

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Uso de Biofertilizantes Para la Producción Orgánica de
Tomate Cherry (*Solanum lycopersicon* L. Cv. Camelia)**

Por:

NAHUM BARRAGÁN BARRAGÁN

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México.

Febrero de 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Uso de Biofertilizantes Para la Producción Orgánica de Tomate Cherry

(*Solanum lycopersicon* L. Cv. Camelia)

Por:


NAHUM BARRAGÁN BARRAGÁN

TESIS

Que se somete a consideración del H. jurado examinador como requisito

parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN



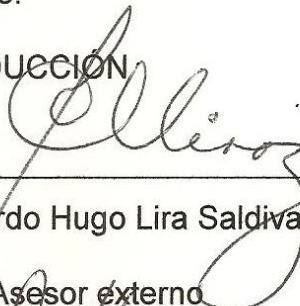
M.C. Cesar Estrada Torres

Presidente del jurado



Dr. Fernando Borrego Escalante

Asesor



Dr. Ricardo Hugo Lira Saldivar

Asesor externo



Ing. Armando Hernández Pérez

Asesor externo

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Coahuila, Coahuila, México, Febrero de 2011.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme dar un paso más en mi vida, por iluminar mi camino, por todo lo bueno y malo que he pasado; pero que me ha servido para ser cada día mejor.

A nuestra alma mater la gloriosa Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” por brindarme todo lo que estuvo a su alcance y ayudarme a terminar mi licenciatura con satisfacción.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), por todo el apoyo brindado para llevar a cabo este trabajo de investigación.

Al Dr. Ricardo Hugo Lira Saldivar, por permitirme ser partícipe de este proyecto, por su ayuda y amplia experiencia en el cultivo del tomate.

Al Ing. Armando Hernández Pérez, Por su ayuda, conocimientos aportados que facilitaron muchas cosas en este importante proyecto.

Al M.C. Cesar Estrada Torres, por ser el intermediario para que pudiera incluirme en este trabajo, por su experiencia y consejos, que fueron muy necesarios.

Al Dr. Fernando Borrego Escalante, por su constante ayuda para terminar de buena forma esta investigación.

A todos aquellos que contribuyeron de forma indirecta en este trabajo y todo se concluyera de la mejor manera, agradezco su paciencia y sencillez con la que se entregaron, el éxito es también de ustedes.

A mis maestros que conocí en esta universidad y que aportaron lo mejor de ustedes en mi formación, la paciencia prestada y sobre todo por el esfuerzo que hacen cada día por preparar a los alumnos.

DEDICATORIA

A Dios

Padre Gracias por acompañarme y bendecirme siempre, nunca me dejaste solo, tú hiciste todo esto posible, aunque no te pueda ver sé que escuchas mis plegarias.

A mis padres:

Juan Barragán Oyorzabal y Julia Barragán Rojas. Primeramente por darme la vida, por educarme, gracias por sus consejos, las ganas de seguir adelante, su incondicional apoyo en cada momento, por su amor y cariño, por querer lo mejor para mí y sobre todo ser los mejores padres, todo lo que tengo es gracias a ustedes Dios me los conserve muchos años.

A mis hermanos:

Mary, Fily, Gaude, Laury, Vero, Blanquita y Johny. Por acompañarme en los problemas que juntos superamos, por los triunfos, sufrimientos, derrotas y sobre todo los consejos que me dieron al hacerme saber que todo es posible.

A mis abuelos:

Agustina Oyorzabal y Domingo Barragán. Por entregarme su cariño, ser un ejemplo de vida y sobre todo enseñarme a ser como el roble siempre fuerte ante la adversidad.

Al Lic. Francisco Ortiz Serafín y a la señorita Adulfa Ciprés

Por apoyarme desde el inicio de mi travesía a querer superarme y haber puesto todo lo que estuvo a su alcance para que mis objetivos se cumplieran, créanme que no quedan olvidados y que siempre les estaré agradecido por tanto que hicieron por mí.

A mis amigos y compañeros de generación:

Ing. Romeo Alfonso Guillen Coutiño, Ing. Raúl Ramírez De la Cruz, Ing. José Juan Cabrera López, ustedes fueron quienes me acompañaron más cerca en toda mi estancia en la escuela gracias por estar en esos momentos, por brindarme esa mano amiga, Dios los bendiga en este largo caminar, los aprecio y Dios permita que esta amistad nunca termine.

Ing. Porfirio García Bernandino, Ing. Francisco Molina Guzmán, Ing. Ignacio Cristóbal Colon, Ing. Isael Michaca Herrera, Ing. Diana Zenteno Solís Ing. Elier Escalante Verdugo, Ing. Ademar Velázquez Zunun, Ing. Alejandro Amado Ramírez, Ing. Verónica Maldonado Guillen, Ing. José Benito Godoy Godoy, Ing. Verónica Velasco Astudillo, Ing. Alejandro Cepeda Guzmán, Ing. Martha Alicia Trujillo Vázquez, Ing. Antonio Trujillo Vázquez, Ing. Maricela Flores Díaz, Lic. Angélica Guzmán Guzmán, Alfonso Ledesma Aguirre y familia, David Contreras Montes a todos ellos por su amistad, acompañarme y animarme a cumplir mis objetivos. A Ing. Elva Liliana Rojas Sánchez, Lic. Ileana Patricia Barbosa Rivera, Lic. Concepción Fuentes Yáñez, Lic. Elizabeth Romero Mancilla, por su gran amistad y cariño que me entregaron en mi estancia en saltillo, agradezco a Dios haberlas cruzado en mi camino.

A las personas que conocí en esta escuela y que siempre me ofrecieron esa mano que necesité, por su gran paciencia y humildad, ¡Dios les guarde y bendiga! Edith Vázquez, Yesy Reyes, Ada, René, Elías, Kary, Ivantzi, Érika, Diana, Tehua, Isaías, José Luis y Elmer.

Así mismo a todos mis compañeros de la carrera generación CX de Ingeniero Agrónomo en Producción Generación Bicentenario y los Técnicos Forestales del CECFOR No1. “Dr. Manuel Martínez Solórzano” Generación LIII no quedan olvidados sino que siempre estarán en mis recuerdos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	2
Hipótesis	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos.....	5
REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
Origen e historia	6
Generalidades del tomate “cherry”	6
Clasificación taxonómica.....	7
Morfología de la planta de tomate	8
Planta	8
Sistema radical	8
Tallo.....	9
Hojas	9
Flor.....	9
Fruto	10
Semilla	10
Requerimientos climatológicos	11
Tipos de tomate.....	13
Manejo agronómico	16
Principales plagas del tomate	21
Principales enfermedades del tomate.....	26
Alteraciones fisiológicas de la planta y el fruto.....	30
Cultivo del tomate a campo abierto.....	32
La Agricultura Orgánica en el Mundo	37
La Agricultura Orgánica en México	38

El Mercado Mundial de los Alimentos Orgánicos.....	40
Antecedentes	40
Biofertilizantes.....	40
<i>Azospirillum</i>	41
Aplicación de <i>Azospirillum</i>	42
Micorrizas	43
Aplicación de micorrizas en campo.....	44
MATERIALES Y MÉTODOS	45
Descripción del sitio experimental	45
Características del área experimental	45
Tratamientos.	45
Descripción del material experimental	47
Material vegetativo	47
Metodología	47
Manejo agronómico del cultivo.....	50
Variables evaluadas.....	53
Diseño experimental	56
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
CONCLUSIONES.....	76
RECOMENDACIONES	77
LITERATURA CITADA.....	78
APÉNDICE	83

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		Pág.
2.1	Principales criterios para elección del material vegetal a usarse en una plantación comercial de tomate.	13
2.2	Espacio recomendado para el tomate para los diferentes sistemas de producción	35
3.1	Descripción de los tratamientos evaluados en la producción de tomate cherry orgánico en condiciones de campo abierto.	46
3.2	Productos orgánicos aplicados durante la etapa de producción de plantas.	48
5	Análisis de varianza para las variables altura, diámetro de tallo y diámetro apical del día 4 de junio de 2010.	83
6	Análisis de varianza para las variables numero de hojas, numero de racimos florales, con fruto, frutos por racimos y entrenudos, del día 4 de junio de 2010.	83
7	Análisis de varianza para las variables clorofila, área foliar y peso seco de la planta, del día 4 de junio de 2010.	84
8	Análisis de varianza para las variables altura, diámetro de tallo y diámetro apical del día 24 de	84

junio de 2010.

- | | | |
|-----------|--|----|
| 9 | Análisis de varianza para las variables numero de hojas, numero de racimos florales, con fruto, frutos por racimos y entrenudos, del día 4 de junio de 2010. | 85 |
| 10 | Análisis de varianza para las variables clorofila, área foliar y peso seco de la planta, del día 24 de junio de 2010. | 85 |
| 11 | Análisis de varianza para los cortes realizados durante el ciclo del cultivo y rendimiento total por planta del tomate cherry orgánico. | 86 |

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
2.1	Tomate cherry orgánico en el ciclo primavera-verano 2010 en condiciones de biofertilización. CIQA.	8
2.2	Esquema que ilustra el despunte de las plantas de tomate para dejar dos guías como tallos principales.	20
2.3	Principales países por superficie (miles de hectáreas) destinadas a cultivos orgánicos en el mundo.	38
2.4	Las micorrizas incrementan enormemente la capacidad exploratoria en busca de agua y nutrientes de las raíces de árboles y otras plantas.	43
4.1	Valores medios de altura, diametro apical y de tallo en el cultivo orgánico de tomate cherry 04/06/2010.	60
4.2	Valores medios de altura, diametro apical y de tallo en el cultivo orgánico de tomate cherry 24/06/2010.	60
4.3	Valores medios de variables fenológicas fisiológicas medidas en el cultivo de tomate cherry orgánico sometido a tratamientos de biofertilización 04/06/2010.	63
4.4	Comparación de valores medios de variables fenológicas, fisiológicas medidas en un cultivo orgánico de tomate cherry sometido a tratamientos de biofertilización 24/06/2010.	64

4.5	Valores medios del índice de clorofila inferior, media y superior, medidas el 4 de junio en el cultivo orgánico de tomate cherry.	66
4.6	Valores medios del índice de clorofila inferior, media y superior, medidas el 24 de junio en el cultivo orgánico de tomate cherry.	66
4.7	Valores medios del área foliar y peso seco de la planta de tomate cherry orgánico a campo abierto tratados con biofertilizantes.	67
4.8	Comparación de medias de los 5 cortes realizados durante el ciclo del cultivo de tomate cherry orgánico sembrado a campo abierto y sometido a tratamientos de biofertilización.	68
4.9	Rendimiento total por hectárea en el cultivo de tomate cherry (<i>Solanum lycopersicum</i> Cv camelia), como resultado del uso de biofertilizantes en el ciclo primavera-verano 2010.	70
4.9.1	Tasa fotosintética en el cultivo de tomate cherry en condiciones de campo abierto, sometido a biofertilización.	71
4.9.2	Temperatura de la hoja en el cultivo de tomate cherry usando biofertilizantes.	72
4.9.3	Transpiración en el cultivo de tomate cherry orgánico (<i>Solanum lycopersicum</i>).	73
4.9.4	Conductancia estomática en plantas de tomate cherry Cv. Camelia.	74
4.9.5	CO ₂ Intercelular en el cultivo de tomate cherry sembrado a campo abierto y sometido a biofertilización.	75

RESUMEN

Se evaluó el uso de biofertilizantes en la producción orgánica de tomate cherry (*Solanum lycopersicon* L. Cv. Camelia), esta investigación se realizó con los siguientes microorganismos *Glomus intraradices* y *Azospirillum brasilense*, mismo que tuvo lugar en Saltillo, Coahuila durante el ciclo primavera - verano del año 2010, en el Campo Agrícola Experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). El cual estuvo integrado de ocho tratamientos, con cuatro repeticiones, en un diseño de bloques al azar. Las variables evaluadas fueron: cosechas o cortes de tomate cherry, rendimiento total por planta, altura, número de hojas, número de racimos florales, número de racimos con fruto, número de frutos por racimo, número de entrenudos, diámetro del tallo, diámetro apical, clorofila: superior, intermedia e inferior, peso seco de la planta, área foliar, fotosíntesis y variables relacionadas.

Los resultados obtenidos considerando el rendimiento total por planta indican que el tratamiento CA+G+2A10y20 rindió un total de 12.9 ton/ha⁻¹ siendo el mejor, seguido por CIAz+Gi con un promedio 12.7 ton/ha⁻¹. y el tratamiento CA+G+2AG10y20 con 12.6 ton/ha⁻¹, quedando los testigos con valores más bajos. Con el uso de biofertilizantes se consiguen mejores resultados en cuanto a crecimiento y desarrollo de las plantas, claro ejemplo la altura, diámetro de tallos, área foliar y como consecuencia un buen amarre de frutos.

Palabras clave: *Glomus intraradices*, *Azospirillum brasilense*, agricultura orgánica.

INTRODUCCIÓN

El tomate es la principal hortaliza cultivada en todo el mundo, tanto a cielo abierto como en invernadero (Flores *et al.*, 2007). El tomate es originario de América del Sur, aunque se considera a México como el centro de su domesticación; con la llegada de los españoles se expandió al viejo continente y de ahí a todo el mundo; con su comercialización y la difusión lograda, actualmente forma parte de la dieta alimenticia de varias culturas en el globo terráqueo. Se considera que a nivel internacional, las hortalizas junto con las frutas ocupan en nuestros días el segundo lugar de los productos agropecuarios, apenas aventajadas por los cereales. Se estima que tan solo dos hortalizas contribuyen con el 50% de la producción en el mundo: la papa y el jitomate, lo cual nos indica el enorme valor que este último cultivo representa no solo en el comercio, sino también en el sistema alimentario mundial.

El jitomate o "tomate rojo" es una de las especies hortícolas más importantes de nuestro país debido al valor de su producción y a la demanda de mano de obra que genera. En nuestro país es el principal producto hortícola de exportación, ya que representa el 37% del valor total de las exportaciones de legumbres y hortalizas y el 16% del valor total de las exportaciones agropecuarias (<http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs>).

La alimentación hoy en día constituye una de las exigencias de la especie humana para su propia supervivencia, y su planteamiento está cambiando tanto en los aspectos nutritivos en los hábitos y costumbres, como en la preocupación por la seguridad alimentaria. (Briz, 2004).

Una nueva forma de hacer agricultura, vinculada con la producción de alimentos sanos y orientados al mercado de exportación ha venido ganando

importancia en la agricultura mundial desde los años 80; esta es la agricultura orgánica, ecológica o biológica, la cual 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 mas, este tipo de agricultura excluye insumos de síntesis química (Gómez *et al.*, 2003).

La producción orgánica, es un método agrícola en el cual no se utilizan fertilizantes ni plaguicidas sintéticos; esto coincide, en forma general, con la normatividad de algunos países como México, Europa, Estados Unidos y Japón (FAO, 2001).

Los biofertilizantes en base a microorganismos se revelan como una estrategia importante para lograr una agricultura sustentable, el uso de biofertilizantes, vía microorganismos que habitan la rizósfera del suelo en estrecha relación con la planta, su utilización permite disminuir insumos químicos, reduciendo el impacto ambiental desfavorable que se vive en los últimos años, permitiendo obtener ahorros económicos, incrementar rendimientos, mejorar la salud general de las plantas y regenerar paulatinamente las características físicas, químicas y biológicas de los suelos (Gómez *et al.*, 2003).

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 como *Glomus*, entre otros. A continuación se describen brevemente los antes señalados.

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.

Azospirillum es una bacteria fijadora de nitrógeno de vida libre, además produce fitohormonas que promueven el crecimiento y expansión de las raíces de un sinnúmero de plantas.

Glomus es un hongo perteneciente al grupo de las micorrizas arbusculares, asociada directamente con las raíces, solubiliza fósforo, coloniza las raíces de diferentes especies vegetales, favoreciendo la disponibilidad de nutrimentos y mejorando el desarrollo de los cultivos (Masadeh *et al.*, 2004).

De esta manera, estos tres organismos forman un recurso biotecnológico importante con ventajas claras para los cultivos agrícolas basados en un enfoque sustentable o ecológico. Es así como nace la inquietud de trabajar con tomate cherry orgánico, ya que en México de manera general se produce de forma tradicional lo que implica utilizar muchos agroquímicos y pesticidas sintéticos, los cuales son muy perjudiciales para la salud y el medio ambiente.

El tomate orgánico ocupa diez veces menos superficie y alcanza una cotización diez veces mayor que la del cultivo convencional; presenta rendimientos de 17 t ha⁻¹ pudiendo aumentar, produciéndolo en invernadero, ya que dependiendo del nivel de tecnificación de éste (Navejas, 2002; Berenguer *et al.*, 2000).

Con base en lo antes señalado, consideramos que este trabajo de manera sencilla y modesta pudiese enriquecer el acervo que se está formando para aquellos productores interesados en una agricultura orgánica amigable con el medio ambiente y de bajo impacto ambiental, minimizando costos lo cual ayudará también a satisfacer la demanda de esta hortaliza en el mercado mundial.

Hipótesis

El uso de biofertilizantes a base de microorganismos como *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices* tendrán resultados positivos en la producción de tomate cherry orgánico interviniendo en el desarrollo y crecimiento de la planta obteniendo como resultado un mejor rendimiento.

Objetivo general

Determinar la producción de tomate orgánico en condiciones de campo abierto, utilizando los microorganismos *Glomus intraradices* y *Azospirillum brasilense* que actúan como biofertilizantes.

Objetivos específicos

- Detectar si hay efectos en las plantas de tomate debido a la inoculación de *Azospirillum basiliense* y *Glomus intraradices*.
- Conocer si los resultados que se obtienen al hacer la coinoculación de ambos microorganismos son iguales que al hacer solo la inoculación con alguno de los biofertilizantes antes señalados.
- Determinar que tratamiento es el más sobresaliente en base a su potencial de rendimiento de fruto de tomate.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen e historia

El tomate (*Solanum lycopersicon*) es una planta nativa de América tropical, cuyo origen se localiza en la región de los andes (Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú) en donde se encuentra la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres.

El origen del género *Lycopersicon* se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero parece que fue en México donde se domesticó, quizá porque crecería como mala hierba entre los huertos. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, pero por entonces ya habían sido llevados a España y servían como alimento tanto en España como en Italia (Infoagro, 2006), México es considerado a nivel mundial como el centro más importante de domesticación del tomate (Valadez, 1997)

En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá.

Generalidades del tomate “cherry”.

El tomate cherry, también conocido como cereza, es originario de la costa oeste de Sudamérica, propio de climas tropicales y subtropicales. Con la llegada de los españoles a América, fue introducido en Europa como planta ornamental, hasta que se descubrieron sus cualidades culinarias y comenzó a cultivarse como hortalizas.

En su lugar de origen es una planta perenne y en las zonas no tan cálidas es cultivada como planta anual. La planta es de tallo erguido y ramificado, recubierta en su totalidad por vellosidades, alguna de las cuales son glandulares con sustancias de olor muy característico. Las hojas son alternas y compuestas, con margen dentado y están recubiertas de las mismas vellosidades que el tallo. Posee raíz compuesta de una estructura muy ramificada, las flores producen unas bayas globosas y carnosas de color rojo y forma variada, conocidas con el nombre de tomate. Las semillas están inmersas en una pulpa bastante líquida de agradable sabor. En todas las especies silvestres los frutos son muy pequeños (Warnock, 1988).

Recientemente, se ha propuesto un cambio en la nomenclatura del género *Lycopersicon esculentum* Mill. pasa a denominarse *Solanum lycopersicon* L. (Peralta y col., 2005).

Clasificación taxonómica

Reino...Metaphyta

División...Magnoliophyta

Clase...Magnoliopsida

Orden...Solanales

Familia...Solanaceae

Genero... *Solanum*

Especie... *Lycopersicon* Var *Cerasiforme*

Morfología de la planta de tomate

Planta

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Existen variedades que de acuerdo a su habito de crecimiento se clasifican en determinados e indeterminados (tallos que al llegar a un cierto número de ramilletes detienen su crecimiento), (Muñoz y Castellanos, 2003). Las plantas de crecimiento indeterminado llegan a crecer hasta los 10 metros en un año (Rick, 1978) y producen racimos con numerosos tomates (Fig. 2.1).



Figura 2.1.- Tomate cherry orgánico en el ciclo primavera-verano 2010 en condiciones de biofertilización. CIQA.

Sistema radical

La raíz principal es corta y débil, raíces secundarias son numerosas y potentes; además cuenta con raíces adventicias. En los primeros 20 cm de la capa del suelo se concentra el 70% de la biomasa radical. Sin embargo, con el sistema de trasplante, el sistema radicular tiende a ser más fibroso con muchas raíces laterales hasta 40 cm de profundidad. No obstante, bajo condiciones de cultivo sin suelo se le confina en contenedores de diferente

volumen, geometría y disposición. Usualmente se utiliza un volumen de 5 a 10 litros por planta, (Muñoz y Castellanos, 2003).

Tallo

El tallo típico tiene de 2 a 4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis, (Nuez, 1995). Es el eje sobre el cual se desarrollan las hojas, flores y fruto, por ello es importante vigilar su vigor y sanidad. La base del tallo principal tiende a formar raíces adventicias. Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias.

Hojas

Compuesta e imparipinnada, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares de color verde intenso en el haz y verde claro en el envés; sobre el tallo las hojas se disponen de forma alternativa y son las responsables de la fotosíntesis por lo que deben tener una buena disposición para una mayor intercepción de la radiación, en las axilas de las hojas están las yemas que producen chupones o tallos laterales. (Muñoz y Castellanos, 2003).

Flor

Es perfecta, regular e hipógina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135°, de igual número de estambre soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelven al gineceo, y de un ovario bi o plurilocular.

Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (dicasio). Es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de

la primera flor formada, dando lugar a una inflorescencia compuesta, de forma que se han descrito algunas con más de 300 flores. En el tomate las flores se polinizan principalmente por autopolinización y por abejorros. El trabajo reportado por Estay *et al.*, (2001) indica que los abejorros de la especie *Bombus dahlbomii* trabajan muy bien como agentes polinizadores del tomate en condiciones de invernadero.

Fruto

Se caracteriza por ser de tamaño pequeño (uno a tres centímetros de diámetro), bajo peso (10 a 15 g) y sabor dulce, lo que lo hace muy indicado para acompañar ensaladas o para la decoración de platos; además, con los mismos usos, en función de la variedad y las condiciones de desarrollo. El fruto está unido a la planta por un pedicelo con un engrosamiento articulado que contiene la capa de abscisión. La separación del fruto en la recolección puede realizarse por una zona de abscisión o por la zona peduncular de unión al fruto (Nuez, 2001).

Semilla

La semilla del tomate tiene forma lenticular con unas dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 milímetros (mm) y está constituido por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión, cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, está constituido, a su vez, por la yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión. La testa o cubierta seminal está constituida por un tejido duro e impermeable, recubierto de pelos, que envuelve y protege al embrión y el endospermo (Nuez, 1995).

Requerimientos climatológicos

El tomate es una planta que se adapta bien a una gran variedad de climas, con la sola excepción de aquellos en que se producen heladas, puesto que resulta sensible a este fenómeno. Pero además, los vientos fuertes dañan considerablemente la planta, reduciendo la producción. Existen tres factores climatológicos que ejercen una gran influencia sobre el cultivo y que merecen una consideración especial: temperatura, humedad relativa y luminosidad (Rodríguez *et al.*, 1997).

Temperatura

La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30 °C durante el día y entre 12 y 17°C durante la noche; temperaturas superiores a los 30 °C, afectan la fructificación, por mal desarrollo de óvulos, sistema radicular en particular al desarrollo general de la planta. Temperaturas inferiores de 15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta, temperaturas superiores a los 25°C e inferiores a 12°C provocan que la fecundación sea defectuosa o nula, la maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como la coloración en 10°C así como superiores a los 30°C originan tonalidades amarillentas (Rodríguez *et al.*, 2006).

Humedad

La humedad relativa oscila entre 60 y 80%; valores más altos favorecen el desarrollo de enfermedades en el follaje y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación debido a que el polen se compacta y aborta parte de las flores. El agrietamiento del fruto tiene su origen en un exceso de humedad en el sustrato o riego abundante tras un periodo de estrés hídrico.

También una baja humedad relativa dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (Rodríguez *et al.*, 2006).

Agua

Los requerimientos están en función de la transpiración, necesitando de 250 a 275 litros de agua para formar 1 kg de materia seca. Las necesidades hídricas, según ciclos vegetativos y prácticas culturales, están comprendidas entre 30 y 60 cm (3,000 a 6,000 m³ por hectárea).

Luminosidad

Los valores reducidos de luz pueden incidir de manera negativa sobre los procesos de floración, fecundación, así como el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el periodo vegetativo resulta necesaria la interrelación existente entre la temperatura diurna, nocturna y la luminosidad. El tomate es un cultivo insensible a la duración del día, sin embargo, necesita buena iluminación, la cual se modifica por la densidad de siembra, sistema de poda, tutorado y prácticas culturales que optimizan la absorción de luz solar especialmente en época de lluvias cuando la radiación es más limitada (Rodríguez *et al.*, 2006).

Suelo y pH

La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en lo que se refiere al drenaje, aunque prefiere suelos sueltos de textura areno-arcillosa y ricos en materia orgánica. No obstante se desarrolla perfectamente en suelos arcillosos enarenados. En cuanto al pH, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos cuando son arenosos. Las especies cultivadas en invernadero son las que mejor toleran las condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego

(Rodríguez *et al.*, 2001).El tomate está considerado como una planta tolerante a la acidez, con valores de pH entre 5.0 a 6.8.

Altitud

El tomate puede cultivarse desde los 20 a los 2000 metros sobre el nivel del mar (msnm), tomando en cuenta la capacidad de adaptación de cada variedad o híbrido.

Cuadro 2.1.-Principales criterios para la elección del material vegetal a usarse en una plantación comercial de tomate.

**Principales criterios para elegir el
material vegetal a sembrar
comercialmente**

- Vigor de la planta
- Características del fruto
- Resistencias a enfermedades
- Mercado de destino
- Suelo
- Clima
- Calidad del agua de riego

(<http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs>).

Tipos de tomate

Tipo Beef. Plantas vigorosas hasta el 6º o 7º ramillete, a partir del cual pierde bastante vigor coincidiendo con el engorde de los primeros ramilletes.

Frutos de gran tamaño y poca consistencia. Producción precoz y agrupada. Cierre pistilar irregular. Mercados más importantes: mercado interior y mercado exterior de Estados Unidos.

Tipo Marmande. Plantas poco vigorosas que emiten de 4 a 6 ramilletes aprovechables. El fruto se caracteriza por su buen sabor y su forma acostillada, achatada y multilocular, que puede variar en función de la época de cultivo.

Tipo Vemone. Plantas finas y de hoja estrecha, de porte indeterminado y marco de plantación muy denso. Frutos que presentan un elevado grado de acidez y azúcar, inducido por el agricultor al someterlo a estrés hídrico. Su recolección se realiza en verde pintón marcando bien los hombros.

Tipo Moneymaker. Plantas de porte generalmente indeterminado. Frutos lisos, redondos y con buena formación en ramillete.

Tipo Cocktail. Plantas muy finas de crecimiento indeterminado. Frutos de peso comprendido entre 30 y 50 gramos, redondos, generalmente con 2 lóculos, sensibles al rajado y usados principalmente como adorno de platos. También existen frutos aperados que presentan las características de un tomate de industria debido a su consistencia, contenido en sólidos solubles y acidez, aunque su consumo se realiza principalmente en fresco.

Tipo Cereza (Cherry). Plantas vigorosas de crecimiento indeterminado. Frutos de pequeño tamaño y de piel fina con tendencia al rajado, que se agrupan en ramilletes de 15 a más de 50 frutos.

Sabor dulce y agradable. Existen cultivares que presentan frutos rojos y amarillos. El objetivo de este producto es tener una producción que complete el ciclo anual con cantidades homogéneas.

Tipo Larga Vida. Tipo mayoritariamente cultivado en la provincia de Almería. La introducción de los genes Nor y Rin es la responsable de su

larga vida, confiriéndole mayor consistencia y gran conservación de los frutos de cara a su comercialización, en detrimento del sabor. Generalmente se buscan frutos de superficie lisa y coloración uniforme anaranjada o roja.

Tipo Liso. Variedades cultivadas para mercado interior e Italia comercializadas en pintón y de menor vigor que las de tipo larga vida.

Tipo Ramillete. Cada vez más presente en los mercados, resulta difícil definir qué tipo de tomate es ideal para ramillete, aunque generalmente se buscan las siguientes características: frutos de color rojo vivo, insertos en ramilletes en forma alargada (<http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs>).

Manejo agronómico

Siembra

Las semillas pueden sembrarse directamente, pero lo más habitual es hacerlo previamente en un semillero o almácigo, es conveniente sembrarlas en charolas de 200 cavidades, pueden ser llenadas de turba (peat moss), se coloca la semilla en el centro de cada cavidad y se cubre con el sustrato. Para acelerar la germinación, se remojan las semillas en un recipiente con agua durante 24 horas antes de la siembra, después se cubre procurando que quede levantado aproximadamente 25cm, y no cerrado del todo, que tenga ventilación.

A una temperatura constante de 25°C la germinación se presenta en seis días, a 35°C en nueve días y a 10°C en 45 días, cuando las plantas tengan más o menos 15cm de altura, ya están listas para ser trasplantadas.

Marcos de plantación

Las dimensiones más frecuentes utilizadas son de 1.5 metros, entre líneas, y de 0.3 a 0.5 metros, entre plantas, aunque cuando se trata de plantas de porte medio es común aumentar la densidad de plantación a 2 plantas por metro cuadrado con marcos de 1 x 0.5 metros. Cuando se tutoran las plantas con varetas o perchas, las líneas deben ser “apareadas” para poder pasar las plantas de una línea a otra, formando una cadena sin fin y dejando pasillos amplios para la bajada de perchas (aproximadamente de 1,3 m) y una distancia entre líneas conjuntas de unos 70 cm. de acuerdo a varios estudios en el ciclo de temporal, se determinó que la densidad de población apropiada es de una planta a otra debe ser a cada 30 cm. con separación entre surcos de 1.40 m y poda a dos tallos (Palacios, 1972).

Acolchado de suelo

Es una técnica que consiste en cubrir el surco donde se va a establecer un cultivo con una película plástica, aplicándola directamente sobre el suelo, así provee de múltiples beneficios a las plantas reflejado en el rendimiento del cultivo, propicia mejor absorción de nutrimentos, crecimiento de la zona radical con mejor follaje y un uso eficiente del agua de riego, mostrando como resultado un buen crecimiento y desarrollo del cultivo, además puede promover mayor precocidad logrando adelantar la cosecha hasta 13 días con relación al cultivo tradicional sin acolchado. El plástico a usarse puede ser blanco, negro o transparente en función de necesidades. (<http://articulos.infojardin.com/huerto/acolchado>).

Principales funciones del acolchado son:

- ✓ Mantener la humedad del suelo.
- ✓ Aumenta la temperatura del suelo y acelera la cosecha.

- ✓ Permite adelantar la siembra y que la germinación sea rápida.
- ✓ Refleja calor hacia la fruta para hacerla madurar.
- ✓ Se conservan plantas limpias y libres de salpicaduras de lodo.
- ✓ Mejora la calidad del fruto al impedir el contacto con el suelo.
- ✓ Evitan la erosión y el endurecimiento de la tierra.

El acolchado con plástico negro impide que salgan malas hierbas o malezas, el blanco se emplea para reflejar la luz y calor sobre frutas en maduración como tomates y melones, y el transparente se emplea para calentar el suelo y solarizar en verano o sólo para calentar el suelo en primavera.

Tutoreo

El tutoreo o entutorado (sujeción o guiado) de las plantas de tomate se realiza atando con rafia el tallo; es una práctica necesaria porque permite el crecimiento adecuado de la planta, facilita labores de poda y cosecha; también permite una alta densidad de población del cultivo. La sujeción de las plantas debe realizarse por lo menos una vez por semana para lograr un crecimiento vertical y evitar que los tallos se trocen o se quiebren.

Poda de formación

Es una práctica imprescindible para las variedades de tomate que presentan un crecimiento indeterminado. Se realiza a los 15-20 días después del trasplante con la aparición de los primeros tallos laterales, que se eliminarán, al igual que las hojas más viejas, así mejora la aireación del cuello, se recomienda podar un tallo por planta, aunque en tomates de tipo Cherry suelen dejarse tres y hasta cuatro tallos.

Eliminación de tallos axilares

Consiste en eliminar brotes axilares para mejorar el desarrollo del tallo principal. Debe realizarse con la mayor frecuencia posible (semanalmente en verano – otoño y cada 10-15 días en invierno) para evitar la pérdida de biomasa fotosintéticamente activa y facilitar la cicatrización de heridas. Los cortes deben ser limpios para evitar la posible entrada de enfermedades. En épocas de riesgo es aconsejable realizar un tratamiento fitosanitario.

Por regla general, las plantas de tipo determinado no se podan y se dejan que crezcan libremente, aunque siempre es aconsejable quitar las ramas y hojas de la parte inferior para airear mejor y evitar posibles enfermedades. En las de crecimiento indeterminado se van dejando una o dos guías como tallos principales (Figura 2.2).



Figura 2.2. Esquema que ilustra el despunte de las plantas de tomate para dejar dos guías como tallos principales (<http://www.el-tomate.net/poda.html>).

En las variedades o híbridos de crecimiento indeterminado se deben dejar una o dos guías como tallos principales. Si se dejan más guías, la planta perderá fuerza, los tomates serán de un calibre menor y las labores de

cultivo se dificultarán mucho más. El despuntado es esencial para el correcto desarrollo de la planta. Consiste en quitar los chupones que le van saliendo entre el tallo y las ramas, es conveniente que el corte sea limpio para que cicatrice correctamente. De lo contrario, la planta podría sufrir ataques de hongos o virus.

Deshojado

Es recomendable tanto en las hojas senescentes (viejas), para facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos, como en hojas enfermas, que deben quitarse, para así eliminar la fuente de inóculo para organismos patógenos.

Eliminación de follaje

Consiste en la eliminación de hojas; con ello se favorece la aireación de la planta y se evita la incidencia de enfermedades del follaje, permite el equilibrio entre el follaje, la fecundación y desarrollo de los frutos. Este tipo de poda se realiza en hojas cercanas al suelo, por debajo del primer racimo floral y continuando hasta una altura de 0.35 a 0.40 m. Esta práctica debe hacerse con mucho cuidado, para evitar eliminar hojas en exceso. (Rodríguez *et al.*, 2001)

Riego

El agua suministrada con un sistema de riego por goteo crea un medio ambiente óptimo de humedad en el suelo, la eficiencia en el uso del agua podría ser aumentado en un 50% o más usando el riego por goteo en lugar de un riego por superficie (García y Briones, 1986).

En el caso del riego por goteo, como regla práctica, es conveniente emplear al menos dos tensiómetros en cada lugar de observación, para un buen manejo el primer tensiómetro colocado a 10 cm de profundidad mantendrá lecturas entre 10 y 30 centibares y el más profundo de 30 a 50 cm, colocado en el área de enraizamiento esto permitirá evaluar el movimiento del agua (Nuez, 1995).

Sin embargo, uno de los problemas principales en la producción de tomate a cielo abierto y en invernadero en el centro de México y otras regiones es la escasa información sobre sus requerimientos de riego (Flores *et al.*, 2007).

Principales plagas del tomate

Mosquita Blanca (*Bemisia tabaci*)

Son pequeñas moscas blancas de 3 milímetros que, al igual que Pulgones y Cochinillas, clavan un pico en las hojas y chupan la savia, tiene como mínimo 4 generaciones al año. Los adultos hacen la puesta de huevos en el envés de las hojas; de ellos salen las larvas y se quedan a vivir allí, en el envés. Cuando se agitan las plantas se puede ver volar, su reproducción favorecida por las temperaturas altas y el ambiente húmedo.

La mosquita blanca se alimenta de la savia de las plantas, con lo cual las debilita y transmite muchas enfermedades virosas que resultan difíciles de controlar con pesticidas.

(<http://www.botanical-online.com/enfermedadesdelostomates.htm>).

Daños. El daño lo producen tanto las larvas como los adultos chupando savia, esto origina una pérdida de vigor de la planta, puesto que está sufriendo daños en sus hojas, otro daño, consiste en el hongo *negrilla o*

Mangla. La melaza que segregan (un jugo azucarado) es asiento para que este hongo se desarrolle, dando mal aspecto a las hojas que quedan ennegrecidas y disminuirá su función fotosintética. Por último, la mosca blanca puede transmitir virus de una planta a otra.

Control ecológico. Tratamiento con una infusión de tanaceto (*Tanacetum vulgare*), que contiene taninos y flavonoides. También es conocida como Anastasia, Atanasia, Hierba de San Marcos o Hierba Lombricera, si el problema es muy grave, se puede aplicar rotenona o piretrina (productos usados en agricultura ecológica, alternativos a los químicos sintéticos). También es posible rociar la planta con jabón. Se recomienda plantar junto a las especies, algunas aromáticas, claveles chinos, caléndulas o tabaco ornamental; estas plantas tienen un cierto efecto repelente sobre la mosquita blanca.

http://www.hipernatural.com/es/plthierba_lombricera.html

Psílicos (*Paratrioza cockerelli*)

Su mayor importancia deriva de la transmisión de la fitoplasmosis permanente del tomate, que llega a mermar hasta 60% del rendimiento de este cultivo. Las hembras depositan huevecillos amarillos-naranja, sujetos a las hojas por un tallito (pedicelo), normalmente al envés y en los márgenes. Las ninfas tienen forma de escamas y pasan por cinco estadios que transcurren en el envés de las hojas y son verde-amarillentas con ojos rojos.

Este insecto provoca pérdidas muy significativas en el cultivo del tomate en todo el mundo. En EUA hay reportes que indican que la *Paratrioza* redujo la producción comercial de tomate hasta en 85% en 2001.

Sus principales síntomas son: enanismo, se detiene prematuramente el crecimiento de las plantas, clorosis y un color amarillo muy severo de las hojas, por lo tanto, se reduce el crecimiento, rendimiento y la longevidad del cultivo (Castell *et al.*, 2006).

Daños. Las ninfas mientras se alimentan inyectan una toxina en la hoja, que causa la muerte de trasplantes, clorosis y rizado de las hojas antes de la floración, lo cual evita la formación del fruto o causa superproducción de frutos pequeños no comercializables en plantas más desarrolladas. Se hospedan principalmente en solanáceas.

Manejo. Como agente de control biológico, se han reportado varios insectos depredadores como los crisópidos o león de los áfidos, larvas de segundo estadio de *Chrysoperla carnea* (Stephens) en invernadero, y las catarinitas.

Gusano del fruto del tomate (*Heliothis zea* Boddie).

Es un gusano de color verde, café o rosado de unos 4 cm. de largo. Ataca el follaje pero el daño principal lo ocasiona al fruto verde en desarrollo y pueden causar daños de hasta un 85% de la producción. Deja unas cavidades circulares generalmente cerca del pedúnculo. Una larva puede dañar varios frutos, la palomilla pone sus huevos (hasta 1000), en el envés de las hojas, folíolos y botones florales en forma aislada; son esféricos y de color amarillo, las larvas que al principio se alimentan de hojas tiernas y después barrenan los frutos hasta alcanzar su tamaño normal para dejarse caer al suelo y ahí pupar.

Control. El barbecho ayuda a destruir las pupas, también se recomienda la aplicación de extractos de Neem (*Azadirachta indica*) un método muy eficiente para su control reduciendo pérdidas de frutos comestibles y costos de producción (FAO, 2005). El extracto de Neem como

producto orgánico ha demostrado sus propiedades antilarvicidas e insecticidas en numerosos insectos que atacan a humanos, plantas y animales (Wandscheera *et al.*, 2004), lo anterior indica que los extractos de las semillas y otras partes de este árbol resultan ser muy adecuadas para la promoción de una agricultura orgánica o sustentable.

Gusano alfiler (*Keiferia lycopersicella* Busck).

Las larvas son de color rosadas o grisáceas con manchas rojas que alcanzan un tamaño de 6-8 mm; se alimentan principalmente de hojas y tallos, después penetran en el fruto cerca del péndulo donde forman galerías que se van agrandando conforme crece la larva; estas alcanzan a medir hasta 8 mm de ahí se deja caer al suelo para pupar. El adulto es una mariposa de 7 mm, de color gris plateado que ovipositan en las hojas (huevos amarillos).

Control. La destrucción de residuos de cosecha y el barbecho después de cosechar, reduce grandemente el daño al destruir muchas larvas que se encuentran en el suelo.

Araña roja (*Tetranychus urticae*)

Son unas arañitas de color rojo y de 0.5 milímetros que apenas se ven a simple vista. Se asientan sobre todo en el envés de las hojas, al principio los síntomas más comunes son punteaduras decoloradas, mates y manchas amarillas. Posteriormente se doblan, se secan y se caen.

Daños. Debilitan a las plantas por dañar las hojas y si el ataque es fuerte puede provocar la caída de éstas, también afecta la estética por la decoloración de las hojas, en tiempo seco y caluroso, cuando las

generaciones de araña se reproducen más rápido, esto favoreciendo su ataque.

Control ecológico. Tiene sus depredadores naturales pero no controlan la plaga totalmente. *Amblyseius californicus* es un insecto que come huevos, larvas y adultos de Ácaros. Existen a la venta preparados con estos insectos depredadores para soltarlos dentro de invernaderos. Esto se está haciendo en explotaciones comerciales.

Pulgón (*Myzus persicae* Sulzer)

Son las especies de pulgón más comunes y abundantes en los invernaderos. Presentan polimorfismo, con hembras aladas y ápteras de reproducción vivípara. Las formas ápteras del primero presentan sifones negros en el cuerpo verde o amarillento, forman colonias y se distribuyen en focos que se dispersan, principalmente en primavera y otoño, mediante las hembras aladas.

Control.

- Colocación de mallas en las ventilaciones del invernadero.
- Eliminación de malas hierbas y restos del cultivo anterior.
- Colocación de trampas cromáticas amarillas.

Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Los adultos colonizan los cultivos realizando las puestas dentro de los tejidos vegetales en hojas, frutos y, preferentemente, en flores (son florícolas), donde se localizan los mayores niveles de población de adultos y larvas nacidas de las puestas. Los daños directos se producen por la alimentación de larvas y adultos, sobre todo en el envés de las hojas,

dejando un aspecto plateado en los órganos afectados que luego se necrosan. El daño indirecto es el que acusa mayor importancia y se debe a la transmisión del virus del bronceado del tomate (TSWV), que afecta a pimiento, tomate, berenjena y frijol.

Control

- Colocación de mallas en las bandas del invernadero.
- Limpieza de malas hierbas y restos de cultivo.
- Colocación de trampas cromáticas azules.

Principales enfermedades del tomate

Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)

Este hongo es el agente causal del mildiu del tomate y de la papa, afectando a otras especies de la familia de las solanáceas. En tomate ataca a la parte aérea de la planta y en cualquier etapa de desarrollo. En hojas aparecen manchas irregulares de aspecto aceitoso al principio que rápidamente se necrosan e invaden casi todo el foliolo. Alrededor de la zona afectada se observa un pequeño margen que en presencia de humedad y en el envés aparece un fieltro blancuzco poco patente, en tallo aparecen manchas pardas que se van agrandando y que suelen circundarlo.

Afecta a frutos inmaduros, manifestándose como grandes manchas pardas, vítreas y superficie y contorno irregular, las infecciones suelen producirse a partir del cáliz, por lo que los síntomas cubren la mitad superior del fruto. La dispersión se realiza por lluvias y vientos, riegos por aspersion, rocíos y gotas de condensación. Las condiciones favorables para su

desarrollo son: altas humedades relativas (superiores al 90%) y temperaturas entre 10 y 25 °C.

Control preventivo y técnicas culturales

- Eliminación de plantas y frutos enfermos.
- Manejo adecuado de la ventilación y el riego.
- Utilizar plántulas sanas

Tizón temprano (*Alternaria solani*)

Daños. Principalmente a solanáceas y especialmente a tomate y papa. En plántulas produce un chancro negro en el tallo a nivel del suelo. En pleno cultivo las lesiones aparecen tanto en hojas como tallos, frutos y pecíolos. En hoja se producen manchas pequeñas circulares o angulares, con marcados anillos concéntricos, en tallo y pecíolo se producen lesiones negras alargadas, en las que se pueden observar a veces anillos concéntricos. Las conidias pueden ser dispersadas por salpicaduras de agua, lluvia, viento, etc. La esporulación está favorecida por noches húmedas seguidas de días soleados y con temperaturas elevadas.

Control preventivo y técnicas culturales

- Eliminación de malas hierbas, plantas y frutos enfermos.
- Manejo adecuado de la ventilación y el riego.
- Utilizar semillas sanas o desinfectadas y plántulas sanas.
- Abonado equilibrado.

Fusarium oxysporum

Daños: Comienza con la caída de pecíolos de las hojas superiores. Las hojas inferiores amarillean avanzando hacia el ápice y terminan por morir. Puede manifestarse una marchitez en verde de la parte aérea, pudiendo ser reversible. También puede ocurrir que se produzca un amarilleo que comienza en las hojas más bajas y que termina por secar la planta, si se realiza un corte transversal al tallo se observa un oscurecimiento de los vasos.

El hongo puede permanecer en el suelo durante años y penetrar a través de las raíces hasta el sistema vascular. La diseminación se realiza mediante semillas, viento, labores de suelo, plantas enfermas o herramientas contaminadas. La temperatura óptima de desarrollo es de 28 °C.

Control preventivo y técnicas culturales

La rotación de cultivos reduce paulatinamente el patógeno en suelos infectados

- Eliminar las plantas enfermas y los restos del cultivo.
- Utilizar semillas certificadas y plántulas sanas.
- Utilización de variedades resistentes.
- Desinfección de las estructuras y útiles de trabajo.
- Solarización.

Oidiopsis (*Leveillula taurica*)

Es un parásito de desarrollo semi-interno y los conidióforos salen al exterior a través de los estomas. Los síntomas que aparecen son manchas amarillas en el haz de las hojas que se necrosan por el centro, observándose un fieltro blanquecino por el envés. En caso de fuerte ataque la hoja se seca y se desprende. Las solanáceas silvestres actúan como fuente de inóculo. Se desarrolla a 10-35 °C con un óptimo de 26 °C y una humedad relativa del 70%.

Control preventivo y técnicas culturales

- Eliminación de malas hierbas y restos de cultivo.
- Utilización de plántulas sanas.

Podredumbre gris (*Botryotinia fuckeliana*)

Parásito que ataca a un amplio número de especies vegetales, afectando a todos los cultivos hortícolas protegidos, pudiéndose comportar como parásito y saprofito. En plántulas produce damping-off, en hojas y flores se producen lesiones pardas y en frutos tiene lugar una podredumbre blanda (más o menos acuosa, según el tejido), en los que se observa el micelio gris del hongo. Las principales fuentes de inóculo las constituyen las conidias y los restos vegetales que son dispersados por el viento, salpicaduras de lluvia, gotas de condensación en plástico y agua de riego. La temperatura de 17°C y 23°C y humedad relativa del 95% influyen en la fenología de la enfermedad.

Control preventivo y técnicas culturales:

- Eliminación de malas hierbas, restos de cultivo y plantas infectadas.

- Tener especial cuidado en la poda, realizando cortes limpios a ras del tallo. A ser posible cuando la humedad relativa no sea muy elevada y aplicar posteriormente una pasta fungicida.
- Controlar los niveles de nitrógeno y calcio.
- Utilizar cubiertas plásticas en el invernadero que absorban la luz ultravioleta.
- Emplear marcos de plantación adecuados que permitan la aireación.
- Manejo adecuado de la ventilación en bandas y en especial de la cenital y el riego.

Control biológico: Existe un preparado biológico a base de *Trichoderma harzianum*. Los trabajos de Elad *et al.*, 1995 y Elad, 2000, que se han realizados en Israel e Italia han demostrado ampliamente el efecto antifúngico y biocontrolador del hongo *T. harzianum* en enfermedades fungosas que afectan al cultivo de tomate en condiciones de invernadero y campo. Este autor ha señalado que los mecanismos de acción de este hongo antagonista se basan en la supresión de enzimas, como pectinasas, cutinasa, glucanasa y quitinasa, mediante la acción de la proteasa secretada en las superficies de la planta de tomate atacada por el hongo *Botrytis cinerea*.

Alteraciones fisiológicas de la planta y el fruto

Son desórdenes a nivel interno causados por fenómenos climatológicos, deficiencias o excesos nutrimentales y/u hormonales, exceso y carencia de humedad.

Podredumbre apical

Comienza con la aparición de lesiones de color tostado claro que al aumentar de tamaño se oscurecen y se vuelven coriáceas y que a menudo pueden ser cubiertas por una podredumbre negra secundaria. Comienza por la zona de la cicatriz pistilar, aunque puede también producirse en alguno de los lados. En ocasiones se producen lesiones negras internas que no son visibles en el exterior del fruto, la aparición de esta fisiopatía está relacionada con niveles deficientes de calcio en el fruto; el estrés hídrico y la salinidad influyen directamente en su aparición. Los frutos afectados por podredumbre apical maduran mucho más rápidamente que los frutos normales.

Tejido blanco interno

Depende del cultivar y las condiciones ambientales, normalmente sólo se producen unas cuantas fibras blancas dispersas por el pericarpio, aunque la formación de tejido blanco se encuentra generalmente en la capa más externa del fruto. En ocasiones, el tejido afectado se extiende desde el centro del fruto. Un estado nutricional adecuado, especialmente en cuanto a potasio, reduce la formación de tejido blanco. Se recomienda evitar condiciones de estrés y emplear cultivares tolerantes.

Rajado de frutos

Existen dos tipos de rajado en el fruto de tomate: el concéntrico y el radial. El agrietado concéntrico consiste en la rotura de la epidermis formando patrones circulares alrededor de la cicatriz peduncular. Ocurre en tomates que están en proceso de maduración, y que presentan rajaduras radiales o circulares a partir del cáliz pueden ser profundas y mostrar la pulpa de los frutos.

El agrietado radial

Es una rotura que irradia desde la cicatriz peduncular hacia el pistilar. Las principales causas de esta alteración son: desequilibrios en los riegos y fertilización y bajada brusca de las temperaturas nocturnas después de un período de calor, los frutos expuestos al ambiente se agrietan más fácilmente que los que se encuentran protegidos por el follaje; esto es debido a las grandes fluctuaciones de temperatura que resultan de la exposición directa a los rayos de sol y de que los frutos expuestos al sol se enfríen rápidamente durante los períodos de lluvia.

Cicatriz leñosa pistilar

Los tomates con esta fisiopatía, carecen normalmente de forma y presentan grandes cicatrices y agujeros en el extremo pistilar del fruto. En ocasiones, el fruto tiene forma arriñonada con largas cicatrices. Una de las causas es el clima frío, la poda también puede incrementar este tipo de deformación bajo ciertas condiciones, y los niveles altos de nitrógeno pueden agravar el problema.

Cultivo del tomate a campo abierto

La producción de tomate no es fácil, es necesario tomar en cuenta todos aquellos factores que afectarán la calidad y rendimiento de la producción, si se toma en cuenta lo siguiente habrá más probabilidades de éxito en el cultivo y por lo tanto satisfacción en el consumidor final que deguste el fruto obtenido.

Selección de lugar:

Los tomates son adaptables a una gran variedad de condiciones de cultivo. Sin embargo, temperaturas bajas y temporadas cortas de crecimiento limitan su capacidad de producción.

Se desarrollan bien en terrenos arenosos de textura media, pero pueden ser exitosamente cultivados en una variedad de suelos, desde uno levemente arenoso a hasta un suelo arcilloso, siempre y cuando el lugar cuente con buen drenaje. Manteniendo niveles de humedad satisfactorios a fin de proteger la producción de frutos de la planta.

Tener en el terreno un buen flujo de aire con poco riesgo de vientos fuertes, buena ventilación de esta forma se reducirán problemas de enfermedades foliares y ayudará a prevenir heladas tardías en la primavera y tempranas en el otoño, las plantas jóvenes necesitan ser protegidas de los vientos fríos de la primavera, en un lugar semicubierto con rompevientos ofrecerá la protección adecuada a las plantas

Preparación del terreno

El suelo necesita ser preparado temprano en la temporada a fin de incorporar materia orgánica y cultivos de cobertura mucho antes de la siembra. Para esto se realiza una labor profunda de arado, rastra, nivelación y surcado, con estas labores el terreno queda dispuesto para permitir un buen desarrollo radical.

Siembra directa o trasplantes

La mayoría de los tomates producidos comercialmente a campo abierto, son iniciados por trasplante; sin embargo, los tomates producidos para proceso o cosechados mecánicamente para mercado fresco, son usualmente sembrados directamente. Es importante tomar en cuenta que la

siembra directa requiere una mayor cantidad de semillas por hectárea, contribuyendo al costo de siembra.

Otros factores a tomar en cuenta cuando se opta por siembra directa:

- Control de malezas
- Inversión apropiada en la preparación de camas para las semillas
- Profundidad adecuada al sembrar la semilla.

Sistemas de camas

Los tomates para mercado fresco son producidos usualmente en camas levantadas con acolchados plásticos. Las camas levantadas se calientan más temprano en la primavera y ayudan a estimular la producción temprana de la planta. Además, las camas facilitan el buen drenaje y ayudan a mejorar la producción en suelos deficientemente drenados.

Espacio entre las plantas

El tamaño de los tomates es una de las prioridades a considerar cuando se comercializa la producción para el mercado fresco. El tamaño de fruto es favorecido con el espaciamiento adecuado. Por otra parte, para el mercado de tomate procesado, no es tanto el tamaño lo que importa, sino el rendimiento. Por ende, el objetivo de producción para este mercado es sembrar en densidades altas, a fin de obtener un rendimiento más alto, aunque con menores tamaños de fruto.

Características que influyen una densidad óptima de plantas por hectárea:

- Hábito de crecimiento
- Tamaño de fruto en su etapa de madurez
- Vigor de la variedad

Los tomates producidos en campo abierto para el mercado fresco pueden ser plantados a densidades de 3,800 a 14,250 plantas por hectárea sin estacas ó 6,000 a 8,000 plantas por hectárea con estacas. Tomates para procesamiento pueden ser plantados a densidades de 10,000 a 12,000 plantas por hectárea sin estacas y los cultivares a dos tallos con poda puede ser a densidades de 25,000 a 30,000 plantas/ha.

Por norma general, usualmente se espacian las plantas para que las variedades determinadas tengan 0.84 metros cuadrados (45 cm x 62 m) y variedades indeterminadas tengan 1.4 metros cuadrados (75 cm x 2 m). El espacio dentro de la hilera también depende del vigor del cultivar y qué tan frecuentemente serán podados (Productores de Hortalizas, 2010).

Cuadro 2.2 Espacio recomendado para el tomate para los diferentes sistemas de producción.

Espacio recomendado para diferentes sistemas	Espacio entre hileras	Espacio entre plantas
Mercado fresco	1-2 metros	30-45 cm
	1.5-2 metros	30-45 cm
	1.5-2 metros	45-60 cm
Mercado de proceso	1.5-2 metros	10-25 cm(una sola planta)
		25-30 cm(siembra en grupos)

Fuente: productores de hortalizas 2010

Entutorado

Una labor muy importante que consiste en colocar trípodes de palo, separados entre sí de 4 a 5m, y la rafia que los unen y se atan a los mismos colocadas a tres niveles. La rafia se va atando conforme vaya creciendo la planta.

Riego

Cuando se riega por goteo, no es necesario asurcar el terreno. Y la frecuencia de riego es de 1 a 3 días. Con dosis de 1 a 3 litros por planta por día. De acuerdo con reportes de la literatura, para determinar la cantidad óptima de agua a aplicar durante el riego se deben conocer los requerimientos hídricos del cultivo de tomate y cualquier otro. Estos requerimientos dependen de la interacción entre el clima (temperatura, velocidad del viento, radiación solar, humedad relativa y pluviometría), suelo (textura y propiedades físico-hídricas), y características propias de la planta como la variedad, porcentaje de cobertura del cultivo, sistema radical, etc. (Paillán *et al.*, 2001).

La demanda hídrica de los cultivos está determinada por los procesos de evaporación desde el suelo y transpiración a través de la superficie foliar, que en su conjunto reciben el nombre de evapotranspiración real o de cultivo (ET real). Existen numerosos métodos para determinar la ET real en función de la información climática, siendo el método de la evaporación de la bandeja o evaporímetro clase A, el más usado por su bajo costo y fácil manejo (González y Ruz, 1999).

Fertilización

Se realiza aplicando al suelo mediante sistema de riego por goteo, o bien mediante aspersiones foliares complementarias durante el ciclo del cultivo. Los nutrimentos más relacionados con la calidad del fruto de tomate

son el potasio y el calcio. El potasio afecta la calidad del fruto: color, sabor, consistencia y tamaño. El objetivo principal de los productores de tomate es la producción de frutos con calidad de exportación, razón por la cual aplican potasio en grandes cantidades. La obtención de concentraciones adecuadas de calcio en los frutos también es un objetivo en la producción hortícola. Bajos niveles de calcio se han asociado con una pobre calidad y un mayor grado de ablandamiento en muchas especies de frutas y también con la pudrición apical del fruto en el caso del tomate (Armenta-Bojórquez et al., 2001).

La Agricultura Orgánica en el Mundo

El dinámico y atractivo mercado de los alimentos orgánicos ha estimulado fuertemente la reconversión de la agricultura convencional a orgánica. Entre los países que tienen mayor superficie orgánica cultivada esta en primer lugar Australia, con 7.6 millones de hectáreas, seguida por Argentina, con 3.2 millones, e Italia con 1.04 millones. En los Estados Unidos la superficie orgánica creció de 370 mil hectáreas a 900 mil en tan solo 10 años. En Europa el proceso de conversión ha sido mucho más espectacular, gracias a favorables políticas de apoyo a esta agricultura. Así, la superficie orgánica europea creció a 111,000 hectáreas en 1985 a casi 3.5 millones en el año 2000, lo que implica un crecimiento de más de 2% de la superficie agrícola total y de 1.5% del número de granjas (130,000). México ocupa el 16º lugar a nivel mundial con casi 103,000 hectáreas (Yussefi y Willer, 2002).

La producción orgánica en el mundo continúa creciendo a un ritmo acelerado, y en este sentido los países latinoamericanos no son la excepción; de los 130 países que cultivan productos orgánicos en cantidades comerciales, al menos 90 (69%) son países en desarrollo. (ONAGRI, 2001)

En la actualidad se estima que existen poco más de 18.2 millones de hectáreas manejadas orgánicamente en 139 países, de los cuales 34 son latinoamericanos. De estos se considera que 13 de los países de la región se encuentran con un nivel relativamente avanzado en el desarrollo de su agricultura orgánica, mientras 21 están aún en un nivel incipiente de desarrollo.

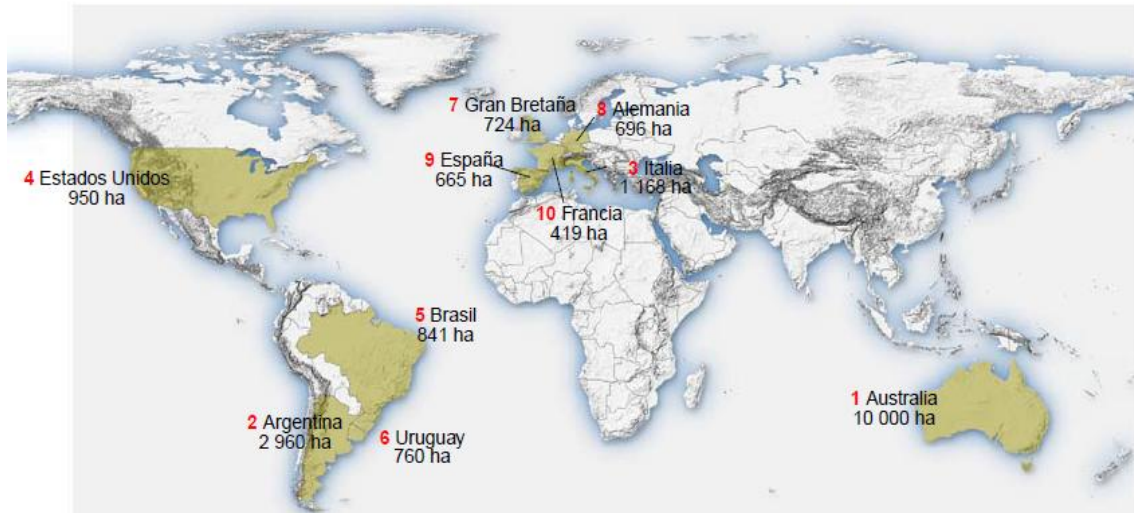


Figura 2.3. Principales países por superficie (miles de hectáreas) destinadas a cultivos orgánicos en el mundo. Fuente: Willer y Yusseffi, 2004.

La Agricultura Orgánica en México

De acuerdo con un reciente artículo de Erin *et al.*, 2009 la cantidad de superficie dedicada a cultivos orgánicos en México desde 1996, ha crecido en promedio 33% anualmente, el empleo del sector en 23%, y los ingresos generados en 26%. Como resultado del rápido crecimiento de este sector agrícola para 2007 más de 83,000 productores Mexicanos cultivaron más de 300,000 ha orgánicas; esto generó más de 270 millones de dólares de entradas al país (Willer and Yusseffi 2007). Aproximadamente la mitad de esta producción es de café, seguido hierbas, vegetales, cacao, y otros

cultivos frutales. La gran mayoría, aproximadamente el 85%, es destinado para el mercado de exportación (Gómez-Cruz *et al.* 2006).

De la producción orgánica de México cerca del 98% de los productores son pequeños propietarios y generan 78% de las divisas de este sector (Armenta y robles, 2001).

La introducción de la agricultura orgánica certificada en México responde a influencias externas a través de comercializadoras, ONG y grupos religiosos (teología de la liberación) que fomentan la apropiación de esta nueva forma de producir para poder surtir la demanda ya creada en los países desarrollados; es así como comercializadoras de países desarrollados comenzaron a establecer comunicación con diferentes actores en México, solicitando productos orgánicos determinados, de los cuales se inició su producción principalmente en áreas donde no se usaban productos de síntesis química, como es el caso de regiones indígenas y áreas de agricultura tradicional de los estados de Chiapas y Oaxaca. Posteriormente también compañías comercializadoras influenciaron el cambio a la producción orgánica en la zona norte del país, ofreciendo a los productores privados financiamiento y capacitación a cambio de productos orgánicos

En México hay 262 zonas de producción orgánica ubicadas en 28 estados de la república, entre los cuales destacan Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Chihuahua y Guerrero, que concentran el 82.8% de la superficie orgánica total, los dos primeros aportando el 70%. Actualmente se cultivan en México más de 30 productos orgánicos diferentes, entre los que sobresalen: café, plantas olorosas, hierbas plantas medicinales y hortalizas (jitomate, chile, calabaza, pepino, cebolla, ajo, chícharo, berenjena, melón albahaca, menta, jengibre, entre otras), la manzana, ajonjolí, frijol, garbanzo, la vainilla y el maíz azul, así como otros productos con menor superficie: cacahuete, Jamaica, plátano, aguacate, mango, cacao, caña de azúcar, papaya, piña, litchi, zarzamora, limón, cereza, amaranto, coco y estropajo (Gómez *et al.*, 2003).

El Mercado Mundial de los Alimentos Orgánicos

Los productos orgánicos presentan una mayor demanda a nivel mundial y su orden de importancia es: hortalizas, frutas, cereales, carne y lácteos. Sin embargo, en forma particular en Europa se tiene un mayor consumo de los siguientes productos: 1) hortalizas, 2) cereales, 3) productos lácteos, papas y 5) frutas. En los Estados Unidos destacan en primer lugar las hortalizas y las frutas frescas (Michelsen *et al.*, 1999). Lo que motiva a los consumidores a preferir los productos orgánicos son: los beneficios a la salud, el sabor y la frescura de estos alimentos, y su preocupación por la conservación del medio ambiente (Gómez *et al.*, 2003).

Antecedentes

Al inicio de la década de los '70, se retomaron los estudios de los microorganismos que se asocian a las raíces de los vegetales. El desarrollo de estas prácticas, crearon el concepto de *biofertilización*, que es "la manera de suministrar a las plantas algún nutriente que ellas necesitan para su crecimiento, mediante un proceso biológico en el que intervienen diferentes microorganismos" (Ferlini *et al.*, 2006).

Biofertilizantes

Los biofertilizantes en base a microorganismos se revelan como una estrategia importante para lograr una agricultura sustentable, su utilización permite disminuir insumos químicos y además reduce el impacto ambiental, permite obtener ahorros económicos, incrementar rendimientos, mejorar la

salud general de las plantas y regenerar paulatinamente las características físicas, químicas y biológicas de los suelos (Peralta, 2007).

Entre los organismos microbianos más empleados y estudiados se encuentran las bacterias *Rhizobium*, *Azospirillum*, y los hongos micorrícicos arbusculares como *Glomus*, entre otros. (García *et al*, 2006).

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.

Azospirillum, es una bacteria fijadora de nitrógeno de vida libre, además produce fitohormonas que promueven el crecimiento y expansión de las raíces de un sinnúmero de plantas.

Glomus, es un hongo perteneciente al grupo de las micorrizas arbusculares, se asocia directamente con las raíces y solubiliza fósforo, coloniza las raíces de diferentes especies vegetales y ocupa sitios de entrada y de alimentación de nemátodos, favoreciendo la disponibilidad de nutrimentos y mejorando el desarrollo de los cultivos (Masadeh *et al.*, 2004).

Azospirillum

La bacteria promotora del crecimiento vegetal más versátil y mejor estudiado. *Azospirillum* fue descrita inicialmente en los 70s por Johanna Dobbereiner en Brasil (García *et al*, 2006), es actualmente uno de los organismos promotores del crecimiento de las plantas, tiene una amplia distribución geográfica mundial, ya que cubre de las zonas tropicales a las templadas. Se han aislado de la superficie rizosférica de una gran variedad de plantas que incluyen cereales como maíz, trigo, arroz, sorgo, avena y pastos. Pero también de agave, cactáceas, cafeto, piña, e inclusive hongos, esto nos indica que la bacteria puede establecer una asociación generalizada

con las plantas. Las especies descritas a la fecha son *A. brasilense*, *A. lipoferum*, *A. irakense*, *A. amazonense* y *A. halopraeferans*.

Beneficios del uso de *Azospirillum*. Durante varios años de investigación se han observado muchos beneficios derivados de su aplicación: incrementos significativos en rendimiento de 10 a 35%, un mayor desarrollo del sistema radical lo que impacta en una mayor superficie para absorber nutrientes y también una mejor estabilidad de la planta, incremento en contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y otros minerales. Resultados de la mayor aplicación de *Azospirillum* en México, cubriendo cerca de dos millones de hectáreas de maíz, se han obtenido incrementos en producción de 26% en promedio (Caballero, 2000).

Aplicación de *Azospirillum*.

La dosis normalmente es de cerca de medio kilo por hectárea en el caso de semillas como maíz y sorgo, cebolla, jitomate, pepino, calabaza y chile; un kilo en el caso de cebada, avena y trigo; y medio kilo diluido en dos metros cúbicos de agua de riego para frutales y cultivos como aguacate, plátano, cafeto y cítricos como limón, naranja, mandarina y toronja.

Se recomienda disminuir un tercio o a la mitad la fertilización nitrogenada, debido a que ésta es inhibitoria para las actividades biológicas de la bacteria. También evitar la exposición al sol de las bolsas con el biofertilizante y no almacenar en lugares con temperaturas ambientales altas. El biofertilizante no es compatible en general con el uso de bactericidas, fungicidas e insecticidas debido a que reducen la sobrevivencia de *Azospirillum* (Lira y Medina, 2007)

Micorrizas

El término micorriza se define a un extenso grupo de hongos que se asocia estrechamente con las raíces de plantas y árboles, la palabra micorriza está formada por los términos griego mikos (hongo) y latino rhizo (raíz). El botánico Albert Bernard Frank creó, en 1885, el término micorriza para designar la asociación que se producía entre las hifas de algunos hongos del suelo con los órganos subterráneos de la gran mayoría de las plantas superiores.

En el caso de árboles, así como de muchas plantas, las micorrizas incrementan enormemente la capacidad exploratoria de las raíces en busca de agua y nutrientes (Figura 2.3.)



Figura 2.3. Las micorrizas incrementan enormemente la capacidad exploratoria en busca de agua y nutrientes de las raíces de árboles y otras plantas. (<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/11/22/51995>).

Efecto de la inoculación con micorrizas.

- Una mejor asimilación de los nutrientes en las plantas
- Una mayor tolerancia de las plantas frente a factores de estrés: sequía, desequilibrios en el pH, altos contenidos de sales, exceso

de viento, entre otros. Esto se debe a que facilita una adecuada evaporación-transpiración de la planta y un mejor funcionamiento fisiológico de éstas en sentido general.

- Al estar mejor nutridas las plantas, promueve una mayor resistencia frente a organismos patógenos, mejorando su salud sin aplicación de agro tóxicos.

Es fundamental en aquellas zonas o regiones, en las cuales los factores esenciales para la producción agrícola, se encuentran por debajo del estado óptimo para el desarrollo de las plantas (dunas de arena, suelos pobres, superficies devastadas, etc.). La inoculación provoca, de manera general, un marcado incremento en los procesos de absorción y traslocación de macro y micronutrientes como: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, zinc, cobre, molibdeno, hierro, manganeso, entre otros.

Aplicación de micorrizas en campo.

La aplicación es muy sencilla, si el biofertilizante está en bolsa, el contenido se mezcla con un poco de agua y adherente (normalmente provisto por el productor) y se mezcla homogéneamente. Se deja orear para mayor facilidad en la siembra manual y se procede como se acostumbre (Toledo y Martinez, 2009).

En la actualidad, el uso de biofertilizantes, aplicados como inoculantes dentro de los sistemas de producción agrícola, está teniendo un gran auge, especialmente para lograr una mayor disponibilidad de nutrientes que permitan un rendimiento mayor de los cultivos y la conservación del medio ambiente. De esta manera, estos tres organismos forman un recurso biotecnológico importante con ventajas claras para los cultivos agrícolas basados en un enfoque sustentable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio experimental

El presente trabajo se realizó en Saltillo, Coahuila durante el ciclo primavera - verano del año 2010, en el Campo Agrícola Experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), ubicado bajo las siguientes coordenadas geográficas: 25° 27'36.80" latitud Norte y 100° 58'08.75" longitud Este, con relación al meridiano de Greenwich y altura de 1610 msnm; el cual se estableció bajo condiciones de campo abierto con acolchado plástico y sistema de riego por cintilla.

Características del área experimental

Clima

Es templado; con una temperatura promedio de 17°C. El verano es cálido con temperaturas que pueden superar los 32°C algunos días y teniendo tormentas eléctricas por las tardes. El clima es caluroso en primavera y verano, la estación lluviosa es en julio y agosto, en invierno el tiempo es frío y brumoso siendo comunes las temperaturas por debajo de 0 °C llegando en ocasiones a -7 °C y pudiendo nevar.

Tratamientos.

En este trabajo de investigación se usaron ocho tratamientos incluyendo los testigos, cada uno de ellos con cuatro repeticiones los cuales se describen en el Cuadro 3.

Cuadro 3.1. Descripción de los tratamientos evaluados en la producción de tomate cherry orgánico en condiciones de campo abierto.

Tratamiento	Descripción	Abreviatura
1	Testigo fertilización completa (200-150-100) Sin acolchar.	(TFCSA)
2	Testigo fertilización completa (200-150-100) con acolchado.	(TFCA)
3	Inoculación con <i>Azospirillum brasilensis</i> a la semilla sin más aplicaciones.	(IAz)
4	Inoculación con <i>Glomus intraradices</i> a la semilla sin más aplicaciones.	(IGi)
5	Coinoculación de la semilla con <i>Azospirillum brasilensis</i> más <i>Glomus intraradices</i> sin más aplicaciones.	(CIAz+Gi)
6	Coinoculación <i>Azospirillum brasilensis</i> más <i>Glomus</i> a la semilla más 2 aplicaciones de <i>Azospirillum</i> mas <i>Glomus</i> a las plantas (10 y 20 Días después del trasplante).	(CIAz+Gi 10y20DDT)
7	Coinoculación <i>Azospirillum brasilensis</i> más <i>Glomus intraradices</i> a la semilla más 2 aplicaciones de <i>Azospirillum</i> a las plantas (10 y 20 Días después del trasplante).	(CA+G+2A10y20)
8	Coinoculación <i>Azospirillum brasilensis</i> más <i>Glomus intraradices</i> a la semilla más 2 aplicaciones de <i>Glomus intraradices</i> a las plantas (10 y 20 Días después del trasplante).	(CA+G+2AG10y20)

Descripción del material experimental

Material vegetativo

Para la realización de este trabajo se utilizó el híbrido de tomate tipo Cherry (*Solanum lycopersicon* L.) var *Cerasiforme* cv. Camelia de crecimiento indeterminado de la casa comercial HAZERA GENETICS LTD, Lote # 34957, con germinación del 95%. Este híbrido es una planta de crecimiento indeterminado, con un racimo muy elegante; la planta es vigorosa, su madurez relativa es precoz bajo el sistema de invernadero, el fruto es globoso de calibre 30-45mm y su peso de 15-20gr, el color es rojo intenso, tiene larga vida prolongada y una muy buena firmeza. Esta variedad es resistente a: *Fusarium oxisporum*, f. sp. *Licopersici*, race 1 (Fol 1), *Verticillium dahlie* (Vd (V) y al virus del mosaico del tomate (ToMV).

Metodología

Producción de plántulas

El día 2 de marzo de 2010 se realizó la siembra de la semilla de tomate del híbrido cv Camelia, realizando la inoculación y coinoculación de las semillas se hizo con los productos *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices* (AzoFer y MicorrizaFer productos de la casa comercial BIOfabrica siglo XXI) como correspondía según los tratamientos descritos; se utilizaron charolas de poliestireno de 200 cavidades, con peat moss y perlita como sustrato, y regadas manualmente, después se taparon con un plástico negro para acelerar su germinación, todo en condiciones de invernadero.

En este proceso se aplicaron diferentes productos de origen orgánico para un mejor desarrollo y crecimiento (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Productos orgánicos aplicados durante la etapa de producción de plantas.

PRODUCTO	ACCION	DOSIS	En sustrato	Semana				
				1	2	3	4	5
Best Ultra S	Para protección de la raíz	2 cc/L	*			*		
Biobacter O	Inductor de resistencia antibacterial.	0.5cc/L			*		*	
Best Ultra F	Para prevenir enfermedades fungosas.	1cc/L				*		*
Noxide Up	Promueve el crecimiento de la planta en condiciones desfavorables.	2 cc/L			*		*	
eBioluzion	Insecticida Orgánico de Amplio Espectro	1 cc/L			*		*	
Akabrown	Como medio de prevención de plagas acaricida orgánico.	1 cc/L				*		*
Profluxx	Coadyuvante para permitir la adherencia de los productos a la planta.	1 cc/L			*	*	*	*

Preparación del terreno

Para esta labor se realizó el barbecho y rastreo del suelo con maquinaria agrícola, mientras que el levantamiento de camas se hizo de forma manual, cada cama de 3 metros de longitud y separación de 1.80 metros entre ellas, dejando el suelo en condiciones óptimas para la instalación de cintilla y acolchado.

Instalación de cintillas

La instalación del sistema de riego se realizó colocando una cintilla en la parte superior de cada cama, con goteros a 30 cm de distancia uno de otro y con un gasto de agua de 1 Litro por hora a una presión de 9 PSI.

Acolchado

Se realizó con acolchado plástico con película coextruída blanco-negro, dejando la parte blanca expuesta al exterior, en 31 camas las cuales constituían el experimento no incluyendo al testigo, debido a que se estableció en suelo desnudo.

Trasplante

El trasplante se realizó el día 15 de abril de 2010 utilizando plántulas de tomate vigorosas, con promedio de 20 cm de altura y 0.5 cm de diámetro de tallos. Se trasplantaron 18 plantas a una hilera por cada cama con una distancia de 0.30 metros entre plantas, el experimento conformado por 32 camas teniendo un área de 700 m².

Nutrición

La nutrición de la plantas se realizó con una aspersora manual y el sistema de riego mediante soluciones de fertilizantes orgánicos. Estos fertilizantes fueron: NitraminOrg, PotaminOrg, Biophos, Aminomax, FulvimaxAlga y Biocharger. El día 17 mayo, se fertilizó manualmente (solo en tratamientos testigo) con N-P-K granulado a razón de 6 gr. por planta, esta se hizo cada 25 días.

Riegos

El sistema de riego permitió dosificar 1 litro de agua por hora con presión en manómetro de 9 libras por pulgada cuadrada, los riegos se programaron para aplicarse cada 3 días.

Manejo agronómico del cultivo

Entutorado

Esta práctica se realizó a partir del 3 de mayo y llevándola a cabo cada 8 días cuando la planta tenía una altura, entre 25 a 30 cm aproximadamente, se realizó con hilos de rafia sujetos a estacas colocadas en los extremos de cada cama, para evitar problemas de acame y así prevenir enfermedades en la planta y frutos, a causa del contacto con el suelo, a medida que la planta creció, fue colocándose la rafia a cada 20cm.

Control de malezas

Se hizo de forma manual debido a que se trataba de una investigación de carácter orgánico, además de tener la ventaja de contar con acolchado plástico.

Podas

La primera poda fue el día 10 de Mayo, esto cuando las plantas tenían una altura de 25 cm, para empezar a darle conducción a un solo tallo. En este caso en el cultivo de tomates se realizaron varios tipos de podas, como; desbrote y deshojado con la finalidad de obtener una buena producción. Lo que se realizó primero fue el desbrote ya que es muy común en plantas de crecimiento indeterminado, esto se realizaba continuamente cada 8 días después de la primera poda, para que las plantas se conduzcan a un solo tallo. La poda de hojas se realizó con la finalidad de evitar que éstas cayeran al suelo y así evitar problemas con enfermedades provocadas por patógenos.

Control de plagas y enfermedades

Las aplicaciones se llevaron a cabo con una bomba aspersora de 20 litros, las cuales se realizaron conforme fueron requeridas y de forma preventiva, así como curativa durante todo el ciclo del cultivo. Durante el desarrollo del cultivo tuvimos incidencia de las siguientes plagas: mosca blanca (*Bemisia tabaci*), pulgón verde (*Myzus persicae* Glover), y *Paratrioza cockerelli*.

Para el control de las plagas anteriores mosca blanca fue con aplicaciones periódicas de eBioluzion (insecticida de amplio espectro) y Akabrown (insecticida acárida), aplicándolo de manera periódica conforme el comportamiento de la plaga. En el caso de enfermedades hubo incidencia de tizón temprano (*Alternaria solani*), tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y presencia de bacteria del género *Pseudomona*.

Se presentó la fisiopatía de agrietado de fruto, debido a la elevada humedad relativa que se presentó en los meses lluviosos, existiendo la posibilidad de que haya existido una alteración nutricional ya que la nutrición

fue a base de productos orgánicos. Los productos utilizados para la nutrición complementaria y para la prevención y control de plagas y enfermedades fueron de origen orgánico, proporcionados por la compañía GreenCorp Biorganiks de México, S.A. de C.V.

Productos usados para control de plagas

- eBioluzion: Insecticida orgánico de amplio espectro
- Akabrown: Acaricida orgánico.

Productos usados para control de enfermedades

- Biobacter O: Inductor de resistencia antibacterial.
- Best Ultra S: Máxima protección en raíces (amplio rango de acción contra nematodos y hongos fitopatógenos de la raíz).
- Best Ultra F: Acción inductora de resistencia activa a enfermedades foliares.
- Best: Fungicida para enfermedades de raíz.

Productos orgánicos usados como fertilizantes, activadores y potenciadores del crecimiento

- Noxxide Up: Antioxidante y antisenescente orgánico con base en extractos vegetales
- Fulvamin 18: Bioactivador de suelos y promotor de la absorción de nutrientes. Proflux: Potenciador orgánico de productos sistémicos y de agentes de biocontrol. Aminomax: Aminoácido para aplicación en riego.
- FulvimaxAlga: Mejorador orgánico biológico del suelo.
- Biocharger: Bioestimulante orgánico.

- NitraminOrg: Biofertilizante nitrogenado enriquecido con aminoácidos.
- PotaminOrg: Fertilizante líquido a base de potasio y magnesio.
- Biophos 25 Plus: Biofertilizante rico en fósforo y compuestos orgánicos.

** Las aplicaciones se llevaron a cabo con una bomba aspersora de 20 litros, las aspersiones se realizaron conforme fueron requeridas y de forma preventiva, así como curativa durante todo el ciclo del cultivo.

Cosecha

Los cortes de frutos se realizaron por semana, se cosechó el racimo completo, cuando ya habían alcanzado su madurez fisiológica, los colores de cosecha variaron de pintón rosa y rojo pálido, en este caso se realizaron 5 cortes durante el ciclo del experimento.

Variables evaluadas

Cosechas o cortes de tomate cherry

Esta variable fue tomada de 6 plantas por cada tratamiento y repetición; cada corte por planta fue colocado en una bolsa previamente marcada en la cual se mostraban los datos de la planta obtenida, y luego se procedía a pesarse y luego proceder al análisis estadístico.

Rendimiento total por planta (RTP)

Esta variable se obtuvo de acuerdo a la suma total de los cortes hechos durante todo el ciclo del cultivo, las muestras fueron pesadas en una

báscula granataria y para verificar cuánto rindió cada tratamiento y repetición.

Las siguientes variables se tomaron en dos ocasiones para determinar la fenología de la planta, las fechas fueron 4 de junio y 24 del mismo mes, 6 plantas identificadas desde el establecimiento del cultivo para tener un mejor control de los datos.

- **Altura (AL).** Medida manualmente con una cinta métrica de 1m. Esta fue tomada en cuenta para llevar conocer cómo se comportaba cada una de las plantas.
- **Numero de hojas (NH).** Fueron contadas de forma visual en cada planta muestreada, llevando a cabo un conteo de las mismas.
- **Numero de racimos florales (NRF).** Se contaron todos aquellos racimos que tenía la planta pero que aún no habían sido fecundados.
- **Numero de racimos con fruto (NRCF).** Esta medición se hizo llevando el conteo de los racimos que ya habían sido fecundados.
- **Numero de frutos por racimo (NFR).** Cantidad de frutos de cada racimo con los que contaba la planta y entre ellos se tomaba un promedio.
- **Numero de entrenudos (NE).** Se contaron de forma manual desde la base hasta la punta de la planta.
- **Diámetro del tallo (DT).** Variable medida con un vernier digital para determinar el grosor en centímetros.
- **Diámetro apical (DA).** Medido en centímetros con un vernier para determinar el grosor de la yema terminal.

Clorofila: superior, intermedia e inferior. (CLOS, CLOM y CLOI).

La determinación de esta variable se realizó con el medidor de clorofila de la hoja llamado Minolta SPAD-502.

Peso seco de la planta (PSP).

A cada una de las plantas que se cortaron para determinarles el área foliar, se cortaron en pedazos pequeños junto con su tallo y se introdujeron en una estufa de secado a una temperatura de 65°C con un mínimo de duración de 72 hrs. hasta obtener un peso constante y así se procedió a pesarlas.

Área foliar (AF).

Para este parámetro se utilizó el medidor de área foliar LI-300 AREA METER LI-COR, Lincoln, Nebraska USA. En este se colocaron todas las hojas que componían a una planta, en total fueron dos plantas por repetición, todos los valores expresados en centímetros cuadrados por planta.

Fotosíntesis y variables relacionadas.

Fueron medidas con un aparato portátil de fotosíntesis LI-6200 (LI-COR, inc. Lincoln, Nebraska, EU.). Las variables tomadas en cuenta son: Tasa fotosintética, en $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, Temperatura de la hoja, en °C, T, Transpiración, en $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, Conductancia estomática, en moles de vapor de agua, CO_2 intercelular. La toma de datos se realizó en la etapa fenológica de crecimiento vegetativo activo, a las 9:00 hrs. del día 4 de Junio, en el estrato medio de la planta en una hoja bien desarrollada.

Procesamiento estadístico de los datos colectados.

El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa The SAS System for Windows V8.

Duración del experimento

El experimento duró un total de 148 días desde el 2 de marzo al 28 de julio de 2010. El corto tiempo que duró este se debió en gran parte a fenómenos climáticos no esperados los cuales no se pueden predecir. Esto se explica por la granizada tardía ocurrida el día 7 de mayo de 2010, la cual dañó significativamente una gran cantidad de plantas, las cuales perdieron parte de su área foliar y además algunas se quebraron y posteriormente murieron.

Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue de bloques al azar con ocho tratamientos (incluyendo al testigo) y con 4 repeticiones. A los valores medios de las variables analizadas se les aplicó el análisis de varianza, el modelo lineal aditivo empleado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Observaciones del i – ésimo tratamiento en j – ésimo repetición

μ = Efecto de la media general

α_i = Efecto del i – ésimo tratamiento

β_j = Efecto de la j – ésima repetición

E_{ijk} = Efecto del error experimental

$i = 1, 2, \dots, t$ (tratamientos)

$j = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones)

*Para la comparación múltiple de medias se empleó la prueba de Tukey, con una probabilidad $\leq 0.05\%$ en la mayoría de las variables, no incluyendo a la fotosíntesis y sus variables relacionadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para cumplir los objetivos planteados en este trabajo de investigación y la comprobación de la hipótesis planteada, este capítulo incluye todos los resultados y así mismo la discusión del análisis de varianza (ANVA) de las diferentes variables evaluadas. Con la finalidad de caracterizar las respuestas fenológicas del cultivo, se realizaron dos muestreos: el primero fue el día 4 de junio y el segundo el 24 del mismo mes, habiendo medido las siguientes variables:

Altura de plantas (AL)

El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre los tratamientos con un CV del 5.3% mostrado en el Cuadro 5.

En cuanto a la comparación de medias en la prueba de Tukey se observó que numéricamente fueron diferentes, los tratamientos tratados con biofertilizantes ocuparon los primeros lugares CIAz+Gi con una altura de 82.7cm/planta, y el CAz+Gi 10y20 DDT, con 81.7 cm/planta, mientras que el testigo (TFCSA) reportó solo 49.6 cm/planta (Figura 4.1).

De igual forma en la fenología tomada el 24 de junio en el análisis muestra diferencias significativas en los tratamientos con un CV de 7.3% (Cuadro 8), en la comparación de medias los tratamientos con biofertilizantes son los mejores encontrando a CA+G+2AG10y20 con 132.6 cm/planta y el tratamiento IGI con 131.5 cm/planta los de mayor altura aunque la mayoría se encontró en el mismo grupo excepto el testigo absoluto apreciados en las Figura 4.2.

Al obtener estos resultados se afirma que la altura de las plantas es uno de los parámetros fenológicos donde más se detecta el efecto de las bacterias promotoras del crecimiento de las plantas como *A. brasilense*, lográndose una superioridad en el tamaño de las plantas inoculadas con relación al testigo (Villasana y Martínez, 1996).

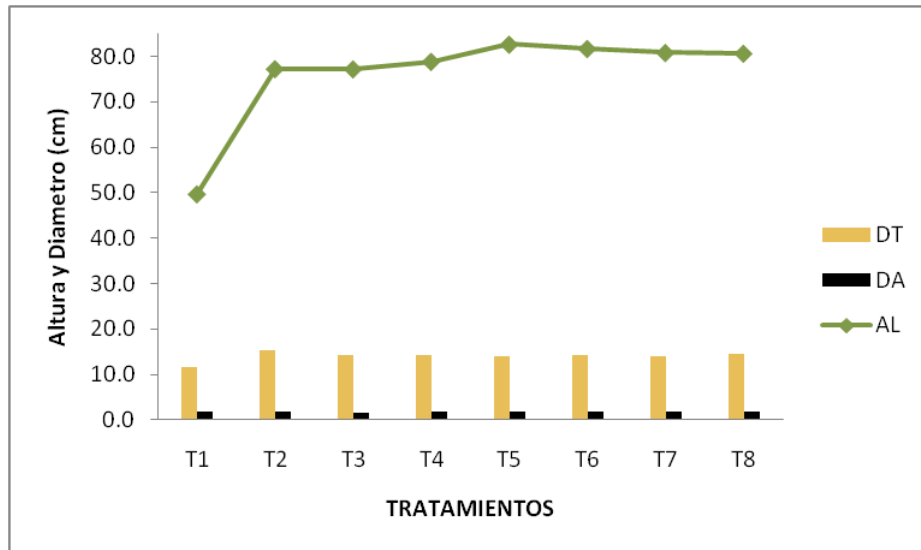
Este resultado podría deberse a las fitohormonas producidas por la planta como giberelinas, auxinas (ácido indolacético) y citoquininas, como respuesta a la acción microbiológica, provocando alteraciones enzimáticas, directamente relacionadas con el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Owen y Jones, 2001).

Diámetro de tallo (DT)

Esta variable en el análisis estadístico mostró diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre los tratamientos con un CV de 7.2% y 5.3%, Cuadros 5 y 8, esto demuestra que al menos un tratamiento con biofertilización influye en el diámetro de tallo, haciendo la comparación de medias en las Figuras 4.1 y 4.2 se puede observar que el TFCA tuvo mayor diámetro de tallo 15.25 cm, seguido por el tratamiento CA+G+2AG 10 y 20 con 14.44 cm, y el testigo con solo 11.59 cm.

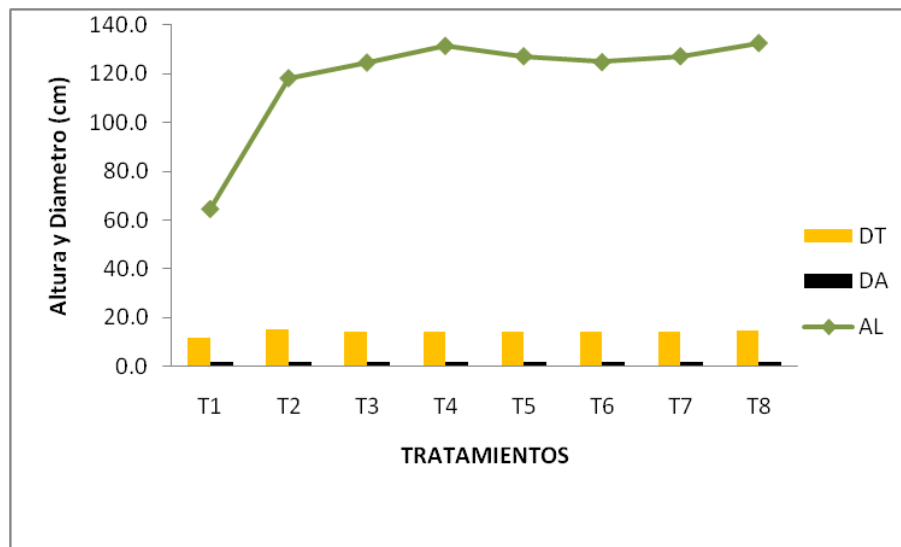
Diámetro apical (DA)

En el ANVA realizado a esta variable no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos y repeticiones (Cuadros 5 y 8), en las dos mediciones realizadas esto indica que los diferentes tratamientos no causan efecto en el diámetro apical.



Tratamientos: T1= (TFCSA), T2= (TFCA), T3= (IAz), T4= (IGi), T5= (CIAz+Gi), T6= (CIAz+Gi 10y20DDT), T7= (CA+G+2A10y20), T8= (CA+G+2AG10y20).

Figura 4.1. Valores medios de altura, diametro apical y de tallo en el cultivo orgánico de tomate cherry 04/06/2010.



Tratamientos: T1= (TFCSA), T2= (TFCA), T3= (IAz), T4= (IGi), T5= (CIAz+Gi), T6= (CIAz+Gi 10y20DDT), T7= (CA+G+2A10y20), T8= (CA+G+2AG10y20).

Figura 4.2. Valores medios de altura, diametro apical y de tallo en el cultivo orgánico de tomate cherry 24/06/2010.

Número de hojas (NH)

Esta variable mostró diferencias significativas ($p \leq 0.01$) en los tratamientos presentada en los Cuadros 6 y 9 con un CV de 5.0% y 10.1% respectivamente, el análisis de la comparación de medias el tratamiento CIAz+Gi mostro 18 hojas mayor numero de hojas, en su mayoría los tratamientos se ubicaron bajo en rango de 15 a18 hojas, mientras el TFCSA con solo 13 hojas (Figura 4.3 y 4.4).

En los datos obtenidos el día 24 de junio muestra también la influencia de los biofertilizantes quedando el tratamiento IGI y CA+G+2AG10y20 como los de mayor numero de hojas. Figuras 4.3 y 4.4.

Los resultados favorables indican que *Azospirillum* y *Glomus* actúan de forma positiva en la planta influyendo en la altura y por ende en el número de hojas, aumentan su longitud, estimulan el crecimiento de raíces, densidad y velocidad de crecimiento, promoviendo la producción de auxinas, incrementando la tasa de crecimiento aéreo y radicular. (Okon y Labandera, 1994).

Número de racimos florales (NRF)

Al realizar el análisis estadístico los valores esta variable no mostraron significancia alguna (Cuadro 6 y 9), manteniéndose las plantas con 2 racimos florales en promedio, lo cual indica que los tratamientos no influyeron en el numero de racimos florales, esto se puede observar en la comparación de medias de esta variable Figuras 4.3 y 4.4.

Número de racimos con fruto (NRCF)

El Cuadro 6, Indica que se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre los tratamientos estudiados con un CV de 9.8%, lo cual indica

que los tratamientos influyeron en la producción de racimos con fruto y en las repeticiones también se encontró significancia, numéricamente hubo dos grupos la mayoría se colocó en 4 racimos con frutos, excepto el testigo. Aquí se muestra la acción de los biofertilizantes ubicando a los tratamientos CA+G+2AG10y20, CA+G+2A10Y20 y IAZ como los de mayor cantidad de racimos con fruto (Figuras 4.3 y 4.4).

Número frutos por racimo (NFR)

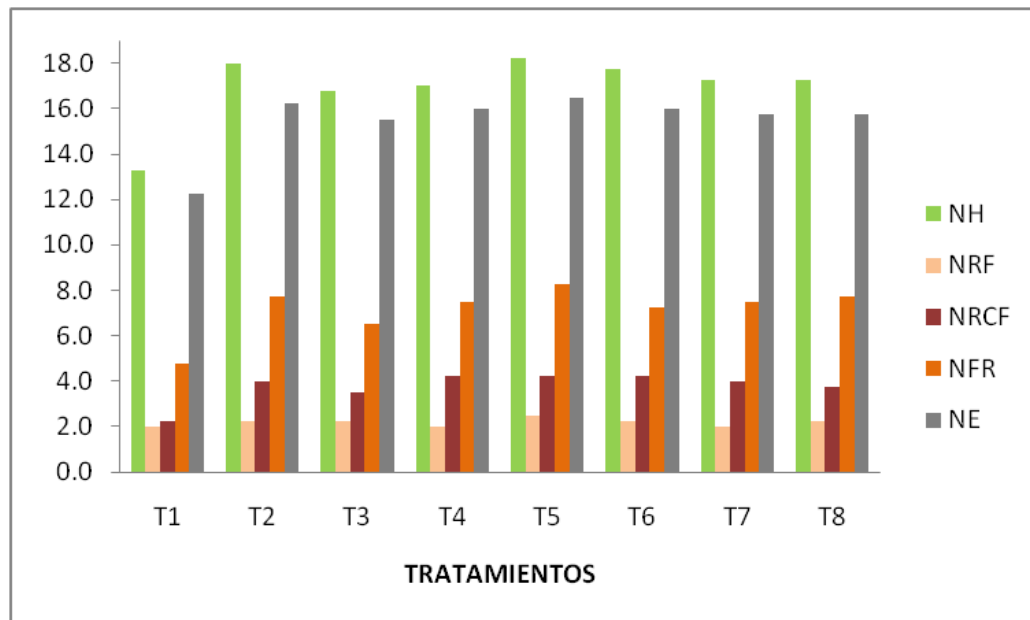
En los Cuadros 6 y 9 el análisis realizado a esta variable dio como resultado entre los tratamientos diferencias significancias ($p \leq 0.01$), esto indica que son diferentes entre ellos con un CV de 13.9% y 14.8%, en la comparación de medias de los valores obtenidos (Figura 4.3) el tratamiento CAz+Gi y CA+G+2AG10y20 estos son resultados que ponen de relevancia que si hay intervención de los dos microorganismos usados, superando al testigo.

Safir., 1972 menciona que al inocular las plantas con micorrizas incrementan la toma de agua, además convierten diferentes nutrientes en asimilables para las plantas, interviniendo en procesos de fijación, mineralización, oxidación, reducción y solubilización.

Número de entrenudos (NE)

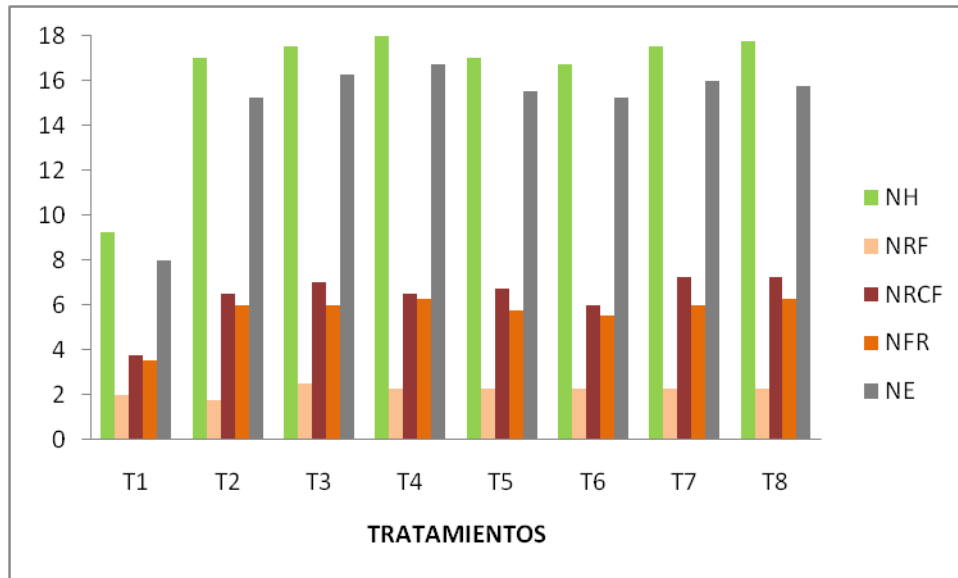
De acuerdo con los resultados para esta variable indica que hay diferencias significativas ($p \leq 0.01$) mostrada en los cuadros 6 y 9, en la comparación de medias (Figura 4.3 y 4.4) el tratamiento CIAz+Gi fue el que presento mayor numero de entrenudos 17, quedando el testigo en último lugar con 12 entrenudos.

Esto indica que las plantas tratadas con biofertilizantes (*Azospirillum* y *Glomus*) estimularon el crecimiento de la planta y comparándolas con el testigo. Por tal razón al tener mayor longitud de la planta habrá mayor número de entrenudos.



Tratamientos: T1= (TFCSA), T2= (TFCA), T3= (IAz), T4= (IGi), T5= (CIAz+Gi), T6= (CIAz+Gi 10y20DDT), T7= (CA+G+2A10y20), T8= (CA+G+2AG10y20).

Figura 4.3. Valores medios de variables fenológicas fisiológicas medidas en el cultivo de tomate cherry orgánico sometido a tratamientos de biofertilización 04/06/2010.



Tratamientos: T1= (TFCSA), T2= (TFCA), T3= (IAz), T4= (IGi), T5= (CIAz+Gi), T6= (CIAz+Gi 10y20DDT), T7= (CA+G+2A10y20), T8= (CA+G+2AG10y20).

Figura 4.4. Comparación de valores medios de variables fenológicas, fisiológicas medidas en un cultivo orgánico de tomate cherry sometido a tratamientos de biofertilización 24/06/2010.

Clorofila superior (CLOS)

Para esta variable en el análisis realizado las diferencias fueron significativas en los tratamientos ($p \leq 0.01$) en los resultados del segundo muestreo (Cuadro 10), con un CV de 4.4 %. Lo anterior indica que los tratamientos influyen para esta variable, en la comparación de medias numéricamente hay dos grupos, quedando CA+G+2A10y20, CA+G+2AG10y20 y CIAz+Gi encabezando el primer grupo, esto se puede apreciar gráficamente en las Figuras 4.5 y 4.6.

Las hojas que se encuentran en la parte superior son las que mayor actividad fotosintética siendo hojas jóvenes las que contribuyen más a la producción de clorofila, la aplicación de microorganismos como los

biofertilizantes ayudan a la planta poniendo a su disposición los nutrimentos necesarios para que esta continúe con su crecimiento.

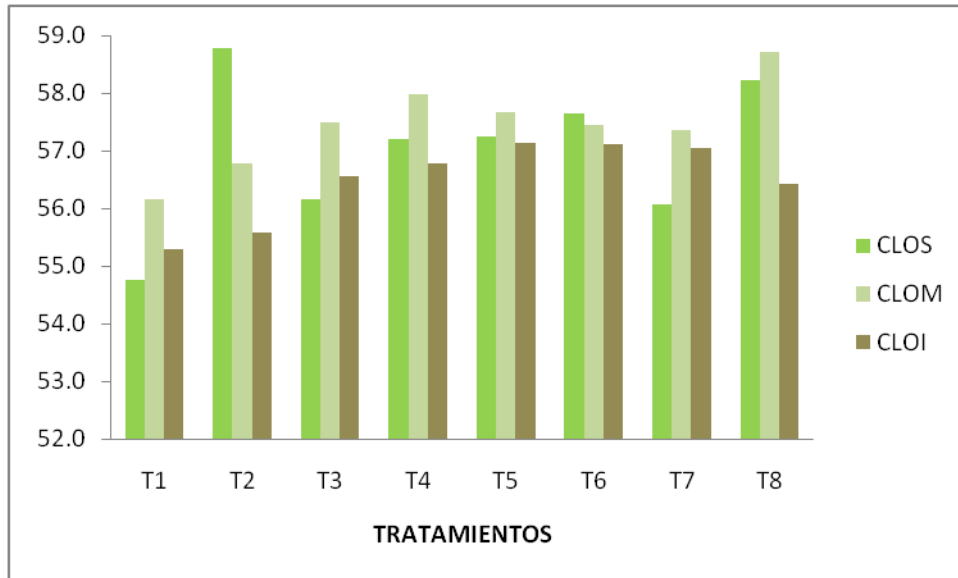
Clorofila media (CLOM)

Haciendo el análisis estadístico indicó que hay diferencias significativas entre las repeticiones ($p \leq 0.01$) Cuadro 7, mientras el Cuadro 10 no mostró significancia para esta variable. En la comparación de medias todas las variables correspondieron al mismo grupo, ocupando el primer sitio el tratamiento TFCA con una lectura de 58.8, seguido por la CA+G+2AG10y20 con 58.2 y la CA+G10y20 con 57.6 (Figuras 4.5 y 4.6).

Debiéndose esto a la captación de luz solar no uniforme en todas las hojas ya que se encuentran en la parte media de la planta y esto puede modificar su actividad fotosintética. Nayak *et al.*, 2004, realizaron un trabajo en el que estudiaron el efecto fijador de nitrógeno de la alga azul *Azolla* y su efecto en la acumulación de clorofila en las hojas de arroz. Ellos encontraron efectos positivos debido a la aplicación del biofertilizante, ya que *Azolla* incrementó significativamente el contenido de clorofila, así como la acumulación y actividad de la enzima nitrogenasa 45 días después del trasplante.

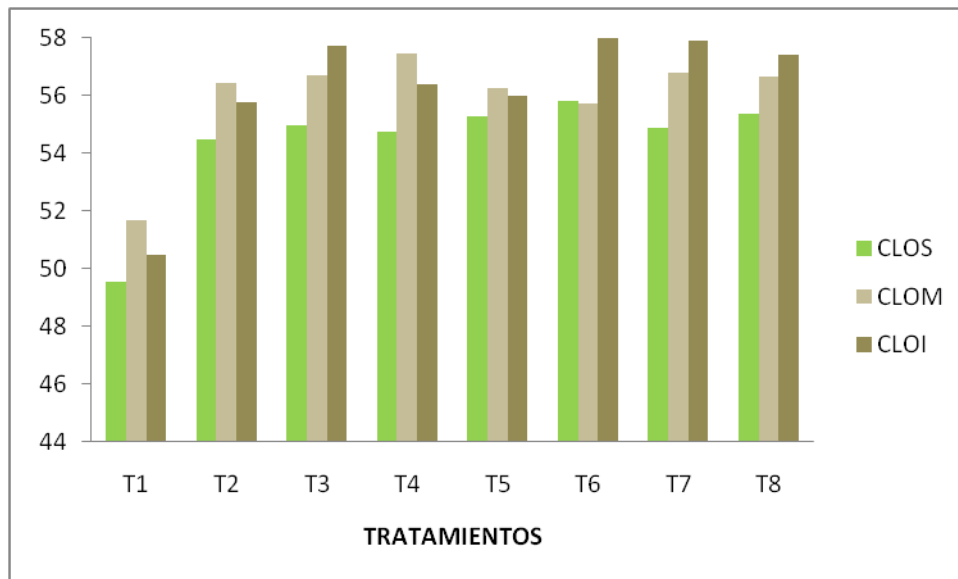
Clorofila inferior (CLOI)

Aquí no hubo diferencias significativas (Cuadro 7), en el Cuadro 10, indica que si mostro diferencias entre tratamientos teniendo un CV del 4.6%, con esto puede deducirse que los tratamientos con biofertilización provocan la movilización de nutrientes en la planta y que las hojas viejas (situadas en la parte inferior) sigan su actividad fotosintética (Figuras 4.5 y 4.6).



Tratamientos: T1= (TFCSA), T2= (TFCA), T3= (IAz), T4= (IGi), T5= (CIAz+Gi), T6= (CIAz+Gi 10y20DDT), T7= (CA+G+2A10y20), T8= (CA+G+2AG10y20).

Figura 4.5. Valores medios del índice de clorofila inferior, media y superior, medidas el 4 de junio en el cultivo orgánico de tomate cherry.



Tratamientos: T1= (TFCSA), T2= (TFCA), T3= (IAz), T4= (IGi), T5= (CIAz+Gi), T6= (CIAz+Gi 10y20DDT), T7= (CA+G+2A10y20), T8= (CA+G+2AG10y20).

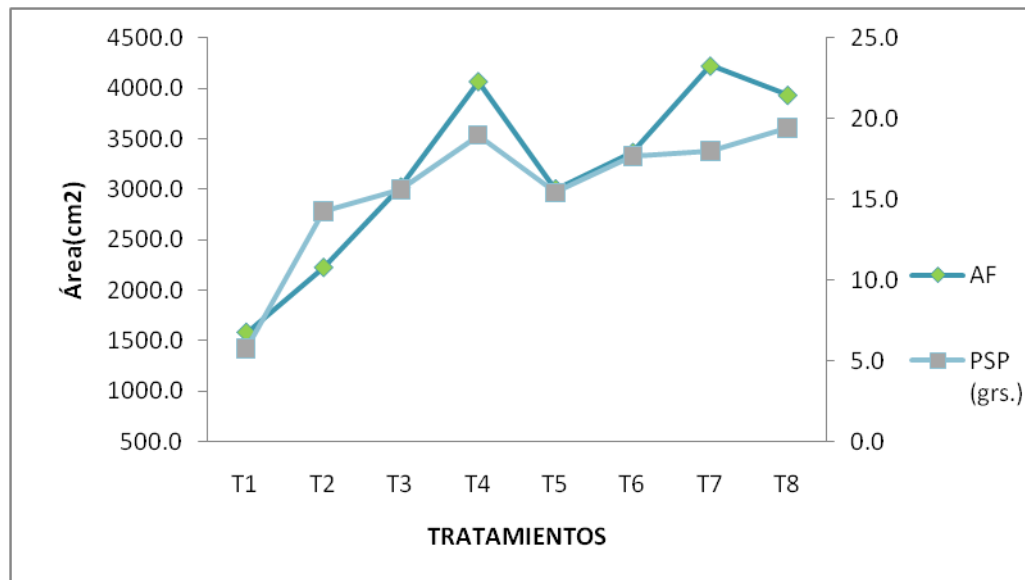
Figura 4.6. Valores medios del índice de clorofila inferior, media y superior, medidas el 24 de junio en el cultivo orgánico de tomate cherry.

Peso seco de la planta (PSP)

Al obtener los resultados de esta variable se encontró que hay diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre los tratamientos con un CV de 25.47% (Cuadro 7). Realizada la comparación de medias (Figura 4.7) se observaron que los tratamientos con mayor peso seco fueron: el tratamiento CA+G+2AG10y20, seguido por IGI, y CA+G+2A10y20.

Área foliar (AF)

Analizando el área foliar de las plantas se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre los tratamientos (Cuadro 7) variable que se determinó una sola vez. En la comparación de medias los tratamientos con biofertilizantes mostraron su influencia en la producción de área foliar la CA+G+2A10y20 con 4,222.6 cm² seguido por IGI con 4,068.7 cm²/planta y el tratamiento CA+G+2AG10y20 con 3,932.2 cm²/planta (Figura 4.7).



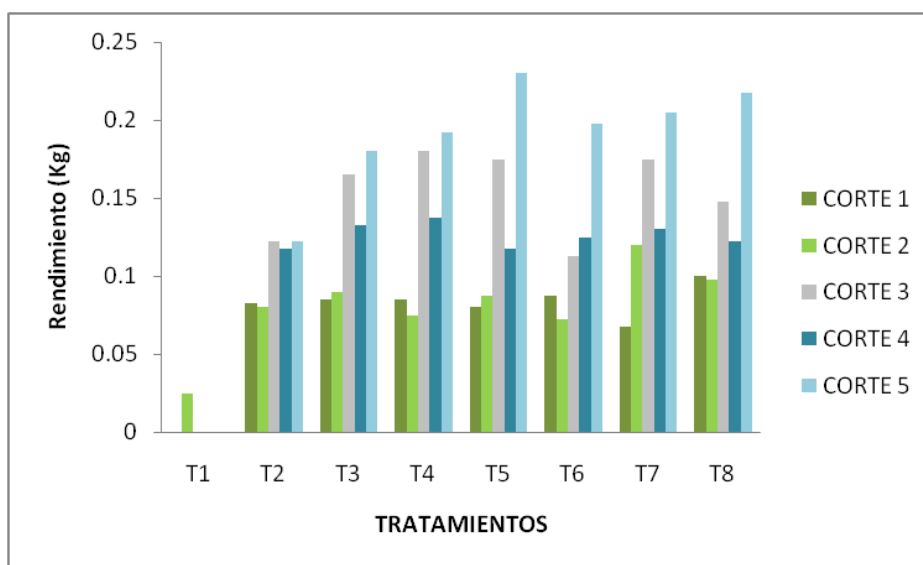
Tratamientos: T1= (TFCSA), T2= (TFCA), T3= (IAz), T4= (IGI), T5= (CIAz+Gi), T6= (CIAz+Gi 10y20DDT), T7= (CA+G+2A10y20), T8= (CA+G+2AG10y20).

Figura 4.7. Valores medios del área foliar y peso seco de la planta de tomate cherry orgánico a campo abierto tratados con biofertilizantes.

Cortes o cosecha de tomates.

Para esta variable se tomó en cuenta el rendimiento obtenido por las plantas en cada corte realizado, los resultados del corte 1, indican que no existen diferencias entre los tratamientos y repeticiones esto puede deberse a que los biofertilizantes apenas comenzaban a surgir efecto en los tratamientos, mientras tanto en los cortes 2, 3 y 4, sí se aprecian diferencias significativas entre las repeticiones y los tratamientos ($p \leq 0.01$), en cuanto al tratamiento 5 solo mostró significancia entre repeticiones (Cuadro 11).

El rendimiento es un factor muy importante y es aquí donde se nota más el resultado que puede obtenerse al realizar la inoculación y coinoculación en el cultivo de tomate (Figura 4.8).



Tratamientos: T1= (TFCSA), T2= (TFCA), T3= (IAz), T4= (IGi), T5= (CIAz+Gi), T6= (CIAz+Gi 10y20DDT), T7= (CA+G+2A10y20), T8= (CA+G+2AG10y20).

Figura 4.8. Comparación de medias de los 5 cortes realizados durante el ciclo del cultivo de tomate cherry orgánico sembrado a campo abierto y sometido a tratamientos de biofertilización.

Rendimiento total de la planta (RTP)

Esta variable mostro diferencias significativas ($p \leq 0.01$) en las repeticiones (Cuadro 11), con un CV 16.35%, para los tratamientos no hubo significancia, aunque se encontraron dos grupos estadísticos demostrando que no rindieron lo mismo, quedando primero el tratamiento CA+G+2A10y20 con 12.9 ton/ha, tratamiento CIAz+Gi con 12.7 ton/ha, el tratamiento CA+G+2AG10y20 con 12.6 ton/ha (Figura 4.9).

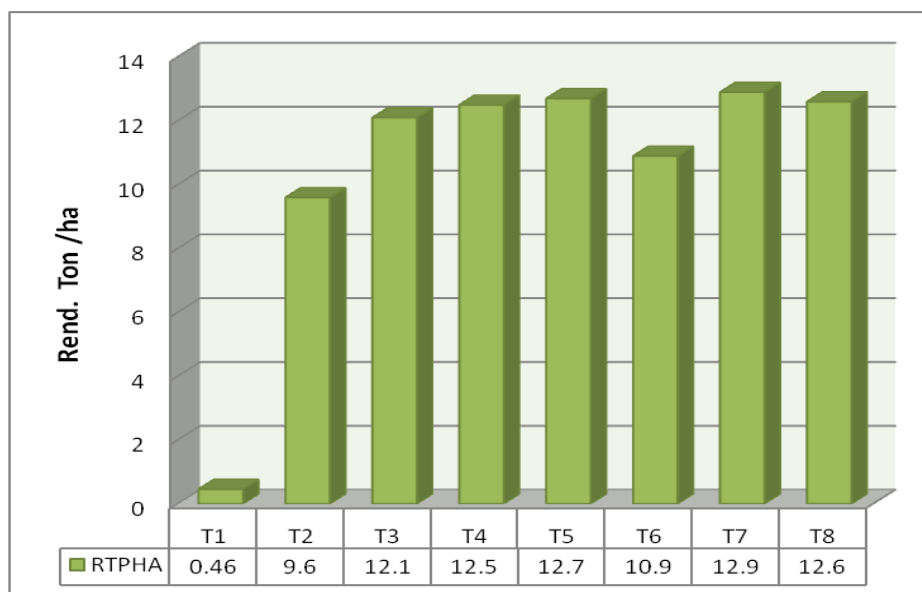
Lo anterior justifica que la biofertilización con microorganismos, es capaz de influir positivamente sobre la germinación de las semillas y, posteriormente, en el desarrollo de las raíces e incrementar el rendimiento de las cosechas en plantas de interés agrícola así como de la fertilidad de los suelos (Hernández, 1996).

Por su parte Alarcón *et al.*, 2002, menciona que particularmente usando las micorrizas se obtiene un rápido crecimiento y maduración de plantas.

Glomus intraradices, coloniza raíces de diferentes especies vegetales, favoreciendo la disponibilidad de nutrientes y mejoran el desarrollo de los cultivos (Masadeh *et al.*, 2004).

Particularmente el género *Azospirillum*, rizobacteria considerada promotora de crecimiento vegetal mejora el sistema de absorción radical y la relación agua/planta. (Cassán *et al.*, 2003).

Cepeda ,2010. Reporta en su investigación realizada en con los mismos biofertilizantes en condiciones de casa sombra que el efecto de la coinoculación beneficia en gran parte al cultivo encontrando a *A. brasilense* y *G. intraradices*, superó a sus tratamientos testigos, habiendo obteniendo el mejor rendimiento con 118.7 ton/ha en un total de 15 cortes (uno por semana).



Tratamientos: T1= (TFCSA), T2= (TFCA), T3= (IAz), T4= (IGi), T5= (CIAz+Gi), T6= (CIAz+Gi 10y20DDT), T7= (CA+G+2A10y20), T8= (CA+G+2AG10y20).

Figura 4.9. Rendimiento total por hectárea en el cultivo de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* Cv camelia), como resultado del uso de biofertilizantes en el ciclo primavera-verano 2010.

Es importante aclarar que el bajo rendimiento se debió a diferentes factores climáticos, entre ellos se encuentra la granizada del día 7 de mayo afectando gravemente una gran parte de tejido vegetal, también el acortamiento de los cortes, por temporada de lluvias (fenómeno meteorológico llamado Alex).

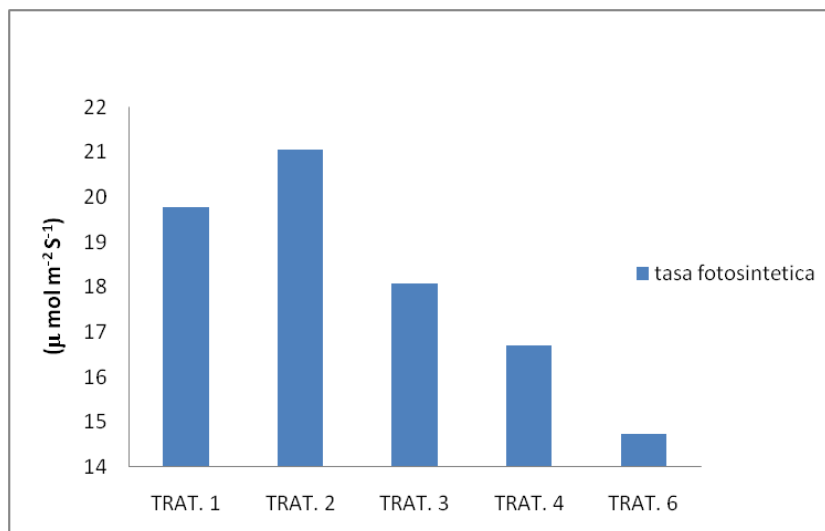
Fotosíntesis y variables relacionadas.

Al usar el aparato portátil LI-COR 6200 se determinó en campo abierto, la Tasa fotosintética, Temperatura de la hoja, Transpiración, Conductancia estomática y CO₂ intercelular en plantas de tomate cherry, estos resultados se muestran a continuación de acuerdo a cada variable.

Tasa fotosintética

Esta aumenta cuando la energía solar es más intensa, en la medición de este dato, los valores oscilaron entre los 15 y 22 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en los tratamientos. Los testigos 1 y 2 (TFCSA) (TFCA) presentaron los valores mas altos, seguidos por el tratamiento 3 (IAZ).

Al comparar la tasa fotosintética de los diferentes tratamientos, con el rendimiento obtenido en los mismos, se observa que hay una relación inversa, ya que los tratamientos con mayor fotosíntesis, dan menor rendimiento. Lo anterior, es indicativo de que los fotosintetizados se traslocaron a órganos de sostén ó vegetativos. Peralta, 2007 en su articulo menciona que las micorrizas en las raices reciben hidratos de carbono como azúcares y almidones que necesita para su alimentación, provenientes de la fotosíntesis de la planta, es asi como gracias a la actuación de las micorrizas se ve favorecido el crecimiento y desarrollo de la planta.



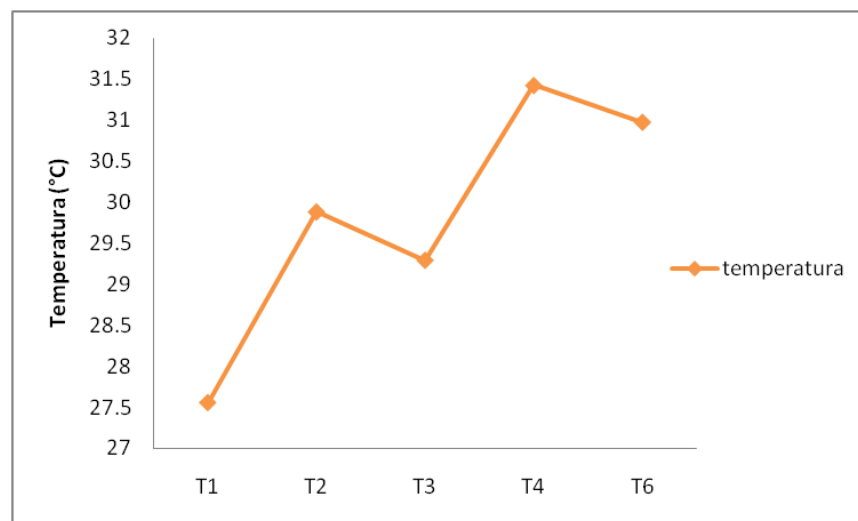
TRAT.1= TFCSA, TRAT. 2= TFCA, TRAT. 3= IAZ, TRAT. 4= IGI, TRAT. 5= CIAz+Gi, TRAT. 6= CA+G+2AG10y20.

Figura 4.9.1. Tasa fotosintética en el cultivo de tomate cherry en condiciones de campo abierto, sometido a biofertilización.

Temperatura de la hoja

Los datos obtenidos, muestran al tratamiento 4 y 6, con una temperatura mayor a los 30°C, comparada con los testigos, esto indica que los biofertilizantes tienen influencia en la planta propiciando el aumento en la temperatura de las hojas, posiblemente debido a una mayor turgencia celular, ocasionando mayor actividad metabólica, lo que dió como resultado el mayor rendimiento de estos tratamientos, esto indicado en la siguiente Figura 4.9.2.

Aquí se refleja que los hongos y bacterias micorrizas intervienen en el gasto de energía de las plantas, además de ayudar a realizar mejor sus funciones como crecimiento y desarrollo de la misma teniendo así mejor disponibilidad de nutrientes como puede ser el caso del fósforo, útil en la mayoría de las plantas. Al absorber a través de las hojas o las raíces la amplia diversidad de sustancias producidas por los microorganismos, la planta se alimenta de forma equilibrada y utiliza mejor la energía (CEUTA, 2006).



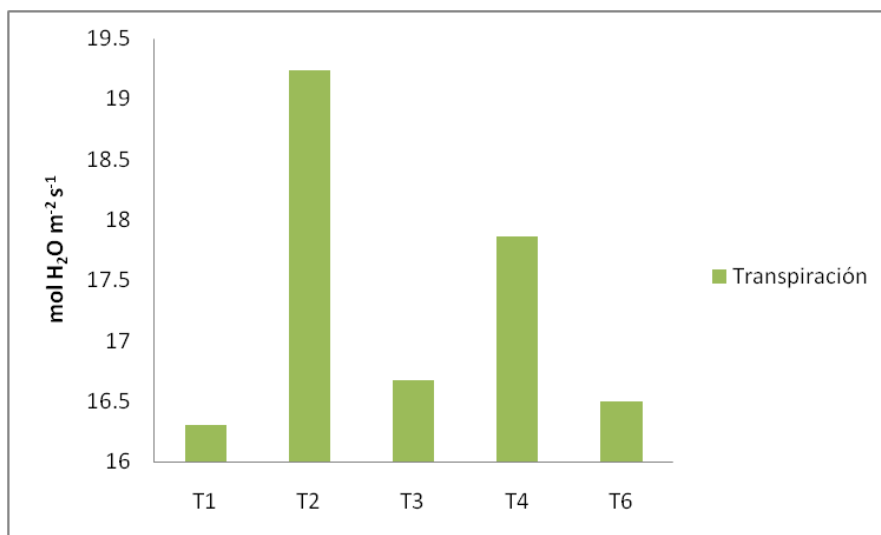
Tratamientos: T1= (TFCSA), T2= (TFCA), T3= (IAz), T4= (IGi), T6= (CIAz+Gi 10y20DDT).

Figura 4.9.2. Temperatura de la hoja en el cultivo de tomate cherry usando biofertilizantes.

Transpiración del tomate cherry

De acuerdo a la medición realizada, la pérdida de agua por evaporación en las hojas y tallos de la planta indica que el tratamiento 2 y 4 transpiraron más, en comparación con el testigo absoluto (Figura 4.9.3). Los microorganismos utilizados pueden haber influido en esta variable dando como resultado la optimización del agua absorbida y por ende una menor pérdida de agua, movilizándolo de los nutrientes del suelo hacia las áreas de demanda.

Es importante señalar que la inoculación con micorrizas promueve la tolerancia de las plantas frente a factores de estrés, mejora la nutrición de las plantas mediante, una mejor asimilación de los nutrientes una mayor, lo cual facilita una adecuada evaporación-transpiración de la planta y un mejor funcionamiento fisiológico (Lira y medina, 2007).



Tratamientos: T1= (TFCSA), T2= (TFCA), T3= (IAz), T4= (IGi), T6= (CIAz+Gi 10y20DDT).

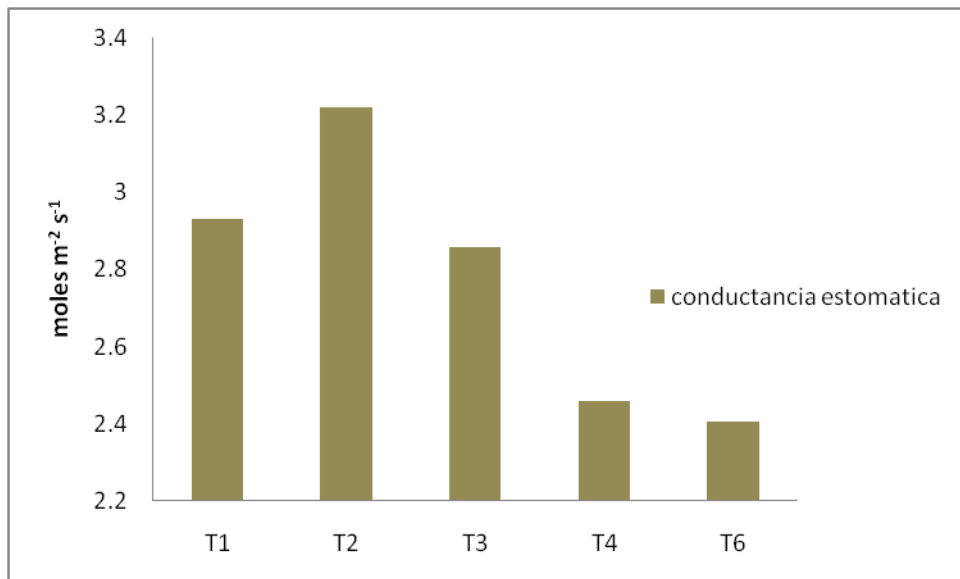
Figura 4.9.3. Transpiración en el cultivo de tomate cherry orgánico (*Solanum lycopersicum*).

Conductancia estomática

Al determinar la conductancia estomática en el cultivo, se puede observar que los tratamientos 4 y 6 estuvieron en el rango de 2.4 a 2.5 moles $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ siendo superados por los tratamientos 2 (TFCA) y 1 (TFCSA). La conductancia estomática regula a la vez las pérdidas de vapor de agua y el ingreso de CO_2 , por lo que su función es minimizar la transpiración y

maximizar la fotosíntesis. Aunque de una forma están indicando que los valores bajos en esta variable no afectan el rendimiento del cultivo sino que hacen que el agua transportada en la hoja se aproveche de la mejor manera, así como también obliga a las raíces en la búsqueda de agua y nutrientes

Al haber una mayor conductancia estomática gracias a los microorganismos puede este factor estar relacionado particularmente con la inoculación con *Azospirillum* ya que propicia el crecimiento de la raíz en búsqueda de agua y nutrientes evitando así su muerte.



Tratamientos: T1= (TFCSA), T2= (TFCA), T3= (IAz), T4= (IGi), T6= (CIAz+Gi 10y20DDT).

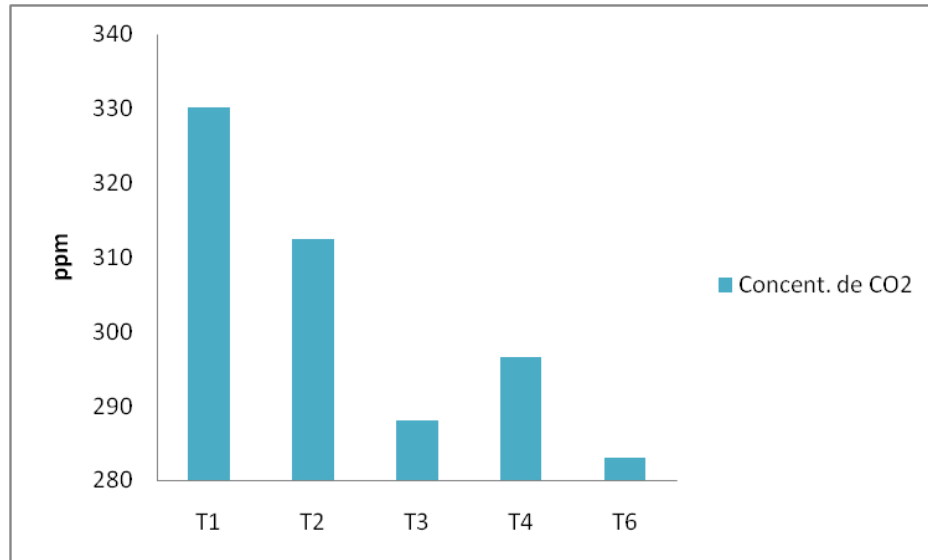
Figura 4.9.4. Conductancia estomática en plantas de tomate cherry Cv. Camelia.

CO₂ Intercelular

Se determinó el CO₂ intracelular de tres tratamientos, Testigo fertilización completa sin acolchar. (TFCSA), Testigo fertilización completa con acolchado plástico, (TFCA) y la Inoculación con *Glomus intraradices* a la semilla sin más aplicaciones. (IGi) fueron los tratamientos más contrastantes.

La siguiente Figura muestra que el CO₂ intracelular se aprecia en grandes cantidades, siendo el tratamiento 1 el de una concentración mayor

con 330 ppm. El CO₂ es útil en el proceso de fotosíntesis claramente se ve esta relación con los de la Tasa fotosintética, siendo los tratamientos testigos los encabezan los valores más altos, la planta busca la sobrevivencia, al haber mayor cantidad de luz absorbe mayor cantidad de CO₂ el cual se convertirá en energía consumible para la planta y poder llevar a cabo sus funciones metabólicas.



Tratamientos: T1= (TFCSA), T2= (TFCA), T3= (IAz), T4= (IGi), T6= (CIAz+Gi 10y20DDT).

Figura 4.9.5. CO₂ Intercelular en el cultivo de tomate cherry sembrado a campo abierto y sometido a biofertilización.

El CO₂ es útil en el proceso de fotosíntesis claramente se ve esta relación con los de la Tasa fotosintética, siendo los tratamientos testigos los encabezan los valores más altos, la planta busca la sobrevivencia, al haber mayor cantidad de luz absorbe mayor cantidad de CO₂ el cual se convertirá en energía consumible para la planta y poder llevar a cabo sus funciones metabólicas.

CONCLUSIONES

- Esta investigación permitió comprobar que al utilizar los microorganismos *Glomus intraradices* y *Azospirillum brasilense* que actúan como biofertilizantes, se obtienen resultados favorables en el cultivo de tomate cherry.
- Se acepta la hipótesis planteada indicando que el uso de biofertilizantes presenta resultados favorables en el cultivo de tomate cherry orgánico obteniendo un rendimiento mayor al de los tratamientos testigo.
- Considerando el rendimiento total por planta indica que el tratamiento CIA+G+2A10y20 fue el mejor con 12.9 Ton/ha⁻¹, seguido por CIAz+Gi con 12.7 Ton/ha⁻¹ y el tratamiento CA+G+2AG10y20 con 12.6 Ton/ha⁻¹.
- Realizando la coinoculación con ambos microorganismos se percibió que se obtienen mejores resultados en cuanto a crecimiento y rendimiento, a diferencia de que si los microorganismos se aplican y actúan por separado.
- Con el uso de biofertilizantes se consiguen mejores resultados en cuanto a crecimiento y desarrollo de las plantas, por consecuencia un buen amarre de frutos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de biofertilizantes ya que ayudan a las plantas en su crecimiento y desarrollo, obteniendo así mejores rendimientos.
- El establecimiento del cultivo en invernadero o casa sombra utilizando biofertilizantes como hongos y bacterias benéficas ayuda a minimizar el impacto ambiental producido por los fertilizantes tradicionales o sintéticos y se abaratan los costos de producción, ya que el uso de biofertilizantes representa una fracción pequeña del costo de los fertilizantes tradicionales.
- Los biofertilizantes a base de rizobacterias y micorrizas promueven más rendimiento teniendo como resultado una producción de calidad.
- Si se cambian las fechas de siembra ya mas entrada la primavera, ayudará a obtener una cosecha uniforme y mejor, debido a que los fenómenos climatológicos como lluvias, heladas y granizadas a finales del invierno afectan gravemente el rendimiento de esta hortaliza.
- Evitar estancamientos en el terreno ya que afectan al cultivo provocando focos de infección y contrayendo enfermedades.

LITERATURA CITADA

- A. Alarcón, F. T. Davies, J. N. Egilla, Fox. T. C., Ferrera-Cerrato R. 2002. Short term effects of *Glomus claroideum* and *Azospirillum brasilense* on growth and root acid phosphatase activity of *Carica papaya* L. under phosphorus stress. *Rev Latinoam Microbiol*, 44 (1): 31-37.
- Armenta-Bojórquez, A.D., Baca-Castillo, G.A., Alcántar-González, G., Kohashi-Shibata, J., Valenzuela-Ureta, J.G. 2001. Relaciones de nitratos y potasio en fertirriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 7(1): 61-75, 2001.
- Berenguer J. J., Escobar I & Cuartero J. 2003. Gastos de cultivos de tomate tipo cereza en invernadero. *Actas de horticultura* 39:47-48
- Bashan Y. and Holguin G., 1997. *Azospirillum* – plant relationships: environmental and physiological advances (1990–1996) *Can. J. Microbiol.* 43(2): 103–121.
- Caballero-Mellado, J., E. Von Scheven-Cordero, G. R. González-Cu, and J. F. Aguirre. 2000. *Azospirillum* inoculation and its agronomic application in Mexico. Fourth European Nitrogen Fixation Conference. Sevilla, Spain. p. 45.
- Cassán, F.; Piccoli, P. y Bottini, R. 2003. Promoción del crecimiento vegetal por *Azospirillum* sp. A través de la producción de giberelinas. ¿Un modelo Alternativo Para incrementar la producción agrícola? *Microbiología Agrícola. Un aporte de la Investigación Argentina. Universidad Nacional de Santiago del Estero.*: 143-158.
- Casteel C. L., Walling, L., T. D. Paine. 2006. Behavior and biology of the tomato psyllid, *Bactericerca cockerelli*, in response to the Mi-1.2 gene. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 121: 67–72.
- Cepeda, G. A., 2010. RESPUESTAS FISIOLÓGICAS Y RENDIMIENTO DEL TOMATE CHERRY (*Solanum lycopersicum* L. CV. CAMELIA) PRODUCIDO ORGANICAMENTE EN CONDICIONES DE CASASOMBRA. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Tesis de licenciatura.
- CEUTA (Centro Uruguayo de Tecnologías Apropriadas), 2006. Pp. 18. Disponible en línea [CeutaBiofertilizantes.pdf](#).

- Comisión veracruzana de comercialización agropecuaria, *monografía del tomate*.
<http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/COVECAINICIO/IMAGENES/ARCHIVOSPDF/ARCHIVOSDIFUSION/TAB4003236/MONOGRAFIA%20TOMATE2010.PDF>, 20/10/2010.
- Curl, E. A y B. Truelove, 1986. *The rizosphere*. Springer-ver lag-New York.
- Dobereiner J. 1991. "The Genera *Azospirillum* and *Herbaspirillum*". *The Prikaryotes*. Second Edition. Vol III- Chapter 109: 2236-2249.
- Elad Y., Gullino, M. L., Shtienberg, D. and C. Aloï. 1995. Managing *Botrytis cinerea* on tomatoes in greenhouses in the Mediterranean. *Crop Protection*, 14:105-109.
- Elad, Y. 2000. Biological control of foliar pathogens by means of *Trichoderma harzianum* and potential modes of action. *Crop Protection*, 19:709-714.
- E. Nelson, L. Gómez-Tovar, R. Schwentesius, M. A. Gómez-Cruz. 2009. Participatory organic certification in Mexico: an alternative approach to maintaining the integrity of the organic label. *Agric. Hum. Values*, 545-561.
- Estay, P., Wagner A. y M. Escaff. 2001. Evaluación de *Bombus dahlbomii* (guér.) como agente polinizador de flores de tomate (*Lycopersicon esculentum* (mill), bajo condiciones de invernadero. *Agric. Téc.*, 61 (2): 113-119.
- FAO. 2001. *Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas*. Roma, Italia Gewin, V. 2004. *Organic Faqs*. *Nature* 428:796-798.
- Ferlini, H. A., Díaz, S. C. y Traut, C. O., 2006. Beneficios del uso de inoculantes sobre la base de *azospirillum brasilense* en cultivos extensivos de granos y forrajes. Dpto. Castellanos-Pcia. de Santa Fe) disponible en línea: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/soja/articulos/beneficios-uso-inoculantes-sobre-t795/415-p0.htm>). Consultado 18/11/2010.
- Flores, J.; OJeda-Bustamante, W.; López, I.; Rojano, A.; Salazar, I. 2007. Requerimientos de riego para tomate de invernadero. *TERRA Latinoamericana*, 25: 127-134.
- Fuentes R.L.E. and Caballero M. J. 2005. "BACTERIAL BIOFERTILIZERS. In: PGPR: Biocontrol and Biofertilization". Z. A. Siddiqui (Ed). Springer Science. Dordrecht, The Netherlands. pp. 143-172.

- García, O. J. G., Moreno, M. V. R., Rodríguez, L.I. C., Mendoza, H. A., y Mayek, P. N., 2006. Biofertilización con *Azospirillum brasilense* en sorgo, en el norte de México. Agric. Téc. Méx. Vol. 32 Núm. 2 Mayo - Agosto 2006. Pp. 136.
- Gómez-Cruz, M.A., R. Schwentesius, and L. Gómez-Tovar. 2006. Agricultura orgánica de México. Chapingo, México: CUESTAAM.
- Gómez T. L., Gómez C. M. A. y Schwentesius R. R. 1999. DESAFÍOS DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA COMERCIALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN editorial Mundi-prensa México, S.A. de C.V., 2000.pp. 224.
- González, M., y E. Ruz. 1999. Efecto de la aplicación de diferentes volúmenes de agua de riego y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de tomate industrial. Agricultura Técnica (Chile) 59:319-330.
- González, O. M. A., Peinado, G. L., Medina G. S. y López M. M. EXPRESIÓN DIFERENCIAL DE GENES RELACIONADOS CON FOTOSÍNTESIS EN PLANTAS MICORRIZADAS DE TOMATE CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa. Disponible en línea: Gonzalez_Ortiz_Ma_Alejandra.pdf
- Habte, M.; C. Zhang; D. P. Schimtt: «Effectiveness of Glomus Species in Protecting White Clover Against Nematode Damage», Abstract, Can. Journal Botanic, Canadá, 1999.
- Hernández, Ana N. Selección de rizobacterias para la biofertilización en el cultivo del maíz. Tesis en opción a la Maestría en Ciencias Biológicas.1996.
- LIRA, S. R.H y MEDINA, T. J.G2. 2007. Agricultura sustentable y biofertilizantes Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coah. México. Sección II Biofertilizantes, Bacterias Promotoras del Crecimiento y Biofumigación, capítulo 8. *Azospirillum*, Micorrizas y *Rhizobium*. Biofertilizantes Microbianos para una Agricultura Sustentable. Serna Editores. Pp. 121- 132.
- Márquez C. & Cano P. 2005. Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. Actas Portuguesas de Horticultura No. 5, Vol 1: 219-224.
- Martinez, V.R; Dibut, B; Gonzales, R; Martin, B. Resultados obtenidos en condiciones de producción mediante la aplicación de un método biotecnológico que permite incrementar los rendimientos de tomate sobre un suelo Ferralítico Roo.INIFAT. MINAG. La Habana. Informe J1nal. 1992.

- Martínez, V.R. El uso de biofertilizantes. Curso de Agricultura Orgánica. ICA. La Habana. 1994.
- Medina, B.N. La biofertilización como alternativa nutricional mineral del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). VII Reunión Latinoamericana de Rizobiología. Programa y Resúmenes La Habana. 1994.
- Narro, C. A., 1989. Acolchado de suelos, fertilización y programas de riego en el cultivo de pepino pickle (*Cucumis sativus* L.)
- Navejas J. J. 2002. Producción orgánica de tomate. INIFAP-CIRNE. Desplegable técnica No. 5. Constitución, B. C. S. México.
- Nayak, S. Prasanna, R. Pabby A., Dominic T. K., P. K. Singh. 2004. Effect of urea, blue green algae and Azolla on nitrogen fixation and chlorophyll accumulation in soil under rice. *Biol Fertil Soils*, 40:67-72.
- Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate. Editorial Mundi – Prensa. Barcelona, España. Pp. 15 – 291.
- Nuez, F. 2001. El cultivo de tomate. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid España.
- Okon and C. Labandera-Gonzalez. 1994. Agronomic applications of Azospirillum: An evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biol. Biochem.* Vol (12):1591-1601.
- Paillán, J. H., Valdés. H., Ortega-Farías S., J. Márquez. 2001. Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill., Cv. FA-144) de invernadero producido en otoño. *Agricultura Técnica*. 61: 479-487.
- Peralta I.E., Knapp S.K. y Spooner D.M.2005. New species of wild tomatoes (solanum section *Lycopersicon*: Solanaceae) from northern Peru *Systematic Botany* 30 (2):424-434.
- Rodríguez F. H., Muñoz L. S. y Alcorta G. E. 2006. El tomate rojo: sistema hidropónico. México: Trillas, 2006. pp.82
- Rodríguez., J.M. Tabares y J.A. Medina. 2001. Cultivo moderno del tomate. Mundi-prensa México, S.A. de C.V. segunda edición, 2001.pp.155.
- Safir, G.R., Boyer J.S. and Gerderman, J.W. 1972. Nutrient status and micorrhizal enhancement of water transports in soybean. *Plant Physiology*. 49: 700-703.

- Velasco V. J., Ferrera, C. R y Almaraz. S. J.J., 2001. VERMICOMPOSTA, MICORRIZA ARBUSCULAR Y AZOSPIRILLUM BRASILENSE EN TOMATE DE CASCARA. TERRA latinoamericana, julio-septiembre año/vol. 19, número 003 Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo México pp. 241-248.
- Vergara, M.A. Biofertilizantes (*Azospirillum* spp); alternativa nutricional en maíz (lea mays L). Chapingo Vol. XV (69-70). 1990
- Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil, 225:571-586.
- Wandscheera, C. B., Duqueb, J. E., da Silvab, M., Fukuyamac, Wohlkea, Y., Adelmanna, J., and J. D. Fontana. 2004. Larvicidal action of ethanolic extracts from fruit endocarps of *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* against the dengue mosquito *Aedes aegypti*. Toxicon, 44: (8) 829-835.
- Willer, H., and M. Yussefi. 2007. The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends. Frankfurt, Germany.

Sitios en internet

- <http://www.el-tomate.net/poda.html>
- http://www.inca.edu.cu/otras_web/revista/pdf/2002/4/CT23412.pdf
- <http://www.botanical-online.com/enfermedadesdelostomates.htm>
- http://www.hipernatural.com/es/plthierba_lombricera.html
- <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/11/22/51995>

APÉNDICE

Cuadro 5.- Análisis de varianza para las variables altura, diámetro de tallo y diámetro apical del día 4 de junio de 2010.

FV	GL	AL	DT	DA
REP	3	120.15**	2.13 ^{NS}	0.03
TRAT	7	474.33**	3.60**	0.03
EE	21	16.02	0.70	0.03
CV (%)		5.3	7.2	7.9

Grados de significancia: ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$), *Significativo ($p \leq 0.05$). ; NS No significativo ($p > 0.05$); FV= Fuentes de Variación, REP= Repeticiones, TRAT= Tratamientos, EE= Error estándar CV= Coeficiente de Variación GL= Grados de Libertad, AL= Altura, DT= Diámetro de tallo, DA= Diámetro apical.

Cuadro 6.- Análisis de varianza para las variables numero de hojas, número de racimos florales, con fruto, frutos por racimos y entrenudos, del día 4 de junio de 2010.

FV	GL	NH	NRF	NRCF	NFR	NE
REP	3	0.45	0.12	0.61*	1.36	1.50
TRAT	7	9.91**	0.12	1.81**	4.78**	7.28**
EE	21	0.72	0.17	0.13	0.98	0.97
CV (%)		5.0	19.0	9.8	13.9	6.4

Grados de significancia: ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$), *Significativo ($p \leq 0.05$). ; NS No significativo ($p > 0.05$); CV= Coeficiente de Variación; FV= Fuentes de Variación, GL= Grados de Libertad. NH= Número de hojas, NRF= Número de racimos florales, NRCF= Número de racimos con fruto, Número de frutos por racimo, NE= Número de entrenudos.

Cuadro 7.- Análisis de varianza para las variables clorofila, área foliar y peso seco de la planta, del día 4 de junio de 2010.

FV	CLOS	CLOM	CLOI	AF	PSP
REP	8.651	4.241*	9.621	497688.89	5.503
TRAT	6.718	2.337 ^{NS}	1.973	3430630.05**	77.089**
EE	4.76672	1.11388	4.34944	879588.26	15.86843
CV (%)	3.8	1.8	3.7	29.5	25.5

Grados de significancia: ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$), *Significativo ($p \leq 0.05$). ; NS No significativo ($p > 0.05$); CV= Coeficiente de Variación; FV= Fuentes de Variación, GL= Grados de Libertad. CLOS= Clorofila superior, CLOM= Clorofila media, CLOI= Clorofila inferior. CLOS= Clorofila superior, CLOM= Clorofila media, CLOI= Clorofila inferior, AF= Área foliar y PSP= Peso seco de la planta.

CUADRO 8.- Análisis de varianza para las variables altura, diámetro de tallo y diámetro apical del día 24 de junio de 2010.

FV	GL	AL	DT	DA
REP.	3	253.221*	0.91047813	0.00828333
TRAT	7	2012.382**	4.464**	0.01036429
EE	21	75.140	0.56077098	0.01301905
CV (%)		7.3	5.3	6.5

Grados de significancia: ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$), *Significativo ($p \leq 0.05$). ; NS No significativo ($p > 0.05$); FV= Fuentes de Variación, REP= Repeticiones, TRAT= Tratamientos, EE= error estándar CV= Coeficiente de Variación GL= Grados de Libertad, AL= Altura, DT= Diámetro de tallo, DA= Diámetro apical.

CUADRO 9.- Análisis de varianza para las variables número de hojas, número de racimos florales, con fruto, frutos por racimos y entrenudos, del día 4 de junio de 2010.

FV	GL	NH	NRF	NRCF	NFR	NE
REP.	3	3.083	0.208	1.083	1.197	2.281
TRAT	7	34.071**	0.196	5.214**	3.281**	31.638**
EE	21	2.750	0.232	1.226	0.697	2.471
CV (%)		10.1	22.0	17.4	14.8	10.6

Grados de significancia: ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$), *Significativo ($p \leq 0.05$). ; NS No significativo ($p > 0.05$); CV= Coeficiente de Variación; FV= Fuentes de Variación, GL= Grados de Libertad. NH= Número de hojas, NRF= Número de racimos florales, NRCF= Número de racimos con fruto, NFR= Número de frutos por racimo, NE= Número de entrenudos.

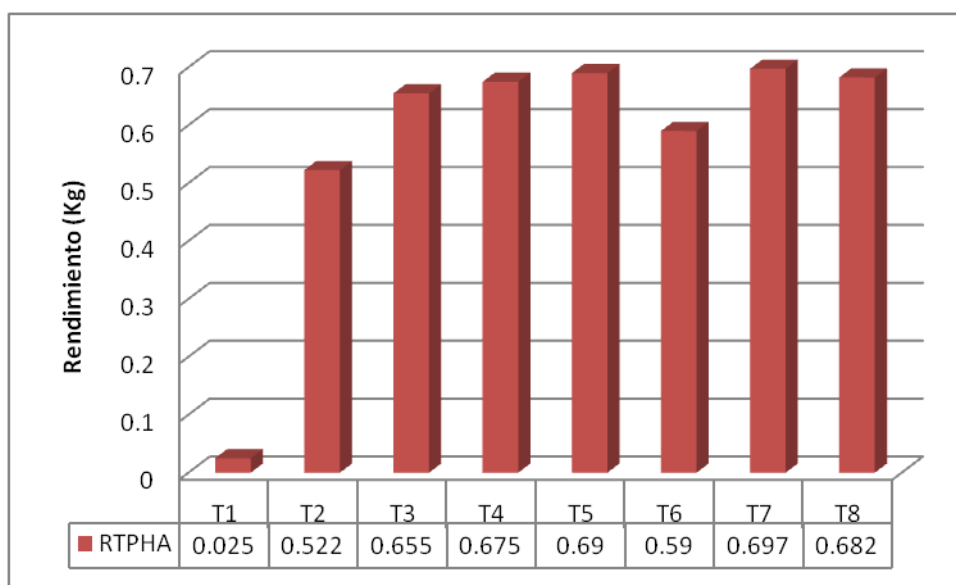
CUADRO 10.- Análisis de varianza para las variables clorofila, área foliar y peso seco de la planta, del día 24 de junio de 2010.

FV	GL	CLOS	CLOM	CLOI
REP.	3	0.796	3.562	2.985
TRAT	7	16.004*	12.901 ^{NS}	25.666**
EE	21	5.799	5.325	6.677
CV (%)		4.4	4.1	4.6

Grados de significancia: ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$), *Significativo ($p \leq 0.05$). ; NS No significativo ($p > 0.05$); CV= Coeficiente de Variación; FV= Fuentes de Variación, GL= Grados de Libertad. CLOS= Clorofila superior, CLOM= Clorofila media, CLOI= Clorofila inferior. CLOS= Clorofila superior, CLOM= Clorofila media, CLOI= Clorofila inferior, AF= Área foliar y PSP= Peso seco de la planta.

Cuadro 11. Análisis de varianza para los cortes realizados durante el ciclo del cultivo y rendimiento total por planta del tomate cherry orgánico.

FV	GL	CORTE 1	CORTE 2	CORTE 3	CORTE 4	CORTE 5	RTP
REP	3	0.0002	0.00081**	0.00341**	0.00096**	0.00241**	0.00785**
TRAT	7	0.0038	0.0029**	0.014**	0.008**	0.022 NS	0.206NS
EE	21	0.00015	0.00025**	0.00186**	0.00111**	0.00148**	0.00860**
CV (%)		16.85	19.79	32.02	30.25	22.91	16.35



*Rendimiento total por planta en el cultivo de tomate cherry en condiciones de campo abierto sometido a tratamientos de biofertilización.