

Palabras clave: Pepino, biofertilizantes, *Azospirillum brasilense*, *Glomus intraradices*, acolchado plástico, dosis de fertilización.

I. INTRODUCCIÓN.

El cultivo del pepino (*Cucumis sativus L.*) es importante, ya que tiene muy diversas formas de consumo, sirve de alimento tanto fresco como industrializado. Por lo tanto se le considera una de las principales hortalizas que se desarrollan tanto a cielo abierto como en invernadero (Infoagro, 2007).

El pepino tiene un papel importante en la economía de México, debido a la gran demanda que tiene el mercado doméstico y de exportación, tanto por la superficie cultivada como por la producción obtenida, dando lugar a la captación de divisas y fuentes de empleo.

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 toneladas en 2002 a 459,242 toneladas en 2007 es decir, un incremento del 16.5% en solo cinco años (Food and Agriculture Organization of the United Nations FAOSTAT, 2010). De este volumen de importación 361,721 toneladas proceden de México, siendo el principal país exportador de pepino hacia los Estados Unidos (Mercanet, 2007).

En el 2009 en México se sembraron alrededor de 14,600 ha de pepino con rendimiento de 30 ton/ha como media de producción (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP, 2010).

Sin embargo, ante el incremento del precio de los fertilizantes, su uso excesivo y el efecto de estos sobre la contaminación del ambiente, es necesario hacer uso de fuentes orgánicas de nutrición que son más amigables con el medio ambiente. Ante esta situación la agricultura orgánica, ecológica o biológica es una alternativa a la producción intensiva de alimentos, basada en la producción sostenida de alimentos limpios y sanos, puesto que es un sistema de

producción en el cual no se utilizan insumos contaminantes para las plantas, ser humano, agua, suelo y ambiente (Rodríguez *et al.*, 2007).

Desde el punto de vista de una agricultura sostenible y respetuosa con el medio ambiente, el uso de biofertilizantes representa una importante alternativa para limitar el uso de abonos químicos, reduciendo su negativo impacto ambiental y económico, y mejorando la productividad de los cultivos. A su vez, los biofertilizantes pueden ser de gran utilidad en la recuperación de terrenos marginales para su aprovechamiento agrícola y forestal. El uso de biofertilizantes constituye una forma de aumentar la productividad de los cultivos, reduciendo al mismo tiempo los efectos perversos de la fertilización química sobre el medio ambiente y la salud (García, 2004).

Entre los organismos microbianos más estudiados y empleados como biofertilizantes y antagonistas de enfermedades se encuentran las bacterias *Rhizobium*, *Azospirillum* y los hongos micorrícicos arbusculares del género *Glomus*, entre otros.

Las bacterias del género *Azospirillum* son fijadoras de nitrógeno que viven en simbiosis con las raíces de las plantas y son capaces de beneficiar diversos cultivos de importancia agrícola. Además de fijar nitrógeno, esta bacteria es capaz de producir hormonas de crecimiento vegetal (ácido indol acético), generando un crecimiento importante del sistema radicular, lo que permite mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes disponibles en el suelo, incluyendo su mayor absorción y de los propios fertilizantes químicos aplicados.

Rhizobium es una bacteria fijadora de nitrógeno del aire y lo transfiere a las leguminosas, con lo cual puede suplir la mayor parte de la demanda de nitrógeno de las plantas. Por su parte *Glomus* es un hongo perteneciente al grupo de micorrizas arbusculares, asociada directamente con las raíces, solubiliza fosforo, coloniza las raíces de diferentes especies vegetales,

favoreciendo la disponibilidad de nutrimentos y mejorando el desarrollo de los cultivos (Masadeh *et al.*, 2004).

En base a lo anterior, es importante hacer uso más racional de los fertilizantes químicos. Una alternativa para disminuir los impactos adversos causados sobre el medio ambiente además de incrementar el rendimiento en los cultivos, es la combinación de fertilizantes químicos y derivados orgánicos.

Objetivo general

Estudiar el potencial efecto benéfico como biofertilizantes de la bacteria *Azospirillum brasilense* y el hongo micorrícico *Glomus intraradices* en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pepino a campo abierto.

Objetivos específicos

- ❖ Evaluar un paquete tecnológico con base en agroquímicos orgánicos como estimuladores del crecimiento vegetal, así como para controlar plagas y enfermedades.
- ❖ Determinar si la inoculación a la semilla con *A. brasilense* y *G. intraradices*, promueven un efecto favorable en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pepino a campo abierto.
- ❖ Evaluar el efecto del acolchado plástico en el crecimiento del cultivo de pepino a campo abierto.

Hipótesis

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

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Origen del pepino.

Martínez, (2006) menciona que el origen del pepino se sitúa en las regiones tropicales del sur de Asia. En la india se viene realizando su cultivo desde hace más de 3,000 años. Su explotación como alimento llegó con el tiempo a Egipto y se convirtió en uno de los alimentos preferidos por los faraones. Con el paso de los años se hizo popular en Grecia y en Roma. Tanto griegos como romanos empleaban el pepino como hortaliza. Fueron estos últimos quienes lo introdujeron en el resto de Europa y lo extendieron con posterioridad a China.

El cultivo de pepino fue introducido por los romanos en otras partes de Europa; aparecen registros de este cultivo en Francia en el siglo IX, en Inglaterra en el siglo XIV y en Norteamérica a mediados del siglo XVI, ya que Cristóbal Colón llevó las semillas a América. El primer híbrido apareció en 1872 (Gálvez, 2004).

En México es un cultivo altamente rentable, pues en la última década se ha incrementado su importancia debido principalmente a las exportaciones hacia EEUU, ocupando un segundo lugar en importancia entre las hortalizas exportadas, es superado por el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP, 2007).

Esta hortaliza ha alcanzado gran importancia debido a la gran diversidad de climas y la adaptabilidad que presenta, ya que esta hortaliza se cultiva en 29 Estados de México (SAGARPA, 2010).

2.2. Clasificación taxonómica.

Reino...Plantae

División...Magnoliophyta

Clase...Magnoliopsida

Orden...Cucurbitales

Familia...Cucumis

Especie...C. sativus

Nombre común: pepino

2.3. Descripción morfológica de la planta de pepino.

El cultivo del pepino presenta las siguientes características morfológicas:

2.3.1. Sistema radicular

Es de sistema radicular muy potente, dado la gran productividad de esta planta y consta de una raíz principal, que se ramifica rápidamente para dar raíces secundarias superficiales muy finas, alargadas y de color blanco. El pepino posee la facultad de emitir raíces adventicias por encima del cuello (Gálvez, 2004).

La raíz principal puede llegar hasta 1.10 m de profundidad y mide 65 cm lateralmente, encontrándose la mayor concentración de raíces entre los 25 cm superficiales. De acuerdo con lo anterior puede decirse que esta hortaliza posee

un sistema de raíces muy compacto, con lo cual aumenta sus requerimientos de humedad en comparación con las demás cucurbitáceas (Valdez, 1998).

2.3.2. Tallo

Sus tallos son rastreros, postrados y con zarcillos, con un eje principal que da origen a varias ramas laterales principalmente en la base, entre los 20 y 30 primeros centímetros. Son trepadores, llegando a alcanzar de longitud hasta 3.5 metros en condiciones normales.

2.3.3. Flor

Las flores son de corto pedúnculo y pétalos amarillos. Las flores aparecen en las axilas de las hojas y pueden ser hermafroditas o unisexuales, aunque los primeros cultivares conocidos eran monoicos y solamente presentaban flores masculinas y femeninas y en la actualidad todas las variedades comerciales que se cultivan son plantas ginoicas, es decir, sólo poseen flores femeninas que se distinguen claramente de las masculinas porque son portadoras de un ovario ínfero (Gálvez, 2004).

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

2.3.4. Fruto

El fruto del pepino es pepónide áspero o liso, dependiendo de la variedad, que varía desde un color verde claro, pasando por un verde oscuro hasta alcanzar un color amarillento cuando está totalmente maduro, aunque su recolección se realiza antes de su madurez fisiológica. La pulpa es acuosa, de color blanquecino, con semillas en su interior repartidas a lo largo del fruto (Infoagro, 2007).

2.3.5. Hojas

Las hojas poseen un largo peciolo, con un gran limbo acorazonado, presenta tres lóbulos más o menos pronunciados (el central más acentuado y generalmente acabado en punta), de color verde oscuro y recubierto de un vello muy fino.

2.3.6. Semilla

La semilla es de forma plana de color blanco y mide de 8 a 10 mm, de largo con un grosor de 3.5 mm dependiendo de la variedad con la que se esté trabajando.

2.4. Valor nutricional

Entre las propiedades nutritivas del pepino tiene especial importancia su elevado contenido en ácido ascórbico y pequeñas cantidades del complejo vitamínico B. En cuanto a minerales es rico en calcio, cloro, potasio y hierro. Las semillas son ricas en aceites vegetales.

Cuadro 2.1 Valor nutricional del pepino.

Valor nutricional del pepino en 100 g de sustancia comestible	
Agua (g)	95.7
Carbohidratos (g)	3.2
Proteínas (g)	0.6-1.4
Grasas (g)	0.1-0.6
Ácido ascórbico (mg)	11
Ácido pantoténico (mg)	0.25
Valor energético (kcal)	10-18

2.5. Requerimientos edafoclimáticos.

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se

encuentran estrechamente relacionados y la actuación de uno de estos incide sobre el resto.

2.5.1 Temperatura

Es menos exigente en calor que el melón, pero más que el calabacín.

Cuadro 2.2 Requerimientos de temperatura del cultivo del pepino.

Etapa de desarrollo	Temperatura(°C)	
	Diurna	Nocturna
Germinación	27	27
Formación de la planta	21	19
Desarrollo del fruto	19	16

Las temperaturas que durante el día oscilen entre 20°C y 30°C apenas tienen incidencia sobre la producción, aunque a mayor temperatura durante el día, hasta 25°C, mayor es la producción precoz. Por encima de los 30°C se observan desequilibrios en las plantas que afectan directamente a los procesos de fotosíntesis y respiración y temperaturas nocturnas iguales o inferiores a 17°C ocasionan malformaciones en hojas y frutos. El umbral mínimo crítico nocturno es de 12°C (Caldari, 2007). La planta muere cuando la temperatura desciende a menos de 1°C, comenzando con un marchitamiento general de muy difícil recuperación.

2.5.2 Humedad.

El pepino es una planta con elevados requerimientos de humedad, debido a su gran superficie foliar, siendo la humedad relativa óptima durante el día del 60-70% y durante la noche del 70-90%. Sin embargo, los excesos de humedad durante el día pueden reducir la producción, al disminuir la transpiración y en consecuencia la fotosíntesis, aunque esta situación no es frecuente. Para humedades superiores al 90% y con atmósfera saturada de vapor de agua, las condensaciones sobre el cultivo o el goteo procedente de la cubierta, pueden originar enfermedades fúngicas. Además un cultivo mojado por la mañana empieza a trabajar más tarde, ya que la primera energía

disponible deberá cederla a las hojas para poder evaporar el agua de su superficie (Infoagro, 2007).

2.5.3. Luminosidad

El pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (con menos de 12 horas de luz), aunque también soporta elevadas intensidades luminosas y a mayor cantidad de radiación solar, mayor será su rendimiento (Comisión para la Investigación y la Defensa de las Hortalizas CIDH, 2002).

2.6. Material vegetal

La mayor parte de las variedades cultivadas de pepino son materiales híbridas, habiéndose demostrado su mayor productividad frente a las no híbridas. Estos materiales se clasifican en: Pepino corto y pepinillo también conocido como tipo español. Son variedades de fruto pequeño. Pepino medio largo conocido también como tipo francés. Las variedades de este tipo presentan una longitud media, las hay monoicas y ginoicas. Y las de pepino largo, también conocido como tipo holandés, estas variedades tiene frutos que superan los 25 cm de largo, son ginoicas, de frutos totalmente partenocárpicos (Gálvez, 2004).

Los híbridos a su vez por su hábito de floración pueden ser:

- Híbridos monoicos, es decir, plantas con flores masculinas y femeninas y que fue el primer tipo de híbridos que se desarrollaron.
- Híbridos ginoicos, es decir, plantas con flores 100% femeninas, debiendo incluirse en la semilla comercial, otro cultivar que actúa como polinizador en un 10 a 15%.

Esta característica hace que este tipo de híbridos tenga un mayor potencial de producción y precocidad que los híbridos monoicos; sin embargo, son menos vigorosos. Es de hacer notar que los materiales no se comportan

igual en todos los lugares, su comportamiento va a depender de factores edafoclimáticos y manejo. Hay que tener presente que ningún cultivar y/o híbrido es bueno para todas las condiciones y propósitos.

2.7. Concepto de la Agricultura orgánica.

La agricultura orgánica se define como un sistema de producción que utiliza insumos naturales a través de prácticas especiales, como composta, abonos verdes, control biológico, repelentes naturales a base de plantas, asociación y rotación de cultivos, entre otros más (Gómez et al, 2003).

Adicionalmente, se ha establecido que la agricultura orgánica estimula los procesos bioquímicos de los agroecosistemas incluyendo la biodiversidad, los ciclos biogeoquímicos y la actividad biológica del suelo, es esencial la aplicación de fertilizantes naturales, ya que todos los métodos utilizados por la agricultura orgánica garantizan la presencia de microorganismos benéficos que facilitan la fijación de nutrientes y su absorción por las especies vegetales en desarrollo (Millaleo *et al.*, 2006).

Actualmente, los consumidores, prefieren alimentos libres de agroquímicos, inocuos y con un alto valor nutricional; una opción es la producción orgánica; sin embargo debe transcurrir de tres a cinco años sin aplicación de agroquímicos, incluyendo fertilizantes, tiempo que la mayoría de los productores, no están dispuestos a arriesgar su capital (Marquez y Cano, 2005).

2.7.1. Objetivos de la agricultura orgánica.

Los objetivos de la agricultura orgánica según Quintero (2000), son los siguientes:

- Producir alimentos sanos, libres de venenos sin contaminar el medio ambiente, eliminando todos los insumos y prácticas que lo perjudiquen.

- Producir alimentos económicos, accesibles a la población y nutricionalmente equilibrados.
- Disminuir la dependencia de insumos externos de los agricultores, además de desarrollar y apropiarse de una tecnología adecuada a sus parcelas.
- Promover la estabilidad de la producción de una energéticamente sostenible y económicamente viable.
- Buscar la autosuficiencia económica de los productores y de las comunidades rurales (autogestión), reduciendo los costos de producción y preservando los recursos básicos que poseen.
- Trabajar con la conservación, la biodiversidad genética y el comportamiento natural de los ecosistemas; en ningún momento trabajar contra ellos.
- Trabajar la integridad de los ciclos biogeoquímicos y sus interrelaciones con el medio ambiente, en todos los procesos de la producción.
- Recuperar, conservar y potencializar la fertilidad de las plantas y la nutrición del suelo.
- Trabajar con el reciclaje de nutrientes minerales y conservar la materia orgánica, pues en los trópicos, es mucho más fácil la tarea de conservar la materia orgánica que se tiene, que trata de reponer la materia orgánica que se pierde.
- Buscar una mayor utilidad del potencial natural, productivo, biológico y genético de las plantas y de los animales.
- Comprender y trabajar las unidades productivas de acuerdo a sus limitaciones y al potencial de su suelo, agua, clima y economía local; logrando buscar el tamaño más eficiente de la unidad de producción de forma diversificada.
- Asegurar la competitividad de la producción de alimentos en mercados locales, regionales, nacionales e internacionales, acompañados de los parámetros de cantidad y calidad.

- Aprovechar todas las ventajas comparativas sociales, económicas, ecológicas y agrotecnologías que ofrecen los sistemas orgánicos de producción frente a los constantes fracasos de la agricultura convencional, para construir un verdadero desarrollo sostenible centrado en las capacidades humanas en el medio rural.

2.7.2. Ventajas de la agricultura orgánica.

- Según Quintero (2000), las ventajas de la agricultura orgánica son las siguientes:
- Producción de alimentos sanos, libres de contaminación y de alta calidad nutritiva.
- Oferta de nuevos productos.
- Arraigo de la población rural.
- Mantener una tasa elevada de humus en el suelo.
- Cultivar el suelo respetando su textura y estructura.
- Emplear técnicas agrícolas respetuosas con el medio ambiente y con la conservación del suelo.
- Establecer rotaciones de cultivos, intercalar al menos una leguminosa y usar abonos verdes.
- Asociar las especies vegetales en un mismo sitio (policultivos).
- Las deficiencias nutricionales del suelo deben corregirse mediante fertilización orgánica-mineral.
- Eliminar todas las técnicas artificiales y contaminantes, en particular los productos químicos de síntesis.

2.7.3. Agricultura orgánica en el mundo.

Con tasas de crecimiento crecientes, los productos orgánicos conquistan cada vez más rápidamente las estructuras de mercado de alimentos en el ámbito mundial. En 2002, las ventas de estos productos alcanzaron 23,000 millones de dólares, superando los 19,000 millones alcanzados en 2001 (Sahota, 2004). El mercado de los estados unidos registro el primer lugar en ventas de productos orgánicos con un valor por 11.75 mil millones de dólares en el 2002. El mercado alemán ocupó el segundo lugar con 3.06 mil millones de dólares, y el mercado británico el tercer lugar con un valor de 1.5 mil millones de dólares.

La agricultura orgánica actualmente se practica en 22.8 millones de hectáreas que se localizan en 106 países dentro de los cuales destacan Australia/Oceanía (10.6 millones de hectáreas) y Argentina (3.2 millones de hectáreas) (Willer y Yussefi, 2004).

Cuadro 2.3 Valor de las ventas de productos orgánicos por país, 2002.

País	Valor de las ventas US \$ miles
Estados unidos	11,750
Alemania	3,060
Inglaterra	1,500
Italia	1,300
Francia	1,300
Suiza	766

El cuidado de la salud y la protección del medio ambiente son los principales motivos por los cuales los consumidores prefieren los productos orgánicos, que están libres de residuos tóxicos, modificaciones genéticas, aguas negras y radiaciones.

El dinámico y atractivo mercado de los alimentos orgánicos está estimulando poderosamente la reconversión de la agricultura convencional a la agricultura orgánica. En el mundo se registran más de 24 millones de hectáreas cultivadas orgánicamente y más de 10.7 millones de áreas de recolección

silvestres. Entre los países con mayor superficie orgánica cultivada está en primer lugar Australia, con 10 millones de hectáreas, seguido por Argentina, con casi 3 millones, e Italia con 1.2 millones. A estos países les siguen en importancia Estados Unidos, Brasil, Uruguay, Gran Bretaña, Alemania, España y Francia (Figura 2.1).

Entre los países que han experimentado un crecimiento en superficie orgánica superior a 25% anual están Argentina, Italia, España, Brasil, México, Finlandia, Gran Bretaña, Dinamarca, Francia y Uruguay. A escala mundial ya son tres los países cuya superficie cultivada con prácticas orgánicas rebasan 10% de su superficie agrícola total; éstos son: Liechtenstein, con 26.4%; Austria, con 11.6% y Suiza, con 10%; otros cinco países que rebasan el 5% son; Italia, con 8%; Finlandia, con 7%; Dinamarca, con 6.6%; Suecia, con 6.1% y República Checa, con 5.1% (Willer y Yussefi, 2004).

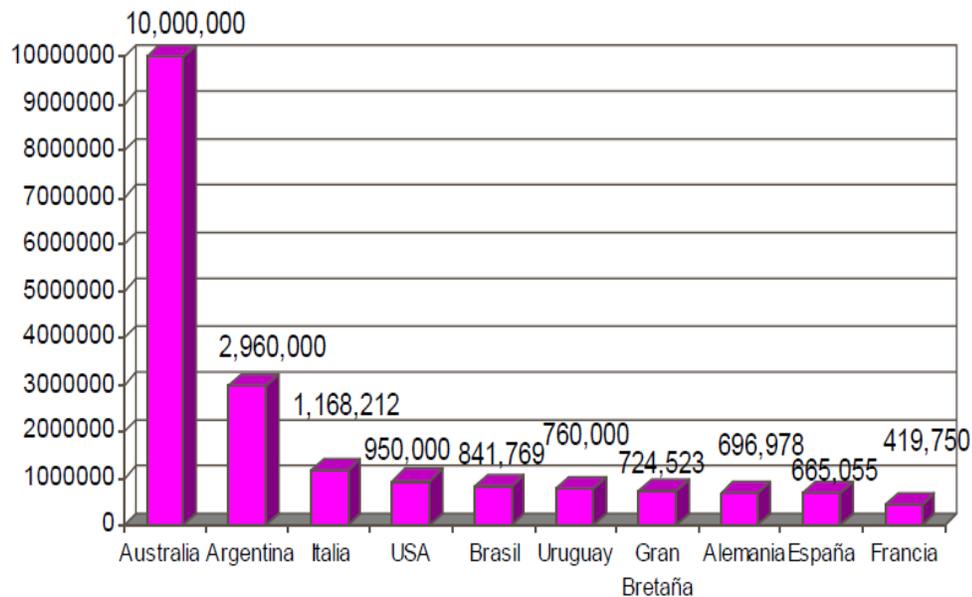


Figura 2.1 Principales países por superficie orgánica en el mundo. 2004

2.7.4. Agricultura orgánica en México.

A nivel mundial, México ocupa el 18º lugar por superficie orgánica el primero en la producción de café orgánico. Al interior del país, este sector es el

subsector agrícola más dinámico, pues ha aumentado su superficie de 23,000 ha en 1996 a 103,000 ha en el año 2000, y se estima que alcanzó las 216 mil hectáreas para el año 2002. Esta agricultura es practicada por más de 53 mil productores y genera más de 280 millones de dólares en divisas. Los pequeños productores conforman el 98% del total de productores orgánicos, ellos cultivan el 84% de la superficie y generan el 69% de las divisas orgánicas del país (Gómez *et al.*, 2003).

Para el año 2000, esta agricultura fue practicada por más de 33,000 productores en 262 zonas de producción de 28 estados de la República, lo cual generó 139 millones de dólares en divisas y 16.4 millones de jornales por año. De acuerdo con las estimaciones de 2002 el número de los productores orgánicos fue de 53 000 y la generación de divisas fue de 280 millones de dólares.

En México, los principales estados productores de alimentos orgánicos son Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Chihuahua y Guerrero, que concentran 82.8% de la superficie orgánica total. Tan sólo Chiapas y Oaxaca cubren 70% del total. En el país se cultivan más de 45 productos orgánicos, de los cuales el café es el más importante por superficie cultivada, con 66% del total (70,838 ha) y una producción de 47 461 ton; en segundo lugar se ubica el maíz, azul y blanco, con 4.5% de la superficie (4,670 ha) y una producción de 7,800 ton, y en tercer lugar está el ajonjolí, con 4% de la superficie (4,124 ha) y una producción de 2,433 ton; a estos cultivos les siguen en importancia las hortalizas, con 3,831 ha; el agave, con 3,047 ha; las hierbas, con 2,510 ha; el mango, con 2,075 ha; la naranja, con 1,849 ha; el frijol, con 1,597 ha; la manzana, con 1,444 ha; la papaya, con 1,171 ha, y el aguacate con 911 ha.

Los principales motivos por el cual los consumidores están eligiendo los productos orgánicos son debido a la importancia en el cuidado de la salud y la protección del medio ambiente. Otro factor de suma importancia es la

disponibilidad de estos productos en los lugares de compra (Kremen A. *et al.*, 2004).

De acuerdo con Sahota (2004), un consumidor típico de productos orgánicos tiene las siguientes características: vive en áreas urbanas (normalmente en una ciudad grande), al momento de comprar toma en cuenta la calidad del producto y los métodos de producción, tiene un nivel educativo alto y pertenece a la clase media-alta. En la mayoría de los países desarrollados, la población tiene un nivel educativo alto y predomina la clase media, lo que hace que la mayor parte de las ventas de los productos orgánicos esté concentrada en estos países. A mayor nivel de educación en un país y una mejoría en el nivel de ingresos, la demanda de productos orgánicos tenderá a crecer.

Según Lampkin (1994), el éxito de la agricultura orgánica se debe a que presenta una solución integral a los problemas del sector agropecuario: protección al ambiente, conservación de los recursos renovables y no renovables, mejor calidad de alimentos y direccionamiento de la producción a áreas de mayor demanda del mercado. Otro factor clave para el desarrollo de la agricultura orgánica ha sido la exigencia de los consumidores la cual se ha incrementado considerablemente en los últimos años a raíz de los problemas por residuos de plaguicidas en frutas y verduras, niveles excesivos de hormonas en la producción animal, la contaminación de productos lácteos.

En plena crisis del agro mexicano, el acceso a nuevos mercados, la obtención de precios Premium y en general de mejores ingresos motiva cada día más la incursión de los productores mexicanos a la agricultura orgánica, incluso la producción orgánica se ha convertido en un mecanismo de resistencia para estos agricultores quienes en esta búsqueda de opciones están desencadenando procesos autogestivos locales.

Es importante que se favorezca el desarrollo de la agricultura orgánica en México pues está vinculada con 5 elementos muy importantes; los sectores más

pobres del ámbito rural, los grupos indígenas y productores de escasos recursos, la producción sustentable de alimentos, la recuperación y conservación ecológica de los recursos naturales, el mejoramiento de los ingresos y la calidad de vida de los productores y con un desarrollo rural más incluyente.

Existe una creciente preocupación por los riesgos que para el ambiente y la salud del hombre representan los fertilizantes de síntesis química, tanto por los residuos en los alimentos como por efecto contaminante en los suelos y las cuencas acuíferas. Esto ha despertado un fuerte interés en la investigación y el desarrollo de productos biológicos alternativos que puedan ser utilizados con este fin.

La agricultura actual propone el uso de biofertilizantes (Terry, 2006) que, en los sistemas productivos es una alternativa para lograr un desarrollo agrícola ecológicamente sostenible. (Fernández *et al.*, 2006) plantean adoptar una estrategia de suministro de nutrientes a las plantas mediante la combinación de fertilizantes minerales con abonos orgánicos y biofertilizantes, poniendo énfasis en los últimos por su bajo costo, no contaminan el ambiente y mantienen la fertilidad y biodiversidad.

2.8. Uso de los biofertilizantes en la agricultura orgánica o ecológica.

En México, el deterioro ecológico causado por la agricultura se debe principalmente al manejo inadecuado de los recursos naturales, intenso uso de agroquímicos, prácticas agrícolas mal empleadas y dependencia de insumos externos (Velasco-Velasco *et al.*, 2001).

Por lo anterior, es necesario buscar tecnologías estratégicas encaminadas al uso eficiente de los recursos y que consoliden una agricultura sostenible haciendo uso de microorganismos benéficos como los hongos micorrízicos y rizobacterias.

Hoy en día, los biofertilizantes son considerados como un componente del manejo integrado de la nutrición vegetal y han sido definidos como sustancias que contienen microorganismos vivos que al aplicarse a las semillas, superficie de las plantas o al suelo, colonizan la rizósfera o el interior de la planta y promueven su crecimiento aumentando la disponibilidad de los nutrientes y la sanidad vegetal en la planta hospedera (Vessey, 2003).

En pruebas experimentales y de campo el efecto de los biofertilizantes ha sido reconocido como una forma de manejo sostenible de los agroecosistemas (Lucy *et al.*, 2004).

La inoculación con hongos endomicorrícicos, así como la aplicación de otros biofertilizantes, se postulan como prácticas de alternativa con factibilidad de implementarse en la producción agrícola (Utria-Borges *et al.*, 2004).

En la actualidad los HMA son importantes en agricultura ecológica, por los beneficios que incorporan a la mayoría de los cultivos y a la conservación medioambiental, al actuar como biofertilizantes, bioprotectores y agentes de biocontrol (Azcón-Aguilar *et al.*, 2002).

Los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) son componentes importantes en la comunidad microbiana de la rizósfera, que colonizan las raíces de las plantas y establecen simbiosis. Su función es facilitar la asimilación de nutrimentos a las plantas, inclusive en suelos infértiles, lo que se traduce en la promoción de su crecimiento y reproducción de estas (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000). Adicionalmente, los HMA protegen a la planta contra la acción de algunos fitopatógenos del suelo (Espinosa-Victoria *et al.*, 2004).

Las micorrizas pueden ofrecer varios beneficios a la planta huésped, incluyendo mejora de la nutrición mineral (sobre todo de fosfato) y el crecimiento vigoroso de la planta. Los HMA crecen no sólo dentro de las raíces de la planta sino también en la tierra circundante (Schnepf *et al.*, 2008).

Los microorganismos benéficos, como los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) y las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, constituyen vías alternativas para la nutrición de las plantas así como para estimular su crecimiento y desarrollo. Los microorganismos son un componente esencial e importante de la biomasa viva de la tierra. Ellos juegan un papel importante en los ciclos biogeoquímicos y tiene un gran potencial para la agricultura y protección del medio ambiente. Sin embargo, el uso actual de los microorganismos en la agricultura se mantiene en un bajo nivel a pesar de la importante inversión en el trabajo científico.

2.8.1. Uso de rizobacterias como biofertilizantes en la producción de pepino.

Es bien conocido que un considerable número de especies bacterianas asociadas con la rizósfera de las plantas son capaces de ejercer un efecto benéfico en el crecimiento de plantas. Vessey (2003), las rizobacterias ofrecen una alternativa ecológica para controlar el ataque de patógenos y/o mejorar el rendimiento de los cultivos, por lo que actualmente se utilizan las técnicas de avanzada para entender sus mecanismos de acción.

Las rizobacterias también pueden promover el crecimiento por vías directas o indirectas, cuyos elementos específicos no han sido debidamente caracterizados. Los efectos directos pueden evidenciarse en ausencia de otros microorganismos, es decir, la planta solo interactúa con el microorganismo en estudio, mientras que los mecanismos indirectos se pueden observar en la interacción del microorganismo de interés con un fitopatógeno, mediante la cual se reducen los efectos dañinos en el vegetal. La estimulación indirecta del crecimiento de plantas incluye una variedad de mecanismos por los cuales la bacteria inhibe la acción fúngica sobre el crecimiento y desarrollo de la planta. Los efectos directos son: la síntesis de fitohormonas, producción de sideróforos, solubilización de minerales y la fijación del nitrógeno atmosférico.

Un amplio número de géneros bacterianos están considerados dentro de esta clasificación: *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Herbaspirillum*, *Enterobacter* y *Azotobacter*, entre otros (Kennedy *et al.*, 2004).

2.8.2. Uso de *Azospirillum brasilense* en la agricultura.

El género *Azospirillum* fue descrito por primera vez en 1925 por Martinus Willem Beijerinck, se halla mayormente en las regiones tropicales y en menor proporción en las regiones templadas, frías y desérticas (Caballero, 2008).

Caballero (2008), señala que este género es el más estudiado entre las bacterias asociadas a las plantas, debido a la capacidad del *Azospirillum* para estimular el crecimiento de las plantas y aumentar el rendimiento. Actualmente se conocen seis especies: *A. lipoferum*, *A. brasilense*, *A. amazonense*, *A. halopraeferans*, *A. irakens* y *A. largimobile*.

Esta bacteria no presenta patogenicidad, toxicidad, alergenicidad ni clasificación en grupos de riesgos, los mecanismos que utiliza el organismo para sobrevivir es el multiplicarse, difundirse y competir con el medio ambiente. Además el *Azospirillum* produce y acumula gránulos de poli-beta-hidroxibutirato, los cuales son empleados por la propia célula como fuentes de carbono y energía durante periodos de inanición e incluso son capaces de formar quistes en condiciones muy desfavorables (Saura *et al.*, 2003).

La inoculación con *Azospirillum* produce un aumento de la masa radicular, debido a la capacidad de producir fitohormonas, estas promueven la elongación radical e incrementan las ramificaciones laterales por lo que aumenta el área radical. Se ha demostrado que las plantas inoculadas con esta bacteria absorben más rápido minerales de la solución y, consecuentemente, acumulan más materia seca, N, P y K en tallos y hojas (Puente y Peticari, 2006).

La inoculación con *Azospirillum* modifica el sistema radicular por un mecanismo o mecanismos aún no completamente establecidos, sin embargo éste se atribuye al menos en parte, a la producción por la bacteria de sustancias que regulan el crecimiento vegetal, conduciendo a un incremento en el número de raíces laterales y pelos radicales, aumentando la superficie disponible para la absorción de nutrientes y el flujo de protones en la membrana de la raíz, lo que promueve la captación de agua y minerales. La inoculación con estas bacterias generalmente implica costos más bajos que el empleo de fertilización química; además de generar un menor impacto ambiental.

Las especies del género *Azospirillum* produce principalmente ácido indol-3-acético (IAA) y en menor cantidad ácido indol-3-butírico (IBA) citocininas y giberelinas. Asimismo, la inoculación con *Azospirillum* puede afectar el metabolismo de fitohormonas endógenas. Sin embargo, no se sabe si este fenómeno es debido al IAA producido por la bacteria, o por la hidrólisis de hormonas conjugadas en el tejido de la raíz (Aguilar-Piedras *et al.*, 2008).

2.8.3. Micorrizas.

¿Que son las Micorrizas?

Etimológicamente, la palabra se ha formado del término griego “mykos” (hongo) y del vocablo latino “rhiza” (raíz). El término micorriza, cuyo significado literal es hongo - raíz, se aplicó por primera vez a las asociaciones que se establecen entre plantas terrestres y determinados hongos del suelo, siendo descrito por el patólogo alemán Albert Bernard Frank en 1885.

La micorriza es una simbiosis mutualística que se establece entre los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) y las raíces de la mayoría de las plantas vasculares. Los hongos mediante extensas redes de micelio mejoran la captación de nutrientes poco móviles como P, Cu y Zn (Souchie *et al.*, 2006), además de mejorar la absorción de agua (Augé, 2004), captando a su vez el C

fijado como hexosa desde el apoplasto de la corteza de la raíz (Douds *et al.*, 2005). Sin embargo, no todas las combinaciones HMA-planta son compatibles, pudiendo algunos hongos beneficiar en mayor grado a un hospedero y adaptarse a determinadas condiciones edafoclimáticas evidenciando marcadas diferencias, no sólo estructurales, sino también funcionales, entre especies e incluso morfotipos de una misma especie (Linderman y Davis, 2004). Para lograr una inoculación efectiva es necesario conocer la compatibilidad entre un determinado hospedero y los HMA, para seleccionar la cepa adecuada para un cultivo específico (Rodríguez *et al.*, 2004).

La correcta selección y aplicación de hongos micorrícicos arbusculares mejora la nutrición vegetal, incrementa la resistencia de las plantas frente a microorganismos patógenos y condiciones de estrés, tanto biótico como abiótico. Además, la amplia gama de opciones y aplicabilidad de HMA en diversas regiones hace que sea una técnica muy atractiva para sustituir, parcial o completamente, la fertilización química de los suelos.

2.8.4. Modo de acción de las Micorrizas.

La simbiosis micorrícica se establece entre las raíces de las plantas y algunos hongos del suelo. Los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) forman una simbiosis mutualista con las raíces de aproximadamente 80% de las plantas vasculares. Los HMA son simbiosiontes obligados que dependen del aporte de carbono derivado de la planta hospedante para satisfacer sus requerimientos energéticos. A su vez, los HMA aportan a la planta nutrientes minerales y agua, debido a la capacidad de exploración de las hifas del hongo, lo que le permite tener acceso a recursos distantes al sistema radical. Las hifas extraradicales de los HMA contribuyen en la absorción de hasta 80% de fósforo, 10% de potasio, 25% de zinc, 60% de cobre y 25% de nitrógeno de la planta (Allen *et al.*, 2003).

Por otra parte, en la rizósfera cohabitan numerosas especies de bacterias que pueden estimular el desarrollo de las plantas. Esta estimulación

puede ser por síntesis de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, fijación de nitrógeno, solubilización de nutrimentos, producción de sideróforos y control de fitopatógenos del suelo (Loredo-Osti *et al.*, 2004).

2.9. Nutrición mineral del cultivo de pepino.

2.9.1. Nitrógeno (N)

Esencial para el crecimiento y el desarrollo vigoroso de la planta (tallos, hojas, brotes y frutos) proporciona el color verde intenso a la hoja; e incrementa los niveles de proteínas, importante durante todo el ciclo del cultivo.

El Nitrógeno es un elemento esencial, constituyente de aminoácidos, aminos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, muchas enzimas, ATP, alcaloides y muchos otros componentes celulares. El principal efecto de deficiencia de Nitrógeno son las dificultades asociadas a la síntesis de proteínas y crecimiento de la planta.

El síntoma típico de la deficiencia de nitrógeno se visualiza temprano en las hojas; por una disminución en la formación de clorofila, a su vez los aminoácidos son precursores de las cadenas de proteínas y por lo tanto también se dificultan actividades enzimáticas, además de ser componente, el nitrógeno, de paredes celulares.

Las plantas absorben principalmente dos formas de Nitrógeno: nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) pero, en general, el nitrato constituye la fuente principal de nitrógeno para las plantas. Las plantas que constituyen una cantidad tal de nitrógeno que limita su crecimiento muestran síntomas de deficiencia que consisten en clorosis general, especialmente en las hojas más antiguas (Toth *et al.*, 2002).

2.9.2. Fósforo (P)

Desempeña un papel importante en el desarrollo del sistema radicular, interviene en la formación del tejido leñoso y además en la fructificación, formación y maduración del fruto, esencial en la formación de semillas.

El Fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de plantas, relacionado con muchos procesos metabólicos, ya que es fundamental en la transferencia de energía a través de ésteres de fosfato y fosfatos ricos en energía. Es un constituyente de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, fosfoproteínas, fosfoésteres, dinucleótidos y ADP.

De esta manera el Fósforo es requerido para almacenar y transformar energía; para la fotosíntesis, transporte de electrones, regulación de algunas enzimas y transporte de carbohidratos. La bioquímica de carbohidratos y el transporte de éstos son particularmente afectados cuando hay deficiencia de fósforo.

Es un nutriente móvil por floema y se observan las deficiencias primero en las hojas viejas, para luego ser redirigido a las hojas jóvenes y desde la "*corteza interna*" hacia los brotes en desarrollo. El exceso de fósforo se acumula como fósforo inorgánico en la corteza más interna. El fosforo por ser un elemento poco móvil, no sufre grandes lixiviaciones sino que, no está disponible para la planta (Navarro y Navarro, 2000).

2.9.3. Potasio (K)

Importante para el metabolismo del nitrógeno, el transporte, formación de azúcares y almidones, regula la apertura de los estomas haciéndolo importante en las relaciones hídricas, interviene en la constitución de tejidos dando así resistencia a la planta contra enfermedades.

Este elemento cumple una función importante en la estabilización del pH, turgencia y osmorregulación. Se requiere para sintetizar proteínas,

carbohidratos y lípidos; es un activador de enzimas, tiene efectos en el eje de crecimiento y en el control de la apertura estomática.

Una deficiencia en plantas provoca una disminución de la síntesis de proteínas y hasta muerte de las células oclusivas. El potasio se mueve libremente por floema, por lo que se exporta desde hojas viejas, donde recién aparecen los síntomas, para luego exportarse a zonas jóvenes. Las deficiencias severas se observan en plántulas, con ápices muertos o enanas.

2.9.4. Calcio (Ca)

Requerido por todas las plantas, actúa como regulador del crecimiento, responsable en la constitución de tejidos, trabaja muy bien junto al Boro.

La mayoría del calcio en la planta se localiza en las vacuolas, como oxalato de Calcio y en la pared celular asociada a la formación de pectinas y laminilla media. El Calcio es requerido para mantener estabilidad de la membrana y además es muy importante en la división celular. Tiene un rol importante en la osmorregulación en el balance anión- catión.

En el interior de la planta es un elemento poco móvil interviniendo en la forma de pectatos de calcio de la laminilla media de las células que intervienen en el proceso de absorción de los elementos. El calcio forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las células regulando la presión osmótica de la misma. Interviene en la formación de la lecitina, que es el fosfolípido importante en la membrana celular, siendo un factor importante en la permeabilidad de estas membranas. Igualmente actúa en la división mitótica de las células, en el crecimiento de los meristemas y en la absorción de nitratos.

Es bien conocido que el calcio se desplaza unidireccionalmente a larga distancia vía xilema, y que es prácticamente inmóvil en el floema, por lo que los factores que afectan al ritmo de transpiración afectan de forma notable la

disponibilidad de calcio en los tejidos distales de la raíz y de los órganos en crecimiento no transpirantes (Guzmán, 2000).

2.9.5. Magnesio (Mg)

Es el principal componente de la molécula de clorofila de allí el color verde de la hoja y su importancia en el proceso fotosintético, indispensable en la absorción y metabolismo del fósforo, interviene en el aprovechamiento del potasio y la acumulación de azúcares.

La deficiencia de Mg afecta el rendimiento de azúcar. Los síntomas de esta deficiencia se presentan en forma de lesiones necróticas de intenso color rojo en la hoja, dándole una apariencia rojiza. En avanzadas etapas de deficiencia de este elemento, las hojas jóvenes se tornan verde claro antes de aparecer pequeñas manchas necróticas, los tallos se hacen delgados y con entrenudos cortos. También puede ocurrir oscurecimiento interno del tallo, altos valores de conductividad eléctrica incrementan síntomas de deficiencia de Mg. La deficiencia de un catión crea posibilidades para la alta absorción de otro catión.

El magnesio se trasloca desde hojas viejas a través del floema. En plantas leñosas es común la aparición de síntomas de deficiencia, clorosis, en hojas maduras. Cuando la deficiencia es severa, los síntomas se extienden al follaje joven.

2.10. Uso de los plásticos en la agricultura.

La utilización de los plásticos en la agricultura se inicia en los años 60 cuando se sustituyen, debido a sus elevados costes, los invernaderos de cristal y los ensilados de acero u hormigón por este material. Con el tiempo y ante problemas planteados como la falta de agua, mano de obra y la necesidad de resultar competitivos en el sector, se impulsa la utilización de plásticos en la

agricultura, permitiendo convertir tierras aparentemente improductivas en explotaciones agrícolas altamente rentables.

Entre las principales aplicaciones del plástico en la agricultura, se encuentran la de ser elementos de protección de los cultivos, mediante su utilización en acolchados, túneles e invernaderos; o bien otras aplicaciones como son redes de distribución de riego, hilos de rafia, grandes embalses, riego y drenaje, mallas de sombreo o antigranizo, cortavientos, ensilado de forrajes, envases y embalajes, etc.

El sistema de cultivo protegido utilizado en la agricultura es aquel en el que durante todo el ciclo productivo de la planta o en parte del mismo se actúa sobre el microclima que rodea la planta, con la intención de incidir sobre la producción consiguiendo un aumento de los rendimientos y/o acortando su ciclo productivo, adelantando la cosecha de tal forma que permite una mejor posición de los productos en el mercado. Esto se consigue mediante la utilización de láminas de plástico que aíslan las plantas del exterior pudiendo regular factores fundamentales en el desarrollo de los cultivos como son la temperatura, humedad y la fertilidad del suelo, entre otros.

2.10.1. Acolchado.

El acolchado es una práctica consistente en cubrir total o parcialmente el terreno con una lámina de plástico, cuyo objetivo es el de ahorrar agua, obtener cosechas más precoces y mayores, de mejor aspecto comercial, sobre todo en hortalizas de fruto al evitar el contacto de éste con el suelo e impedir que se ensucien los frutos, y al mismo tiempo que supone una mejora de las condiciones de los suelos de cultivo, la disminución de malas hierbas y un mejor aprovechamiento del agua de riego. La lámina de plástico se coloca sobre el terreno, dispuesto en caballones, manteniéndose tenso y fijo con la ayuda de la colocación de tierra en los bordes.

El acolchado plástico es una técnica antigua, muy extendida en la producción hortícola entre cuyos efectos caben destacar el incremento de la temperatura del suelo así como el aumento de la precocidad y producción (Tarara, 2000).

2.10.2. Ventajas del acolchado

- Ayuda a conservar la humedad y los nutrientes.
- Aumenta la temperatura del suelo en la rizósfera, permitiendo una rápida germinación más rápida y uniforme, por lo que se pueden lograr cosechas más tempranas.
- Permite tener frutos más limpios, ya que la planta no está en contacto directo con el polvo o suelo.
- Optimiza el agua, fertilizantes y plaguicidas (Cortes, 2002).

2.10.3. Desventajas del acolchado

- Alto costo inicial.
- En grandes extensiones se requiere de maquinaria especial.
- Cuando se hace de forma manual es bastante laborioso.
- Está condicionado para cultivos altamente remunerativos
- Si no se tiene conocimiento del manejo se pueden propiciar problemas de exceso de humedad y salinización del suelo.

2.11. Tipos de acolchado

Es muy variado el tipo de acolchado en el mercado actual, a continuación se describen algunos de los tipos de acolchados:

2.11.1. Negro

Asegura un perfecto control de malezas. Es de menor costo con respecto a otros materiales: verdes, blanco/negro, plata/negro. Presenta la menor reflexión (9%) y absorbe un 91% de la radiación que incide sobre él, por lo que es el plástico que más se calienta pudiendo causar quemaduras en aquellas estructuras de la planta en contacto con el film.

2.11.2. Blanco/Negro

Asegura un perfecto control de malezas, se calienta menos que el negro porque su coloración blanca refleja los rayos solares disminuyendo la temperatura del suelo y aumenta la radiación activa para la fotosíntesis, útil para la planta al funcionar el plástico como material reflejante.

2.11.3. Plata/Negro

Asegura un perfecto control de malezas mientras que la reflexión del plata repele los insectos protegiendo la planta, también disminuye la temperatura de suelo y aumenta la radiación fotosintética que llega a la planta.

2.11.4. Verde traslúcido

Ofrece un control adecuado de malezas permitiendo el calentamiento del suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Localización geográfica del trabajo experimental.

Este trabajo de investigación se realizó a campo abierto, en las instalaciones del campo experimental agrícola del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), ubicado al noroeste de la ciudad de Saltillo, Coahuila, en las coordenadas geográficas 25° 27` 37" de latitud norte, 100° 58` 6" longitud oeste del meridiano de Greenwich y a una altitud de 1610 msnm.

3.2. Material genético.

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

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

Poinsett 76: variedad moderadamente vigorosa y adaptable a diversas condiciones climáticas. Frutos monoicos, 19x6 cm, de forma cilíndrica y color verde oscuro. Resistente a *P. psyringae pv, Lachrymans* antracnosis raza 2, mildiu polvoso, mildiu algodonozo, *Cladosporium cucumerinum*. Ciclo 65 días a cosecha aproximadamente.

3.3. Tratamientos

Los tratamientos de este trabajo de investigación fueron:

1. Fertilización completa (250-200-250) sin acolchado.
2. Fertilización completa (250-200-250) con acolchado.
3. Inoculación con *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices* + 2 aplicaciones, fertilización completa (250-200-250) sin acolchado.
4. Inoculación con *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices* + 2 aplicaciones, fertilización completa (250-200-250) con acolchado.
5. Fertilización 50 % (125-100-125) sin acolchado.
6. Fertilización 50 % (125-100-125) con acolchado.
7. Inoculación con *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices* + 2 aplicaciones, fertilización (125-100-125) sin acolchado.
8. Inoculación con *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices* + 2 aplicaciones, fertilización (125-100-125) con acolchado.

3.4. Metodología.

3.4.1. Preparación del terreno

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

3.4.2. Instalación del sistema de riego y establecimiento del acolchado

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

3.4.3. Siembra

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

3.4.4. Inoculaciones

Se realizaron a los 15 y 30 días después de la siembra, este procedimiento consistió en aplicar en la base del tallo de las plantas de pepino 1 ml de la solución que contenían las rizobacterias y 1 g del producto que contenían los hongos micorrícicos.

3.5. Prácticas culturales realizadas en la producción de pepino orgánico.

3.5.1. Tutoreo

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

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

3.5.2. Deshoje

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

3.5.3. Poda

Las plantas fueron guiadas a un solo tallo, eliminando de forma manual los brotes laterales que salían en los tallos principales.

3.5.4. Nutrición y riegos

Para la nutrición de las plantas se utilizaron fertilizantes como sulfato de amonio, fosfato monopotásico y nitrato de potasio que fueron suministrados a la planta a través del riego. El fertirriego se aplicó tres veces por semana mediante un sistema presurizado de cintillas, utilizando tensiómetros para medir la humedad del suelo y saber cuándo era necesario aplicar los riegos para no tener demasiada humedad y evitar la incidencia de plagas y enfermedades.

3.5.5. Manejo de plagas y enfermedades

Para el manejo de plagas y enfermedades utilizamos productos orgánicos y biológicos.

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

Para controlar la incidencia de minador se utilizó el producto Abamixin que es un insecticida acaricida de amplio espectro a razón de 0.75 a 1.0 L/ha, para el control de pulgones y trips se utilizó el producto eBioluzion que es un

insecticida de amplio espectro a razón de 1.0 – 2.0 L/ha. Para la mosquita blanca se utilizó el Pestil out que es un repelente insecticida orgánico a razón de 0.5 a 1.0 l/ha.

Las enfermedades que se presentaron durante el ciclo fueron cenciilla (*Erysiphe cichoracearum*), nemátodos (*Meloidogyne sp*), mal del talluelo (*Pythium sp*), virus mosaico del pepino (*zymv*).

Para el control de la cenicilla se utilizó el producto Mildout que es un biofungicida para el control de cenicillas a razón de 1.0 a 1.5 L/ha en intervalos de 7 días y para nematodos se aplicó el producto Nematron Plus que es un nematicida orgánico biológico.

Cuadro 3.1. Productos orgánicos aplicados al cultivo de pepino durante el desarrollo del cultivo para prevenir y controlar plagas y enfermedades.

PRODUCTO	ACTIVIDAD BIOLÓGICA
Aminomax R	<ul style="list-style-type: none"> • Aminoácidos de origen vegetal y animal para la aplicación a las raíces a través del sistema de riego.
Multi Green L	<ul style="list-style-type: none"> • Bioestimulante complejo con micronutrientes quelatados.
Trichobiol	<ul style="list-style-type: none"> • Agente de biocontrol de hongos fitopatógenos.
Nematron Plus	<ul style="list-style-type: none"> • Nematicida orgánico-microbiológico.
MildOut	<ul style="list-style-type: none"> • Biofungicida para el control de cenicillas.
eBioluzion	<ul style="list-style-type: none"> • Insecticida orgánico de amplio espectro.
FungiOut	<ul style="list-style-type: none"> • Fungicida inductor de resistencia foliar.
Larbiol 2X	<ul style="list-style-type: none"> • Larvicida biológico.
AgroVida	<ul style="list-style-type: none"> • Fertilizante foliar enriquecido con potasio y aminoácidos.
Akabrown	<ul style="list-style-type: none"> • Acaricida orgánico.
Pestil Out	<ul style="list-style-type: none"> • Repelente insecticida compuesto a base de productos orgánicos.
Azidol orgánico	<ul style="list-style-type: none"> • Acidificante, buferizante y dispersante con titulador pH
Profixx Zit	<ul style="list-style-type: none"> • Promotor de floración y amarre de frutos.
Best Ultra S	<ul style="list-style-type: none"> • Fungicida nematicida compuesto a base de productos microbiológicos, orgánicos y minerales.
Abamixxin	<ul style="list-style-type: none"> • Insecticida acaricida de amplio espectro.
Destroyer Bio	<ul style="list-style-type: none"> • Biofumigante de suelos de origen natural.

AzoTon AA Plus Ecorriza-S	<ul style="list-style-type: none"> • Complejo biofertilizante aportador de Nitrógeno. • Biofertilizante-inoculante para semillas.
---------------------------------	---

3.5.6. Cosecha

La cosecha se realizó 2 veces por semana cuando los pepinos habían alcanzado su madurez fisiológica considerando como indicadores el tamaño del fruto cuando tenían entre 25 cm y 30 cm de longitud, color verde oscuro, además, los ángulos o aristas del fruto desaparecieron o sea que el fruto se tornó cilíndrico y cuando las espinas se desprendían fácilmente del fruto. Durante el ciclo del cultivo se realizaron 6 cortes.

3.6. Variables evaluadas

Las variables que a continuación se muestran se evaluaron mediante el método destructivo arrancando las plantas para proceder a la evaluación en el laboratorio.

Cuadro 3.2. Variables evaluadas durante el establecimiento del cultivo de pepino a campo abierto.

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

3.7. Colecta de datos.

Se colectaron mediante tres muestreos durante todo el ciclo vegetativo del cultivo, el cual consistió en remover 10 plantas por tratamiento del experimento establecido.

3.8. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado para este trabajo estuvo constituido por 8 tratamientos y cuatro repeticiones distribuidos completamente al azar con arreglo factorial. Cada unidad experimental estuvo constituida por una cama de 6 metros de longitud y una separación de 1.80 metros entre camas, se sembró a una distancia entre plantas de 0.30 metros. El experimento se conformó por 32 camas teniendo un área total de 504 m² y cada cama presentaba una unidad experimental. El modelo estadístico del diseño bloques al azar con arreglo factorial fue el siguiente:

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

Donde :

μ = efecto de la media general

α_i = efecto del i-esima media del factor A (Acolchado)

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

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

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

$\alpha\gamma_{jk}$ = interaccion de los tratamientos A C

$\beta\gamma_{jk}$ = interaccion de los tratamientos B C

$\alpha\beta\gamma_{ijk}$ = interaccion de los tratamientos A B y C

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

i = 1, 2 acolchado.

j = 1, 2..... dosis de fertilización.

K= 1,2..... microorganismos.

L= 1,2,3,4..... repeticiones.

IV.RESULTADOS Y DISCUSION.

4.1. Diámetro de tallo.

Al realizar el análisis de varianza se encontró una diferencia altamente significativa para el factor A (acolchado) sobresaliendo en un 17.59%, lo anterior indica que los tratamientos con acolchado tuvieron un valor promedio de 13.69 mm en comparación con los tratamientos que no tenían acolchado los cuales reportaron un valor promedio de 11.64 mm (Figura 4.1).

En el caso del factor C (Microorganismos) se encontró diferencia altamente significativa sobresaliendo en un 3.66% los tratamientos que fueron inoculados con la bacteria *A. brasilense* y el hongo *G. intraradices*.

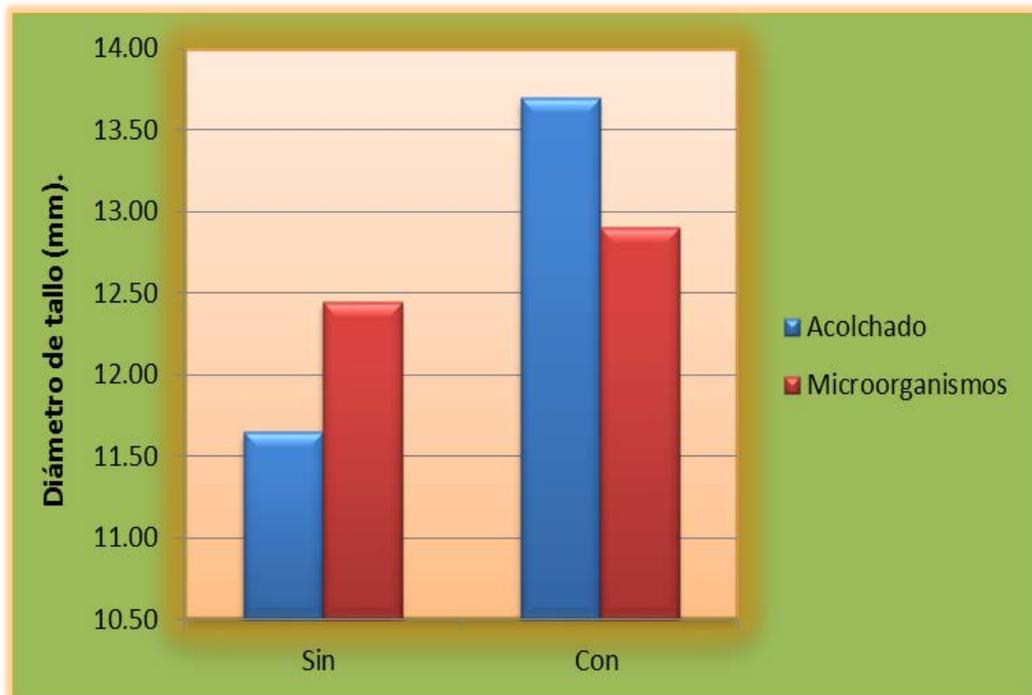


Figura 4.1. Efecto del factor acolchado y microorganismos en el diámetro de tallo.

En las interacciones (AxB), (AxC), (BxC) y (AxBxC) no se encontraron diferencias significativas. Estudios realizados por (Ashrafuzzaman *et al.*, 2009) utilizando rizobacterias en plantas de arroz encontró un mayor diámetro de tallo.

4.2. Altura de planta.

En esta variable al realizar el análisis de varianza se encontró una diferencia altamente significativa para el factor A (acolchado) sobresaliendo en un 29.38%, esto indica que los tratamientos con acolchado tuvieron mayor altura con un promedio de 125.89 cm en comparación con los tratamientos que no utilizaron acolchado los cuales reportaron un valor de 97.3 cm (Figura 4.2).

En el caso del factor C (Microorganismos) se encontró diferencia significativa, esto nos indica que los tratamientos que fueron inoculados con los microorganismos fueron superiores en un 5.58 % en comparación con los tratamientos sin inocular.

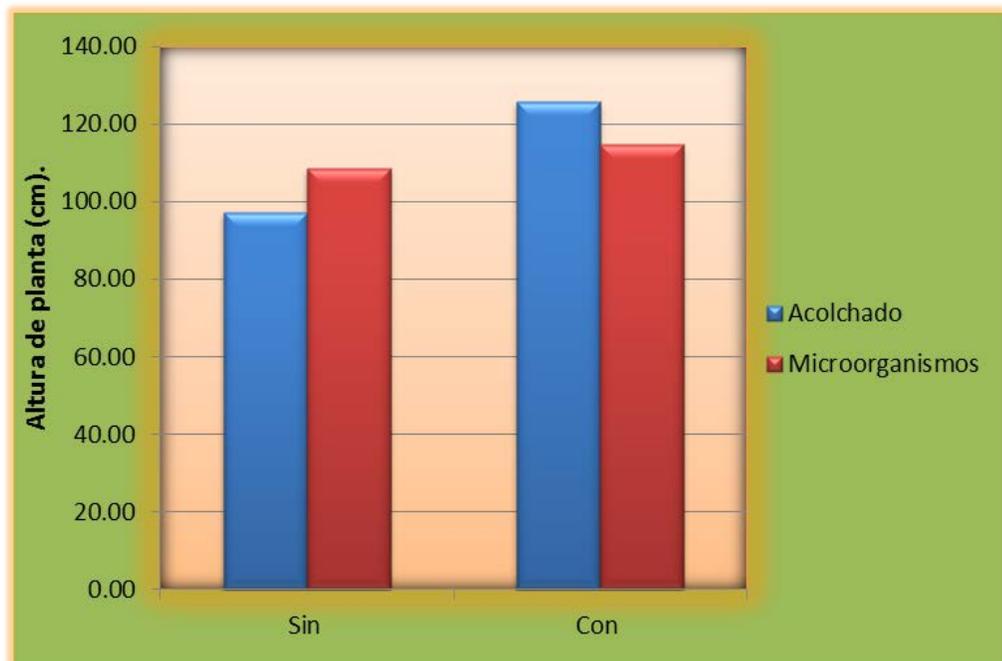


Figura 4.2. Efecto del factor acolchado y microorganismos en la altura de planta.

Para el factor B (Fertilización) no se encontraron diferencias significativas al igual que en las interacciones (AxB), (AxC), (BxC) y (AxBxC) lo cual indica que los factores se comportaron de manera independiente.

Estudios realizados por Elsen *et al.* (2003) y Ramos *et al.* (2009) utilizando hongos endomicorrícicos, lograron incrementar el crecimiento de plántulas de plátano y banano. Por otra parte Felici *et al.* (2008) inoculando rizobacterias en plantas de tomate obtuvo una mayor altura del follaje.

4.3. Número de hojas.

Las hojas, en conjunto, constituyen el órgano más importante de la planta y juegan el papel principal en las actividades anabólicas por medio de la clorofila, que poseen en abundancia, único medio para los procesos fotosintéticos.

En el análisis de varianza realizado a la variable número de hojas (Figura 4.3), muestra que para el factor A (Acolchado) existe diferencia altamente significativa siendo superior en un 13.06% sobre los tratamientos que no utilizaron acolchado plástico.

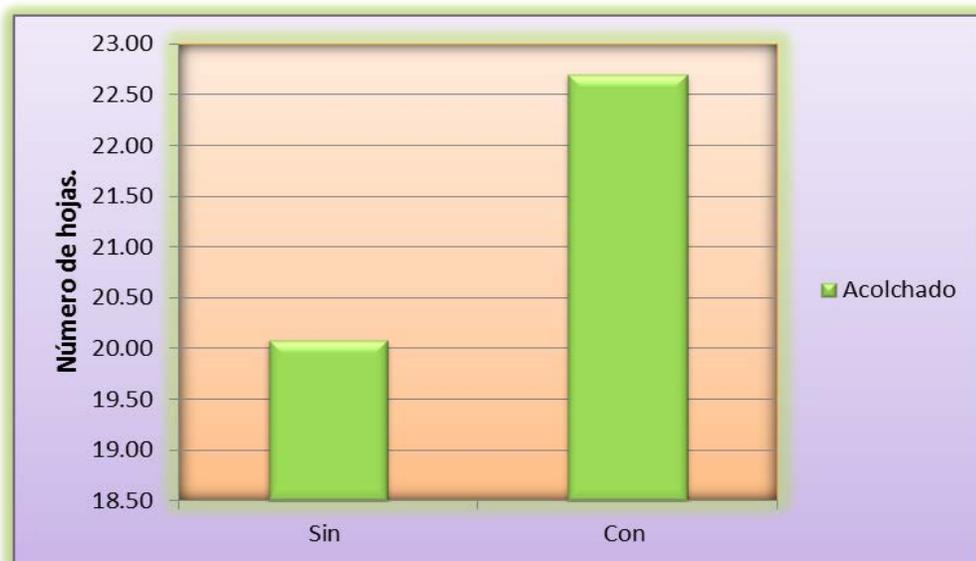


Figura 4.3. Efecto del factor acolchado en el número de hojas.

Para el factor B (Fertilización) y C (Microorganismos) no se encontraron diferencias significativas lo cual indica que los factores se comportaron de manera independiente. En las interacciones (AxB), (AxC), (BxC) y (AxBxC) no se encontraron diferencias significativas.

Remison (2010) al realizar estudios utilizando rizobacterias encontró que estas favorecen el crecimiento de las plantas y la cantidad de hojas en la misma.

4.4. Número de frutos.

Al realizar el análisis de varianza encontramos una diferencia altamente significativa para el factor A (acolchado) sobresaliendo en un 11.08% con respecto a los tratamientos que no utilizaron el acolchado (Figura 4.4).

El factor C (Microorganismos) mostró una diferencia altamente significativa sobresaliendo los tratamientos inoculados con el hongo *G. intraradices* y la bacteria *A. brasilense* en un 23.9% sobre los tratamientos sin inocular.

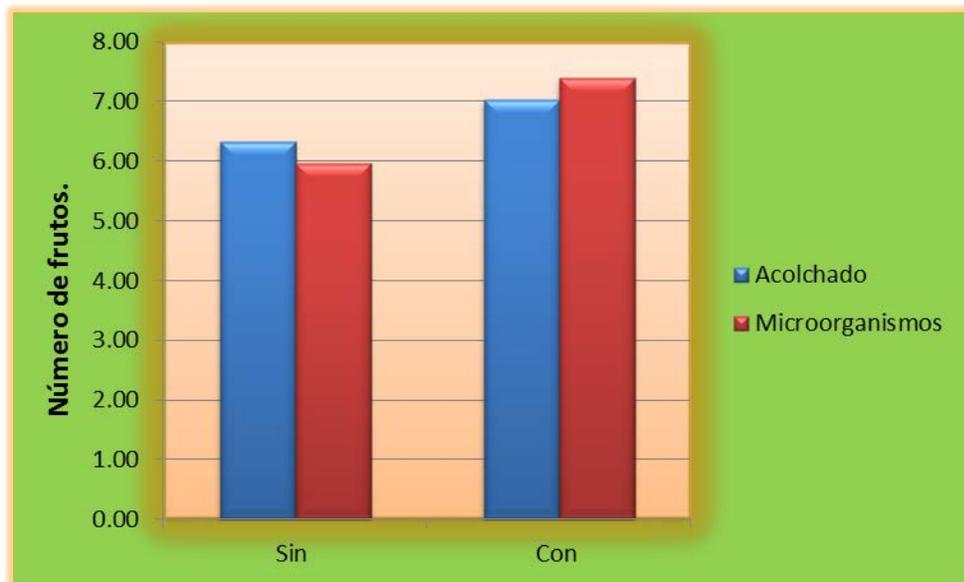


Figura 4.4. Efecto del factor acolchado y microorganismos en el número de frutos.

Para el factor B (Fertilización) no se encontró diferencia significativa lo cual indica que el factor se comportó de manera independiente al igual que en las interacciones (AxB), (AxC), (BxC) y (AxBxC).

4.5. Área foliar.

El área foliar es uno de los parámetros más significativos en la evaluación del crecimiento de las plantas; su adecuada determinación durante el ciclo del cultivo posibilita conocer el crecimiento y el desarrollo de la planta, la eficiencia fotosintética y, en consecuencia, la producción total de la planta (Teruel, 1995; Costa, 1999).

El área foliar total, que ha sido directamente relacionada con la cantidad de clorofila, es un parámetro importante para estimar la habilidad de la planta para sintetizar materia seca (Campostrini y Yamanishi, 2001).

En esta variable al realizar el análisis de varianza se encontró una diferencia altamente significativa para el factor A (acolchado) sobresaliendo en un 30.40% los tratamientos con acolchado en comparación con los tratamientos que no utilizaron acolchado plástico (Figura 4.5).

Con respecto al factor C (Microorganismos) también se encontró una diferencia altamente significativa sobresaliendo los tratamientos que se inocularon con los biofertilizantes en un 12.35% sobre los tratamientos sin inocular.

En el análisis estadístico se encontró que el factor B (Fertilización) no produjo diferencias significativas entre los tratamientos al igual que en las interacciones (AxB), (AxC), (BxC) y (AxBxC); esto indica que los factores se comportaron de manera independiente

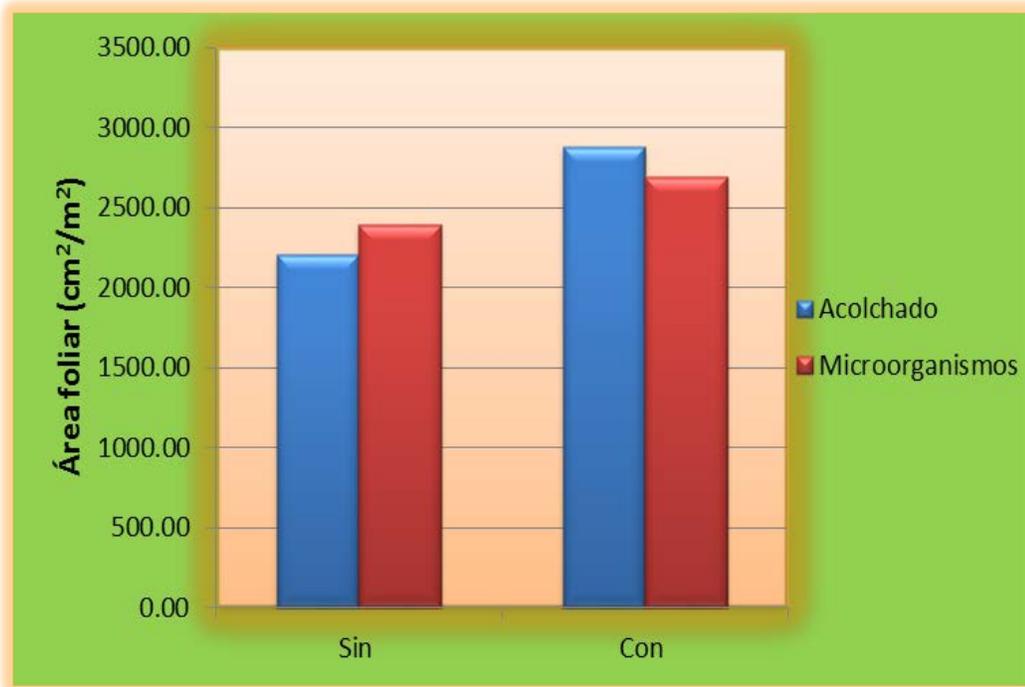


Figura 4.5. Efecto del factor acolchado y microorganismos en el área foliar (cm²/m²).

Valdez-Aguilar (2004) realizó estudios en plantas de crisantemo y mini-rosa en invernadero inoculando HMA sometidas a alcalinidad y encontró que las plantas inoculadas obtuvieron mayor área foliar. Resultados similares obtuvieron Lee y George (2005), al inocular plantas de pepino que obtuvieron una mayor área foliar con respecto a las plantas sin inocular.

4.6 Peso seco.

Al realizar el análisis de varianza encontramos una diferencia altamente significativa para el factor A (acolchado) destacando en un 38.23% el ambiente con acolchado con respecto a los tratamientos que no utilizaron acolchado plástico (Figura 6).

Para el factor C (Microorganismos) se encontró diferencia significativa sobresaliendo en un 9.03% el ambiente con microorganismos con respecto a los tratamientos que no se le aplicaron microorganismos.

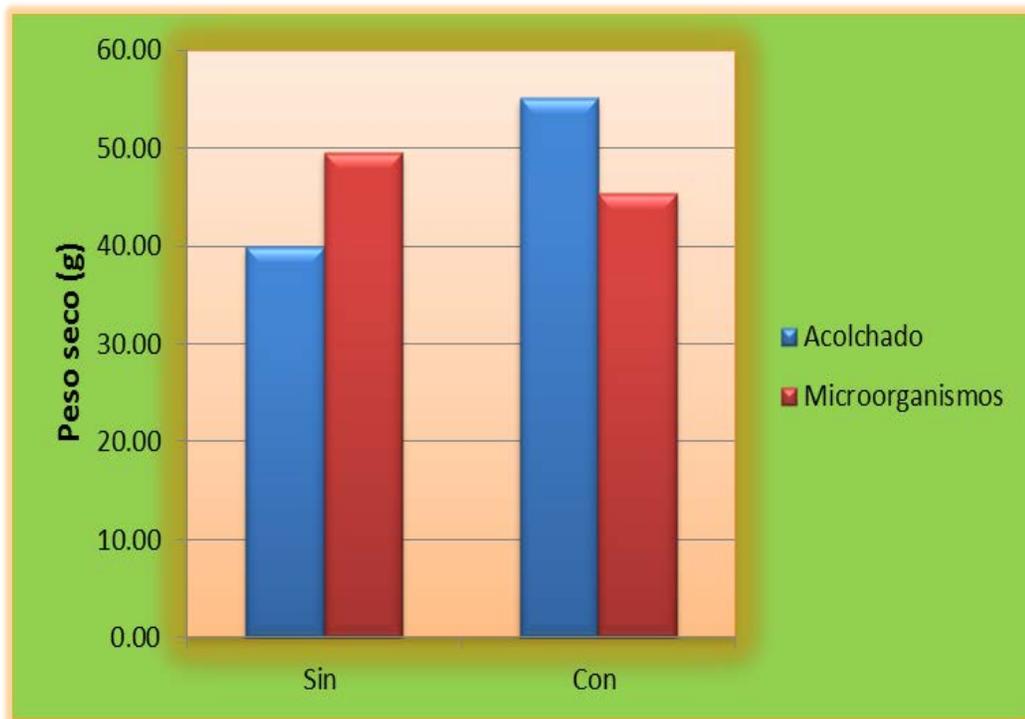


Figura 4.6. Efecto del acolchado plástico y microorganismos en el peso seco de las plantas de pepino.

Para el factor B (Fertilización) no se encontraron diferencias significativas al igual que en las interacciones (AxB), (AxC), (BxC) y (AxBxC) lo cual indica que los factores se comportaron de manera independiente.

Smith *et al.* (1986) utilizaron micorrizas en invernadero en plantas de cebolla y obtuvo mayor peso seco en comparación a las plantas no inoculadas. Por otra parte Wang *et al.* (2008) encontraron que plantas de pepino inoculadas con hongos micorrícicos obtuvieron mayor biomasa seca.

4.7. Rendimiento.

Los resultados obtenidos al realizar el análisis de varianza encontramos una diferencia altamente significativa para el factor A (acolchado) sobresaliendo en un 22.41%, esto indica que los tratamientos con acolchado tuvieron un

rendimiento promedio de 16.12 kg en comparación con los tratamientos sin acolchar que obtuvieron un rendimiento de 13.17 kg (Figura 7)

Para el factor C (Microorganismos) se encontró una diferencia altamente significativa sobresaliendo en un 21.64% los tratamientos inoculados con la bacteria *A. brasilense* y el hongo micorrícico *G. intraradices* con un rendimiento de 16.07 kg sobre los tratamientos que no fueron inoculados que reportaron un rendimiento de 13.21 kg.

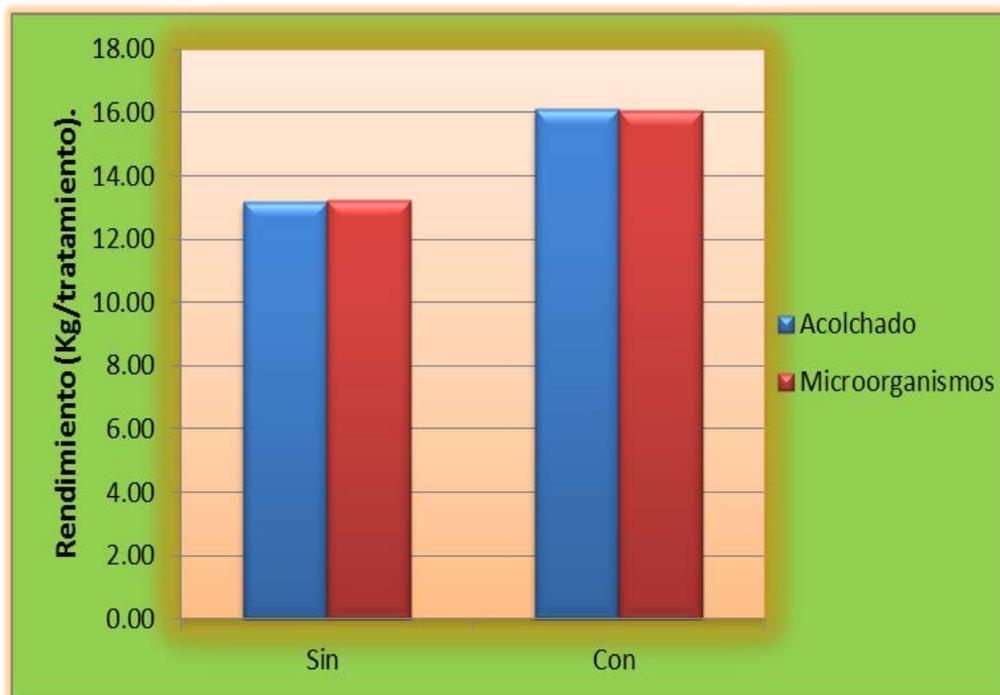


Figura 4.7. Efecto del acolchado plástico y microorganismos en el rendimiento del cultivo de pepino a campo abierto.

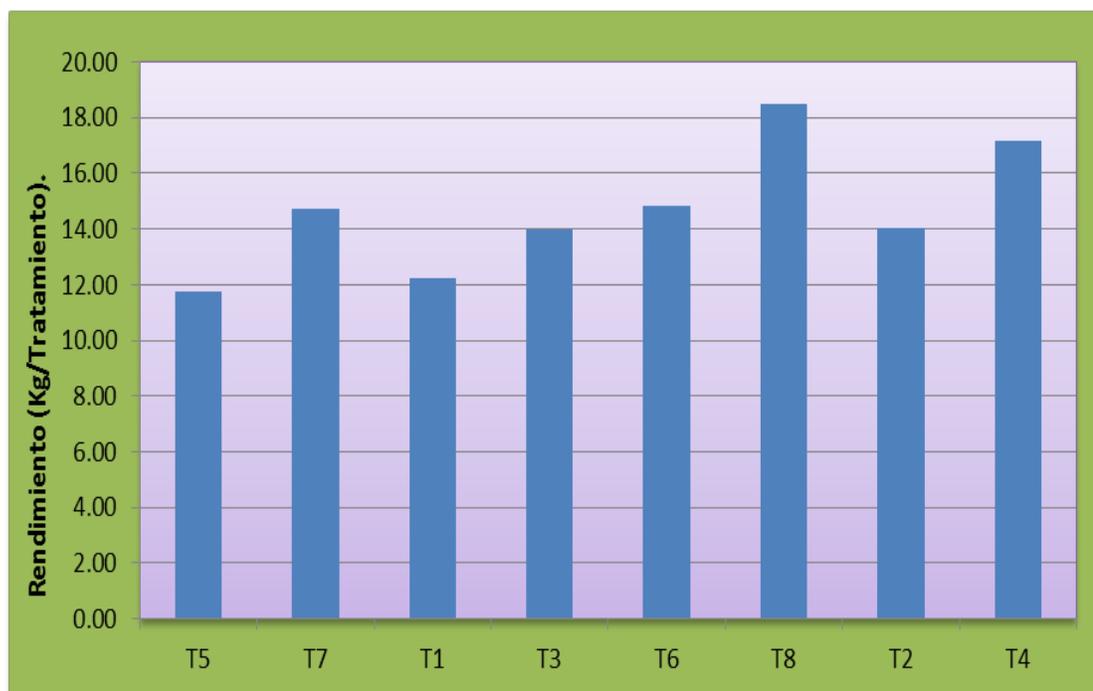
Al hacer la comparación de medias se observa que los tratamientos inoculados reportaron mayor rendimiento que los tratamientos que no fueron inoculados como se puede apreciar a continuación:

El T7 *Azo* + *Glo* (semilla+2aplic)+50% Fertilización sin ACOL sobresaliendo en un 25.14% con un rendimiento de 14.73 kg en comparación con el T5 50% Fertilización sin ACOL que obtuvo un rendimiento de 11.77 kg ,

el T3 Azo + *Glo*(semilla+2aplic)+100% Fertilización sin ACOL fue superior en 14.23% con un rendimiento de 13.96 kg sobre el T1 100% Fertilización (250-200-250) sin ACOL que reportó un rendimiento de 12.22 kg, el T8 Azo + *Glo* (semilla+2aplic)+50% Fertilización con ACOL sobresalió en un 24.62% con un rendimiento de 18.47 kg en comparación con el T6 50% Fertilización (125-100-125) con ACOL que reportó un rendimiento de 14.82 kg y por último el T4 Azo + *Glo* (semilla+2aplic)+100% Fertilización con ACOL fue superior en un 22.06% con un rendimiento de 17.15 kg en comparación con el T2 100% Fertilización (250-200-250) con ACOL que obtuvo un rendimiento de 14.05 kg.

De igual forma los tratamientos con acolchado obtuvieron un mayor rendimiento en comparación con los tratamientos sin acolchar, al igual que los tratamientos con la dosis de fertilización al 100% fueron superiores en su mayoría en comparación a los tratamientos que se les aplicó solo el 50% de fertilización esto indica que los factores se comportaron de manera independiente.

El tratamiento que mejor rendimiento obtuvo fue el T8 con 18.47 kg lo que es equivalente a 30.78 ton/ha, siguiendo el T4 con 17.15 kg que equivale a 28.58 ton/ha, el T6 con 14.82 kg lo que es equivalente a 24.7 ton/ha. El tratamiento que obtuvo el menor rendimiento fue el T5 con 11.77 kg lo que es equivalente a 19.61 ton/ha.



Tratamientos: T1= 250-200-250 SA, T2= 250-200-250 CA, T3= Azo + glo (semilla+2 aplic) + 250-200-250 SA, T4= Azo + glo (semilla+2 aplic) + 250-200-250 CA, T5= 125-100-125 SA, T6= 125-100-125 CA, T7= Azo + glo (semilla+2 aplic) + 125-100-125 SA y T8= Azo + glo (semilla+2 aplic) + 125-100-125 CA.

Figura 4.8. Rendimiento total Kg/tratamiento del cultivo de pepino a cielo abierto.

(Padilla, *et al.*, 2006) reportaron incrementos cercanos al 36% en la producción de melón, a partir de la incorporación de micorrizas arbusculares en los cultivos. Obtuvieron, además, un ahorro del 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 del uso de fungicidas.

Ferrera-Cerrato (1995) al realizar estudios en tomate de cáscara obtuvieron altos rendimientos en comparación con las plantas sin inocular. En un trabajo similar (Charron *et al.*, 2008) al inocular plantas de pepino y con fertilización al 50 % obtuvo rendimientos similares al usar fertilización completa.

V. CONCLUSIONES.

En base a los resultados obtenidos, se concluye que:

- El uso combinado de fertilizantes químicos en dosis bajas y biofertilizantes en este caso rizobacterias y hongos micorrícicos aportan resultados positivos, generan rendimiento rentable, se minimizan los costos y se disminuyen los impactos adversos causados sobre el ambiente por las actividades agrícolas.
- El uso de plásticos en la agricultura aunado a los microorganismos y fertilización química en dosis bajas aportan buen rendimiento y aumentan las ganancias por área cultivada.
- El acolchado plástico cuyo objetivo es el de ahorrar agua incide sobre la producción consiguiendo un aumento de los rendimientos y acortando su ciclo productivo, adelantando la cosecha de tal forma que permite una mejor posición de los productos en el mercado.
- Al reducir la dosis de la fertilización química o sustituirla con los biofertilizantes tenemos resultados favorables ya que permite mejorar la productividad por área cultivada en corto tiempo, consumir menores cantidades de energía, mitigar la contaminación del suelo y el agua, incrementar la fertilidad del suelo y favorecer el antagonismo y control de organismos fitopatógenos. Lo anterior se ve traducido en beneficios económicos para los agricultores por el efecto de los menores costos tanto en la producción como en la aplicación.

- En la agricultura sustentable es necesario considerar estrategias como son la coinoculación dado las ventajas que tiene sobre el uso de fertilizantes químicos, además la coinoculación representa una forma de mantener y conservar los recursos naturales específicamente la fertilidad del suelo, restaurar ambientes que han sido deteriorados por las actividades agrícolas mal empleadas como son: el uso excesivo de fertilización química, uso de maquinaria, pesticidas y sistemas de riego poco eficientes.
- Sin embargo ningún tipo de microorganismos utilizados en coinoculantes causa contaminación y además de ser inocuos para las plantas, animales y humanos.

VI. LITERATURA CITADA.

- Aguilar-Piedras JJ. 2008. Producción del ácido indol-3-acético en *Azospirillum*. Rev Latinoam Microbiol 2008; 50 (1-2): 29-37.
- Allen, M. F., W. Swenson, J. I. Querejeta, L. M. Egerton-Warburton, and K. K. Treseder. 2003. Ecology of mycorrhizae: a conceptual framework for complex interactions among plant and fungi. An. Rev. Phytopathol. 41: 271-303.
- Ashrafuzzaman, M. F. Akthar, M. Razi, M. Hoque, M. Zahurul, S. M. Shahidullah. 2009. Efficiency of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth. African Journal of Biotechnology 8:1247-1252.
- Augé, R.M. 2004. Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. Can. J. Soil Sci. 84:373-381.
- Azcón-Aguilar, C., Jaime-Vega M.C., Calvet C.. 2002. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to the control of soil-borne plant pathogen. p. 187-197. In Gianinazzi, S., Schüepp H. Haselwandter (eds.) Mycorrhizal technology in agriculture: From genes to bioproducts. Birkhäuser Verlag AG, Basel, Switzerland.
- Bashan, Y., Holguin, G., Bashan, L. E. 2004. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). Can J Microbiol 50: 521-577.

- Benitez, 2002. Plantando conceptos y cosechando buenos resultados. En: Leisa Revista de Agroecología. Vol. 18, no. 3, p. 6-9.
- Caballero, J., 2008. "El género Azospirillum", http://www.microbiologia.org.mx/microbiosenlinea/Capitulo_14/Capitulo14.pdf, (Mayo, 2008).
- Campostrini, E.; Yamanishi, O.K. 2001. Estimativa da área foliar do mamoeiro utilizando o comprimento da nervadura central. Scientia Agrícola (Brasil). 58(1):39-42.
- Charron G., Furlan V., Bernier-Cardou m., Doyon g., 2008. Response of onion plants to arbuscular mycorrhizae. 2. Effects of inoculum method and phosphorus fertilization on biomass and bulb firmness. Mycorrhiza 11, 187-197.
- Chirinos, 2006. Uso de insumos biológicos como alternativa para la agricultura sostenible en la zona sur del Estado Anzoátegui. En: Revista Digital Ceniap Hoy. Mayo-agosto. Nº 11, p. 1-7.
- Claridades Agropecuarias: (1999). Un horizonte en el mercado agropecuario. Revista de publicación mensual. ASERCA. 60: 38. Claridades agropecuarias 2005. La agricultura orgánica en el mundo. Pp. 4-5.
- Comisión para la Investigación y la Defensa de las Hortalizas (CIDH), 2002 [En línea]. <http://www.cidh.org.mx/monografias/pepino.html>. Compost sobre propágulos micorrícicos arbusculares en un suelo volcánico.
- Costa, M.C. 1999. Efeitos de diferentes lâminas de água com dois níveis de salinidade na cultura do meloeiro. Tese doutorado, Universidade Estadual de Sao Paulo UNESP Botucatu Brasil. 115p. del centro sur de Chile. R.C. Suelo Nutr. Veg.

- Douds, D.D., Nagahashi, G., Pfeffer, P.E., Kayser W.M and Reider, C. 2005. On-farm production and utilisation of arbuscular mycorrhizal fungus inoculum. *Can. J. Plant Sci.* 85:15-21.
- Elsen, A.; Baimey, H.; Swennen, R.; y De Waele, D. 2003. Relative mycorrhizal dependency and mycorrhiza- nematode interaction in banana cultivars (*Musa* spp.) differing in nematode susceptibility. *Plant Soil* 256:303 - 313.
- Espinosa-Victoria, D., González-Mendoza D., Placencia-de la Parra y García-Espinosa R. 2004. Reducción de la incidencia de *Phytophthora capsici* Leo en el sistema radical de plántulas de chile pre-micorrizadas con *Glomus intraradices*. *Terra Latinoamericana* 22: 317-326.
- Faostat, 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Felici, C., Vettori L., Giraldi, E., Forino, A., Toffain, A. M., Tagliasacchi and M. Nuti. 2008. Single and co-inoculation of *Bacillus subtilis* and *Azospirillum brasilense* on *Lycopersicon esculentum*: Effects on plant growth and rhizosphere microbial community. *Applied Soil Ecology* 40:260-370.
- Fernández, F; J. M; Rodríguez, P. 2006. Efectividad de algunos tipos de inoculantes micorrícicos a base de *Glomus hoi-like* en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. var *Amalia*). *Cultivos Tropicales* 27(3): 25-30.
- Ferrera-cerrato 1995. Uso de la vermicomposta y micorrizas en la producción de hortalizas. pp 138. In memorias de la 1ª reunión internacional de ecología microbiana. CINVESTAV-IPN. D.F. México.
- Galvani, E.; Escobedo, J.F.; Cunha, A.R; Klosowski, E.S. 2000. Estimativa do índice de área foliar e da produtividade de pepino em meio protegido -

cultivo de invierno e de verão. Rev. Bras. de Engenharia Agrícola e Ambiental. 4:8-13.

Gálvez, H. F. 2004. El cultivo del pepino en invernadero, pp 282-293 En: J.Z Castellanos(Ed). Manual de Producción Hortícola en invernadero, 2ª Ed. INTAGRI. México.

García, F. 2004. ¿Qué es el control biológico? En: Guía de insumos biológicos para el Manejo Integrado de Plagas. Corporación para Desarrollo de Insumos y Servicios Agroecológicos Harmonia. pp 15-16.

Gómez, M. 2003. Producción, comercialización y certificación de la agricultura orgánica en América Latina. CIESTAAM y AUNA-Cuba, Chapingo, México, 291p.

Gómez, T.L., Gómez C.M.A y Schwentesius, and Gómez–Tovar. 2006. Agricultura orgánica de México. Chapingo, México: CIESTAAM.

Infoagro, 2007. El cultivo de pepino [En línea]. [www.infoagro.com Pepino \ guias para producir \ pepino archivos html\pepino.htm](http://www.infoagro.com/Pepino/guias/para_producir/pepino_archivos_html/pepino.htm).

Kennedy, I.R., Choudhury, A.T., and Kecskes, M.L. 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited?. Soil Biology and Biochemistry 36: 1229-1244.

Kremen Amy, Catherine Greene and Jim Hanson. 2004. Organic produce, price premiums, and eco-labeling in U.S. farmers' markets. Economic Research Service, USDA, VGS-301-01, USA, 12p.

Lampkin, N. 1999. Organic farming in the European Union. Overview, policies and perspectives. Ponencia presentada en la conferencia "Farming in the European Union Perspectives for the 21st century". Baden, Austria, 6 p.

- Lee Y.J., George E., 2005. Contribution of mycorrhizal hyphae to the uptake of metal cations by cucumber plants at two levels of phosphorus supply. *Plant Soil* 278(1-2), 361-370.
- Linderman, R.G., and Davis E.A. 2004. Varied response of marigold (*Tagetes* spp.) genotypes to inoculation with different arbuscular mycorrhizal fungi. *Sci. Hortic. (Canterbury, Engl.)* 99:67-78.
- Loredo-Osti,C.,L. López-Reyes y Espinosa-Victoria. 2004. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: una revisión. *Terra Latinoamericana* 22: 225-239.
- Lucy,M., Reed, E. y Bernard R. Glick. 2004. Applications of free living growth-promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek* 86(1): 1-25.
- Marquez, H. C.; Cano, R. P. 2005. Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Actas Portuguesas de Horticultura* 5:219-224.
- 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.
- Millaleo, M., R. Montecinos, U., C. Rubio, H., R.2006. Efecto de la adición de composta sobre propágulos micorrícicos arbusculares en un suelo volcánico del centro sur de Chile. *R.C. Suelo Nutr. Veg.*
- Padilla, E. 2006. Efecto de biofertilizantes en cultivo de melón con acolchado de polietileno. En: *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 29, No 4, p. 321-329.
- Puente, M. y Peticari Alejandro 2006. Promotores del crecimiento vegetal. Características y uso potencial en el agro argentino. *Revista de los CREA*. Año XXXVI- N° 304-Febrero 2006. Pág.66-69.

- Quintero. S.R. (2000). El cultivo del aguacate orgánico en México. Curso internacional para inspectores orgánicos IFOAM/BIOAGRICOOOP Volumen I. Ex hacienda Caracha, Uruapan, Michoacán, México. Abril del 2000. Instituto Politécnico Nacional, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Ramos, A. C.; Martins, M. A.; Okorokova-Façanha 2009, mycorrhizal fungi induce differential activation of the plasma membrane and vacuolar H⁺ pumps in maize roots. *Mycorrhiza* 19:69 - 80.
- Remison S. U. 2010. Growth and yield of cucumber as influenced by farmyard manure and inorganic fertilizer. *Report and opinion* 2:1-6.
- Rodríguez D. N.; Cano R. y Favela E. (2007). Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Memorias del Simposio Internacional de agricultura Sustentable*. Saltillo, Coahuila México 24 al 26 de octubre del 2007.
- Rodríguez, Y., De la Noval B., Fernández F., y Rodríguez P. 2004. Estudio comparativo del comportamiento de seis cepas de hongos micorrícicos arbusculares en su interacción con el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. var. "Amalia"). *Ecología Aplicada* 3(1 y 2):162-171.
- Rodriguez-Dimas N., Cano-rios P., Favela-Chavez E., Figueroa.Viramontes U., V. de Paul-Alvarez; A. Palomo-Gil; C. Marquez-Hernandez; Moreno-Resendez.,A. (2007) Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Chapingo serie horticultura* vol. XIII.2 Pp. 185-192.
- Sahota, A. 2004. Overview of the global market for organic food and drink. En: *The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2004*. IFOAM, FIBL, SÖL, Germany, pp. 21-26.

- Saura, G., Fernandez, R. Hidalgo, J. 2003, "Fijador de nitrógeno Azospirillum spp.", <http://www.fiagro.org.sv/archivos/0/431.pdf>, (Noviembre, 2008).
- Schnepf A., Roose T. & Schweiger P. (2008). Growth model for arbuscular mycorrhizal fungi. J. R. Soc. Interface 5, 773–784.
- Smith, S. E., St John B.J., Smith F.A. and Bromley J.L. 1986. Effects of mycorrhizal infection on plant growth, nitrogen and phosphorus nutrition in glass house-grown *Allium cepa* L. New Phytol. 103:359-373.
- Siap, 2010. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Sagarpa, México.
- Souchie, E.L., Azcón R., Barea J.M., Saggin-Júnior, and Ribeiro da Silva E.M. 2006. Phosphate solubilizing and arbuscular mycorrhizal fungi. Pesq. Agropec. Bras. 41(9):1405-1411.
- Tarara, J.M., 2000. Microclimate modification with plastic mulch. HortSci. 35: 169-180.
- Terry, E.; Leyva, A. 2006. Evaluación agrobiológica de la inoculación micorrizas-rizobacterias en tomate. Agronomía Costarricense 30(1): 65-73.
- Teruel, D.A. 1995. Modelagem do índice de área foliar de cana açúcar em diferentes regimes hídricos. Tese mestrado. Escola Superior de Agricultura, ESALQ, Piracicaba, S.P. Brasil. 93p.
- Utria-Borges, E., V. Rodríguez-Oquendo, L. Moisés-Medina, J. Calderón-Aguaedo y F. Suárez-Soria. 2004. Respuesta de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) a la aplicación de brassinosteroides en diferentes

concentraciones y épocas de su desarrollo. Rev. Chapingo Serie Hort. 10: 11-14.

Valdez-Aguilar LA (2004) Effect of alkalinity in irrigation water on selected greenhouse crops. PhD thesis in Horticulture, Texas A&M University, 500014, p 489.

Velasco-Velasco, J., R. Ferrera-Cerrato y J. J. Almaraz-Suárez. 2001. Vermicomposta, micorriza arbuscular *Azospirillum brasilense* en tomate de cáscara. Terra 19: 241-248.

Vessey, K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255: 571-586.

Wang C., Li x., Zhou J., Wang G., Dong Y., 2008. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and yield of cucumber plants. Comm Soil Sci Plant Anal 39, 499-509.

Willer Helga and Minou Yussefi. 2004. *The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2004*. IFOAM, FIBL, SÖL, Germany, 167p.

Yussefi, M. and H. Willer 2002. Organic agriculture worldwide 2002. Statistics and future prospects, Stiftunh Ökologie & Landbau, Germany, 157 p.

APÉNDICE.

Cuadro A 1. Análisis de varianza (ANVA) de bloques al azar con arreglo factorial para la variable diámetro de tallo.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	3	0.284668	0.094889	0.5244	0.674
FACTOR A	1	33.600098	33.600098	185.6943	0.000 **
FACTOR B	1	0.049805	0.049805	0.2753	0.611 NS
FACTOR C	1	1.661133	1.661133	9.1804	0.006 **
A X B	1	1.090820	1.090820	6.0285	0.022 NS
A X C	1	0.193848	0.193848	1.0713	0.313 NS
B X C	1	0.057617	0.057617	0.3184	0.585 NS
A X B X C	1	0.023438	0.023438	0.1295	0.723 NS
ERROR	1	3.799805	0.180943		
TOTAL	31	40.761230			

C.V. = 3.3568%

Grados de significancia: **Altamente significativo ($p \leq 0.01$); *significativo ($p \leq 0.05$); NS: no significativo.

Cuadro A 2. Análisis de varianza (ANVA) bloques al azar con arreglo factorial para la variable altura de planta.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	3	360.250000	120.083336	2.5600	0.081
FACTOR A	1	6539.968750	6539.968750	139.4220	0.000**
FACTOR B	1	34.875000	34.875000	0.7435	0.597 NS
FACTOR C	1	294.312500	294.312500	6.2743	0.020 *
A X B	1	56.843750	56.843750	1.2118	0.283 NS
A X C	1	0.875000	0.875000	0.0187	0.888 NS
B X C	1	31.593750	31.593750	0.6735	0.574 NS
A X B X C	1	0.000000	0.000000	0.0000	1.000 NS
ERROR	21	985.062500	46.907738		
TOTAL	31	8303.750000			

C.V. = 6.1372%

Grados de significancia: **Altamente significativo ($p \leq 0.01$); *significativo ($p \leq 0.05$); NS: no significativo.

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

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	3	2.856445	0.952148	0.4021	0.756
FACTOR A	1	55.025391	55.025391	23.2391	0.000**
FACTOR B	1	0.736328	0.736328	0.3110	0.589 NS
FACTOR C	1	0.049805	0.049805	0.0210	0.881 NS
A X B	1	5.724609	5.724609	2.4177	0.132 NS
A X C	1	3.817383	3.817383	1.6122	0.216 NS
B X C	1	0.118164	0.118164	0.0499	0.820 NS
A X B X C	1	0.577148	0.577148	0.2437	0.632 NS
ERROR	21	49.723633	2.367792		
TOTAL	31	118.628906			

C.V. = 7.1936%

Grados de significancia: **Altamente significativo ($p \leq 0.01$); *significativo ($p \leq 0.05$); NS: no significativo.

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

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	3	1.040527	0.346842	1.1106	0.368
FACTOR A	1	3.941040	3.941040	12.6198	0.002 **
FACTOR B	1	0.698975	0.698975	2.2382	0.146 NS
FACTOR C	1	16.287598	16.287598	52.1552	0.000 **
A X B	1	0.439575	0.439575	1.4076	0.247 NS
A X C	1	0.053711	0.053711	0.1720	0.685 NS
B X C	1	0.012085	0.012085	0.0387	0.840 NS
A X B X C	1	0.088867	0.088867	0.2846	0.605 NS
ERROR	21	6.558105	0.312291		
TOTAL	31	29.120483			

C.V. = 8.3630%

Grados de significancia: **Altamente significativo ($p \leq 0.01$); *significativo ($p \leq 0.05$); NS: no significativo.

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

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	3	278848.000000	92949.335938	1.3905	0.273
FACTOR A	1	3613072.000000	3613072.000000	54.0497	0.000**
FACTOR B	1	4992.000000	4992.000000	0.0747	0.783 NS
FACTOR C	1	702288.000000	702288.000000	10.5059	0.004 **
A X B	1	271264.000000	271264.000000	4.0580	0.054 NS
A X C	1	320.000000	320.000000	0.0048	0.944 NS
B X C	1	2544.000000	2544.000000	0.0381	0.841 NS
A X B X C	1	25536.000000	25536.000000	0.3820	0.550 NS
ERROR	21	1403792.000000	66847.234375		
TOTAL	31	6302656.000000			

C.V. = 10.1532%

Grados de significancia: **Altamente significativo ($p \leq 0.01$); *significativo ($p \leq 0.05$) ; NS: no significativo.

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

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	3	143.851563	47.950520	1.9380	0.154 NS
FACTOR A	1	1859.125000	1859.125000	75.1387	0.000**
FACTOR B	1	47.695313	47.695313	1.9277	0.177 NS
FACTOR C	1	134.765625	134.765625	5.4467	0.028 *
A X B	1	99.875000	99.875000	4.0366	0.055 NS
A X C	1	7.039063	7.039063	0.2845	0.605 NS
B X C	1	46.257813	46.257813	1.8696	0.183 NS
A X B X C	1	0.046875	0.046875	0.0019	0.965 NS
ERROR	21	519.593750	24.742559		
TOTAL	31	2858.250000			

C.V. = 10.4726%

Grados de significancia: **Altamente significativo ($p \leq 0.01$); *significativo ($p \leq 0.05$) ; NS: no significativo.

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

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	3	0.152344	0.050781	0.0642	0.978
FACTOR A	1	69.736816	69.736816	88.1922	0.000**
FACTOR B	1	2.891602	2.891602	3.6568	0.067 NS
FACTOR C	1	65.493164	65.493164	82.8255	0.000**
A X B	1	1.576172	1.576172	1.9933	0.170 NS
A X C	1	2.112305	2.112305	2.6713	0.114 NS
B X C	1	1.566406	1.566406	1.9809	0.171 NS
A X B X C	1	0.217285	0.217285	0.2748	0.611 NS
ERROR	21	16.605469	0.790737		
TOTAL	31	160.351563			

C.V. = 6.0709%

Grados de significancia: **Altamente significativo ($p \leq 0.01$); *significativo ($p \leq 0.05$); NS: no significativo.

MEDIAS GENERALES.

Cuadro A 8. Medias generales de los ocho tratamientos para la variable diámetro de tallo.

Diámetro de tallo.	
Tratamiento	Media
(1) 250-200-250 sin A	11.74
(2) 250-200-250 con A	13.32
(3) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 250-200-250 sin A	12.01
(4) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 250-200-250 con A	13.79
(5) 125-100-125 sin A	11.26
(6) 125-100-125 con A	13.47
(7) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 125-100-125 sin A	11.59
(8) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 125-100-125 con A	14.22

Azo= Azospirillum brasilense; Glo= Glomus intraradices; Sin A= sin acolchado; con A= con acolchado.

Cuadro A 9. Medias generales de los ocho tratamientos para la variable altura de planta.

Altura de planta.	
Tratamiento	Media
(1) 250-200-250 sin A	95.52
(2) 250-200-250 con A	121.72
(3) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 250-200-250 sin A	103.84
(4) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 250-200-250 con A	129.49
(5) 125-100-125 sin A	92.70
(6) 125-100-125 con A	124.33
(7) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 125-100-125 sin A	97.15
(8) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 125-100-125 con A	128.03

Azo= Azospirillum brasilense; Glo= Glomus intraradices; Sin A= sin acolchado; con A= con acolchado.

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

Número de hojas.	
Tratamiento	Media
(1) 250-200-250 sin A	19.72
(2) 250-200-250 con A	21.32
(3) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 250-200-250 sin A	21.34
(4) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 250-200-250 con A	23.04
(5) 125-100-125 sin A	20.96
(6) 125-100-125 con A	22.47
(7) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 125-100-125 sin A	19.05
(8) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 125-100-125 con A	23.48

Azo= Azospirillum brasilense; Glo= Glomus intraradices; Sin A= sin acolchado; con A= con acolchado.

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

Número de frutos.	
Tratamiento	Media
(1) 250-200-250 sin A	5.96
(2) 250-200-250 con A	6.24
(3) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 250-200-250 sin A	7.24
(4) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 250-200-250 con A	7.89
(5) 125-100-125 sin A	5.36
(6) 125-100-125 con A	6.32
(7) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 125-100-125 sin A	6.77
(8) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 125-100-125 con A	7.69

Azo= Azospirillum brasilense; Glo= Glomus intraradices; Sin A= sin acolchado; con A= con acolchado.

Cuadro A 12. Medias generales de los ocho tratamientos para la variable área foliar.

Área foliar.	
Tratamiento	Media
(1) 250-200-250 sin A	2207.14
(2) 250-200-250 con A	2632.32
(3) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 250-200-250 sin A	2422.94
(4) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 250-200-250 con A	2973.57
(5) 125-100-125 sin A	1923.69
(6) 125-100-125 con A	2830.13
(7) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 125-100-125 sin A	2288.01
(8) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 125-100-125 con A	3093.92

Azo= Azospirillum brasilense; Glo= Glomus intraradices; Sin A= sin acolchado; con A= con acolchado.

Cuadro A 13. Medias generales de los ocho tratamientos para la variable peso seco.

Peso seco.	
Tratamiento	Media
(1) 250-200-250 sin A	46.63
(2) 250-200-250 con A	57.32
(3) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 250-200-250 sin A	39.10
(4) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 250-200-250 con A	51.83
(5) 125-100-125 sin A	38.16
(6) 125-100-125 con A	56.09
(7) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 125-100-125 sin A	35.61
(8) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 125-100-125 con A	55.24

Azo= Azospirillum brasilense; Glo= Glomus intraradices; Sin A= sin acolchado; con A= con acolchado.

Cuadro A 14. Medias generales de los ocho tratamientos para la variable rendimiento.

Rendimiento.	
Tratamiento	Media
(1) 250-200-250 sin A	12.22
(2) 250-200-250 con A	14.05
(3) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 250-200-250 sin A	13.96
(4) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 250-200-250 con A	17.15
(5) 125-100-125 sin A	11.77
(6) 125-100-125 con A	14.82
(7) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 125-100-125 sin A	14.73
(8) Azo + Glo (semilla+2 aplic) + 125-100-125 con A	18.47

Azo= Azospirillum brasilense; Glo= Glomus intraradices; Sin A= sin acolchado; con A= con acolchado.