



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN
Campus Loma Bonita

INGENIERÍA AGRÍCOLA TROPICAL

**RESPUESTA DE HÍBRIDOS DE JITOMATE SALADETTE
(*Solanum lycopersicum* L.) A CUATRO SUSTRATOS Y
Trichoderma spp., BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO
EN LOMA BONITA, OAXACA**

TESIS PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA TROPICAL**

**PRESENTA:
LUIS ALBERTO PRIETO BAEZA**

**ASESOR:
DR. ROGELIO ENRIQUE PALACIOS TORRES**

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO, ENERO DE 2016



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Campus Loma Bonita

LA PRESENTE TESIS TITULADA “RESPUESTA DE HÍBRIDOS DE JITOMATE SALADETTE (*Solanum lycopersicum* L.) A CUATRO SUSTRATOS Y *Trichoderma* spp., BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN LOMA BONITA, OAXACA”, PRESENTADA POR EL PASANTE LUIS ALBERTO PRIETO BAEZA, BAJO LA ASESORÍA DEL DR. ROGELIO ENRIQUE PALACIOS TORRES, HA SIDO REVISADA Y ACEPTADA POR EL JURADO EXAMINADOR PARA SER DEFENDIDA EN EL EXAMEN PROFESIONAL Y OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA TROPICAL.

JURADOR EXAMINADOR

DR. ROGELIO ENRIQUE PALACIOS TORRES
ASESOR DE TESIS

DR. BERTÍN MAURILIO JOAQUÍN TORRES
REVISOR

DRA. ANA ROSA RAMÍREZ SEÑEZ
REVISOR

M.C. ÁNGEL RUEDA BARRIENTOS
REVISOR

LOMA BONITA OAXACA, MÉXICO, ENERO 2016

DEDICATORIA

A **DIOS**, como siempre ante todo por haberme permitido llegar hasta esta hermosa etapa de mi vida, por darme fuerzas y cuidarme en los momentos más difíciles a lo largo de todos estos años, aunque te he fallado, te estaré en deuda para toda la eternidad.

A mi **MADRE “Alfonsa Baeza Murillo”**

Quien siempre ha mirado por mí, por darme la oportunidad de realizarme profesionalmente y haber confiado en mí, en mi capacidad e inteligencia, a ti mamá por ser padre y madre a la vez, por ser lo más importante que tengo, mi principal pilar, a ti te debo todo lo que soy. Te amo mamá.

A mi **HERMANO, “Néstor Alfonso Prieto Baeza”**

Por apoyarme en esta reto que asumí gracias en parte a él, a ti hermano que me diste una de las dichas más grande en mi vida, “mis sobrinos”.

A mis **SOBRINOS, “Lalito y Davisito”**

Por llegar a nuestras vidas y llenarnos de momentos de felicidad, por saber esperar cuando no estaba y darme todo ese cariño tan sincero.

A mi **FAMILIA** en general, por ser parte primordial en mi vida, gracias por creer en mí y apoyarme.

Salome López Mendoza, basta y sobra decirte que en esta etapa de mi vida fuiste muy importante para mí, y te lo agradezco, pase lo que pase eso no cambiara y te dedico parte de este éxito.

A todas las personas que me es imposible nombrarlas pero que saben que de alguna que otra manera fueron parte fundamental en todo esto, a ellas les dedico este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A la **UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN** por ser mi casa durante todos estos años, y darme la oportunidad de realizarme profesionalmente.

A mis **PROFESORES**, que a lo largo de 5 años me formaron profesionalmente y todo lo que se, se los debo a ellos.

A mis **COMPAÑEROS**, con los cuales compartí grandes momentos de mi vida, es imposible mencionar a todos, pero gracias por todo.

A mis **AMIGOS, Aldo, Iraís, Norma, Ripoll, Acui, Benja** y todos los que falten, sin importar el orden o si me falta alguno gracias por su amistad.

A mi **AMIGA**, la mejor de todas, gracias por tu amistad, tu apoyo, tus consejos y todas esas platicas amiga y por tu sincera amistad.

Al **GOBIERNO FEDERAL**, por el apoyo brindado a través de sus becas.

Al **PROMEP**, por el apoyo económico al proyecto 103.5/12/7959, con el cual realice esta investigación.

Al **DR. ROGELIO E. PALACIOS TORRES**, por la asesoría brindada en la realización de esta tesis, por la amistad, por los conocimientos trasmitidos y por todas esas experiencias académicas, profesionales y personales vividas.

A la **DRA. ANA ROSA RAMÍREZ SEÑEZ**, profesora y amiga, gracias por todas las enseñanzas, también gracias por su amistad y los momentos divertidos que pasamos con la familia de Agrícola Tropical.

Al **M.C. CESAR JULIO MARTÍNEZ CASTRO**, y al **M.C. JOSÉ MERCEDES PABLO ALTUNAR**, profesores de agrícola, de los cuales tengo muchos recuerdos, gracias por sus enseñanzas.

A mis **REVISORES**, por tomarse el tiempo en revisar y aportar sus valiosos consejos que ayudaron a enriquecer este trabajo.

A todos los **C.** que formaron parte de mi vida hasta el momento, gracias.

De manera especial agradezco a todos los alumnos que ayudaron en la toma de datos en el experimento, gracias a ellos, fue posible la realización de este trabajo.

Al laboratorio de alimentos de la **Universidad del Papaloapan** *campus* Tuxtepec, por prestarnos sus instalaciones y ayudar en la toma de datos.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE APÉNDICE.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. HIPÓTESIS.....	4
3.1. Hipótesis general.....	4
3.2. Hipótesis específicas.....	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1. Origen del jitomate.....	5
4.2. Clasificación taxonómica.....	5
4.3. Importancia del jitomate.....	6
4.4. Producción de jitomate en México.....	7
4.5. Producción de jitomate en Oaxaca.....	8
4.6. Requerimientos climáticos del jitomate.....	9
4.6.1. Temperatura.....	9
4.6.2. Humedad relativa.....	9
4.6.3. Luz.....	10
4.7. Materiales genéticos de jitomate.....	10
4.8. Calidad en fruto de jitomate.....	11
4.9. Calidad física del fruto de jitomate.....	12
4.9.1. Tamaño.....	12
4.9.2. Forma.....	12
4.10. Calidad interna del fruto de jitomate.....	13
4.10.1. Sólidos solubles totales.....	13
4.10.2. pH del jugo.....	13
4.11. Sistemas hidropónicos.....	14
4.12. Sustratos para la siembra de cultivos en hidroponía.....	15
4.12.1. Definición de sustrato.....	15
4.12.2. Propiedades y características físicas de los sustratos.....	16
4.12.2.1. Espacio poroso total.....	16
4.12.2.2. Agua fácilmente disponible.....	17
4.12.2.3. Capacidad de aireación.....	18
4.12.2.4. Densidad aparente.....	18
4.12.2.5. Tamaño de partícula.....	19
4.12.3. Propiedades químicas de los sustratos.....	20
4.12.3.1. pH o potencial de hidrógeno.....	20
4.12.3.2. Capacidad de intercambio catiónico.....	21
4.12.3.3. Salinidad.....	21
4.12.4. Descripción de los sustratos utilizados.....	21
4.12.4.1. Tezontle.....	21
4.12.4.2. Arena.....	22
4.12.4.3. Tepezil.....	23
4.12.4.4. Suelo.....	23

4.13. Solución nutritiva	24
4.14. Agricultura protegida	25
4.15. Invernadero	26
4.16. <i>Trichoderma</i> spp.	27
4.16.1. Generalidades del <i>Trichoderma</i> spp.	27
4.16.2. Beneficios del <i>Trichoderma</i> spp. en la agricultura	27
5. MATERIALES Y MÉTODOS	29
5.1. Descripción del área de estudio	29
5.2. Infraestructura	29
5.3. Características del material vegetal utilizado	29
5.4. Tratamientos y diseño experimental.....	31
5.5. Establecimiento y desarrollo del experimento	33
5.5.1. Siembra en charolas.....	33
5.5.2. Sustratos y llenado de bolsas	33
5.5.3. Trasplante de plántula	35
5.5.4. Solución nutritiva	35
5.5.5. Riegos.....	36
5.5.6. Podas.....	36
5.5.6.1. Poda de brote apical o despunte	37
5.5.7. Tutoreo	37
5.5.8. Polinización.....	37
5.5.9. Monitoreo y control de plagas y enfermedades	38
5.5.10. Monitoreo de la temperatura y humedad relativa.....	39
5.5.11. Cosecha.....	39
5.5.12. Aplicación de <i>Trichoderma</i> spp.....	39
5.6. Variables evaluadas	40
5.6.1. Variables evaluadas para morfología de planta.....	40
5.6.2. Variables evaluadas para rendimiento.....	40
5.6.3. Variables evaluadas para calidad física de fruto.....	42
5.6.4. Variables para calidad química de fruto.....	42
5.7. Análisis y modelo estadístico	43
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
6.1. Morfología de planta.....	44
6.1.1. Comportamiento morfológico de los híbridos.....	44
6.1.2. Efecto de los sustratos en la morfología de la planta	50
6.1.3. Efecto del <i>Trichoderma</i> spp. en la morfología de la planta.....	53
6.2. Rendimiento	55
6.2.1. Comportamiento de los híbridos en el rendimiento de fruto.....	55
6.2.1.1. Número de frutos	55
6.2.1.2. Rendimiento por planta.....	56
6.2.2. Efecto de los sustratos en el rendimiento	57
6.2.2.1. Número de frutos	57
6.2.2.2. Rendimiento por planta.....	58
6.2.3. Efecto del <i>Trichoderma</i> spp. en el rendimiento.....	59
6.2.3.1. Número de frutos	59
6.2.3.2. Rendimiento por planta.....	59
6.3. Calidad física de fruto.....	61
6.3.1. Comportamiento de los híbridos en la calidad física de fruto.....	61
6.3.2. Efecto de los sustratos en la calidad física de fruto	61
6.3.3. Efecto del <i>Trichoderma</i> spp. en la calidad física de fruto.....	62

6.4. Calidad química del fruto.....	63
6.4.1. pH del jugo.....	63
6.4.2. Sólidos solubles totales (° Brix)	65
6.5. Comportamiento de la temperatura durante el ciclo del cultivo	67
6.6. Comportamiento de la humedad relativa durante el ciclo de cultivo..	68
7. CONCLUSIONES	70
8. RECOMENDACIONES.....	71
9. LITERATURA CITADA	72
10. APÉNDICE	87

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Nomenclatura taxonómica del jitomate	6
2	Tratamientos evaluados para los componentes de morfología, rendimiento y calidad física de jitomate	32
3	Cantidad de fertilizantes para preparar 1,000 L de solución nutritiva de las diferentes concentraciones utilizadas en el experimento	35
4	Comportamiento morfológico de cuatro híbridos de jitomate, bajo condiciones de invernadero, a diferentes edades	49
5	Efecto de los sustratos en las características morfológicas de plantas de jitomate, bajo condiciones de invernadero, a diferentes edades	52
6	Efecto del <i>Trichoderma</i> spp. en las características morfológicas de plantas de jitomate, bajo condiciones de invernadero, a diferentes edades	55
7	Número de frutos y rendimiento de cuatro híbridos de jitomate, bajo condiciones de invernadero	57
8	Número de frutos y rendimiento de jitomate, bajo condiciones de invernadero en cuatro sustratos	59
9	Número de frutos y rendimiento de jitomate, bajo condiciones de invernadero en respuesta a la aplicación de <i>Trichoderma</i> spp.	60

10	Calidad física de cuatro híbridos jitomate, bajo condiciones de invernadero	61
11	Calidad física de frutos de jitomate, bajo condiciones de invernadero en cuatro sustratos	62
12	Calidad física de frutos de jitomate, bajo condiciones de invernadero en respuesta a la aplicación de <i>Trichoderma</i> spp.	62
13	pH del jugo de dos híbridos de jitomate, bajo condiciones de invernadero en cuatro sustratos y el efecto de <i>Trichoderma</i> spp.	65
14	Efecto de cuatro sustratos y <i>Trichoderma</i> spp. en los sólidos solubles totales (° Brix) de frutos de dos híbridos de jitomate, bajo condiciones de invernadero	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Comportamiento de la temperatura diurna y nocturna durante el ciclo de cultivo de jitomate, bajo condiciones de invernadero en Loma Bonita, Oaxaca	68
2	Comportamiento de la humedad relativa diurna y nocturna durante el ciclo de cultivo de jitomate bajo invernadero en Loma Bonita, Oaxaca	69

ÍNDICE DE APÉNDICE

Apéndice	Título	Página
1	Temperatura (°C) y humedad relativa (%) diaria nocturna y diurna dentro del invernadero durante el ciclo de cultivo.....	87
2	Evidencia fotográfica del trabajo realizado a lo largo del experimento.....	92
3	Constancias de participación en eventos de divulgación científica derivados de esta misma investigación.....	98

RESUMEN

El jitomate a nivel mundial, es la hortaliza más importante debido a su valor nutritivo y a la importancia económica que representa. Hoy en día se han implementado tecnologías de producción donde se emplean cubiertas plásticas y sistemas de riego sofisticados para incrementar los niveles de producción. Los principales factores que limitan el desarrollo y rendimiento del cultivo son el material genético y el medio ambiente donde se desarrolla. El objetivo de este trabajo fue evaluar cuatro genotipos de jitomate de crecimiento indeterminado: Cid, Ramsés, Persistente y Juan Diego, en cuatro sustratos: arena de río, tezontle, tepezil y una mezcla de suelo y grava 1:1, así como la aplicación y no aplicación de un biopreparado de *Trichoderma asperellum* y *T. koningii*, bajo condiciones de invernadero e hidroponía en el trópico. El diseño experimental fue un completamente al azar con cinco repeticiones para morfología y siete para rendimiento y calidad y se evaluaron 32 tratamientos. Se detectaron diferencias significativas entre tratamientos siendo los mejores híbridos Cid y Ramsés, y los mejores sustratos arena y tezontle en morfología. El efecto del biopreparado de *Trichoderma* spp. sólo influyó en el desarrollo de las plantas hasta los 48 días después del trasplante. Para rendimiento se observaron diferencias en los tratamientos siendo mejor el híbrido El Cid con 2264.71 g por planta, y los sustratos que mejor respondieron fueron arena y tezontle. En lo que respecta a calidad física destacó el híbrido Persistente, mientras que en la calidad química el mejor el híbrido fue Ramsés observándose diferencias significativas.

Palabras clave: Oaxaca. Hidroponía. Híbridos. Indeterminado. Biostimulante

ABSTRACT

STUDENT: Luis Alberto Prieto Baeza

DEGREE: Graduate in Tropical Agriculture

THEME: Response of hybrids of tomato saladette (*Solanum lycopersicum* L.) to four substrates and *Trichoderma* spp. under greenhouse conditions in Loma Bonita, Oaxaca

Tomato is the most important vegetable worldwide due to its nutritional value and the economic importance it represents. Today, production technologies are implemented whereby plastic covers and sophisticated irrigation systems are used to increase production levels. The main factors limiting growth and crop yield are the genetic material and the environment in which it grows. The objective of this work was to evaluate four tomato hybrids of indeterminate growth: Cid, Ramses, Persistente, and Juan Diego, in four substrates: river sand, tezontle (a porous, resistant volcanic rock), tepezil (a light-weight volcanic gravel) and a mixture of construction gravel and soil 1:1, as well as the application and non-application of a biopreparation of *Trichoderma asperellum* and *T. koningii* under greenhouse conditions and with the use of hydroponics in the tropics. Thirty-two treatments were evaluated the experimental design used was completely randomized with five repetitions for morphology and seven for yield and quality. Significant differences between treatments were detected, the best hybrids being Cid y Ramses and the best substrates being sand and tezontle in morphology, the effect of the *Trichoderma* ssp biopreparation only influenced the growth of plants up until 48 days after transplantation. For yield, differences in the treatments were observed, the best hybrid being Cid with 2264.71 g per

plant, and the substrates that responded best were sand and tezontle. The hybrid Persistente, showed the greatest physical quality while the best hybrid in terms of chemical quality proved to be Ramses, having observed significant differences in both variables measured.

Keywords: Oaxaca. Hydroponics. Hybrids. Indeterminate. Biostimulant

Revision of abstract by: JEFA DEL CENTRO DE IDIOMAS,
UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN, CAMPUS LOMA BONITA, OAXACA.

CHERYL LYNN GAD

Date: November 30th, 2015

1. INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los cultivos hortícolas más redituables del mundo (Hilhorst *et al.*, 1998) y uno de los de mayor importancia económica que se cultiva en Oaxaca (Zárate, 2007), además de que constituye una de las hortalizas más ampliamente demandadas y cultivadas a nivel mundial (Causse *et al.*, 2002). A nivel mundial existen alrededor de cuatro millones de hectáreas con este cultivo, lo que representa una producción de 105.7 millones de toneladas (FAO, 2010). La producción de jitomate en el país es de gran importancia económica; además de ser el producto hortícola más importante en cuanto a exportación, representa una de las fuentes de empleo rural más importante (Muñoz *et al.*, 1995). La producción de jitomate en México está considerada la más importante dentro de las hortalizas con alrededor de 30,000 ha destinadas a este cultivo con una producción de 3,150 millones de toneladas, ocupando el décimo lugar a nivel mundial (FAO, 2010). En el año 2012 la superficie sembrada de este cultivo en el estado de Oaxaca fue de 972.72 ha, con una producción promedio de 96,744.42 t. (SAGARPA, 2012).

La agricultura protegida en México es una de las actividades dentro del sector agropecuario más dinámicas en los últimos tiempos con un crecimiento anual del 15 % (AMHPAC, 2010), donde la producción de jitomate en esta modalidad representa entre el 8 y 12 % del volumen total con aproximadamente 3,200 ha distribuidas en todo el país con rendimientos que pueden variar de 150 a 200 t ha⁻¹, dependiendo del grado de desarrollo tecnológico que sea utilizado en el proceso de producción

(Cook, 2007; FAS/USDA, 2009; AMHPAC, 2010), aunque existe un gran número de factores físico-ambientales que tienen su efecto en la producción y calidad del fruto en jitomate. Unos de los problemas más significativos que se ha observado a campo abierto es la dificultad en el manejo de los factores que influyen en el desarrollo del cultivo, entre los que se pueden mencionar están, los cambios extremos de temperatura, la deficiencia o excesos de agua como resultado de las altas precipitaciones, y suelos mal drenados, lo que generalmente propicia la presencia de enfermedades y consecuentemente, un abuso en el uso de fungicidas para su prevención y control (Rodríguez *et al.*, 2001). Por ello, la utilización de estructuras de protección y sistemas hidropónicos se ha convertido en la forma más viable de producir jitomate.

Existe poca información sobre producción de jitomate en el trópico, bajo condiciones de invernadero. En el estado de Tabasco, un lugar que presenta un comportamiento similar a Loma Bonita, Oaxaca en cuanto a condiciones ambientales (temperatura, humedad, precipitación, tipo de clima) Estrada *et al.* (2009) y Gómez (2012) han hecho investigaciones al respecto; sin embargo, dada la importancia que está tomando este tipo de tecnología, existe poco conocimiento del manejo de jitomate bajo estas condiciones ambientales (Nieto y Velasco, 2006). Por ello, se tomó la decisión de evaluar diferentes sustratos y diferentes híbridos de jitomate tipo saladette de crecimiento indeterminado bajo condiciones de invernadero e hidroponía más el efecto de *Trichoderma* spp. y con ello, aumentar la información al respecto.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar cuatro sustratos y *Trichoderma* spp. sobre el crecimiento, rendimiento y calidad del fruto de cuatro híbridos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo el esquema de agricultura protegida.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar el comportamiento morfológico, productivo y la calidad de cuatro híbridos de jitomate en las condiciones climáticas de la región.
- Determinar el efecto de los sustratos arena de río, tezontle, tepezil y la mezcla suelo-grava 1:1 en el crecimiento, producción y calidad del fruto de jitomate.
- Determinar el efecto de *Trichoderma* spp. en el crecimiento, producción y calidad del fruto de jitomate.

3. HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis general

- Es posible la producción de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) de crecimiento indeterminado, bajo condiciones de invernadero en Loma Bonita, Oaxaca.

3.2 Hipótesis específicas

- Existen diferencias entre híbridos de jitomate, bajo condiciones de invernadero en los parámetros morfológicos, productivos y de calidad del fruto.
- Existen diferencias en los parámetros morfológicos, productivos y de calidad de fruto en jitomate cultivado en diferentes sustratos bajo condiciones de invernadero.
- El uso de *Trichoderma* spp. estimula el crecimiento morfológico e incrementa el rendimiento y mejora la calidad de fruto de jitomate cultivado bajo condiciones de invernadero.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Origen del jitomate

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una planta de ciclo anual. El centro de origen en general del género *Lycopersicon* es la región andina que hoy comparten Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile, donde existen diversas especies silvestres a fines al jitomate (Esquinas y Nuez, 2001). El nombre de tomate tiene su origen en la lengua náhuatl de México, donde se llamaba "tomatl" y las variantes han seguido a este en su distribución por el mundo (Heiser, 1969).

4.2. Clasificación taxonómica

El jitomate es una planta perteneciente a la familia de las Solanáceas y potencialmente perenne y sensible a las heladas, lo que determina su ciclo anual según la variedad (Rodríguez *et al.*, 2001). Linnaeus (1753) fue quien clasificó al jitomate cultivado dentro del género *Solanum* y bajo el nombre de *Solanum lycopersicum* L. Un año después Miller (1754) describió al jitomate dentro del género *Lycopersicon*, y esta clasificación continuó por muchos años refiriéndose a esta especie como *Lycopersicon esculentum* Mill. Sin embargo, en el siglo XX se realizaron estudios más complejos, los cuales ubicaban al jitomate y sus especies silvestres dentro del género *Lycopersicon* (Muller, 1940; Luckwill, 1943).

Mediante análisis de sitios de ADN del cloroplasto, se ha identificado al jitomate junto con dos especies silvestres, las cuales conforman un solo grupo con especies del género *Solanum* subgénero *Patatoe*, ubicando al jitomate dentro del género *Solanum* especie *Solanum lycopersicum* L.

(Spooner *et al.*, 1993). Actualmente, se ha ajustado la nomenclatura del tomate propuesta por el Sistema de Información Taxonómica Integrada (del inglés ITIS), la cual es una Asociación Internacional integrada por Estados Unidos, Canadá y México. En México la propuesta ha sido evaluada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). En el Cuadro 1 se presenta la clasificación taxonómica del jitomate.

Cuadro 1. Nomenclatura taxonómica del jitomate.

División	Magnaliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanacea
Género	<i>Solanum</i>
Especie	<i>Solanum lycopersicum</i> L.

4.3. Importancia del jitomate

En México, la producción de jitomate es de gran importancia económica y social, por la superficie sembrada, volumen en el mercado nacional y por las divisas generadas.

Su popularidad se debe al aceptable sabor y disponibilidad del fruto en una amplia gama de ambientes, así como su relativa facilidad para ser cultivado (Cruz, 2007). En 2010 la producción mundial de jitomate fue de 124,548 t, concentrándose principalmente en los siguientes países: China (33.63 %), Estados Unidos (10.36 %), India (9.62 %) y Turquía (8.07 %).

México ocupó el décimo lugar con una producción del 2.41 % del volumen total mundial (FAOSTAT, 2011).

La cosecha y comercialización del jitomate son dos de las actividades más importantes por la cantidad de empleos que generan, con alrededor de 72 mil empleos directos y 10.7 millones indirectos (SAGARPA, 2012).

Es por ello, que la producción de jitomate en la zona de Loma Bonita, Oaxaca podría representar una opción de cultivo para abastecer parte de la demanda local y generar recursos alternativos a los productores interesados.

4.4. Producción de jitomate en México

La producción de jitomate en el país es de gran importancia económica. Además de ser el principal producto hortícola de exportación, representa una de las fuentes de empleo rural más importantes en México (Muñoz *et al.*, 1995).

La superficie sembrada en México en el año 2013 con este cultivo fue de 48,232.01 ha, de las cuales se cosecharon 47,099 ha, obteniendo una producción de 2,694,358 t, con un rendimiento promedio de 57.21 t ha⁻¹ (SIAP, 2013), por lo cual es la segunda hortaliza más importante por la superficie sembrada que ocupa; la más importante por su volumen en el mercado nacional, y la primera por su valor de producción (Nieto y Velasco, 2006).

4.5. Producción de jitomate en Oaxaca

En el estado de Oaxaca, el cultivo de jitomate es la hortaliza más cultivada y rentable (Zarate, 2007). En el año 2013 en el estado se sembraron 831.65 ha, de las cuales se cosecharon 831.65, obteniendo una producción total de 96,693.30 t, con un promedio de 116.27 t ha⁻¹. En el estado se produce el 97 % en superficie a cielo abierto presentando una baja tecnificación en sus sistemas de producción (SIAP, 2013).

En la última década, los sistemas de producción de jitomate en el estado se han diversificado incorporando tecnologías; tales como: cubiertas plásticas, riego por goteo, fertirriego y sistemas hidropónicos con el fin de incrementar el rendimiento, siendo el sistema hidropónico, el que ofrece un mayor control de los factores bióticos y abióticos para la producción de hortalizas (Howard, 1998; Robles, 1999).

El estado de Oaxaca tiene regiones con condiciones agroclimatológicas favorables para la agricultura protegida, principalmente en los Valles Centrales, Mixteca, Cañada, partes de la Sierra e incluso en la Cuenca del Papaloapan, en las cuales se están realizando apoyos de proyectos productivos a través del gobierno federal, estatal y otras instituciones ligadas al sector. Sin embargo, la falta de capacitación ha hecho que los proyectos que se aprueban de agricultura protegida no operen al máximo de su capacidad, siendo el principal problema que enfrentan los productores en varias partes del estado (Fundación Produce Oaxaca, 2007).

4.6. Requerimientos climáticos del jitomate

4.6.1. Temperatura

La temperatura es uno de los factores climáticos más importantes tanto en el desarrollo del cultivo de jitomate y para los procesos fisiológicos de amarre y cuajado de fruto. El jitomate es una planta de clima cálido que no tolera heladas. Para su desarrollo óptimo requiere temperaturas nocturnas entre 15 y 18 °C, temperaturas diurnas entre 24 a 25 °C (Rodríguez *et al.*, 2001). De acuerdo con Castaños (1993), el jitomate está clasificado dentro de las hortalizas que soportan el calor y en temperaturas menores a 8 °C se detiene el crecimiento, siendo la temperatura óptima 24 °C, la mínima de 10 °C y máxima de 32 °C.

Asimismo, Morales (2006) señala que para que se propicie una buena fructificación y floración se requieren temperaturas diurnas de 25 a 30 °C y nocturnas de 8 a 16 °C. La temperatura óptima para la formación de licopeno, la cual es la sustancia que le da la pigmentación roja al jitomate, cuando el fruto está unido a la planta es entre 19 y 30 °C (Went *et al.*, 1942; Brandt *et al.*, 2006).

4.6.2. Humedad relativa

La humedad del ambiente en un invernadero interviene en varios procesos: a) amortiguamiento de los cambios de temperatura, b) aumento o disminución de la transpiración, c) crecimiento de los tejidos, d) viabilidad del polen para obtener mayor porcentaje de fecundación del ovario en las flores y el desarrollo de enfermedades (Sandoval, 2006).

La humedad relativa favorable para el desarrollo del cultivo es de 50 a 60 %, ya que cuando es más alta las anteras se hinchan y el polen no puede liberarse ni caer sobre el estigma y las flores no se polinizan y caen, mientras que a humedades relativas de 50 % o menos dificulta la fijación del polen al estigma de la flor, el polen se deshidrata rápidamente y disminuye el amarre de frutos (Nieto y Velasco, 2006). Mientras que una humedad relativa del 80 % o más favorece el desarrollo de enfermedades fungosas principalmente tizón tardío (*Phytophthora infestas*), tizón temprano (*Alternaria solani*) y moho gris (*Botrytis cinerea*) (Hurd y Sheard, 1981).

4.6.3. Luz

En general, el jitomate es una planta sensible al fotoperiodo, en cuanto a su floración. Es conveniente que la luminosidad sea intensa cuando la planta de jitomate está en producción (12 h diarias de luz), ya que si es menor el desarrollo es lento, pero si es mayor la síntesis de proteínas se dificulta y los carbohidratos se acumulan en exceso. Por tanto, la luminosidad tiene gran influencia en el crecimiento de los tejidos, floración y maduración de frutos. Se ha señalado que el rendimiento de fruto está relacionado con la cantidad de radiación solar recibida por el cultivo y ciclo del mismo (Rodríguez *et al.*, 2001).

4.7. Materiales genéticos de jitomate

La elección de los materiales genéticos de jitomate para invernadero se debe hacer en función al sistema de producción, ya que existen en el mercado cientos de materiales disponibles, pero no todos son apropiados para la producción intensiva en invernadero. En México, la producción

intensiva de jitomate en estos sistemas es escasa y no existen programas de fitomejoramiento que generen materiales apropiados para ello, por lo que se tiene que hacer una evaluación continua de los materiales que comercializan las empresas semilleras más importantes del mundo (Pérez y Castro, 1999).

Con base en el hábito de crecimiento de la planta y su vigor, el jitomate cultivado se divide en dos tipos, los cuales afectan la altura final de la planta y las prácticas de manejo: el de crecimiento indeterminado, es aquel en donde las plantas son llevadas en uno o varios tallos con los brotes axilares podados, que es como se hace en los jitomates de invernadero. Y el otro tipo se llama crecimiento determinado, el cual se usa para cultivarlo en campo abierto (Papadopoulos, 1996).

4.8. Calidad en fruto de jitomate

La calidad de frutas y hortalizas es una combinación de atributos o propiedades que le dan valor en términos de alimento humano. La palabra “calidad” proviene del latín “qualitas”, que significa atributo, propiedad o naturaleza básica de un objeto. Sin embargo, en la actualidad y en sentido abstracto su significado es “grado de excelencia o superioridad” (Kader, 2002).

La calidad del jitomate fresco es un aspecto importante en la comercialización, características que se conjuga con la cantidad y el servicio, por lo tanto para el consumidor, la calidad del jitomate viene determinada por los atributos como su apariencia externa, el sabor y características nutritivas (Gonzales *et al.*, 2004). En cambio, para la industria agroalimentaria la calidad del fruto en jitomate, puede considerar características externas como

la forma, color y tamaño; también otros caracteres relativos a la calidad interna como acidez, contenido en azúcares y materia seca (Nuez, 1995).

4.9. Calidad física del fruto de jitomate

4.9.1. Tamaño

El tamaño y forma de un fruto de jitomate, está estrechamente relacionado a la variedad o híbrido, nutrición, posición del fruto en la planta, condiciones ambientales y algunos aspectos de manejo que se le dé al cultivo (Fernández *et al.*, 2004). El tamaño es un criterio importante que se puede determinar fácilmente, ya sea mediante la medición del diámetro de la circunferencia, la longitud, el grosor, el peso o el volumen. Existen distintos estándares, dependiendo del destino del producto (Wills *et al.*, 1999).

4.9.2. Forma

Los cultivares de jitomate difieren mucho en cuanto a la forma de fruto, la variación y defectos en la forma están relacionados con una deficiente polinización y desarrollo irregular de algunos lóculos, la forma de frutos puede ser esférica, ovalada, alargada o en forma de pera (Grierson y Kader, 1986).

La forma de los frutos es un criterio que permite distinguir entre diversos cultivares de una misma especie. El consumidor exige un producto con determinada forma y rechaza los frutos que no la poseen (Wills *et al.*, 1999).

4.10. Calidad interna del fruto de jitomate

4.10.1 Sólidos solubles totales

El contenido de sólidos solubles de frutos de jitomate tiene gran variación en función del cultivar, nutrición de la planta, conductividad eléctrica de la solución nutritiva, y estrés hídrico; factores ambientales, luz, fotoperiodos, tiempo seco en cosecha y factores genéticos como: fruto pequeño, hábito determinado (González *et al.*, 2004).

La constitución genética de los híbridos o variedades, los factores agroecológicos, especialmente el clima durante la maduración del fruto y la disponibilidad de agua, influyen en el contenido de sólidos solubles totales. La concentración de sólidos solubles totales en frutos de una misma variedad varía entre 4 y 7 % (Nuez, 2001). En diversas variedades de jitomate, el contenido de sólidos solubles del fruto se sitúa entre 4.5 y 5.5 ° Brix (Nuez, 1995).

El contenido de azúcares puede ser medido por procedimientos químicos, pero resulta más fácil e igualmente útil, determinar los sólidos solubles totales de una muestra mediante un refractómetro o un densímetro. Estos instrumentos se basan en la medida de la refracción de la luz a su paso a través de una muestra pequeña de jugo y en la relación entre la densidad del jugo y su contenido de azúcares (Wills *et al.*, 1999).

4.10.2. pH del jugo

El pH del jugo en los frutos de jitomate es una característica sensorial relacionada con los cambios que sufren las frutas durante la maduración y la

senescencia. En ciertas especies de plantas es considerado como un índice de cosecha. Para un buen sabor en los frutos de jitomate, se consideran necesarios valores de pH inferiores a 4.4 y contenido de azúcares superiores a 4.0 y 4.5 ° Brix (Nisen *et al.*, 1990).

El concepto pH se refiere a la medida de la concentración de iones H⁺ en solución acuosa, y por tanto, el carácter básico o ácido: se expresa en concentración de iones H⁺ donde el pH es 7 (neutro), 6 (ácido) u 8 (básico) (Ansorena, 1994).

4.11 Sistemas hidropónicos

La hidroponía es un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en agua y en el que, en vez de suelo, se emplea como sustrato un material inerte, o simplemente la misma solución, que cumple con las funciones que el suelo desempeña, es decir, proporciona al cultivo un sustrato con las condiciones físicas, químicas y fitosanitarias idóneas, eliminando la acción de aquellos factores que en el suelo, lo llevan inevitablemente a modificaciones que se traducen en limitaciones para el desarrollo de los cultivos (Sánchez y Escalante, 2001).

Los sistemas hidropónicos se pueden clasificar como sistemas abiertos (donde el exceso de solución nutritiva aplicado al cultivo se pierde y no se recupera) o cerrados (el exceso de solución es recuperado, repuesto y reciclado) (Jensen, 1997).

La producción comercial de cultivos hidropónicos tiene aproximadamente más de 70 años de haberse iniciado. Anteriormente se consideraba como un complemento y, en ciertos casos, como un sustituto de los métodos tradicionales de cultivo, debido a que se puede realizar en todas aquellas partes en donde el suelo no es fértil o cuyo acondicionamiento resulta costoso, además se puede realizar en cualquier tipo de clima (Zárate, 2005).

4.12. Sustratos para la siembra de cultivos en hidroponía

4.12.1. Definición de sustrato

Según Abad (1995), el término sustrato se aplica a todo material mineral distinto del suelo, natural o sintético, mineral u orgánico, que colocado en un recipiente en forma pura o mezcla permite el anclaje del sistema radicular, por lo tanto, desempeña un papel de soporte para la planta. Puede intervenir (material químicamente activo) o no (material inerte) en el proceso de nutrición.

Elegir un buen sustrato es una de las decisiones más importantes antes de establecer un cultivo en hidroponía, ya que, para ello, hay que tener en cuenta muchos factores como: disponibilidad del material, costos, características físicas y biológicas (Abad, 1995).

El sustrato es un sistema de tres fracciones, cada una con una función propia: la fracción sólida asegura el mantenimiento mecánico del sistema radicular y la estabilidad de la planta, la fracción líquida aporta a la planta el agua y, por interacción con la fracción sólida, los nutrientes

necesarios. Por último, la fracción gaseosa asegura las transferencias de oxígeno y CO₂ del entorno radicular (Lemaire, 2005).

El sustrato adecuado al cultivo, es aquel que es capaz de retener un volumen suficiente de agua, aire y nutrimentos en forma disponible para la planta. Asimismo, debe poseer buen drenaje y permitir el rápido lavado del exceso de sales que se acumulan en el sustrato y que daña a las plantas (Avidan *et al.*, 2004).

4.12.2. Propiedades y características físicas de los sustratos

Las propiedades y características físicas de un sustrato son consideradas las más importantes aún encima de las químicas, ya que si éstas no son adecuadas, una vez que se ha establecido el cultivo difícilmente se podrán mejorar, por lo que su caracterización previa es necesaria (Ansorena, 1994; Cabrera, 1999).

La caracterización del sustrato empieza con la distribución de fases, es decir el porcentaje de volumen de material sólido y el volumen de agua y aire en los sustratos, a diferentes condiciones de humedad; sin embargo, para ello, es necesario conocer sus propiedades físicas (Verdonck *et al.*, 1974).

4.12.2.1. Espacio poroso total

Es el espacio lleno de aire, agua difícilmente disponible y agua de reserva (Burés, 1997). Estos espacios se clasifican en porosidad externa e interna, respectivamente. Los espacios porosos que se forman entre las partículas originan la porosidad externa. Esta se genera por la forma de

empaquetamiento y grado de compactación a la que se someten los materiales; además, depende del tamaño y forma del recipiente, tamaño, naturaleza y características de las partículas constituyentes de la fracción sólida (Bastida, 2002).

Los poros existentes en un sustrato pueden ser de dos tipos: 1) poros capilares ($<30 \mu\text{m}$), los cuales son los que retienen el agua; y 2) macroporos, ($>30 \mu\text{m}$) los que se vacían después que el sustrato ha drenado, permitiendo así la aireación. Sin embargo, los poros no drenan completamente y una película fina de agua es retenida alrededor de las partículas del sustrato. Esta película de agua disminuye en espesor a medida que el medio se seca (Abad *et al.*, 2004).

4.12.2.2. Agua fácilmente disponible

Para Abad *et al.* (1993), el agua fácilmente disponible es la diferencia entre la cantidad de agua retenida por el sustrato, después de su saturación con el riego y posterior drenaje a una tensión mátrica de 10 cm y, la cantidad de agua que se encuentra en dicho medio a una tensión de 50 cm.

Un sustrato para que sea considerado como bueno, su cantidad total de agua disponible debe de oscilar entre 75 a 90 %. Para que el crecimiento de las plantas sea óptimo, en el sustrato, debe haber entre el 20-30 % de agua fácilmente disponible (De Boodt *et al.*, 1972; Abad *et al.*, 2004), mientras que para Cabrera (1999) el valor óptimo deber ser $\geq 30 \%$ en base a volumen.

En un buen sustrato hortícola, la mayor parte del agua se retiene a bajo potencial entre 10 y 100 cm de columna de agua, lo que permite una buena disponibilidad de agua para la planta y un nivel de aireación suficiente para las raíces (Florián, 1997).

4.12.2.3. Capacidad de aireación

Abad *et al.* (1993) definen a la capacidad de aireación como el porcentaje de volumen del sustrato que contiene aire después de que dicho medio ha sido saturado con agua, y dejado drenar usualmente a 10 cm de tensión.

El volumen de aire aumenta conforme disminuye el volumen de agua. Para el crecimiento óptimo de las plantas, se debe evitar que se tenga mucha agua o mucho aire en el sustrato, de tal forma que debe haber un equilibrio, es decir, una relación de volumen de agua sobre un volumen de aire igual a 1 (Verdonck *et al.*, 1974). Para Cabrera (1999) el valor óptimo de la capacidad de aireación está entre 10 y 20 % en base al volumen, y Abad *et al.* (2004), mencionan un valor óptimo de entre 20 y 30 % de volumen.

4.12.2.4. Densidad aparente

La densidad aparente, se define como el cociente que resulta de dividir el peso del suelo seco entre el volumen total incluyendo los poros. Se expresa en g cm^{-3} (Aguilera y Martínez, 1996).

La densidad aparente juega un papel importante, ya que los sustratos y los contenedores se transportan durante su manejo y manipulación,

consecuentemente, su masa debe ser tomada en cuenta y no debe superar los 0.4 g cm^{-3} bajo condiciones de cultivo protegido (Abad, 1997).

Ansorena (1994) indica que el conocimiento de la densidad aparente es importante, no solo porque permite calcular la porosidad, sino que además, proporciona por sí mismo diversa información útil, tal como la cantidad de sólidos contenidos en un volumen de sustrato comprado a granel, preparación de mezclas y ejecución del análisis químico en base a volumen.

4.12.2.5. Tamaño de partícula

El tamaño de las partículas de sustrato afecta al crecimiento de las plantas, y a través del tamaño de las partículas y de los poros se determina el balance entre el contenido en agua y aire del sustrato a cualquier nivel de humedad. El tamaño de las partículas del sustrato, así como las dimensiones de los poros son dos características que condicionan el desarrollo de las plantas, ya que la aireación radical y retención de agua están en función de dichas características (Abad, 1995).

Los sustratos pueden estar constituidos por partículas de un solo tamaño, o bien, por una mezcla de diferente tamaño de partículas, las cuales pueden ser granulares o fibrosas, a esta distribución se le conoce como granulometría, la cual se refiere a la determinación de la distribución de tamaños de las partículas que conforman un sustrato. La granulometría de un material puede caracterizarse fácilmente por medio del tamizado de una muestra secada al aire o en estufa, recolectando cada una de las fracciones

retenidas en cada tamiz y cuantificando su peso. Cada una de las fracciones se expresa en porcentaje en relación al peso inicial (Díaz, 2004).

4.12.3. Propiedades químicas de los sustratos

Las propiedades químicas de los sustratos caracterizan las transferencias de materias entre el sustrato y la solución del mismo. Estas transferencias son reacciones de disolución e hidrólisis de los constituyentes minerales (químicas), reacciones de intercambio de iones (físico-químicas) y reacciones de biodegradación de la materia orgánica (bioquímicas) (Abad, 1995).

Los materiales orgánicos son componentes que contribuyen en mayor grado a la química de los sustratos, debido principalmente a la formación y presencia de sustancias húmicas, las cuales son el producto final más importante de la descomposición de la materia orgánica (Nuez, 2001).

4.12.3.1. pH o potencial de hidrógeno

El pH del suelo o sustratos es un factor que afecta la disponibilidad de los iones para la planta. Los materiales con altos contenidos de carbonato de calcio son problemáticos y deben desecharse por elevar excesivamente el pH de la solución. Se considera como óptimo el rango de 5 a 6.5. En algunos sustratos que inicialmente no tienen condiciones adecuadas de pH, se hacen tratamientos iniciales para corregir dichos niveles de pH (Florián, 1997).

4.12.3.2. Capacidad de intercambio catiónico

Abad (1997) define al intercambio catiónico como la suma de los cationes cambiables que pueden ser absorbidos por unidad de peso (o de volumen) del sustrato, los cuales quedan retenidos frente al efecto lixiviante del agua y que están disponibles para las plantas.

4.12.3.3. Salinidad

La salinidad es la concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato y que no están adsorbidas por el complejo de intercambio del mismo. El valor de la conductividad eléctrica constituye un buen indicador de la salinidad de un sustrato, y depende de la concentración de iones en la disolución (Abad, 1995).

4.12.4. Descripción de los sustratos utilizados

4.12.4.1. Tezontle

El tezontle es un material de color rojizo o negro procedente de las erupciones volcánicas que se emplea como cubierta en los caminos rurales, pero puede ser usado en los sistemas hidropónicos debido a sus características favorables tales como buena aeración, químicamente inerte, estéril, aislante, durable y económicamente accesible. Sin embargo, presenta desventajas como la baja retención de agua y peso relativamente excesivo (Zuang *et al.*, 1986).

En general, el tezontle en su estado natural presenta partículas de tamaño variable, tiene buena aireación, la retención de humedad está en

función del tamaño de partícula. Por ejemplo, tezontles de partículas pequeñas presentan alta retención de humedad y partículas grandes baja retención. Los tezontles presentan buen drenaje, la densidad aparente va de media a alta con poco aporte de nutrientes, baja capacidad amortiguadora de cambios de pH, contenido variable de sales, baja capacidad de intercambio catiónico, porosidad de 65 al 70 %, con alta porosidad interna, pH de neutro a alcalino de 7.5 a 8.6, aunque también existen con pH ácido, generalmente están libres de sustancias tóxicas (Burés, 1997).

4.12.4.2. Arena

La arena es un material natural inerte, que se emplea en la confección de mezclas para sustratos artificiales. El tipo de arena adecuada para estas mezclas es la sílica, de tamaño muy fino, pudiendo utilizarse de ríos, de yacimientos y playas. En el último caso es necesario lavarlas antes de ser empleadas (Serrano, 1990). La arena consiste en pequeños granos de roca que van de 0.02 a 2.0 mm de diámetro, formados como resultado de la intemperización de diversas rocas, y su composición mineral depende de la roca madre que le dio origen. La arena es el sustrato más pesado que se utiliza como medio de crecimiento de las raíces, la cual presenta una densidad alrededor de $1,290 \text{ kg m}^{-3}$, antes de usarla de preferencia se debe tratar con calor o químicamente, ya que puede contener semillas de maleza y organismos patógenos. La arena prácticamente no contiene nutrientes minerales ni capacidad de amortiguamiento químico. Se usa principalmente en combinación con componentes orgánicos (Hartmann y Kester, 1992).

Las características físicas de la arena varían en función del tamaño de las partículas y por ser un material granular sin porosidad interna, dependen básicamente de la granulometría. Su porosidad es inferior al 50 % (Burés, 1997). Las arenas finas con tamaño de partícula inferior a 0.5 mm presentan una buena retención de agua pero baja aireación, por el contrario, las arenas gruesas retienen menos agua fácilmente disponible y presentan mayor aireación (Abad y Noguera, 2000). Su densidad aparente es de 1,350 a 1,500 kg m⁻³. El peso de la arena representa la principal limitación para su transporte. Por tanto su elevada densidad aparente hace que no resulte económico cuando se transporta largas distancias (Burés, 1997).

4.12.4.3. Tepezil

El tepezil es un pequeño grano volcánico, recubierto de arcilla, su pH es neutro, tiene la propiedad de oxigenar mucho y nunca pudrirá las raíces, se extrae del subsuelo, no está contaminado, ya que se somete a altas temperaturas antes de ser utilizado. Este sustrato tiene preferencia por la mayoría de las personas expertas y aficionados. Esta arcilla también es adecuada para usarla en la elaboración de sustratos para bonsái.

Bastida (2002) señala que el tepezil es un material adecuado para mejorar el drenaje de los suelos y preparar mezclas con otros materiales para aligerar el peso e incrementar el drenaje de las mezclas.

4.12.4.4. Suelo

Anteriormente el uso del suelo mineral para cultivo en maceta o contenedor fue uno de los primeros medios utilizados para el crecimiento de

plantas, pero gracias a la evolución de estos, el suelo se ha sustituido por otros materiales.

De acuerdo a la definición del término sustrato, el suelo puede usarse como tal, pero el creciente enfoque hacia el cuidado de los recursos no renovables y los diferentes problemas que el suelo puede ocasionar, tales como presencia de fitopatógenos, presencia de semillas indeseables, posible deterioro, suelos heterogéneos, contaminados o infértiles, se debe analizar el uso del suelo para tal fin, ya que uno de los objetivos del uso de sustratos es mejorar las condiciones de crecimiento de la planta de interés. Raviv y Leith (2008), indicaron que algunos sustratos pueden incluir arcillas y arenas como componentes, pero no suelo directamente, ya que en el suelo el espacio poroso total generalmente no supera el 50 %, además presenta altos contenidos hídricos, y escasa proporción de poros con aire (menos del 10 %), lo que lo convierten en un material poco adecuado para el uso en contenedores (Zamora, 2005; Cruz *et al.*, 2010).

4.13. Solución nutritiva

La solución Steiner fue usada en las investigaciones de Steiner (1961) y se fundamenta en que tiene una proporción de los nutrimentos indispensables para la planta. Generalmente, se prepara a pH de 5.5 y a una presión osmótica de 0.072 atmosferas.

Steiner (1968), señaló que existen más de 300 fórmulas manejadas como composiciones especiales para cierta clase de plantas, pero la mayoría de ellas provienen de experimentos en los cuales una cierta

composición se obtuvo para un cultivo en particular y se publicó como solución para ese cultivo.

Los componentes principales del sistema hidropónico son la planta, sustrato y solución nutritiva (Resh, 2004). La solución nutritiva influye en el crecimiento, desarrollo, calidad de los cultivos y sus productos de importancia económica; además, la relación mutua entre cationes ($K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$), relación mutua entre aniones ($NO_3 + H_2PO_4 + SO_4$), cantidad total de solutos y pH (Steiner, 1961). Los nutrimentos están disponibles para las plantas cuando están en soluciones nutritivas verdaderas; es decir, cuando éstas son homogéneas y la fórmula química coincide con su análisis químico. Los iones con un riesgo mayor de precipitación son Ca^{2+} , H_2PO_4 y SO_4 . La precipitación de nutrimentos en la solución puede provocar deficiencias en la planta y afectar de manera negativa la absorción de los mismos, debido al desbalance en las relaciones mutuas entre iones (Steiner, 1961).

4.14. Agricultura protegida

La producción de jitomate a campo abierto se hace cada vez más difícil por las condiciones ambientales adversas y la presencia de plagas y enfermedades (Pérez, 2000; Grijalva *et al.*, 2010). Debido a estas problemáticas, los productores han optado por el uso de nuevas tecnologías en la producción, como es el uso de sistemas de agricultura protegida.

Para Bastida (2006) la agricultura protegida es aquella que se realiza bajo estructuras construidas con la finalidad de evitar las restricciones que el medio impone al desarrollo de las plantas cultivadas. Así, mediante el

empleo de diversas estructuras y técnicas se reducen al mínimo algunas de las condiciones restrictivas del clima sobre los vegetales. Otra definición de agricultura protegida señala a la agricultura protegida como una serie de técnicas o sistemas de producción que permiten modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos, con el propósito de alcanzar un crecimiento vegetal óptimo y, con ello, un alto rendimiento, o bien, obtener cosechas en fechas en las que con los cultivos conducidos tradicionalmente no pueden obtenerse si no es con un alto riesgo (Chapingo, 2009).

4.15. Invernadero

El invernadero es una estructura con cubierta transparente a los rayos solares, empleado en la producción de plantas, independiente de la época y de las estaciones del año. Es una herramienta productiva de alta tecnología, en las cuales los agricultores se apoyan para obtener altos rendimientos. Los especialistas destacan que este sistema productivo es capaz de aportar cosechas fuera de la época normal en que aparecen en el mercado o se encuentran a campo abierto (AMCI, 2008).

Para Serrano (1994), un invernadero es una instalación cubierta y abrigada con materiales transparentes para defender a las plantas de la acción de los meteoros exteriores. El volumen interior del recinto permite el desarrollo de los cultivos en todo su ciclo vegetativo. La siembra de hortalizas en invernadero, es una alternativa si se desea producir en un medio desfavorable, o bien, cuando se necesitan rendimientos elevados en determinadas épocas del año (Castaños, 1993). Los objetivos que se consiguen con esta técnica de producción son: mejorar la calidad comercial

de las cosechas y obtener mejores precios en la comercialización del producto (Avitia, 1998).

4.16. *Trichoderma* spp.

4.16.1. Generalidades del *Trichoderma* spp.

Trichoderma spp. es un habitante natural del suelo, caracterizado por un comportamiento saprófito o parásito, propiedades que benefician su actividad antagónica, y fue descrito por primera vez por Bissett (1991) obtenido de cepas aisladas de suelos de Canadá y Estados Unidos. Es considerado un colonizador secundario dado su frecuente aislamiento a partir de materia orgánica en descomposición o de raíces de plantas y parasitando diferentes hongos patógenos debido a la competencia por nutrientes y microparasitismo.

Las especies de *Trichoderma* spp. presentan crecimiento rápido, además de conidióforos complejos y altamente ramificados en forma piramidal o cónica. La abundancia de *Trichoderma* spp. en varios suelos junto con su habilidad para degradar diversos sustratos orgánicos, su metabolismo y resistencia a inhibidores microbianos, sugiere que este hongo pueda poseer la habilidad de sobrevivir a varios nichos ecológicos, dependiendo de las condiciones que prevalezcan y de las especies de *Trichoderma* involucradas (Riegel y Nielsen, 1996).

4.16.2. Beneficios del *Trichoderma* spp. en la agricultura

Trichoderma spp. tiene diversas ventajas como agente de control biológico, ya que posee un rápido crecimiento y desarrollo, también produce

una gran cantidad de enzimas, inducibles con la presencia de hongos fitopatógenos.

Stefona y Sandoval, (1995) comentan que el *Trichoderma* spp. puede desarrollarse en una amplia gama de sustratos, lo cual facilita su producción masiva para uso en la agricultura. Su tolerancia alta a condiciones ambientales extremas y hábitat, donde los hongos son causantes de diversas enfermedades, le permiten ser eficiente agente de control. Asimismo, puede sobrevivir en medios con contenidos significativos de pesticidas y otros químicos.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Descripción del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en el invernadero de la Universidad del Papaloapan *Campus* Loma Bonita, ubicado en el municipio de Loma Bonita, Oaxaca, México, en las coordenadas geográficas 18° 05' 52.8" latitud norte y 95° 53' 46.8" longitud oeste.

El clima del lugar es del tipo Am, el cual corresponde a un clima cálido húmedo, con lluvias en verano (García, 1981). La temperatura promedio es de 25 °C y la precipitación media anual de 1,845.2 mm y se encuentra a una altura de 25 msnm.

5.2. Infraestructura

Las características del invernadero son las siguientes: tipo cenital de carga, de 504 m², con 4 metros de altura al travesaño y 3.5 m del travesaño a la ventila cenital, presenta 2 naves de 8 m de ancho por 31.5 m de largo, sistema de riego por goteo a 50 cm de separación, con distribuidores de 4 salidas, tubin y estacas, una cisterna de 1,100 L para preparar fertilizante.

5.3. Características del material vegetal utilizado

El material genético que se utilizó fueron: cuatro híbridos de jitomate tipo saladette. Las características de cada uno de los híbridos se mencionan a continuación:

Ramsés F1. Jitomate tipo saladette, de crecimiento indeterminado de la compañía semillera Harris Moran. Ideal para invernaderos y campo abierto, resistente a enfermedades como: fusarium del tomate (*Fusarium*

oxyspurum, *fusarium* sp. raza 1, 2, 3), cenicilla polvorienta (*Leveillula taurica*) y mosaico del tomate (virus del mosaico del tomate). Sus frutos son de forma oval, firmes y de color rojo intenso (Harris Moran, 2014).

El Cid F1. Jitomate tipo saladette, de crecimiento indeterminado de la compañía Harris Moran. Se cultiva en los invernaderos y campos de todo el país porque combina calidad, rendimiento y vigor de planta. Sus frutos son uniformes en tamaño y forma con un color rojo intenso. Las paredes gruesas del fruto le brindan una excelente firmeza para una mayor vida de anaquel. Tiene preferencia por sus altos rendimientos y su excelente aceptación en el mercado, resistente a enfermedades como verticiliosis (*Verticillium albo atrum*, *Verticillium dahlie*), agallas radicales por nemátodos (*Meloidogyne arenaria*, *M. incognita* y *M. javanica*), mosaico del tomate (virus del mosaico del tomate) y fusarium del tomate (*Fusarium oxyspurum*, raza 1 y 2) (Harris Moran, 2014).

Juan Diego F1. Jitomate tipo saladette de crecimiento indeterminado de la casa comercial US Agriseeds. El fruto se produce en racimo, no tiene un hombro verde, son firmes, de color rojo intenso y su producción es de forma intensiva. El peso promedio de fruto es de 150 g, es resistente a fusarium del tomate (*Fusarium oxyspurum* y *fusarium* raza 2), verticilium (*Verticillium albo atrum* y *V. dahlie*) y al mosaico del tomate (virus del mosaico del tomate) (Us Agriseeds, 2014).

Persistente F1. Es un jitomate saladette híbrido de crecimiento indeterminado de la casa comercial Caloro. Planta de porte vigoroso que facilita el manejo de podas, muy versátil para utilizar a campo abierto o en

invernadero. Se puede manejar a uno o dos tallos. Los frutos son grandes, uniformes y de color rojo intenso de 150 g de peso. Resistente a fusarium del tomate (*Fusarium oxysporum* y *fusarium* raza 2.), verticilium (*Verticillium albo atrum*, y *V. dahlie*) y nemátodos (*Meloidogyne arenaria*, *M. incognita* y *M. javanica*) (Caloro, 2014)

5.4 Tratamientos y diseño experimental

Para morfología, rendimiento y calidad física se evaluaron cuatro híbridos de jitomate (Cid, Ramsés, Persistente y Juan Diego), cuatro sustratos (arena, suelo más grava 1:1, tezontle y tepezil), y la aplicación y no aplicación del hongo *Trichoderma* spp. De la combinación de estos tres factores resultaron 32 tratamientos los cuales se mencionan en el Cuadro 2. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con 28 repeticiones en un arreglo factorial 4 x 4 x 2. La unidad experimental fue de una planta en maceta con un tamaño de muestra de 5 plantas para morfología, y 7 plantas para rendimiento y calidad física de fruto.

En lo que respecta al experimento de calidad química de frutos, se evaluaron dos híbridos (Cid y Ramsés), cuatro sustratos (arena, suelo más grava 1:1, tezontle y tepezil), y la aplicación o no de *Trichoderma* spp. De la combinación de estos factores resultaron 16 tratamientos, mostrados en el Cuadro 2, los cuales se distribuyeron en un diseño completamente al azar con 28 repeticiones por tratamiento y un tamaño de muestra de 3 plantas. Para determinar los parámetros de calidad química de frutos, se tomaron frutos en tres partes de la planta: 1er y 2do racimo, 4to y 5to racimo y 7mo y 8vo racimo. Los frutos de cada estrato fueron cosechados en rojo (más del

90 % de la superficie del jitomate con color rojo) según la Norma Mexicana de productos alimenticios no industrializados para consumo humano (NMX-FF-031, 1997).

Cuadro 2. Tratamientos evaluados para los componentes de morfología, rendimiento y calidad de cuatro híbridos de jitomate.

Tratamiento	Factores de Estudio		
	Hibrido	Sustrato	Aplicación de <i>Trichoderma</i> spp.
1	Cid	Arena	Sin
2	Cid	Arena	Con
3	Cid	Suelo	Sin
4	Cid	Suelo	Con
5	Cid	Tezontle	Sin
6	Cid	Tezontle	Con
7	Cid	Tepezil	Sin
8	Cid	Tepezil	Con
9	Ramsés	Arena	Sin
10	Ramsés	Arena	Con
11	Ramsés	Suelo	Sin
12	Ramsés	Suelo	Con
13	Ramsés	Tezontle	Sin
14	Ramsés	Tezontle	Con
15	Ramsés	Tepezil	Sin
16	Ramsés	Tepezil	Con
17	Persistente	Arena	Sin
18	Persistente	Arena	Con
19	Persistente	Suelo	Sin
20	Persistente	Suelo	Con
21	Persistente	Tezontle	Sin
22	Persistente	Tezontle	Con
23	Persistente	Tepezil	Sin
24	Persistente	Tepezil	Con
25	Juan Diego	Arena	Sin
26	Juan Diego	Arena	Con
27	Juan Diego	Suelo	Sin
28	Juan Diego	Suelo	Con
29	Juan Diego	Tezontle	Sin
30	Juan Diego	Tezontle	Con
31	Juan Diego	Tepezil	Sin
32	Juan Diego	Tepezil	Con

5.5. Establecimiento y desarrollo del experimento

5.5.1. Siembra en charolas

La siembra se realizó el 2 de septiembre del 2013 en charolas de poliestireno de 200 cavidades. Se usó como sustrato peat-moss, el cual se humedeció hasta punto de escurrimiento. Posteriormente se colocó el sustrato en las charolas dejando un pequeño espacio de 5 mm en cada cavidad donde se depositó una semilla. Las charolas se estibarón para acelerar la emergencia de las semillas cubriéndolas con plástico durante 3 días. Después se destaparon y se colocaron en una estructura elevada del suelo dentro del invernadero. Se aplicaron riegos diarios durante la mañana y tarde. Se fertilizó a partir de los 15 días de emergencia con 20, 50, 0.4 y 24.6 g de sulfato de potasio, nitrato de calcio, sulfato de cobre y sulfato de magnesio, respectivamente, en solución de 20 L, la cual se aplicó al cepellón. Además la fertilización se complementó con la aplicación de Bayfolan Forte a razón de 1 ml L⁻¹ aplicado vía foliar. Durante el desarrollo del semillero se realizaron aplicaciones preventivas contra plagas y enfermedades utilizando los productos químicos siguientes: cipermetrina a razón de 0.5 ml L⁻¹ e imidacloprid en la misma dosis, para la prevención de plagas y, benomilo a razón de 0.5 g L⁻¹ y tebuconazol 0.5 ml L⁻¹ para enfermedades y una sola aplicación de *Trichoderma* spp. al cepellón.

5.5.2. Sustratos y llenado de bolsas

Los materiales de la región que se utilizaron como sustratos fueron arena de río y suelo agrícola + grava triturada $\frac{3}{4}$ en proporción 1:1. La arena de río y grava triturada $\frac{3}{4}$ son materiales empleados en la industria de la

construcción regional y el suelo agrícola fue tomado de la misma zona donde está ubicado el invernadero. En el caso del suelo, este se desinfectó con vapor en bolsas de poliseda de 40x60 cm, las cuales fueron llenadas de suelo y colocadas en un tambo de 200 L de capacidad, donde en su parte inferior contenía agua, se colocó una parrilla entre el agua y las bolsas llenas de suelo y se tapó el tambo con plástico para evitar la salida del vapor. La temperatura registrada dentro del tambo alcanzó los 100 °C. Finalmente el suelo se mezcló manualmente con grava triturada $\frac{3}{4}$ en una proporción 1:1 (1 de suelo por 1 de grava) colocando en la parte inferior de la bolsa una capa de 5 cm de grava antes de colocar la mezcla.

El tezontle y tepezil son sustratos que en la región no son fáciles de encontrar, en el primer caso es el sustrato más empleado en sistemas de producción hidropónicos en el centro del país, ya que presenta buen drenaje, densidad aparente de media a alta y bajo contenido de nutrientes, comúnmente está libre de sustancias tóxicas (Burés, 1997). Mientras que el tepezil es un sustrato de origen volcánico (Gómez, 2012). Estos dos sustratos mostraron partículas de 1 cm de diámetro aproximadamente. Sin embargo, los sustratos evaluados no fueron cribados, ya que se emplearon tal y como se adquirieron.

Para el trasplante de plántulas se emplearon bolsas de polietileno negro calibre 600 de 30x30 cm tratadas contra rayos ultravioleta. Las bolsas se llenaron con los cuatro sustratos empleados (tezontle, tepezil, arena y suelo+grava 1:1). Todas las bolsas se perforaron en la parte inferior para

permitir el drenado del exceso de agua y fueron colocadas a 30 cm entre planta y planta y entre pasillos de 90 cm.

5.5.3. Trasplante de plántula

El trasplante se realizó a los 32 días después de la siembra cuando las plántulas tenían 4 hojas verdaderas y un buen cepellón, colocando la plántula al centro de la bolsa y aplicando previamente un riego pesado a los contenedores. Al momento del trasplante el cepellón fue sumergido en una solución de captan (2 g L^{-1}) y confidor (1 ml L^{-1}) como medida preventiva para enfermedades fungosas y mosquita blanca.

5.5.4. Solución nutritiva

La solución nutritiva se realizó con base en la propuesta de Steiner (1984), mezclando los fertilizantes mostrados en el Cuadro 3, a diferentes concentraciones (50, 75 y 100 %) según la etapa fenológica del cultivo.

Cuadro 3. Cantidad de fertilizantes para preparar 1,000 L de solución nutritiva de las diferentes concentraciones utilizadas en el experimento.

Fertilizante	50 %	75 %	100 %
Ácido Fosfórico	24 ml	36 ml	48 ml
Sulfato de Potasio	435.00 g	652.50 g	870.00 g
Sulfato de Magnesio	615.00 g	922.50 g	1230.00 g
Nitrato de Potasio	375.00 g	562.50 g	750.00 g
Nitrato de Calcio	650.00 g	975.00 g	1300.00 g
Sulfato de Cobre	2.50 g	3.74 g	5.00 g
Carboxy	10.00 g	15.00g	20.00 g

5.5.5. Riegos

Se aplicaron 1,000 L diarios de solución, en cuatro riegos: 8:00 am, 12:00 pm, 4:00 pm, y 6:00 pm, ajustando el pH de la solución entre 5.5-6.0 mediante la aplicación de ácido fosfórico. Según la etapa fenológica se fue modificando la concentración de la solución de la manera siguiente: los primeros 15 días se aplicó una solución nutritiva al 50 % de concentración, posteriormente al día 16 se cambió la concentración de la solución nutritiva al 75 %. A los 60 días después de trasplante, la concentración aumentó al 100 %. Cada tercer día se aplicaron 1,000 L de agua sin solución para lavar las sales.

5.5.6. Podas

Las plantas se condujeron a un solo tallo. Para ello, fue necesario eliminar los pequeños brotes laterales conforme iban apareciendo en el tallo, evitando que los asimilados producidos en la fotosíntesis se desperdiciaran en crecimiento vegetativo o reproductivo no deseado. Los brotes se eliminaron manualmente conforme fueron apareciendo, con una navaja desinfectada con cloro para evitar la diseminación de enfermedades. Para evitar el excesivo crecimiento de los brotes laterales la poda se realizó cada tercer día durante todo el ciclo vegetativo. La poda de hojas es una práctica muy importante, ya que al no realizarse se favorecen las condiciones para el desarrollo de enfermedades fungosas como tizón temprano (*Alternaria solani*) y botritis (*Botrytis cinerea*) y por otra parte, se disminuye la luz ocasionando el retraso de la maduración de los frutos. Se eliminaron las hojas maduras. Se recomienda eliminar de dos a tres hojas por poda, ya que

más de estas podrían provocar enrollamiento de la planta debido al estrés (Pérez, 2000).

5.5.6.1. Poda de brote apical o despunte

Las plantas de crecimiento indeterminado, por sus características tienen la capacidad de seguir creciendo indefinidamente, por lo que a la planta al llegar a los 8 racimos se eliminó la yema apical dejando dos o tres hojas.

5.5.7. Tutoreo

Esta práctica se realizó manualmente, con la finalidad de guiar a la planta a un solo tallo, y mantener la planta en una posición adecuada para las prácticas culturales y manejo sanitario. El tutoreo consiste en sujetar la base del tallo con un anillo de plástico especial para evitar lesiones y estrangulamiento, utilizando una rafia tomatera para sujetarla al sistema de carga del invernadero.

5.5.8. Polinización

Para lograr un buen amarre de frutos la polinización se realizó manualmente, durante la mañana y tarde golpeando los cables de tutoreo para mover las flores y dispersar el polen. Cabe mencionar que también mediante las prácticas culturales que se realizaron en el cultivo se propició el movimiento del polen y la polinización.

5.5.9. Monitoreo y control de plagas y enfermedades

Se realizaron monitoreos diarios en el área experimental, con el fin de detectar oportunamente síntomas de enfermedades, o bien, algún insecto plaga que se hubiera introducido al invernadero.

Al momento del trasplante, se hicieron aplicaciones preventivas para el control de plagas y enfermedades, se sumergió el cepellón en una solución de confidor (imidacloprid) y captan a una dosis de 1 ml L⁻¹ y 1 g L⁻¹, respectivamente.

Durante el desarrollo del cultivo, el principal problema que se presentó en todos los híbridos fue la presencia de *Botrytis cinerea* afectando la flor. Para controlarla se hicieron aplicaciones de manera localizada en las flores con productos químicos como tebuconazol, benomilo y tiofanato metil, en diferentes dosis (0.5, 1 y 2 mL o g L⁻¹) según la etapa fonológica del cultivo. El último producto químico fue también aplicado vía sistema de riego, las aplicaciones se realizaban cuando se veía un aumento en la humedad relativa del ambiente, ya que estas son condiciones idóneas para el desarrollo de la enfermedad. En la parte final del desarrollo del cultivo, se detectó la presencia de *Alternaria solani*, la cual fue combatida con oxiclورو de cobre a una dosis de 2 g L⁻¹ vía foliar. Hacia el final de experimento se presentó el ataque de una larva de *Spodoptera* spp., espécimen que está en proceso de identificación, la cual se controló con la aplicación de cipermetrina a dosis de 2 mL L⁻¹.

5.5.10. Monitoreo de la temperatura y humedad relativa

Con un higrotérmografo thermotracker higo[®] con un margen de error de ± 0.5 , se monitoreo la temperatura y humedad relativa, las cuales fueron registradas cada 30 minutos. Para el promedio diario diurno se calcularon tres promedios en tres intervalos del día (8:00-11:00, 11:00-15:00, 15:00-20:00 h), posteriormente de estos tres promedios se obtuvo un promedio final que correspondieron a la temperatura y humedad relativa diaria diurna, mientras que para la temperatura y humedad relativa diaria nocturna solo se calculó el promedio de un solo intervalo de tiempo, el cual correspondió de 20:00 a 8:00 h.

5.5.11. Cosecha

Los frutos se recolectaron manualmente, racimo por racimo, y en varios estadios de maduración desde pintado, rayado (más del 40 % de su superficie de color rojo) o maduro (superficie 100 % roja) y con un intervalo de 5 a 8 días dependiendo de las condiciones ambientales existentes.

5.5.12. Aplicación de *Trichoderma* spp.

Para la aplicación de *Trichoderma* spp. se utilizó un biopreparado líquido, el cual contenía cepas de *Trichoderma asperellum* y *Trichoderma koningii* a una concentración de 1×10^8 conidios por mL aplicado al momento del trasplante a las plántulas de los tratamientos con hongo. Posteriormente, el hongo *Trichoderma* spp. fue aplicado vía foliar a todas las plantas de todos los tratamientos con hongo, solo en el sustrato suelo fue aplicado en drench a las raíces 30 ml por maceta aproximadamente. Para ambos casos

se utilizó una dosis de 4 mL L⁻¹, aplicado con una frecuencia de 15 días, hasta el final del experimento.

5.6. Variables evaluadas

5.6.1. Variables evaluadas para morfología de planta

Altura de planta. Con un flexómetro se midió en centímetro la longitud desde la base del sustrato hasta la última hoja de la planta, con una frecuencia de 15 días, hasta que la planta llegó a 8 racimos.

Diámetro de tallo. Con un vernier digital se midió en milímetros. el diámetro del tallo a 5 cm de la base del sustrato, con frecuencia de 15 días, hasta que la planta llegó a 8 racimos.

Número de hojas. Se contó el número de hojas totales por planta cada 15 días hasta que la planta llegó a 8 racimos.

Número de racimos. Se contó el número total de racimos que tenía la planta en cada muestreo con una frecuencia de 15 días.

Tasa diaria de crecimiento. Se estimó dividiendo la altura en centímetros entre los días transcurridos, con una frecuencia de 15 días.

5.6.2. Variables evaluadas para rendimiento

Para determinar el rendimiento comercial y no comercial, se realizó un muestreo en el mercado local, tomando una muestra de 20 jitomates de los más pequeños en diferentes puntos de venta, a los cuales se les midió el diámetro ecuatorial, con el fin de determinar el diámetro mínimo aceptado por los consumidores locales, el cual fue de 35 mm. A partir de estos

resultados, los jitomates con un diámetro mayor o igual a dicho tamaño fueron considerados como comerciales, mientras que los que se encontraban bajo dicha medida se consideraron como no comerciales.

Número de frutos totales. Se sumó el total de número de frutos por cada racimo en cada planta.

Número de frutos comerciales. Se sumó el total de frutos con un diámetro ecuatorial mayor a 35 mm según el mercado local, por racimo para cada planta.

Número de frutos no comerciales: Se sumó el total de frutos con un diámetro ecuatorial menor a 35 mm según el mercado local, por racimo para cada planta.

Rendimiento por planta. Esta variable se obtuvo sumando el rendimiento total de frutos por planta hasta llegar al octavo racimo. El rendimiento se estimó en gramos por planta.

Rendimiento comercial. Se obtuvo sumando el rendimiento total por planta de frutos con un diámetro mayor a 35 mm hasta llegar al octavo racimo. El rendimiento se estimó en gramos por planta.

Rendimiento no comercial. Se obtuvo sumando el rendimiento por planta de frutos con un diámetro menor a 35 mm hasta llegar al octavo racimo. El rendimiento se expresó en gramos por planta.

5.6.3. Variables evaluadas para calidad física de fruto

Diámetro polar. Con un vernier digital se midió en milímetros la longitud de polo a polo de cada fruto y en cada racimo.

Diámetro ecuatorial. Con un vernier digital se midió en milímetros el diámetro en la zona ecuatorial de cada fruto en cada racimo de cada uno de los tratamientos.

Largo del fruto. Con una cinta métrica se midió la longitud del fruto en centímetros desde la base del pedicelo hasta la zona apical del fruto.

Circunferencia del fruto. Se midió con una cinta métrica la circunferencia en centímetros en la parte media del fruto

5.6.4. Variables para calidad química de fruto

pH del jugo. Para medir esta variable se molieron de dos a tres frutos de jitomate en un extractor Moulinex®, hasta obtener 50 mL de jugo. Inmediatamente después se colocaron los 50 mL de jugo en tubos de ensaye en una centrifuga Centrifugen Rutina 420 Hetticha® a 4500 rpm durante 20 minutos. Se midió tres veces el pH del jugo centrifugado con un potenciómetro Sience=Med Sm-25cw-Microprocessor Ph/Mv Meter®.

Sólidos solubles totales. Se tomaron tres gotas de jugo, las cuales se colocaron en un refractómetro HI 96801 Hanna Instruments®, previamente calibrado con agua destilada. La lectura de los grados Brix fue tomada por triplicado, lavando y calibrando el refractómetro en cada lectura.

5.7. Análisis y modelo estadístico

Para probar diferencias entre tratamientos la información obtenida se sometió a un análisis de varianza mediante el procedimiento GLM de SAS (SAS, 1996), y se realizó una comparación de medias mediante la prueba de Tukey con una significancia del 5 %. El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}; j = 1, \dots, n_i, i = 1, \dots, t$$

Donde:

Y_{ij} : Respuesta en la j -ésima unidad experimental con el tratamiento i -ésimo.

μ : Media general, a todas las unidades antes de aplicar los tratamientos.

T_i : Efecto del i -ésimo tratamiento.

ε_{ij} = error experimental en la j -ésima repetición de i -ésimo tratamiento.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Morfología de planta

6.1.1. Comportamiento morfológico de los híbridos

Las características morfológicas de cuatro híbridos de jitomate evaluados, bajo condiciones de invernadero, en diferentes etapas de desarrollo, se presentan en el Cuadro 4. Se observó que a los 17 días después de trasplante los híbridos Cid y Ramsés presentaron la mayor altura de planta, tasa diaria de crecimiento ($P \leq 0.001$) y número de hojas ($P \leq 0.05$), con valores de 52.87 cm, 3.11 cm día^{-1} y 9.92 para el híbrido Cid y 51.92 cm, 3.05 cm día^{-1} y 9.85, respectivamente para Ramsés. El híbrido Persistente fue el que presentó el mayor diámetro de tallo ($P \leq 0.001$) con un valor de 6.64 mm. El mismo efecto se observó a los 35 días después de trasplante, donde la altura de planta y la tasa diaria de crecimiento fueron mayores para los híbridos Cid y Ramsés ($P \leq 0.001$), con valores de 122.29 y 125.60 cm para altura y 3.85 y 4.09 cm día^{-1} para la tasa diaria de crecimiento, respectivamente. El diámetro de tallo del híbrido Cid fue mayor con respecto al Persistente ($P \leq 0.05$) con un valor de 7.63 mm contra 6.80 mm de Persistente. El número de racimos fue más alto para los híbridos Cid, Ramsés y Persistente con 2.42, 2.45 y 2.35 racimos ($P \leq 0.01$), mientras que Juan Diego solo alcanzó 1.92 racimos. En lo que respecta a número de hojas no hubo diferencias entre los híbridos evaluados ($P > 0.05$).

A los 48 días después de trasplante se encontraron diferencias para las variables altura de planta y tasa diaria de crecimiento ($P \leq 0.01$), donde los mayores valores (175.88 cm y 3.86 cm día^{-1}) se presentaron en el híbrido

Ramsés. Para el diámetro de tallo el valor más alto (9.23 cm) se obtuvo con el híbrido Juan Diego ($P \leq 0.01$). En relación al número de hojas y número de racimos ($P \leq 0.001$) los promedios más altos se presentaron con los híbridos Cid y Ramsés. Mientras que a los 65 días después de trasplante la mayor altura de planta se obtuvo en el híbrido Ramsés con un valor de 219.37 cm seguido del Cid con 200.87 cm ($P \leq 0.05$). En cuanto al número de hojas sobresalieron los híbridos Cid y Ramsés ($P \leq 0.05$) con 24.7 y 25.12 respectivamente. El híbrido que tuvo la menor tasa diaria de crecimiento fue el Persistente ($P \leq 0.05$) con un valor de 1.72 cm día^{-1} . En las variables de diámetro de tallo y número de racimos no existieron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$).

A los 79 días después de trasplante la altura de planta fue mayor para el híbrido Ramsés, con un valor de 263.95 cm, seguido del Cid con 247.10 cm ($P \leq 0.001$), mientras que para diámetro de tallo los híbridos Juan Diego y Persistente fueron los mejores con valores de 10.83 y 10.25 cm respectivamente ($P \leq 0.05$). Para el número de hojas, el número de racimos y la tasa diaria de crecimiento no existieron diferencias ($P > 0.05$). A los 110 días después de trasplante no existieron diferencias entre híbridos para las variables de número de hojas, número de racimos y tasa diaria de crecimiento ($P > 0.05$), pero el efecto fue significativo para altura de planta donde el valor más alto fue para el híbrido Ramsés seguido por Cid ($P \leq 0.05$) con valores de 295.18 y 274.65 cm respectivamente. Para el diámetro de tallo, los híbridos Juan Diego y Persistente fueron los que presentaron los valores más altos con promedios de 10.91 y 10.52 cm, respectivamente.

Los resultados de altura de planta obtenidos en esta investigación con valores de 97 a 125 a los 35 días después de trasplante difieren a los reportados por Zarate (2007), quien en la misma etapa de desarrollo encontró una altura de planta de 73 a 85 cm en los híbridos comerciales SUN 7705 y Loreto en sustratos de arena y fibra de coco. En el presente estudio la temperatura promedio dentro del invernadero durante los primeros 35 días después de trasplante fue 31.5 °C, lo cual favoreció la presencia de tallos largos y delgados, coincidiendo con lo reportado por Folquer (1976), quien indicó que temperaturas de 30 °C propician el crecimiento de tallos delgados. Por otra parte, Apolinar (2006) menciona que la variedad de jitomate de crecimiento indeterminado Roma alcanzó una altura de planta de 2.48 m a los 80 días después de trasplante, este valor es similar al encontrado en la presente investigación. A partir de los 48 días después de trasplante y hasta los 79 días, la temperatura media disminuyó a 26.3 °C debido a la presencia de frentes fríos en la región, lo cual favoreció el crecimiento del cultivo. A los 110 días después del trasplante, las plantas alcanzaron los 8 racimos y se procedió a eliminar el meristemo apical (despunte). En esta fecha se observó que los híbridos Ramsés y Cid alcanzaron una altura de 295.18 y 274.65 cm respectivamente.

El diámetro de tallo final a los 110 días después de trasplante está dentro del rango de 9.40 a 10.91 mm, los cuales son similares a los descritos por Gaona y Juárez (2005), quienes reportaron 1.49 cm para la variedad Brado de tipo bola y 1.39 para la variedad Pitenza de tipo saladette. Moorby (1981) indicó que una mayor área de parénquima implica mayor reserva de asimilados, los cuales pueden ser utilizados en el crecimiento del fruto,

además una mayor área de xilema posibilita un mayor transporte de agua y nutrientes hacia los órganos reproductivos. Por otro lado, Martínez *et al.* (2010), reportaron un valor de 2.1 cm de diámetro de tallo para el híbrido SUN 7705. Mientras que Folquer (1976) menciona que el área total de tallo y sus diferentes tejidos pueden ser afectados por factores ambientales y de manejo, por lo que temperaturas elevadas (30 °C) propician el crecimiento de tallos delgados. En el presente estudio, dentro del invernadero, la temperatura media fue de 24.36 ± 1.87 °C, con temperaturas diurnas que superaban los 30 °C, lo cual posiblemente limitó el engrosamiento del tallo y favoreció el alargamiento durante las primeras semanas de crecimiento.

La importancia de las hojas radica en la actividad fotosintética, ya que la cantidad de hojas está estrechamente relacionada con el crecimiento y la producción (Barraza, 2000). En este estudio, los híbridos no variaron en cuanto a su número de hojas con un promedio de 30. Al respecto, Núñez *et al.* (2012) encontraron de 34-36 hojas por planta.

En jitomate de crecimiento indeterminado, el primer racimo floral aparece después de la sexta u octava hoja y después de cada tres hojas continúa apareciendo un racimo floral (Papadopoulos, 1996). En este estudio se observó que los híbridos, Juan Diego y Cid fueron los primeros en donde apareció el racimo floral y en consecuencia, los primeros en fructificar, mientras que los primeros en llegar al octavo racimo fueron Cid y Ramsés.

Conocer el comportamiento de un cultivo bajo determinadas condiciones ambientales y de manejo, implica medir su tasa diaria de crecimiento a través del tiempo (Schwartz y Klaring, 2001). El crecimiento diario bajo condiciones de invernadero fue de 3 cm día⁻¹ para los híbridos

Cid y Ramsés, durante los primeros 48 días después de trasplante. Posteriormente el crecimiento se redujo conforme avanzó la edad de la planta. Estos resultados coinciden con los de Núñez *et al.* (2012), quienes reportaron una tasa diaria de crecimiento de 3.42 cm en híbridos de jitomate tipo bola.

Cuadro 4. Comportamiento morfológico de cuatro híbridos de jitomate, bajo condiciones de invernadero, a diferentes edades.

Hibrido	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Número de hojas (No)	Número de racimos (No)	Tasa de crecimiento (cm d ⁻¹)
17 ddt					
Cid	52.87a	5.37b	9.92a	0	3.11a
Ramsés	51.92a	5.31b	9.85a	0	3.05a
Juan Diego	45.07b	5.61b	9.02b	0	2.65b
Persistente	42.92b	6.64a	8.97b	0	2.52b
EE	0.81	0.15	0.21	0	0.04
35 ddt					
Cid	122.29a	7.63a	15.82a	2.42a	3.85a
Ramsés	125.60a	7.42ab	15.67a	2.45a	4.09a
Juan Diego	100.21b	7.46ab	15.82a	1.92b	3.06b
Persistente	97.77b	6.80b	15.50a	2.35a	3.04b
EE	1.91	0.21	0.21	0.06	0.10
48 ddt					
Cid	159.52b	8.48b	21.05a	4.40a	2.86b
Ramsés	175.88a	8.29b	20.95a	4.40a	3.86a
Juan Diego	135.82b	9.23a	19.70b	3.80b	2.73b
Persistente	137.30b	8.96b	19.70b	3.92b	3.04b
EE	3.19	0.18	0.28	0.11	0.18
65 ddt					
Cid	200.87b	9.15a	24.70a	6.00a	2.43a
Ramsés	219.37a	8.77a	25.12a	5.97a	2.56a
Juan Diego	175.42c	9.23a	23.20b	5.77a	2.38a
Persistente	164.02c	9.22a	23.22b	5.75a	1.72b
EE	3.27	0.22	0.28	0.11	0.15
79 ddt					
Cid	247.10b	9.24b	28.57a	7.25a	3.29a
Ramsés	263.95a	9.40b	28.32a	7.32a	3.18a
Juan Diego	223.67c	10.83a	27.02a	6.95a	3.25a
Persistente	214.90c	10.25a	26.15a	7.27a	3.62a
EE	4.05	0.16	0.51	0.12	0.17
110 ddt					
Cid	274.65b	9.40b	30.47a	8.00a	0.91a
Ramsés	295.18a	9.74b	30.95a	7.97a	1.01a
Juan Diego	254.03c	10.91a	30.75a	7.92a	1.21a
Persistente	242.37c	10.52a	30.05a	7.92a	1.45a
EE	4.7	0.17	0.43	0.04	0.17

Medias en la misma columna con diferente literal muestran diferencia ($P \leq 0.05$).

ddt = días después de trasplante.

EE = error estándar

6.1.2. Efecto de los sustratos en la morfología de la planta

En el Cuadro 5 se muestran los resultados de altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de racimos y tasa diaria de crecimiento de plantas de jitomate en cuatro sustratos y seis edades. A los 17 días después de trasplante se encontró efecto del sustrato para las variables altura de planta, tasa diaria de crecimiento ($P \leq 0.01$) y diámetro de tallo ($P \leq 0.05$), donde los mayores valores se presentan cuando se usó arena y suelo como sustrato. A los 35 días después de trasplante la arena y tezontle proporcionaron una mayor altura de planta ($P \leq 0.05$). La menor tasa diaria de crecimiento la propició el tepezil ($P \leq 0.01$). En las variables diámetro de tallo, número de hojas y número de racimos por planta no hubo diferencias ($P > 0.05$).

A los 48 días después de trasplante, la arena produjo la mayor altura de planta ($P \leq 0.01$), mientras que el diámetro de tallo fue mayor con el uso de tezontle ($P \leq 0.01$). El número de hojas fue mayor en los sustratos arena y tepezil ($P \leq 0.001$), mientras que el número de racimos fue mayor en la arena ($P \leq 0.001$). Los sustratos no influyeron en la tasa diaria de crecimiento ($P > 0.05$).

A partir de los 65 días después de trasplante no se encontró efecto del uso de sustratos en las variables altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de racimos y tasa diaria de crecimiento ($P > 0.05$). El número de racimos fue diferente entre sustratos a los 79 días después de trasplante ($P \leq 0.01$), donde la arena fue la que produjo el mayor número (7.60).

El hecho de que los sustratos no afectaron el número de hojas y número de racimos se debe a que estos difícilmente son alterados por las características físicas del mismo. En general el sustrato arena reflejó un mejor desempeño en las variables y fechas de muestreo. Por ejemplo, en altura de planta la arena produjo una altura promedio de 268 cm hasta el octavo racimo. Al respecto, Zarate (2007) reportó valores que oscilan entre 1.65 y 2.20 m para el híbrido SUN 7705 en sustrato arena. Mientras que Ortega (2010) encontró diámetros de tallo más bajos (0.9-1.4 cm) en sustratos tierra-tezontle y tierra en proporción 1:1. El mismo autor menciona que dichos resultados pueden ser consecuencia de sus características y propiedades fisicoquímicas, los cuales permiten una buena aeración y retención de humedad.

Calderón y Cevallos (2003) consideran a la arena como un sustrato deseable. Asimismo, Ansorena (1994) indicó que esta tiene propiedades físicas óptimas para el desarrollo de diversos cultivos, tales como porosidad y capacidad de retención de humedad y buena aeración. Por tanto, las plantas en sustrato arena probablemente tuvieron una mejor capacidad de retención de humedad, lo cual ocasionó un mayor crecimiento (Calderón y Cevallos, 2003).

Cuadro 5. Efecto de los sustratos en las características morfológicas de plantas de jitomate, bajo condiciones de invernadero, a diferentes edades.

Sustrato	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Número de hojas (No)	Número de racimos (No)	Tasa de crecimiento (cm d ⁻¹)
17 ddt					
Arena	51.05a	6.25a	9.17a	0	3.00a
Suelo+grava	49.67ab	5.99a	9.77a	0	2.92ab
Tepezil	47.30b	5.29b	9.50a	0	2.78bc
Tezontle	44.77c	5.40b	9.32a	0	2.63c
EE	0.81	0.15	0.21	0	0.04
35 ddt					
Arena	120.47a	7.75a	15.95a	2.42a	3.85a
Suelo+grava	112.49b	7.28a	15.40a	2.22a	3.48ab
Tepezil	107.25 b	7.09a	15.85a	2.22a	3.38b
Tezontle	122.46a	8.41a	16.35a	2.66a	3.75a
EE	1.91	0.21	0.21	0.06	0.10
48 ddt					
Arena	159.12a	8.69b	22.20a	4.40a	2.97a
Suelo+grava	155.18b	8.86b	18.82b	4.15ab	3.28a
Tepezil	149.82b	8.24b	21.50a	3.95b	3.27a
Tezontle	144.79b	9.16a	18.87b	4.02ab	2.97a
EE	3.19	0.18	0.28	0.11	0.18
65 ddt					
Arena	195.62a	9.39a	23.95a	6.00a	2.25a
Suelo+grava	190.85a	8.91a	24.15a	5.97a	2.10a
Tepezil	188.80a	8.99a	24.20a	5.72a	2.39a
Tezontle	184.42a	9.07a	23.95a	5.80a	2.35a
EE	3.27	0.22	0.67	0.11	0.15
79 ddt					
Arena	245.82a	10.19a	27.62a	7.60a	3.33a
Suelo+grava	236.20a	9.80a	26.80a	7.22b	3.23a
Tepezil	234.07a	9.90a	28.65a	6.95b	3.37a
Tezontle	233.57a	9.79a	27.00a	7.02b	3.41a
EE	4.05	0.16	0.51	0.12	0.17
110 ddt					
Arena	268.32a	10.22a	30.17a	7.95a	1.07a
Suelo+grava	267.96a	9.98a	30.45a	7.97a	1.09 a
Tepezil	266.90a	9.96a	31.00a	7.95a	1.15 a
Tezontle	263.05a	10.42a	30.60a	7.95a	1.26 a
EE	4.7	0.17	0.43	0.04	0.17

Medias en la misma columna con diferente literal muestran diferencia ($P \leq 0.05$).

ddt = días después de trasplante.

EE = error estándar

6.1.3. Efecto del *Trichoderma* spp. en la morfología de la planta

En el Cuadro 6 se presenta el efecto de *Trichoderma* spp. en la morfología de jitomate bajo condiciones de invernadero a diferentes edades. A los 17 y 35 días después de trasplante el biopreparado de *Trichoderma* spp. influyó positivamente ($P \leq 0.001$) en las variables altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de racimos y tasa diaria de crecimiento.

A los 48 días después de trasplante la aplicación de *Trichoderma* spp. aumentó la altura de planta, diámetro de tallo y la tasa diaria de crecimiento ($P \leq 0.01$), mientras que en el número de racimos y número de hojas no tuvo efecto ($P > 0.05$). A los 65 días *Trichoderma* spp. tuvo efecto en el diámetro de tallo y número de racimos ($P \leq 0.05$), donde los mayores valores fueron 9.81 mm y 6.0, respectivamente. No hubo efecto para altura de planta, número de hojas y tasa diaria de crecimiento ($P > 0.05$). A los 79 y 110 días después de trasplante el uso de *Trichoderma* spp. no modificó ninguna de las variables morfológicas ($P > 0.05$).

Estos resultados coinciden con los reportados por Pérez *et al.* (2012), quienes mencionan que la aplicación de *Trichoderma* spp. favorece el desarrollo vegetativo de plantas de jitomate de crecimiento indeterminado, bajo condiciones de invernadero. Al respecto, Rodríguez *et al.* (1998) al probar un biopreparado líquido de *Trichoderma harzianum* A-34 para el control de enfermedades en el cultivo de pepino bajo condiciones de campo encontraron un efecto bioestimulante sobre la longitud del tallo. También en pepino Consuegra (2011) utilizando la misma cepa de *Trichoderma* pero

bajo condiciones protegidas obtuvo un incremento en altura de planta en más del 30 % en comparación al testigo.

En el presente estudio se observó que la aplicación de 4 mL L⁻¹ de *Trichoderma* spp. sobre las plantas de jitomate incrementó la altura de planta, el número de racimos, el diámetro de tallo y la tasa diaria de crecimiento desde el trasplante hasta los 48 días. Posterior a esta fecha, la aplicación de *Trichoderma* spp. no mejoró el desarrollo del cultivo de jitomate bajo condiciones de invernadero en la zona de estudio. La altura de planta, el diámetro de tallo y la tasa diaria de crecimiento fueron las variables que presentaron los valores más altos en respuesta a la aplicación de *Trichoderma* spp. en dicha dosis, la cual fue menor a las utilizadas por Pérez *et al.* (2012), Rodríguez *et al.* (1998) y Consuegra (2011), quienes aplicaron dosis entre 50 y 100 ml L⁻¹.

Cuadro 6. Efecto del *Trichoderma* spp. en las características morfológicas de plantas de jitomate, bajo condiciones de invernadero a diferentes edades.

<i>Trichoderma</i>	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Número de hojas (No)	Número de racimo (No)	Tasa de crecimiento (cm d ⁻¹)
17 ddt					
Con <i>T. spp.</i>	54.90a	6.85a	10.02a	0	3.23a
Sin <i>T. spp.</i>	41.5b	4.62b	8.86b	0	2.44b
EE	0.57	0.10	0.15	0	0.33
35 ddt					
Con <i>T. spp.</i>	122.46a	8.41a	16.35a	2.66a	3.75a
Sin <i>T. spp.</i>	100.48b	6.24b	14.76b	1.91b	3.27b
EE	1.35	0.14	0.15	0.04	0.073
48 ddt					
Con <i>T. spp.</i>	156.93a	9.15a	20.50a	4.23a	2.65a
Sin <i>T. spp.</i>	147.30b	8.33b	20.20a	4.02a	3.60b
EE	2.25	0.13	0.19	0.08	0.13
65 ddt					
Con <i>T. spp.</i>	192.68a	9.81a	24.18a	6.00a	2.19a
Sin <i>T. spp.</i>	187.16a	8.37b	23.93a	5.75b	2.35a
EE	2.31	0.15	0.49	0.07	0.10
79 ddt					
Con <i>T. spp.</i>	240.68a	10.10a	27.63a	7.23a	3.32a
Sin <i>T. spp.</i>	234.15a	9.82a	27.40a	7.16a	3.35a
EE	2.86	0.11	0.36	0.09	0.12
110 ddt					
Con <i>T. spp.</i>	267.23a	10.11a	29.86a	7.96a	1.07a
Sin <i>T. spp.</i>	265.88a	10.10a	31.25a	7.95a	1.22a
EE	3.35	0.12	0.30	0.02	0.12

Medias en la misma columna con diferente literal muestran diferencia ($P \leq 0.05$).

ddt = días después de trasplante.

EE = error estándar

T. spp. = *Trichoderma* spp.

6.2. Rendimiento

6.2.1. Comportamiento de los híbridos en el rendimiento de fruto

6.2.1.1. Número de frutos

En el Cuadro 7 se muestran el número de frutos totales, el número de frutos comerciales y el número de frutos no comerciales de cuatro híbridos

de jitomate, bajo condiciones de invernadero. Se observaron diferencias ($P \leq 0.01$) entre híbridos donde el mayor número de frutos totales se obtuvo con los híbridos Cid y Ramsés, con promedios de 50.94 y 46.94 frutos, respectivamente. El híbrido Cid presentó la mayor cantidad de frutos no comerciales ($P \leq 0.01$) con 20.51, valor que fue similar al obtenido con el híbrido Ramsés (20.26) y Juan Diego (18.64), pero diferente y superior al obtenido con el híbrido Persistente ($P \leq 0.001$), el cual tuvo un promedio de 8.58 frutos. Esta diferencia se debió a que Persistente fue el que tuvo el menor número total de frutos (29), en comparación con el híbrido Cid, el cual tuvo un promedio de 50 frutos.

6.2.1.2. Rendimiento por planta

El rendimiento total, el rendimiento comercial y el rendimiento no comercial de frutos de cuatro híbridos de jitomate, bajo condiciones de invernadero se presentan en el Cuadro 7. Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre híbridos para rendimiento total y rendimiento comercial, donde el mayor rendimiento se obtuvo en el híbrido Cid con 2,264.71 y 1,926.26 g, respectivamente. Para el caso de rendimiento no comercial se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), donde la mayor cantidad se obtuvo en el híbrido Cid con 351.21 g, valor muy similar al obtenido con Ramsés y Juan Diego con valores de 311.65 y 302.47 g, respectivamente.

Martínez *et al.* (2013) evaluaron el rendimiento y calidad del fruto de tres híbridos de jitomate (Cid, Aníbal y SUN 7705) en arena y suelo y encontraron un rendimiento de 2,725.8 g planta⁻¹ para el híbrido Cid. Estos resultados son muy similares a los obtenidos en el presente estudio. Sin

embargo, Zarate (2007) encontró rendimientos de 5,830 g planta⁻¹ en plantas de jitomate de crecimiento indeterminado. Se ha indicado que en el cultivo de jitomate existe una amplia diversidad genética, por tanto es conveniente evaluar diferentes genotipos para elegir el más apropiado para cada sistema de cultivo con el fin de determinar su expresión y respuesta a los factores bióticos, abióticos y de manejo (González *et al.*, 2007).

Cuadro 7. Número de frutos y rendimiento de cuatro híbridos de jitomate, bajo condiciones de invernadero.

Híbrido	NFT (No.)	NFC (No.)	NFNC (No.)	RT (g)	RC (g)	RNC (g)
Cid	50.94a	30.42a	20.51a	2264.71a	1926.26a	351.21a
Ramsés	46.94ab	26.67b	20.26a	1986.06b	1579.90b	311.65a
Juan Diego	42.64b	23.61bc	18.64a	1772.9bc	1471.01b	302.47a
Persistente	29.25c	20.66c	8.58b	1612.01c	1490.90b	125.79b
EE	1.43	0.91	1.07	62.04	61.44	18.60

Medias en la misma columna con diferente literal muestran diferencia ($P \leq 0.05$).

NFT = Número de frutos totales; NFC = Número de frutos comerciales; NFNC = Número de frutos no comerciales; RT = Rendimiento total por planta; RC = Rendimiento comercial; RNC = Rendimiento no comercial.

EE = Error estándar

6.2.2. Efecto de los sustratos en el rendimiento

6.2.2.1. Número de frutos

El número de frutos de plantas de jitomate, bajo condiciones de invernadero en función al sustrato se muestra en el Cuadro 8, donde se observa que el uso de sustrato no influyó en el número de frutos totales, número de frutos comerciales y número de frutos no comerciales ($P > 0.05$).

6.2.2.2. Rendimiento por planta

Se encontraron diferencias entre sustratos (Cuadro 8) para las variables rendimiento total por planta ($P \leq 0.01$), donde el mayor rendimiento (2,040.53 g) se obtuvo con el sustrato arena, valor que fue similar ($P \leq 0.01$) al obtenido con el tezontle (1,876.08 g) y suelo + grava (1,817.02 g) pero diferente y superior al registrado con tepezil (1801.83 g). En cuanto al rendimiento comercial el mayor valor se obtuvo con el sustrato arena ($P \leq 0.01$) con 1,778.31 g planta⁻¹. Mientras que para rendimiento no comercial no existieron diferencias entre sustratos ($P > 0.05$).

Los resultados obtenidos en el presente estudio para número de frutos son similares a los reportados por Martínez *et al.* (2010), quienes al evaluar el efecto de varios sustratos, en el rendimiento de fruto encontraron que el uso de aserrín se puede producir hasta 44 frutos por planta. Mientras que Ismail *et al.* (1993), al evaluar los sustratos arena de río, aserrín y una mezcla de suelo con aserrín, concluyeron que la arena y el aserrín incrementan el desarrollo vegetativo y el rendimiento en plantas de jitomate. Por otro lado Wereing y Patrick (1975) mencionan que el análisis del rendimiento de un cultivar implica el estudio de sus principales componentes, tales como el número de frutos y el peso de los mismos.

Cuadro 8. Número de frutos y rendimiento de jitomate, bajo condiciones de invernadero en cuatro sustratos.

Sustrato	NFT (No.)	NFC (No.)	NFNC (No.)	RT (g)	RC (g)	RNC (g)
Arena	42.87a	27.01a	15.85a	2040.53a	1778.31a	262.29a
Suelo+grava	43.75a	24.66a	18.69a	1817.02ab	1524.09b	299.86a
Tepezil	41.94a	24.55a	17.39a	1801.83b	1531.44b	275.59a
Tezontle	41.26a	25.14a	16.07a	1876.08ab	1634.25b	253.39a
EE	1.43	0.92	1.07	61.22	61.44	18.21

Medias en la misma columna con diferente literal muestran diferencia ($P \leq 0.05$).

NFT = Número de frutos totales; NFC = Número de frutos comerciales; NFNC = Número de frutos no comerciales; RT = Rendimiento total por planta; RC = Rendimiento comercial; RNC = Rendimiento no comercial.

EE = Error estándar

6.2.3. Efecto del *Trichoderma* spp. en el rendimiento

6.2.3.1. Número de frutos

En el Cuadro 9 se muestra el número de frutos en respuesta a la aplicación de *Trichoderma* spp. El número de frutos totales ($P \leq 0.01$) y el número de frutos comerciales ($P \leq 0.05$) fueron mayores en las plantas que no fueron asperjadas con *Trichoderma* spp., en lo que respecta a el número de frutos no comerciales no mostró diferencias por la aplicación de *Trichoderma* spp. ($P > 0.05$).

6.2.3.2. Rendimiento por planta

El efecto de la aplicación *Trichoderma* spp. sobre el rendimiento total y el rendimiento no comercial de frutos en plantas de jitomate bajo condiciones de invernadero, se muestran en el Cuadro 9. Los mayores valores 26.49 frutos se obtuvieron en las plantas que no se asperjaron con *Trichoderma* spp. ($P \leq 0.01$). En el rendimiento no comercial no hubo diferencias por la aplicación del hongo *Trichoderma* spp ($P > 0.05$).

Se ha indicado que en cultivares comerciales de jitomate se obtienen de cinco a seis frutos por racimo y el número de racimos por planta depende del sistema de cultivo empleado. Mientras que el total de frutos por planta está determinado por el despunte al octavo o decimo racimo, con lo que se obtienen un total de 53 a 70 frutos por planta (Giordano *et al.*, 1999; Bugarin *et al.*, 2002).

Existen resultados contrastantes en la producción agrícola respecto a la aplicación de *Trichoderma* spp. sobre el rendimiento. Por ejemplo, Pérez *et al.* (2012) reportaron un efecto benéfico de la aplicación de *Trichoderma harzianum* sobre los componentes de rendimiento. Mientras que Mesa *et al.* (2013) al evaluar la aplicación foliar y en micro aspersion de *Trichoderma* spp. en el cultivo de pepino encontraron que no hubo efecto en el rendimiento entre tratamientos por la aplicación de este hongo. En el presente trabajo la aplicación de *Trichoderma* spp. influyó significativamente en el desarrollo vegetativo y, en consecuencia, pudo haber afectado la fase de producción de frutos por lo que los resultados en cuanto a rendimiento no fueron favorables.

Cuadro 9. Número de frutos y rendimiento de jitomate, bajo condiciones de invernadero en respuesta a la aplicación de *Trichoderma* spp.

<i>Trichoderma</i>	NFT (No)	NFC (No)	NFNC (No)	RT (g)	RC (g)	RNC (g)
Con T. spp.	40.44b	24.19b	16.05a	1798.96b	1527.07b	276.89a
Sin T. spp.	44.44a	26.49a	17.95a	1968.80a	1706.98a	268.67a
EE	1.02	0.65	0.75	43.1	43.60	12.86

Medias en la misma columna con diferente literal muestran diferencia ($P \leq 0.05$).

NFT = Número de frutos totales; NFC = Número de frutos comerciales; NFNC = Número de frutos no comerciales; RT = Rendimiento total por planta; RC = Rendimiento comercial; RNC = Rendimiento no comercial; EE = Error estándar; T. spp = *Trichoderma* spp.

6.3. Calidad física de fruto

6.3.1. Comportamiento de los híbridos en la calidad física de fruto

Las variables de calidad física de cuatro híbridos de jitomate se presentan en el Cuadro 10. Se observa que existieron diferencias para la variable diámetro ecuatorial ($P \leq 0.001$), donde el mayor valor (47.23 mm) se obtuvo con el híbrido Persistente. El mismo comportamiento anterior se observó en la variable circunferencia de fruto, donde el valor más alto (14.19 cm) se registró en el híbrido Persistente ($P \leq 0.001$).

Cuadro 10. Calidad física de cuatro híbridos jitomate, bajo condiciones de invernadero.

Híbrido	Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro polar (mm)	Largo de fruto (cm)	Circunferencia de frutos (cm)
Cid	44.23b	72.43a	8.60a	14.01b
Ramsés	43.12b	58.03a	8.58a	13.85b
Juan Diego	43.81b	56.09a	8.42a	13.88b
Persistente	47.23a	54.03a	8.67a	14.91a
EE	0.30	6.11	0.20	0.14

Medias en la misma columna con diferente literal muestran diferencia ($P \leq 0.05$).

EE = Error estándar

6.3.2. Efecto de los sustratos en la calidad física de fruto

El efecto de los sustratos en el diámetro ecuatorial, diámetro polar, largo de fruto y circunferencia de fruto se muestra en el Cuadro 11. Se observó que el sustrato no tuvo efecto en la calidad física del fruto, en ninguna de las variables evaluadas ($P > 0.05$).

Cuadro 11. Calidad física de frutos de jitomate, bajo condiciones de invernadero en cuatro sustratos.

Sustrato	Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro polar (mm)	Largo de fruto (cm)	Circunferencia de frutos (cm)
Arena	44.70a	55.84a	8.29a	14.28a
Suelo+grava 1:1	44.71a	59.01a	8.95a	14.20a
Tepezil	44.48a	56.05a	8.62a	14.01a
Tezontle	44.55a	60.37a	8.40a	14.18a
EE	0.31	6.11	0.20	0.14

Medias en la misma columna con diferente literal muestran diferencia ($P \leq 0.05$).

EE = Error estándar

6.3.3. Efecto del *Trichoderma* spp. en la calidad física de fruto

El efecto de la aplicación del hongo *Trichoderma* spp. sobre la calidad física de frutos de jitomate, bajo condiciones de invernadero se muestra en el Cuadro 12. El diámetro ecuatorial fue mayor en plantas que no fueron asperjadas con *Trichoderma* spp. ($P \leq 0.05$), con un valor de 44.94 mm. Mientras que para el diámetro polar, el largo de fruto y la circunferencia del fruto no hubo diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$).

Cuadro 12. Calidad física de frutos de jitomate, bajo condiciones de invernadero en respuesta a la aplicación de *Trichoderma* spp.

<i>Trichoderma</i>	Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro polar (mm)	Largo de fruto (cm)	Circunferencia de frutos (cm)
Con <i>T. spp.</i>	44.26b	64.15a	8.51a	14.16a
Sin <i>T. spp.</i>	44.94a	56.49a	8.51a	14.17a
Error estándar	0.21	4.3	0.14	0.10

Medias en la misma columna con diferente literal muestran diferencia ($P \leq 0.05$).

T. spp. = *Trichoderma* spp.

EE = Error estándar

Los resultados del presente estudio coinciden con lo reportado por Martínez *et al.* (2013), para el híbrido Cid en arena un diámetro ecuatorial de 5.3 cm. En el presente experimento el mayor diámetro ecuatorial del híbrido Persistente pudo deberse a que presentó un menor número de frutos. Al respecto, Escalante (1989) reportó que a menor número de frutos mayor es el tamaño del fruto. Se ha indicado que el tamaño del fruto está controlado por factores genéticos, fisiológicos y por el manejo del cultivo (Ashcroft *et al.*, 1993). Asimismo, el tamaño del fruto depende de la posición de los racimos, ya que como lo menciona Ponce (1995) la competencia que se establece entre los frutos de un mismo racimo, tiende a disminuir el tamaño del fruto, siendo pequeños los de los racimos primeros y los que se encuentran en el extremo superior de la planta.

6.4. Calidad química del fruto

6.4.1. pH del jugo

El pH del jugo de dos híbridos de jitomate en cuatro sustratos más el efecto de la aplicación de *Trichoderma* spp. se muestra en el Cuadro 13. Se observó que para el racimo 1 y 2 no existieron diferencias entre híbridos ni sustratos cuando las plantas se asperjaron con *Trichoderma* spp. ($P > 0.05$). Sin embargo, el efecto fue significativo en las plantas que no fueron asperjadas con dicho hongo, donde el híbrido Cid fue el que presentó el mayor valor de pH (4.85) en comparación con el híbrido Ramsés (4.63), mientras que en relación a los sustratos se encontró que el mayor valor (4.86) se obtuvo con el tezontle ($P \leq 0.001$).

En los racimos 4 y 5 no existieron diferencias entre híbridos, sustratos, y la aplicación de *Trichoderma* spp. ($P>0.05$). En el caso de los racimos 7 y 8 las plantas con *Trichoderma* spp. solo existieron diferencias entre sustratos ($P\leq 0.001$), donde el mayor valor se obtuvo con el sustrato tezontle (4.96). En las plantas que no fueron asperjadas con *Trichoderma* spp. el mayor valor (4.91) se registró en el híbrido Ramsés ($P\leq 0.05$) y en el sustratos arena (4.92) ($P\leq 0.05$).

El pH del jugo de los frutos es un indicador de la calidad para consumo en fresco, ya que está relacionado con el sabor, el rango ideal es de 3.8 a 4.4 en frutos comerciales (Macuá *et al.*, 2007). Al respecto, San Martín (2012) obtuvo valores de pH entre 4.76 y 4.86 en el híbrido de jitomate Caimán, de crecimiento indeterminado. Estos valores son similares a los obtenidos en el presente estudio. El tipo de híbrido, los sustratos o la aplicación de *Trichoderma* spp. no influyeron en el pH del jugo, ya que todos los valores obtenidos están dentro del rango recomendado por Diez (1999) para este atributo de calidad.

Cuadro 13. pH del jugo de dos híbridos de jitomate, bajo condiciones de invernadero en cuatro sustratos y el efecto de *Trichoderma* spp.

	Racimo 1 y 2		Racimo 4 y 5		Racimo 7 y 8	
	Con T.	Sin T.	Con T.	Sin T.	Con T.	Sin T.
Híbrido						
Cid	4.90a	4.85a	4.93a	4.93a	4.91a	4.89b
Ramsés	4.91a	4.63b	4.94a	4.92a	4.93a	4.91a
EE	0.32		0.017		0.012	
Sustrato						
Arena	4.96a	4.73a	4.96a	4.97a	4.94a	4.92a
Suelo+grava 1:1	4.88a	4.65b	4.92a	4.93a	4.85b	4.90a
Tepezil	4.90a	4.71a	4.94a	4.91a	4.92ab	4.87ab
Tezontle	4.89a	4.86a	4.90a	4.89a	4.96a	4.79b
EE	0.04		0.02		0.017	

Medias en la misma columna con diferente literal muestran diferencia ($P \leq 0.05$).

Con T. = Con *Trichoderma* spp.; Sin T = Sin *Trichoderma* spp.

EE = Error estándar

6.4.2. Sólidos solubles totales (° Brix)

Los sólidos solubles totales de dos híbridos de jitomate en cuatro sustratos más la aplicación de *Trichoderma* spp. se muestran en el Cuadro 14. Se observó que en los racimos 1, 2 y 4, 5 de las plantas del híbrido Cid que fueron asperjadas con *Trichoderma* spp. ($P \leq 0.01$) presentaron los mayores contenidos de sólidos solubles totales, mientras que en los racimos 7 y 8 no existieron diferencias entre híbridos por la aplicación de *Trichoderma* spp. ($P > 0.05$). En cambio, en los racimos 7 y 8 en las plantas que no se les aplicó *Trichoderma* spp. se observó diferencias entre híbridos, donde Ramsés fue el que presentó el valor más alto (5.97 ° Brix) ($P \leq 0.01$).

Se encontró que los sustratos y la aplicación de *Trichoderma* spp. tuvieron efecto en el contenido de sólidos solubles totales ($P \leq 0.01$), donde los valores más altos en los racimos 1 y 2 se obtuvieron en los sustratos

tezontle y tepezil ($P \leq 0.05$), mientras que en los racimos 4 y 5 los valores más altos se presentaron en el sustrato suelo ($P \leq 0.05$). En cambio, en las plantas que no se les aplicó *Trichoderma* spp. se observó diferencias entre sustratos en los racimos 1 y 2 ($P \leq 0.05$), donde los valores mayores de sólidos solubles totales se registraron en los sustratos tepezil y suelo + grava, mientras que en los racimos 4 y 5 la mayor concentración de sólidos solubles totales se obtuvo en los sustratos tezontle, tepezil y suelo + grava, asimismo en los racimos 7 y 8 los mejores sustratos fueron el suelo + grava y tezontle.

Los resultados del presente estudio concuerdan con lo reportado en la literatura. Por ejemplo, Diez (1999) indicó que el jitomate procesado y para consumo en fresco debe tener un contenido de sólidos solubles de 4.5 a 5.5 ° Brix. Sin embargo, San Martín (2012) reportó valores superiores a 7 ° Brix en jitomate de crecimiento indeterminado bajo condiciones de invernadero. Mientras que Tando *et al.* (2003) mencionan que los jitomates considerados de buen sabor y calidad se caracterizan por su alto contenido de sólidos solubles totales, ya que el sabor de los frutos está dado, en gran parte, por su contenido de azúcar.

En general, el pH y los sólidos solubles totales no fueron afectados por el efecto de los sustratos ni tampoco por la aplicación de *Trichoderma* spp., todos los resultados obtenidos están dentro del rango óptimo mencionado por Diez (1999).

Cuadro 14. Efecto de cuatro sustratos y *Trichoderma* spp. en los sólidos solubles totales (° Brix) de frutos de dos híbridos de jitomate, bajo condiciones de invernadero.

	Racimos 1 y 2		Racimo 4 y 5		Racimo 7 y 8	
	Con T.	Sin T.	Con T.	Sin T.	Con T.	Sin T.
Híbrido						
Cid	5.05a	4.58a	5.08a	4.82a	5.27a	5.55b
Ramsés	4.27b	4.59a	4.47b	4.71a	5.10a	5.97 ^a
EE	0.054		0.04		0.05	
Sustrato						
Arena	4.38b	4.26b	4.12c	4.53b	4.95b	5.25c
Suelo+grava 1:1	4.38b	4.65a	5.35a	4.75ab	5.10b	6.15a
Tepezil	4.78a	4.86a	4.73b	4.75ab	4.88b	5.59b
Tezontle	5.11a	4.56ab	4.91b	5.03a	5.81a	6.07a
EE	0.077		0.057		0.071	

Medias en la misma columna con diferente literal muestran diferencia ($P \leq 0.05$).

Con T. = Con *Trichoderma* spp.; Sin T. = Sin *Trichoderma* spp.

EE = Error estándar

6.5. Comportamiento de la temperatura durante el ciclo del cultivo

La temperatura registrada dentro del invernadero durante el ciclo del cultivo se presenta en la Figura 1, donde se observa que al inicio del experimento hasta principios de octubre la temperatura promedio diaria diurna superó los 35 °C. Después de esta fecha los promedios de temperaturas diurnas fueron menores a 30 °C, mientras que las temperaturas más bajas se registraron a mediados de noviembre hasta mediados de febrero con promedios diarios nocturnos de 14 °C y diurnos de 17 °C. El comportamiento de la temperatura indica que los meses óptimos para producir jitomate son los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero. Durante el ciclo de producción la temperatura más baja fue de 12.5 °C y la más alta de 44.8 °C. Al respecto, Rodríguez *et al.* (2001), indicaron que para el desarrollo óptimo del cultivo de

jitomate se requieren temperaturas nocturnas entre 15 y 18 °C, y diurnas de 24 a 25 °C.

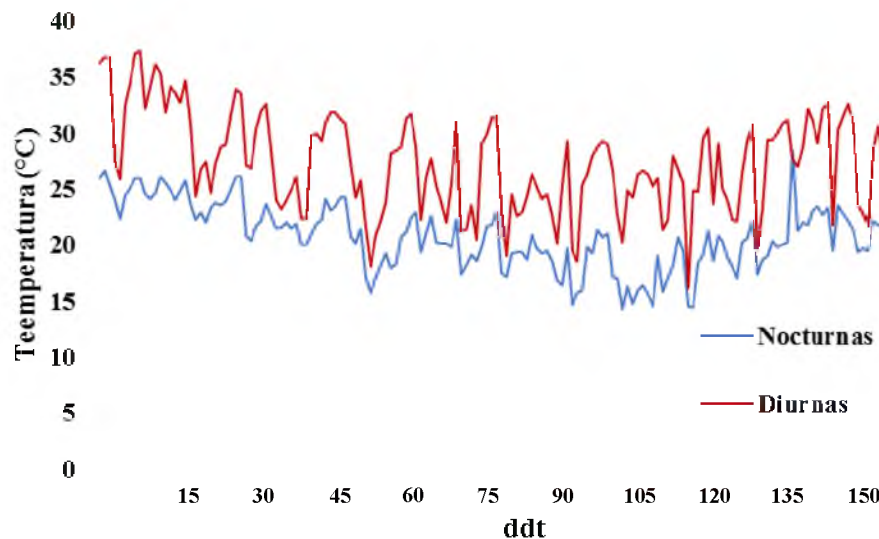


Figura 1: Comportamiento de la temperatura diurna y nocturna durante el ciclo de cultivo de jitomate, bajo condiciones de invernadero en Loma Bonita, Oaxaca.

6.6. Comportamiento de la humedad relativa durante el ciclo de cultivo

El comportamiento de la humedad relativa dentro del invernadero durante el ciclo del cultivo se presenta en la Figura 2. Se observó que la humedad diurna y nocturna fue mayor al 80 %, y el valor más bajo durante el ciclo fue de 47 % en el día y hasta del 100 % durante la noche. Nieto y Velasco (2006) reportaron que la humedad relativa óptima para el desarrollo del cultivo de jitomate es de 50 a 60 %, ya que si se supera este rango las anteras se hinchan y el polen no puede liberarse ni caer sobre el estigma y las flores no se polinizan y caen, además de que las altas humedades relativas propician el desarrollo de enfermedades fungosas, mientras que

una humedad relativa menor de 50 % dificulta su fijación al estigma de la flor, el polen se deshidrata rápidamente y disminuye el amarre de frutos.

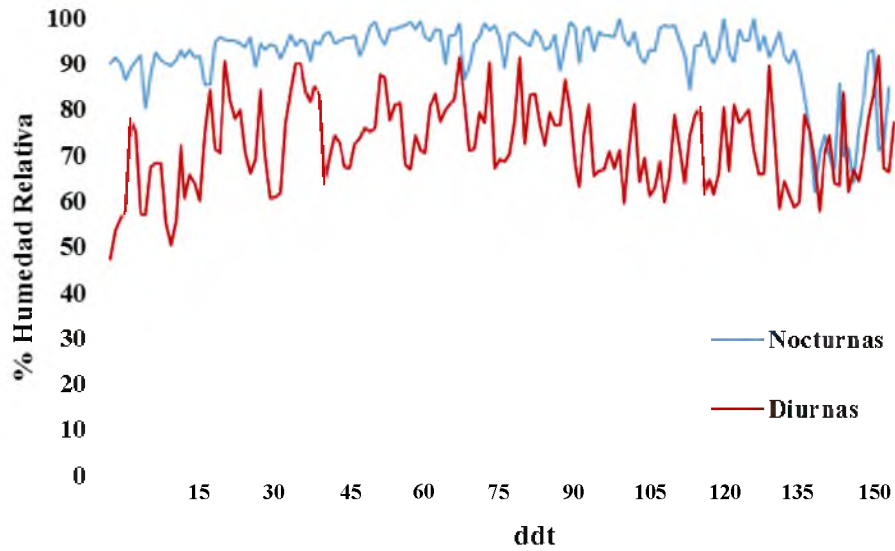


Figura 2. Comportamiento de la humedad relativa diurna y nocturna durante el ciclo de cultivo de jitomate bajo invernadero en Loma Bonita, Oaxaca

7. CONCLUSIONES

Los híbridos con mejor comportamiento para morfología y mayor rendimiento fueron Ramsés y Cid. En cuanto a calidad física del fruto el híbrido Persistente fue el mejor. En lo que respecta a la calidad química de fruto los híbridos Ramsés y Cid mostraron un comportamiento similar entre ellos, con valores dentro de los estándares de calidad recomendados.

En general, la arena fue el sustrato que favoreció un mejor comportamiento morfológico, mayor rendimiento y mejor calidad física de fruto en comparación al tezontle, tepezil y la mezcla suelo+grava. En cuanto a la calidad química del fruto, no hubo diferencia entre sustratos.

El uso de las cepas de "*Trichoderma asperellum* y *T. koningii*" favorecieron el desarrollo morfológico de las plantas de jitomate hasta los 48 días después de trasplante; sin embargo, no se mejoró el rendimiento de fruto, ni modificó la calidad física de fruto

8. RECOMENDACIONES

Los híbridos Cid y Ramsés presentan un buen comportamiento morfológico y aceptables rendimientos, producidos bajo invernadero y bajo las condiciones climáticas de la región del trópico húmedo de Oaxaca.

La arena de río es una buena alternativa de sustrato para la producción de jitomate, bajo condiciones de invernadero, ya que presenta un bajo costo y ofrece buenos resultados, además se encuentra fácilmente disponible en la zona.

El uso de *Trichoderma* spp. solo se recomienda utilizarlo a los 48 días después de trasplante y durante el desarrollo de plántulas.

Se recomienda realizar más estudios en jitomate, donde se evalúen más híbridos en el sustrato arena, con el fin de identificar híbridos con mejores características productivas.

La producción de jitomate, bajo condiciones de invernadero, representa una buena alternativa para los productores de la región del trópico húmedo, ya que con dicho sistema se puede obtener jitomate en la época de mayor demanda, con la posibilidad de generar mayores ganancias debido a los precios elevados del producto durante la época de invierno.

9. LITERATURA CITADA

- Abad, B. M. 1995. Sustratos para el cultivo sin suelo. En: Nuez, F. (ed). El cultivo del tomate. Ed. Mundi-Prensa. España pp. 131-166.
- Abad, B. M. 1997. Sustratos: Propiedades y manejo de materiales orgánicos, minerales y sintético inertes y activos. Ed. Mundi-Prensa. España. 59 p.
- Abad, B. M. y Noguera, P. 2000. Los sustratos en los cultivos sin suelo. En: Urrestarazu, G. M. (ed). Manual de cultivo sin suelo 2a ed. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp. 137-185.
- Abad, M., Noguera, V., Martínez, M. D. y Martínez, J. 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. Actas de Horticultura 11:141-154.
- Abad, B. M., Noguera, V., Murray, P. y Carrión, B. C. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. En: Cultivo sin suelo. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. pp. 113-158.
- Aguilera, C. M. y Martínez, E. R. 1996. Relación agua-suelo-planta-atmosfera, 4ª edición. Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 256 p.
- AMCI (Asociación Mexicana de Constructores de Invernaderos, A.C). 2008. Norma mexicana para el diseño y construcción de invernaderos. En <http://www.amci.org.mx>. Consultado: 10/01/2010.
- AMHPAC (Asociación Mexicana de Horticultura Protegida) 2010. Situación actual de la agricultura protegida en México. Fundación Produce Sinaloa A.C. En: [www: .fps.org.mx/](http://www.fps.org.mx/). Consultado: 04/12/2013.

- Ansorena, M. J. 1994. Sustratos, propiedades y caracterización. Mundi Prensa. Madrid, España. 172 p.
- Apolinar, S. 2006. Índices fisiotécnicos en la productividad de seis híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en cultivos sin suelo en invernadero. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlan, Oaxaca, México. Tesis 107 p.
- Ashcroft, W., Gurban, R., Wares, C. y Nick, H. 1993. Arcadia and Goulburn: Determinate fresh market tomatoes for arid production areas. HortScience. 28(8):854-857.
- Avidan, A., Ziadan, O., y Zachs, Y. 2004. La producción de jitomate en suelos y en sustratos artificiales. Recomendaciones. X curso Internacional de Sistema de Riego. Departamento de Irrigación Chapingo. México. 48 p.
- Avitia, G. E. 1998. Esquemas para el curso de propagación de plantas. Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. Tesis 72 p.
- Barraza, A. F. V. 2000. Crecimiento del Chile Manzano (*Capsicum pubescens*) en cuatro soluciones nutritivas bajo invernadero. Tesis de Maestría en Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, 143 p.
- Bastida, T. A. 2002. Sustratos hidropónicos. Serie de publicaciones agríbot. Chapingo, México. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 32 p.
- Bastida, T. A. 2006. Manejo y operación de invernaderos agrícolas. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 238 p.

- Bissett, J. 1991. A revision of the genus *Trichoderma*. III. Section *Pachybasium*. Canadian Journal of Botany. 69 (11):2373-2417.
- Brandt, S., Pek, Z., Barna, E., Lugasi, A. y Helyes, L. 2006. Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. Journal of the Science of Food and Agriculture. 86 (4):568-572.
- Bugarín, M. R., Galvis, S. A.; Sánchez, G. P. y García, P. D. 2002. Acumulación diaria de materia seca y de potasio en la biomasa aérea total de tomate. Terra Latinoamericana. 20(4):401-409.
- Burés, S. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotécnicas. Madrid, España. 107 p.
- Cabrera, R. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. Revista Chapingo - Serie Horticultura. 5(1):5-11.
- Castaños, C. 1993. Horticultura. Manejo simplificado. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. 227 p.
- Calderón, S. F. y Cevallos F. 2003. Los Sustratos. En: www.drcalderonlabs.com/index.html. Consultado: 10/12/2012.
- Caloro, Compañía Semillera. 2014 <http://www.caloroseed.com/images/prod%20hortalizas/PERSISTENTE.pdf>. Consultado: 23/11/2014
- Causse, M., Saliba-colombani, V., Leconte, L., Duff, P., Rousselle P. y Buret, M. 2002. QTL analysis of fruit quality in fresh market tomato: a few chromosome regions control the variation of sensory and instrumental traits. Journal of Experimental Botany. 53(20):89- 2098.

- Chapingo.2009.En:<http://www.chapingo.mx/iauia/diplomadoinvernadero/presentacion.html>. Consultado: 10/01/2010.
- Consuegra, E. I. 2011. Efecto del biopreparado *Trichoderma harzianum* (Rifai) sobre *Pseudoperonospora cubensis* (Berk & Curt) Rostow en pepino bajo tecnología de cultivo protegido. Tesis de maestría. La Habana, Cuba 110 p.
- Cook, R. 2007. El mercado dinámico de la producción de tomate fresco en el área del TLCAN. Departamento Agricultura y Recursos Económicos, Universidad de California, Davis, California. Estados Unidos de América. 36 p.
- Cruz, B. L. 2007. Calidad de semilla de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) por efecto de potenciales osmóticos, calcio y podas bajo condiciones de invernadero. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo de México. 177 p.
- Cruz, C. E., Sandoval, V. M., Volke, H. V., Ordaz, C. V., Tirado, T. J. L. y Sánchez, E. J. 2010. Generación de mezclas de sustratos mediante un programa de optimización utilizando variables físicas y químicas. Terra Latinoamericana. 28(3):219-229.
- De Boodt, M., Verdonck, O. y Cappaert, I. 1972. Methods for measuring the water release curve of organic substrates. Acta Horticulturae. 37:2054-2062.
- Diez, J. M. 1999. Tipos varietales. En: Nuez, F. (ed). El Cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa. México. pp. 95-129
- Díaz, S. F. R. 2004. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero. En: Memorias del IV Simposio Nacional de

- Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Torreón, Coahuila, México. pp. 44-68.
- Escalante, G. 1989. Evaluación de cinco variedades de jitomate en hidroponía bajo invernadero rustico. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 123 p.
- Esquinas, A. J. y Nuez, F. V. 2001. Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. En: Nuez, F. (ed). Cultivo del tomate. Ed. Mundi Prensa. España. 42 p.
- Estrada, B. M. A., De la Cruz, L. E., Brito, M. N. P., Gómez, V. A., Mendoza, P. J. de D., Gómez, M., E. y Ulises, L. N. 2009. Producción de tomate rojo en hidroponía bajo condiciones protegidas en el trópico húmedo. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. 30 p.
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2011. En: <http://faostat.FAO.org/site/567/DesktopDefault.asp?PageID=567#anchor>). Consultado 25/02/2011
- FAS/USDA (Foreign Agricultural Service United States Department of Agriculture's). 2009. Principales resultados de VIII censo agrícola, ganadero y forestal 2007. Notas de análisis. 28 p.
- Fernández, R. E. J., Camacho, F. y Ricárdez, S. M. 2004. El Cultivo del tomate. En: Namesny, A. (ed.). Tomates: Producción y Cultivo. Ediciones de Horticultura, S. L. Barcelona, España. pp. 22-45.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2010. Estadísticas sobre la producción mundial de jitomate. En: <http://faostat.fao.org/site/339/defgfault.asp>. Consultado: 2013.

- Fundación Produce Oaxaca A.C. 2007. El cultivo del jitomate en el estado de Oaxaca. Boletín Informativo Fundación Produce Oaxaca A.C. 48 p.
- Florián, M. P. 1997. Sustratos: Propiedades, ventajas y desventajas. Conferencia Internacional en Hidroponía Comercial. Universidad Nacional Agraria, La Molina. Lima, Perú. 100 p.
- Folquer, 1976. El Tomate: Estudio de la planta y su producción. 2ª ed. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 104 p.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen (para adaptarlas a las condiciones de la República Mexicana). Tercera Edición. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. D. F., México. 252 p.
- Gaona, B. y Juárez, L. 2005. Evaluación de variedades de jitomate (*Lycopersicum esculentum* M.) bajo invernadero en Aquixtla, Puebla. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 68 p.
- Giordano, I., Pentalgelo, A. y Carboni, A. 1999. Bio-morphological and characterization of several accessions of small "Pomodoro di Corbara" tomatoes. *Acta Horticulturae*. 487:343-347.
- Gómez, M. E. 2012. Producción de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones protegidas e hidroponía en Tabasco. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 124 p.
- González, C. A., Salas, S. M. C. y Urrestarazu, G. M. 2004. Producción y calidad en el cultivo de Tomate Cherry. En: Tratado de cultivo sin suelo. Urrestarazu G. M. (coord.) 3ª. Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 703-748.

- González, T., Monteverde, E., Marín, C. y Madriz, P. M. 2007. Comparación de tres métodos para estimar estabilidad del rendimiento en nueve variedades de algodón. *Interciencia*. 32:334-348.
- Grierson, D. y Kader, A. A. 1986. Fruit ripening and quality. In: Atherton, J.G, and Rudich, J. (eds). *The Tomato Crop: a scientific basic for improvement* London. Chapman and Hall Ltd. pp. 241-280.
- Grijalva, C. R. L., Macías, D. R., Grijalva, D. S. A. y Robles C. F. 2010. Evaluación de densidades y arreglos de plantación en tomate bola en condiciones de invernadero en el Noroeste de Sonora. *Biotecnia*. 12(2):20-28.
- Harris Moran, Seed Company. 2014
http://harrismoran.com/mexico/products/tomato/pdf/El_Cid.pdf
 Consultado: 23//11/2014
- Harris Moran, Seed Company. 2014
<http://www.harrismoran.com/mexico/products/tomato/pdf/Ramses.pdf>
 Consultado: 23//11/2014
- Hartmann, H. T. y Kester, D. E. 1992. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Ed. CECSA. D.F., México. 72 p.
- Heiser, C. J. 1969. Lave apples. In: *Nightshades: The Paradoxican Plants*. Freeman San Francisco CA, USA. pp. 53-55.
- Hilhorst, H. W. M., Groot S. P. C., and Bino, R. J. 1998. The tomato seed as a model system to study seed development an germination. *Acta Botánica Neerlandica*. 47:169-183.

- Howard, M. 1998. Hydroponic Food Production. A Definitive Guide-Book for the Advance Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower Woodbridge Santa Barbara, California. 520 p.
- Hurd, R. G. y Sheard, G. F. 1981. Fuel saving in greenhouse; the biological aspect Growers. Books, London, Inglaterra. 55 p.
- Ismail, M. R., Halimi, M. S. y Jusoh, K. 1993. Growth and yield of tomatoes as influenced by different substrates, substrate volumes and irrigation frequencies. *Acta Horticulturae*. 342:143-153.
- Jensen, M. H. 1997. Hydroponics. *HortScience*. 32(6):1018-1021.
- Kader, A. A. 2002. Quality and safety factors: definition and evaluation for fresh horticultural crops. In: Kader A. A. (ed). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Third edition. University of California, Agriculture and Natural Resources. USA. pp. 279-286.
- Lemaire, F. 2005. Cultivos en macetas y contenedores. Principios agronómicos y aplicaciones. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 222 p.
- Linnaeus, C. 1753. *Species Plantarum*. Laurentius Salvius, Stockholm. 1200 p.
- Luckwill, L. C. 1943. *The Genus Lycopersicon*. An historical, biological, and taxonomic survey of the wild and cultivated tomatoes. Aberdeen University Press, Scotland. 44 p.
- Macua, J. I., Lahoz, I., Garnica, J., Calvillo, S., Zuñiga, J. y Santos, A. 2007. Tomate de industria: resultados de la campaña 2006. Novedades y perspectivas. Instituto Técnico de Gestión Agrícola. Navarra. España. 14 p.

- Martínez, O. L. D., Olarte, S. J., Mendoza, O. J., Castro, S. E., Ramos, S. B. A. y Ramos, M. F. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* M.) bajo condiciones de invernadero. *Ra Ximhai*. 6(3):339-346.
- Martínez, M. L., Velasco, V. V. A., Ruiz, L. J., Enríquez, V. J. R., Campos, Á. G. V. y Montañón, L. M. L. 2013. Efecto del nitrato de calcio y sustratos en el rendimiento del tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6(1):175-1184.
- Mesa, B. Y., Duarte, D. C. y García, L. A. 2013. Efectividad de aplicación de bioplaguicida a través del sistema de riego localizado por microaspersión en el cultivo del tomate. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 22(2):41-46.
- Miller, P. 1754. *The gardeners dictionary*, Abridged 4th ed. John and James Rivington. London, UK. 744 p.
- Morales, P. J. 2006. Manejo de cultivos: cultivo de tomate. En: Bastida, T.A. (ed). *Manejo y operación de invernaderos agrícolas*. Editorial. AGRIBOT. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 183-190.
- Moorby, J. 1981. *Transport systems in plants*. Lonman and Technical. New York, EUA. 169 p.
- Muller, C. H. 1940. A revision of the genus *Lycopersicon*. United States Department de Agriculture, MiscPunl. 382:1-29.
- Muñoz, R. M., Altamirano, C. J. R. M., Trujillo, F J. de D., López, C. G. y Carmona, M. J. 1995. Desarrollo de ventajas competitivas en la agricultura. El caso del tomate rojo. Centro de Investigaciones

- Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. (CIESTAAM). Universidad Autónoma Chapingo. 120 p.
- Nieto, A. R. y Velasco, H. E. 2006. Cultivo de jitomate en hidroponía e invernadero. 2da edición. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 100 p.
- Nisen, A., Grafiadellis, M., Jiménez, R., La Malfa, G., Martínez, G. P. S., Monteiro, A., Verlodt, H., Villele, O., Zabeltitz, C. H., DENIS, I. U. y Baudoin, W. O. 1990. Protected cultivation in the Mediterranean climate. FAO. Plant production and protection paper núm. 90. Rome, Italy. 334 p.
- NMX-FF-031-1997-SCFI. 1997. Productos Alimenticios no industrializados para consumo humano – hortalizas frescas – tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill).- Especificaciones. SAGARPA.
- Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 793 p.
- Nuez, F. 2001. El cultivo del tomate. 1ª. Reimpresión. Ediciones Mundi Prensa. Barcelona, España. 793 p.
- Núñez, R. F., Grijalva, C. R. L., Macías, D. R., Robles, C. F. y Ceceña, D. C. 2012. Crecimiento, distribución y acumulación de materia seca en tomate de invernadero. Revista de Ciencias Biológicas y de Salud. XIV(3):25-31.
- Ortega, M. L. D. 2010. Efecto de los sustratos en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) bajo condiciones de invernadero. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 129 p.

- Papadopoulos, A. P. 1996. Seasonal fertigation schedules for greenhouse tomatoes concepts and delivery systems. In: Book of abstracts, international simposium on water quality and quantity in greenhouse Horticulture. November, 5-8, Puerto de la Cruz, Canary Islands. 471 p.
- Pérez, G. M. y Castro, B. R. 1999. Guía para la producción intensiva de jitomate en invernaderos. Boletín de divulgación 3. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 58 p.
- Pérez, G. M. 2000. Producción de hortalizas en invernadero con énfasis en el cultivo de jitomate. En: Bautista, M. N., Suárez, A. D. y Morales, O G. (eds). Temas selectos en fitosanidad y producción de hortalizas. Colegio de Postgraduados, Instituto de Fitosanidad. Montecillo, México. pp. 151-173.
- Pérez, Y. G., Ayala, S. J. L. y Calero, H. A. 2012. Efecto bioestimulante de dos formulados líquidos de *Trichoderma harzianum* Rifai A-34 en el cultivo de tomate protegido. Revista Infociencia. 16(3):1-10.
- Ponce, O. 1995. Evaluación de diferentes densidades de plantación y niveles de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponía. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. 96 p.
- Raviv, M. y Leith, J. H. 2008. Soilless culture: theory and practice. San Diego, California, Estados Unidos de América. 587 p.
- Resh, H. M. 2004. Cultivos hidropónicos. Tercera edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 369 p.
- Riegel, D. y Nielsen, G. 1996. *Trichoderma* spp. as plant growth stimulants CRC. Crittical reviews in biotechnology 7(2):97-106.

- Robles, J. 1999. Cómo se cultiva en invernadero. Ed. De Vecchi Balmes, Barcelona, España. 189 p.
- Rodríguez, D. N., Cano, R. P., Figueroa, V. U., Palomo, G. A., Favela, C. E., Álvarez, R. V. P., Márquez, H. C. y Moreno, R. A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. Revista Fitotecnia Mexicana. 31(2):265-272.
- Rodríguez, F., Stefanova, M. y Gómez, U. 1998. Efecto del biopreparado *Trichoderma harzianum* (Rifai) contra *Pseudoperonospora cubensis* (Berk and Curt) Rostow y *Erisiphe cichoracearum* D. L. en pepino (*Cucumis sativus*). Revista Fitosanidad. 2(1):41-43.
- Rodríguez, R., Rodríguez, T. J. M. y Medina, S. J. 2001. Cultivo moderno del tomate. Ediciones Mundi–Prensa. Segunda. Edición. Madrid, España. 225 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012. Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Disponible en: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/arcomarqr2c.htm>. Consultado: 04/12/2013.
- San Martín, H. C., Ordaz, C. V. M., Sánchez, G. P., Beryl Colina, L. M. T. y Borges, G. L. 2012. Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en hidroponía con diferentes granulometrías de tezontle. Agrociencia. 46(3):243-254.
- Sandoval, V. M. 2006. Cultivo de jitomate en invernadero en México, con énfasis en nutrición. En: Bautista, M. N. y Alvarado, L. J. (ed).

- Producción de jitomate en invernadero. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp. 77-101.
- Sánchez, C. F. y Escalante, R. E. R. 2001. Hidroponía, principios y métodos de cultivos. Universidad Autónoma Chapingo. 3ª Edición. Chapingo México. 194 p.
- SAS (Statistic Analysis System). 1996. Institute Inc., Cary, N. C., USA.
- Schwartz, D. y Kläring, H. P. 2001. Allometry to estimate leaf area of tomato. *Journal of Plant Nutrition*. 24:1291-1309.
- Serrano, C. Z. 1994. Construcción de invernaderos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 445 p.
- Serrano, Z. 1990. Técnicas de invernadero. Ed. El autor. Sevilla, España. 644 p.
- SIAP (Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2013. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/>. Consultado: septiembre de 2014.
- Spooner, D. M., Anderson, G. J. y Jansen, R. K. 1993. Chloroplast DNA evidence for the interrelationships of tomatoes, potatoes and pepinos. *American Journal of Botany*. 80(6):676-688.
- Stefona, N. M., y Sandoval, R. I. 1995. Efectividad de biopreparados de *Trichoderma harzianum*. Curso Internacional de sanidad Vegetal. La Habana, Cuba. pp. 1-8.
- Steiner, A. 1961. A Universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil*. 15:134-154.
- Steiner, A. A. 1968. Soilless culture. En: Proceedings 6th Congress International. Potash. Florence, Italy. pp. 324-341.

- Steiner, A. 1984. The universal nutrient solution. *In*: I. S. O. S. C. Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture. The Netherlands. pp. 633-649.
- Tando, K. S., Baldwin, E. A., Scott, J. W. y Shewfelt, R. L. 2003. Linking sensory descriptors to volatile and non-volatile components of fresh tomato flavor. *Journal of Food Science*. 68:2366-2371.
- Us agriseeds, Seed Company. 2014. http://www.usagriseeds.com/uploads/Juan_Diego.pdf. Consultado: 23/11/2014
- Verdonck, O., Cappaert, I. y De Boodt, M. 1974. The properties of the normally used substrates in the region of Ghent. *Acta Horticulturae*. 37:1930-1944.
- Went, F. W., Le Rosen, A. L. y Zechmeister, L. 1942. Effect of external factors on tomato pigments as studied by chromatographic methods. *Plant Physiology*. 17(1):91-100.
- Wills, R. H. H., Lee, T. H., McGlasson, W. B., Hall, E. G. y Graham, D. 1999. Introducción a la fisiología y manipulación de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. 2ª Edición. Acribia. Zaragoza, España. 240 p.
- Wereing, P. y Patrick, J. 1975. Source-sink relations and partition of assimilates. *In*: Cooper, J. P. (ed). *Celd, photosynthesis and productivity in different environments*. Cambridge University. pp. 481-499.
- Zamora, M. B. P. 2005. Formulación de mezclas de sustratos mediante programación lineal. *Interciencia*. 30(6):365-369.

- Zárate, C. A. A. 2005. Presión osmótica de la solución nutritiva para producción de jitomate Cherry (*Lycopersicum esculentum* M. Var. Cerasiforme Alef.) en hidroponía. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 111 p.
- Zárate, N. B. 2007. Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) hidropónico en sustratos, bajo invernadero. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca. Santa Cruz, Xoxocotlan, Oaxaca, México. 176 p.
- Zuang, H. y Musard, M. 1986. Cultures legumieres sur substrats. Installation et conduite. Centre technique interprofessionnel des fruits et legumes. Francia. 276 p.

10. APÉNDICE

Apéndice.1 Temperatura (°C) y humedad relativa (%) diaria nocturna y diurna dentro del invernadero durante el ciclo de cultivo.

Fecha	Nocturnas		Diurnas	
	° T	H.R	° T	H. R
09/09/2013	25.01	90.54	35.29	58.29
10/09/2013	25.55	47.96	34.28	54.39
11/09/2013	24.96	92.08	28.75	78.70
12/09/2013	24.36	92.57	30.99	70.51
13/09/2013	24.35	90.64	29.24	76.57
14/09/2013	25.44	91.24	31.50	69.15
15/09/2013	26.39	92.20	33.26	67.01
16/09/2013	26.59	92.39	32.31	70.68
17/09/2013	25.65	92.90	31.06	75.54
18/09/2013	25.44	91.62	33.35	65.17
19/09/2013	25.27	91.38	33.92	63.34
20/09/2013	25.37	89.18	34.05	62.79
21/09/2013	25.28	91.46	36.94	55.45
22/09/2013	24.95	87.17	30.37	72.02
23/09/2013	25.46	89.44	36.87	47.51
24/09/2013	25.05	91.65	34.47	60.53
25/09/2013	25.05	92.72	31.65	70.67
26/09/2013	26.56	91.45	34.81	62.74
27/09/2013	26.37	91.97	34.38	63.31
28/09/2013	25.23	89.85	37.30	57.35
29/09/2013	26.54	90.45	37.10	54.28
30/09/2013	25.99	89.76	38.01	51.62
01/10/2013	25.50	90.27	36.89	50.41
02/10/2013	25.14	90.55	37.16	50.32
03/10/2013	24.10	90.76	36.61	47.45
04/10/2013	25.93	89.96	36.25	53.48
05/10/2013	26.68	91.31	36.79	56.22
06/10/2013	25.29	89.96	36.65	58.10
07/10/2013	23.98	86.44	27.54	77.96
08/10/2013	22.37	88.84	25.86	75.09
09/10/2013	24.43	90.69	32.46	57.39
10/10/2013	25.10	91.95	34.52	57.05
11/10/2013	26.02	80.14	37.08	67.44
12/10/2013	26.01	87.48	37.38	68.40
13/10/2013	24.60	92.50	32.17	68.22
14/10/2013	24.09	91.00	34.13	55.13
15/10/2013	24.62	90.00	36.17	50.26
16/10/2013	26.11	89.58	35.38	55.50

17/10/2013	25.54	90.75	31.82	72.21
18/10/2013	24.84	93.04	34.15	60.46
19/10/2013	24.00	91.36	33.56	65.77
20/10/2013	24.93	93.06	32.66	63.81
21/10/2013	25.78	91.39	34.75	60.12
22/10/2013	23.65	91.82	30.84	74.79
23/10/2013	22.26	85.34	24.38	84.40
24/10/2013	22.85	85.49	26.79	71.25
25/10/2013	22.00	94.77	27.37	70.47
26/10/2013	23.37	95.85	24.63	90.67
27/10/2013	23.74	95.22	27.30	82.17
28/10/2013	23.53	94.92	28.70	77.91
29/10/2013	23.89	95.01	28.93	79.92
30/10/2013	25.00	94.48	31.61	70.58
31/10/2013	26.07	93.69	33.97	66.05
01/11/2013	26.06	95.71	33.44	69.06
02/11/2013	20.78	89.32	27.12	84.28
03/11/2013	20.33	94.34	26.84	70.03
04/11/2013	21.71	93.00	30.32	60.54
05/11/2013	22.18	94.19	31.99	60.88
06/11/2013	23.64	93.89	32.58	61.56
07/11/2013	22.60	91.27	28.37	77.11
08/11/2013	21.47	93.53	24.04	84.07
09/11/2013	21.60	96.49	23.26	90.09
10/11/2013	22.05	93.98	24.05	90.09
11/11/2013	21.49	95.21	24.98	84.10
12/11/2013	21.92	94.60	26.11	81.85
13/11/2013	20.02	90.51	22.30	85.07
14/11/2013	20.07	94.93	22.32	83.05
15/11/2013	21.01	94.24	29.76	63.58
16/11/2013	21.96	96.28	29.95	69.72
17/11/2013	22.28	96.97	29.25	74.38
18/11/2013	24.14	94.39	30.96	72.71
19/11/2013	23.14	94.93	31.79	67.32
20/11/2013	23.45	95.44	31.86	67.12
21/11/2013	24.25	95.44	31.25	72.43
22/11/2013	24.23	96.18	30.87	73.70
23/11/2013	20.82	91.64	27.41	75.97
24/11/2013	20.18	94.38	24.21	75.08
25/11/2013	21.46	97.95	25.82	75.98
26/11/2013	17.04	99.13	21.60	87.65
27/11/2013	15.68	95.80	18.01	87.12
28/11/2013	17.04	94.32	20.80	77.56
29/11/2013	18.18	97.57	22.18	81.03
30/11/2013	19.25	97.46	23.77	81.43
01/12/2013	17.94	97.98	28.21	68.02

02/12/2013	18.28	98.21	28.43	66.80
03/12/2013	20.72	99.10	28.76	74.48
04/12/2013	21.16	97.60	31.23	71.06
05/12/2013	22.45	99.35	31.75	70.57
06/12/2013	22.90	95.81	28.70	80.81
07/12/2013	19.34	95.04	22.25	83.50
08/12/2013	21.03	97.39	26.01	77.33
09/12/2013	22.58	97.36	27.80	79.84
10/12/2013	20.26	89.65	25.31	81.06
11/12/2013	20.15	96.10	23.79	82.20
12/12/2013	20.11	96.26	22.06	91.50
13/12/2013	19.76	98.97	25.50	82.42
14/12/2013	22.25	86.59	30.91	70.96
15/12/2013	17.37	89.31	21.29	71.26
16/12/2013	18.17	94.42	21.38	79.44
17/12/2013	19.16	95.80	23.56	77.11
18/12/2013	18.63	98.89	20.52	90.35
19/12/2013	19.84	97.12	29.08	67.25
20/12/2013	21.72	98.33	29.88	69.14
21/12/2013	21.77	95.66	31.42	68.55
22/12/2013	23.04	88.97	31.55	70.25
23/12/2013	17.47	96.42	23.08	77.36
24/12/2013	17.16	96.59	19.06	91.38
25/12/2013	19.23	95.60	24.61	72.52
26/12/2013	19.32	94.87	22.60	83.16
27/12/2013	19.38	93.82	22.95	83.46
28/12/2013	18.73	97.14	24.32	76.44
29/12/2013	20.86	95.79	26.37	72.27
30/12/2013	19.72	93.19	25.23	79.33
31/12/2013	19.28	93.73	24.10	76.54
01/01/2014	19.46	96.35	24.57	76.63
02/01/2014	18.59	88.36	22.70	86.39
03/01/2014	16.83	94.26	20.17	79.58
04/01/2014	16.39	99.20	25.34	67.85
05/01/2014	19.71	97.65	29.26	63.11
06/01/2014	14.68	90.04	19.45	74.32
07/01/2014	15.78	96.99	18.46	80.84
08/01/2014	15.94	98.04	25.32	65.40
09/01/2014	19.86	92.87	26.32	66.57
10/01/2014	19.21	101.70	27.94	66.84
11/01/2014	21.31	96.23	28.71	70.72
12/01/2014	20.65	107.33	29.34	67.29
13/01/2014	20.98	95.81	28.99	71.17
14/01/2014	17.18	99.90	26.63	59.48
15/01/2014	17.06	95.44	22.66	71.96
16/01/2014	14.33	105.67	20.24	81.27

17/01/2014	16.26	101.64	24.87	64.12
18/01/2014	14.74	102.19	24.20	69.24
19/01/2014	15.98	100.82	26.29	61.00
20/01/2014	16.43	103.95	26.66	62.77
21/01/2014	15.61	92.82	26.29	68.47
22/01/2014	14.56	97.70	25.22	59.64
23/01/2014	19.07	98.34	26.01	65.25
24/01/2014	15.82	98.07	21.33	78.78
25/01/2014	17.06	98.25	22.24	71.63
26/01/2014	18.16	103.23	27.98	63.88
27/01/2014	20.66	101.19	26.78	74.27
28/01/2014	19.52	84.36	25.58	78.83
29/01/2014	14.52	94.03	16.22	80.47
30/01/2014	14.45	101.41	24.91	61.34
31/01/2014	18.35	103.25	24.76	64.76
01/02/2014	19.13	107.75	29.47	61.26
02/02/2014	21.25	106.82	30.45	66.00
03/02/2014	18.58	104.40	23.71	80.44
04/02/2014	20.78	108.79	29.07	66.50
05/02/2014	20.33	92.64	25.15	80.83
06/02/2014	18.94	90.24	24.02	77.11
07/02/2014	18.10	97.44	22.29	78.50
08/02/2014	17.02	105.22	22.10	79.72
09/02/2014	20.22	95.01	26.28	70.92
10/02/2014	20.60	106.93	29.27	65.76
11/02/2014	22.21	92.81	30.76	66.09
12/02/2014	17.34	96.04	19.51	89.49
13/02/2014	18.69	91.36	23.18	74.53
14/02/2014	19.01	101.07	29.46	58.25
15/02/2014	20.36	100.22	29.37	64.45
16/02/2014	19.84	107.43	30.00	61.43
17/02/2014	20.08	100.69	30.81	58.70
18/02/2014	20.30	106.91	31.14	59.66
19/02/2014	28.40	100.80	27.64	78.87
20/02/2014	21.24	83.00	27.01	75.33
21/02/2014	22.01	75.35	28.77	68.51
22/02/2014	21.83	61.93	32.20	57.77
23/02/2014	23.16	70.54	31.01	70.19
24/02/2014	23.45	74.53	29.09	74.40
25/02/2014	22.68	69.57	32.13	64.00
26/02/2014	23.31	66.67	32.74	63.32
27/02/2014	19.50	86.05	21.78	83.78
28/02/2014	23.58	69.64	30.24	61.96
01/03/2014	22.83	71.51	31.46	67.04
02/03/2014	22.15	63.80	32.59	64.44
03/03/2014	21.35	75.66	30.62	69.81

04/03/2014	19.36	82.16	23.63	78.05
05/03/2014	19.75	92.55	22.74	83.50
06/03/2014	19.48	93.16	21.68	91.69
07/03/2014	22.09	71.17	28.48	67.10
08/03/2014	21.78	72.31	30.58	66.38
09/03/2014	21.70	84.74	27.51	77.08

T = Temperatura; HR = Humedad relativa

Apéndice 2. Evidencia fotográfica del trabajo realizado a lo largo del experimento



Imagen 1. Siembra en charolas de cuatro híbridos de jitomate saladette



Imagen 2. Desinfección del sustrato suelo



Imagen 3. Desarrollo de plántula



Imagen 4. Características de la plántula al momento de trasplante



Imagen 5. Acomodo de acuerdo al diseño experimental



Imagen 6. Trasplante de plántula



Imagen 7. Toma de datos de fenología



Imagen 8. Toma de datos de rendimiento y calidad física



Imagen 9. Toma de datos de calidad química



Imagen 10. Frutos a punto de cosechar



Imagen 11. Cosecha de frutos



Imagen 12. Equipo de trabajo

Apéndice 3. Constancias de participación en eventos de divulgación científica derivados de esta misma investigación



Evaluación de Sustratos e Híbridos de Jitomate Tipo Saladett en Hidroponía y Bajo Condiciones de Invernadero en el Trópico Húmedo de Oaxaca

2do Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Oaxaca

Luis Alberto Prieto Baeza, Aldo G. Bustamante Ortiz

Universidad del Papaloapan

Universidad del Papaloapan Av. Ferrocarril s/n. Ciudad Universitaria Loma Bonita, Oaxaca, México. C.P. 68400 Tel. y Fax: 01(281) 872-9230.

luis_isver@hotmail.com ; ag.bustamante@hotmail.com

Rogelio Enrique Palacios Torres

Universidad del Papaloapan

Universidad del Papaloapan Av. Ferrocarril s/n. Ciudad Universitaria Loma Bonita, Oaxaca, México. C.P. 68400 Tel. y Fax: 01(281) 872-9230.

rpalacios@unpa.edu.mx

Resumen

El jitomate es la hortaliza más importante a nivel mundial, debido a su valor nutritivo y a la importancia económica que representa. En la actualidad se han implementando tecnologías de producción donde se emplean cubiertas plásticas y sistemas de riego. Los principales factores que influyen en el desarrollo y rendimiento del cultivo es el material genético y el medio ambiente donde se desarrolla. El objetivo de este trabajo fue evaluar dos genotipos de jitomate de crecimiento indeterminado (El Cid y Ramsés), en cuatro sustratos (Tezontle, Arena, Tepetzil y una mezcla de Suelo y Grava 1:1) bajo condiciones de invernadero e hidroponía en el trópico. Se evaluaron ocho tratamientos, distribuidos completamente al azar con cinco repeticiones para morfología y siete para rendimiento y calidad. Se detectaron diferencias significativas entre tratamientos siendo el mejor en altura de planta El Cid y Ramsés en arena y tezontle, mientras que en diámetro de tallo ambos híbridos se comportaron igual. Para rendimiento se observaron diferencias significativas en los tratamientos con el híbrido El Cid en arena y tezontle. Mientras que para calidad se observaron diferencias significativas, destacando el híbrido Ramsés.

Palabras clave: Jitomate, Sustratos, Rendimiento, Trópico, Invernadero.



III CONGRESO INTERNACIONAL
Y XVII CONGRESO NACIONAL
DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Otorga la presente

CONSTANCIA

a

Luis Alberto Prieto Baeza

por su participación como:

PONENTE

del Oral

RENDIMIENTO Y CALIDAD FÍSICA DE CUATRO HÍBRIDOS DE JITOMATE SALADETTE BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN EL TRÓPICO HÚMEDO

cuyos autores son

Rogelio Enrique Palacios Torres, Miguel Ángel Sánchez Hernández, Aldo Guadalupe Bustamante Ortiz, Ana Rosa Ramírez Seanez, Salomé López Mendoza, Benedicto Jimenez Maya

Chapingo, Edo. de México, del 22 al 24 de abril de 2015.

Dr. José de Jesús López Reynoso
Presidente del Comité Organizador

Dr. Juan Martínez Solís
Tesorero del Comité Organizador



**III Congreso Internacional y XVII Congreso Nacional
de Ciencias Agronómicas**
22 al 24 de abril de 2015



**RENDIMIENTO Y CALIDAD FÍSICA DE CUATRO HÍBRIDOS DE JITOMATE
SALADETTE BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN EL TRÓPICO HÚMEDO**

Prieto B., L.A.¹ Palacios T., R.E.¹ Sánchez H., M.A.¹ Bustamante O., A.G.¹ Ramírez S.,
A.R.¹ López M., S.¹ Jiménez M., B.¹

¹Ingeniería Agrícola Tropical. Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n, Ciudad
Universitaria. Loma Bonita Oaxaca, México. Cp. 68400. Tel. 01 (281) 872 9230.

Email: lujlsver@hotmail.com

Introducción

La necesidad de alimentos, la escasez de recursos naturales, las condiciones ambientales adversas y la incidencia de plagas y enfermedades que afectan la productividad agrícola obliga a los investigadores a fomentar el estudio, la investigación y desarrollo de innovadas técnicas agrícolas para obtener mejores y mayores rendimientos (FIRA, 2010). En los últimos años la producción de hortalizas ha experimentado una tendencia enfocada a la obtención de su producción mediante la agricultura protegida, la cual ofrece características especiales e ideales para la producción, incluso en zonas donde se creía inapropiada su utilización (Ramos, 2007).

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en un invernadero de la Universidad del Papaloapan, en Loma Bonita, Oaxaca, el cual es de tipo de cenital de 504 m². Se evaluaron cuatro híbridos de jitomate saladette de crecimiento indeterminado (Cid, Ramsés, Juan Diego y Persistente) en cuatro sustratos: arena, tezontle, tepezil y una mezcla de suelo y grava 1:1. La siembra se realizó el 2 de septiembre de 2013 en charolas de polietileno con peat moss como sustrato, el trasplante se realizó el día 4 de octubre en bolsas de plástico de 30 x 30 cm con una densidad de cuatro plantas por m². El sistema de cultivo fue a un tallo y ocho racimos, los riegos se efectuaron aplicando 1,000 L diarios de solución nutritiva basada en la propuesta por Steiner (1984), en cuatro riegos a diferentes concentraciones (50, 75 y 100 %). Se utilizó un diseño completamente al azar con un tamaño de muestra de siete plantas por tratamiento. Con los datos se realizó un análisis de varianza mediante el procedimiento GLM de SAS. Las variables evaluadas fueron: Número de frutos totales (NFT). Rendimiento total por planta (RT; g). Rendimiento comercial (RC; g). Diámetro ecuatorial de fruto (DE; mm). Diámetro polar de fruto (DP; mm). Largo de fruto (LF; cm). Circunferencia de fruto (CF; cm).

Resultados y Discusión

En el cuadro 1 se observa que el mayor NFT se presentó los híbridos Cid y Ramsés ($P \leq 0.01$), mientras que en RT y RC el híbrido Cid fue el mejor ($P \leq 0.01$). En los componentes de calidad física para DE y CF ($P \leq 0.001$), resaltó el híbrido Persistente como el mejor, mientras que en las variables de DP y LF no existieron diferencias significativas ($P > 0.05$). Martínez *et al.* (2013), evaluaron el rendimiento y calidad de tres



**III Congreso Internacional y XVII Congreso Nacional
de Ciencias Agronómicas**
22 al 24 de abril de 2015



híbridos (El Cid, Anibal y SUN 7705) de jitomate en dos sustratos, encontrando un rendimiento de 2725.8 g en el híbrido Cid, resultado muy cercano al obtenido en este experimento. En el cultivo de jitomate existe una amplia diversidad genética, por lo que es conveniente evaluar diferentes genotipos para elegir los más apropiados al sistema de cultivo a utilizar, para determinar su expresión y respuesta a los factores bióticos, abióticos y de manejo (González *et al.*, 2007). En su trabajo Martínez *et al.* (2013), reportaron que el híbrido Cid alcanzó un DE promedio de 5.3 cm. El mayor DE del híbrido Persistente podría deberse a que produce un menor número de frutos ya que a un menor número de frutos mayor será el tamaño del fruto, además de verse influenciado por factores genéticos, fisiológicos y de manejo (Escalante, 1989; Ashcroft *et al.*, 1993).

Cuadro 1. Comportamiento de cuatro híbridos de jitomate bajo invernadero en los componentes de rendimiento y calidad física.

	NFT (g)	RT (g)	RC (g)	DE (mm)	DP (mm)	LF (cm)	CF (cm)
Cid	50.24a	2264.71a	1926.26a	44.23b	72.43a	8.60a	14.01b
Ramsés	46.94ab	1986.06b	1579.90b	43.12b	58.03a	8.58a	13.85b
Juan Diego	42.64b	1772.90bc	1471.01b	43.81b	56.09a	8.42a	13.88b
Persistente	29.25c	1612.01c	1490.90b	47.23a	54.03a	8.67a	14.91a
Error estándar	1.43	62.04	61.44	0.30	6.11	0.20	0.14

Medias en la misma columna con diferente letra muestran diferencia ($P \leq 0.05$); Número de frutos totales por planta (NFT); Rendimiento total por planta (RT); Rendimiento comercial (RC); Diámetro ecuatorial de fruto (DE); Diámetro polar de fruto (DP); Largo de fruto (LF); Circunferencia de fruto (CF).

Conclusiones

Los híbridos Cid y Ramsés producidos bajo invernadero en la zona del trópico húmedo mostraron una buena calidad física para el mercado local, y un rendimiento aceptable

Literatura Citada

- Escalante, G. 1989. Evaluación de Cinco Variedades de Jitomate en Hidroponía Bajo Invernadero Rústico. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México 123 p.
- FIRA (Fideicomisos Instituidos con Relación a la Agricultura), 2010. Oportunidades de negocio en agricultura protegida. *Boletín informativo* No.7:1-99.
- González T.; Monteverde E.; Marín, C.; Madriz, P. M. 2007. Comparación de Tres Métodos Para Estimar Estabilidad del Rendimiento en Nueve Variedades de Algodón. *Interciencia*. 32: 334-348.
- Martínez M., L.; Velasco V., V. A.; Ruiz L. J.; Enríquez V., J. R.; Campos Á., G. V.; Montaña L., M. L. 2013. Efecto del nitrato de calcio y sustratos en el rendimiento del tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6:1175-1184.
- Ramos S., O.J. 2007. Evaluación económica de la producción y comercialización de jitomate saladette (*Lycopersicon esculentum* Mill) de invernadero en el municipio de Oaxaca de Juárez. *Tesis Licenciatura*. Huajuapán de León, Oaxaca. 129 p.
- Steiner, A. 1984. The universal nutrient solution. In: I. S. O. S. C. Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture. The Netherlands. pp. 633-649.



III CONGRESO INTERNACIONAL Y XVII CONGRESO NACIONAL DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Otorga la presente

CONSTANCIA

a

Luis Alberto Prieto Baeza

por su participación como:

PONENTE

del Oral

CALIDAD QUÍMICA DE DOS HÍBRIDOS DE JITOMATE SALADETTE PRODUCIDO BAJO INVERNADERO EN
EL TRÓPICO HÚMEDO

cuyos autores son

Luis Alberto Prieto Baeza, Rogelio Enrique Palacios Torres, Miguel Ángel Sánchez
Hernández, Ana Rosa Ramírez Seañez, Juan Benedicto Maya Jiménez

Chapingo, Edo. de México, del 22 al 24 de abril de 2015.

Dr. José de Jesús López Reynoso
Presidente del Comité Organizador

Dr. Juan Martínez Solís
Tesorero del Comité Organizador



III Congreso Internacional y XVII Congreso Nacional
de Ciencias Agronómicas
22 al 24 de abril de 2015



**CALIDAD QUÍMICA DE DOS HÍBRIDOS DE JITOMATE SALADETTE PRODUCIDO
BAJO INVERNADERO EN EL TRÓPICO HÚMEDO**

Bustamante O., A.G.¹; Prieto B., L.A.¹; Palacios T., R.E.¹; Sánchez H.; Ramírez S.,
A.R.¹; M.A.¹; Jiménez M., B.¹.

¹Ingeniería Agrícola Tropical, Universidad del Papaloapan, Av. Ferrocarril s/n, Ciudad
Universitaria, Loma Bonita Oaxaca, México. Cp 68400. Tel. 01 (281) 872 9230.

Email: ag.bustamante@hotmail.com

Introducción

La calidad del fruto en jitomate está determinada por factores externos e internos. La apariencia, sabor y textura, son las características principales en las que el consumidor se fija para determinar la calidad, además de aspectos relacionados con el aroma, acidez titulable, contenido de sólidos solubles y vitaminas (Causse *et al.*, 2002). En la calidad de fruto también tiene un efecto importante la nutrición, variedad, condiciones ambientales y sistema de cultivo (Winsor, 1979). Se tienen pocos estudios sobre la calidad de fruto de jitomate producido bajo invernadero en el trópico húmedo, por ello el objetivo de evaluar la calidad química de dos híbridos comerciales de jitomate, en la zona del trópico húmedo.

Materiales y Métodos

La presente investigación se llevó a cabo en el laboratorio de alimentos de la Universidad del Papaloapan, campus Tuxtepec, los frutos fueron obtenidos de un invernadero de la Universidad del Papaloapan, Loma Bonita, Oaxaca. Se utilizó un diseño completamente al azar, evaluando dos híbridos de jitomate saladette de crecimiento indeterminado (Cid y Ramsés) en cuatro sustratos: arena, tezontle, tepezil y una mezcla de suelo y grava 1:1, con un tamaño de muestra de tres plantas por tratamiento, tomando muestras de los racimos intermedios de la planta (racimos 3 y 4). La siembra se realizó el 2 de Septiembre de 2013 en charolas de polietileno y el trasplante el día 4 de Octubre con una densidad de cuatro plantas por m². Las plantas se condujeron a un tallo y ocho racimos, aplicando 1,000 L diarios de solución nutritiva Steiner (1984), en cuatro negos a diferentes concentraciones (50, 75 y 100 %) según la etapa fenológica del cultivo. Con los datos se realizó un análisis de varianza mediante el procedimiento GLM de SAS. Las variables evaluadas fueron: Porcentaje de jugo (PJ), Sólidos solubles totales (SST), PH del jugo (PH), Conductividad eléctrica (CE) y Acidez titulable (AT).

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se observa que el híbrido Ramsés fue el que presentó el mayor PJ, CE y AT ($P \leq 0.05$), mientras que en SST y PH no existieron diferencias significativas entre híbridos ($P > 0.05$). En el desarrollo del cultivo se presentaron temperaturas que superaban los 35 °C, lo que probablemente afectó la calidad del fruto ya que el intervalo óptimo para el jitomate es de 16 a 26 °C (Dumas *et al.*, 2003). En PJ, los resultados están



III Congreso Internacional y XVII Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas 22 al 24 de abril de 2015



por debajo de los encontrados por San Martín (2012), el cual encontró valores de hasta 92 % en jitomates saladette bajo invernadero, este mismo autor reportó un pH de jugo del rango de 4.76-4.86, resultado similar al aquí encontrado. García *et al.* (2009), reportaron valores de AT expresado en contenido de ácido cítrico de 0.51 % y de SST de 5.43 a 5.62 para jitomates tipo bola. El pH y la cantidad de SST, son dos de las principales características químicas que denotan la calidad de fruto ya que está directamente relacionado con el sabor, el rango ideal señalado por Agong, (2001) es de 3.8 a 4.4 para pH, mientras que Díez (2001) menciona de 4.5 a 5.5 °Brix como rango óptimo de SST. Los resultados obtenidos en la presente investigación para pH superan este rango, lo que es una característica favorable para determinar la calidad (Agong, 2001), mientras que para SST los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango óptimo recomendado.

Cuadro 1. Calidad química de dos híbridos de jitomate saladette de crecimiento indeterminado producido bajo invernadero en el trópico húmedo.

	PJ (%)	SST (°Brix)	pH	CE (mV)	AT (%)
Cid	71.9b	4.82a	4.93a	118.33b	0.21b
Ramsés	74.85a	4.71a	4.92a	122.91a	0.23a
Error estándar	0.17	0.04	0.017	0.79	0.03

Medias en la misma columna con diferente literal muestran diferencia ($P \leq 0.05$). Porcentaje de jugo (PJ). Sólidos Solubles Totales "°Brix" (SST). pH del jugo (pH). Conductividad eléctrica (CE). Acidez titulable (AT).

Conclusiones

La calidad del fruto de jitomate producido en el trópico húmedo es muy similar a la de cualquier otro jitomate producido en otras regiones y condiciones ambientales.

Literatura Citada

- Agons, S. G. 2001. Genotypic Variation of Kenyan Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Germplasm. *J. Food Technology in Africa*. 6(13):17-10.
- Causse, M.; Saliba, V.; Leconte, C. L.; Duff, P.; Rousselle, P.; Buret, M. 2002. QTL analysis of fruit quality in fresh market tomato: a few chromosome regions control the variation of sensory and instrumental traits. *Journal of Experimental Botany*. 53(20):89-2098.
- Díez J., M. 2001. Tipos varietales. En: Nuez F (ed.). *El cultivo del tomate*. Mundi-Prensa. D.F. 796 pp.
- Dumas, Y. M.; Dadomo, G. D. L.; Grolier, P. 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *J. Sci. Food Agric*. 83: 369-382.
- García, S. M. L.; Martínez, J. V.; Avendaño, L. A. N.; Padilla, S. M. del C.; Izquierdo, O. H. 2009. Acción de Oligosacáridos en el Rendimiento y Calidad de Tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 32(3):295-301.
- San Martín, H. C.; Ordaz C., V. M.; Sánchez, G. P.; Beryl ColinaS, L. M. T.; Borges, G. L. 2012. Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en hidroponía con diferentes granulometrías de tezontle. *Agrociencia*. 46(3):243-254.

EL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (CONACYT), EL GOBIERNO DEL ESTADO DE OAXACA POR CONDUCTO DEL CONSEJO OAXAQUEÑO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (COCYT) Y EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO A TRAVÉS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA (ITO)

OTORGAN RECONOCIMIENTO

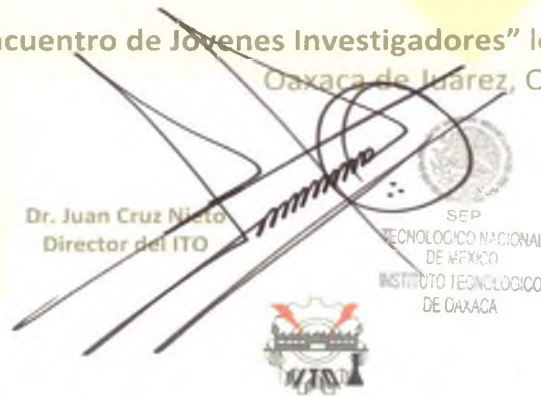
A: Luis Alberto Prieto Baeza, Rogelio Enrique Palacios Torres, Salomé López Mendoza, Aldo Guadalupe Bustamante Ortiz y Manuel Ripoll Carbajal

Por su destacada participación con el trabajo de investigación:

EFECTO DE UN BIOPREPARADO DE *Trichoderma spp.* EN LA MORFOLOGÍA DE PLANTAS DE JITOMATE BAJO INVERNADERO

Durante el “3er. Encuentro de Jóvenes Investigadores” los días 12 y 13 de Noviembre de 2015 en Oaxaca de Juárez, Oax.

Dr. Juan Cruz Nieto
Director del ITO



Ing. Alberto Sánchez López
Director General del COCYT



EFECTO DE UN BIOPREPARADO DE *Trichoderma* spp. EN LA MORFOLOGÍA DE PLANTAS DE JITOMATE BAJO INVERNADERO

Luis Alberto Prieto Baeza¹, Rogelio Enrique Palacios Torres¹, Salomé López Mendoza^{1*}, Aldo Guadalupe Bustamante Ortiz¹, Ana Rosa Ramírez Seañez¹, Gabriel López Martínez¹, Manuel Ripoll Carbajal¹, Mario Bravo Castro¹

¹Ingeniería Agrícola Tropical. Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n, Ciudad Universitaria. Loma Bonita Oaxaca, México. C.P. 68400. Tel. 01 (281) 872 9230.

email: lirio38@live.com.mx

RESUMEN

El uso de especies de *Trichoderma* se ha generalizado para el control biológico de enfermedades en las plantas, como lo reportan diversos estudios, sin embargo, otro beneficio que se ha reportado es como estimulador del crecimiento vegetativo, por lo cual el objetivo del presente trabajo de evaluar el efecto estimulante de un biopreparado de “*Trichoderma asperellum* y *T. koningii*” sobre las características morfológicas de plantas de jitomate bajo invernadero, aplicado vía foliar a un intervalo de 15 días a dosis de 4ml L⁻¹. Se evaluaron las características morfológicas de altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de racimos y tasa diaria de crecimiento. Se realizó un análisis de varianza y la comparación de medias mediante la prueba de tukey. Los resultados obtenidos muestran que el efecto de la aplicación del biopreparado causó un efecto bioestimulante en las características morfológicas solo hasta los 48 días después de trasplante, a pesar de las bajas dosis aplicadas, por lo que se concluye que el uso de este biopreparado puede ser una opción sustentable de biofertilización en el cultivo de jitomate, además de tener un efecto benéfico en el control de enfermedades fúngicas.

Palabras clave: Trópico. *Trichoderma asperellum*. *T. Koningii*. Oaxaca.



I REUNIÓN INTERNACIONAL



ITS
San Andrés Tuxtla



ACADEMIA VERACRUZANA DE CIENCIAS

La Academia Veracruzana de Ciencias Agrícolas, Pecuarias,
Forestales, Acuícolas y Pesqueras A.C. y el

Instituto Tecnológico de San Andrés Tuxtla

Otorgan el Presente

RECONOCIMIENTO

A: Prieto Baeza Luis Alberto; Palacios Torres Rogelio Enrique; Bustamante Ortiz Aldo Guadalupe;
Ramírez Seañez Ana Rosa; Rueda Barrientos José Ángel; López Mendoza Salomé

Por su participación como Ponente en la modalidad Oral:

**"RESPUESTA MORFOLÓGICA DE PLANTAS DE JITOMATE BAJO INVERNADERO
A LA APLICACIÓN DE UN BIOPREPARADO DE Trichoderma spp. EN EL TRÓPICO HÚMEDO"**

Realizado del 17 al 20 de Noviembre del 2015 en el marco de la I Reunión Internacional Científica
y Tecnológica, y la XXVIII Reunión Científica y Tecnológica Forestal y Agropecuaria
en la Ciudad de San Andrés Tuxtla, Veracruz.

M.A. JOSE ISABEL BENITEZ GONZALEZ
DIRECTOR DEL ITSSAT

M.C. RAMIRO SANCHEZ URANGA
PRESIDENTE
Academia Veracruzana de Ciencias Agrícolas,
Pecuarias, Forestales, Acuícolas y Pesqueras, A.C.



BCYT 2015-1458

RESPUESTA MORFOLÓGICA DE PLANTAS DE JITOMATE BAJO INVERNADERO A LA APLICACIÓN DE UN BIOPREPARADO DE *Trichoderma* spp. EN EL TRÓPICO HÚMEDO

Prieto-Baeza Luis Alberto¹, Palacios-Torres Rogelio Enrique¹, Bustamante-Ortiz Aldo Guadalupe¹, Ramírez-Seañez Ana Rosa¹, Rueda-Barrientos José Ángel¹, López-Mendoza Salomé¹

¹Ingeniería Agrícola Tropical. Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n, Ciudad Universitaria. Loma Bonita Oaxaca, México. C.P. 68400. Tel. 01 (281) 872 9230. e-mail: luis_isver@hotmail.com, *Ponente y autor para correspondencia.

RESUMEN

Las especies del género *Trichoderma* spp. presentan vida libre en suelos y ecosistemas de raíz y pueden estar presentes en la materia orgánica de los suelos y en residuos de cultivos. El uso de algunas especies de este hongo se ha generalizado para el control biológico de enfermedades en las plantas, así lo reportan diversos estudios. Otro beneficio reportado es como estimulador del crecimiento vegetativo y es ampliamente usado en numerosos cultivos hortícolas y plantas ornamentales. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de un biopreparado de cepas de "*Trichoderma asperellum* y *T. koningii*" colectadas en suelos de la región del Papaloapan, aplicado vía foliar y en drench a un intervalo de 15 días a dosis de 4ml L⁻¹ sobre las características morfológicas en híbridos de jitomate saladette de crecimiento indeterminado producidos bajo condiciones de invernadero en el trópico húmedo de México. Se evaluaron las características morfológicas de altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), número de hojas (NH), número de racimos (NR) y tasa diaria de crecimiento (TDC). Se realizó el análisis de varianza y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Los resultados muestran que el efecto de la aplicación de *Trichoderma*, causó un efecto bioestimulante en las características morfológicas de las plantas de jitomate solo hasta los 48 días después de trasplante, a partir de esta edad, la aplicación dejó de ser relevante en el desarrollo morfológico de las plantas de jitomate, por lo que en base a los resultados se sugiere que el biopreparado de *Trichoderma* utilizado en el experimento solo se aplique en edades tempranas de la planta, ya en etapas más desarrolladas no se presentan cambios en el desarrollo vegetativo.

Palabras claves: Bioestimulante. *Trichoderma asperellum*. *T. Koningii*. Oaxaca. Morfología

INTERCIENCIA

Revista de Ciencia y Tecnología de América / Journal of Science and Technology of the Americas / Revista de Ciência e Tecnologia das Americas

Santiago, 30 de junio de 2015

Dr. Rogelio Enrique Palacios Torres
Profesor Investigador
Universidad del Papaloapan (UNPA)
Campus Loma Bonita
Oaxaca, México

MS 5615

Apreciado Dr. Palacios,

Hemos recibido el trabajo **RENDIMIENTO Y TAMAÑO DE FRUTO DE JITOMATE EN CUATRO SUSTRATOS BAJO INVERNADERO EN EL TRÓPICO** por Prieto Baeza, Luis Alberto; Palacios Torres, Rogelio Enrique; Bustamante Ortiz, Aldo Guadalupe; Rueda Barrientos, José Ángel; López Mendoza, Salomé; Ramírez Seañez, Ana Rosa, el cual será sometido al usual proceso de arbitraje.

Debido a las serias dificultades financieras de la revista nos hemos visto obligados a solicitar una contribución por página publicada. Aunque la publicación de un artículo aceptado no estará supeditada al pago de los costos de publicación por parte de los autores, esperamos que ellos hagan uso de los fondos destinados a este fin en sus subvenciones de investigación o que las instituciones donde prestan sus servicios cubran dichos costos. Tomen en cuenta esto si el trabajo es aceptado para publicar, agradecemos de antemano la contribución que seguramente aportarán.

Atentamente,



Miguel Laufer
Director

RENDIMIENTO Y TAMAÑO DE FRUTO DE JITOMATE EN CUATRO SISTRATOS BAJO INVERNADERO EN EL TRÓPICO

Luis Alberto Prieto Baeza, Rogelio Enrique Palacios Torres*, Aldo Guadalupe Bustamante Ortiz, José Ángel Rueda Barrientos, Salomé López Mendoza, Ana Rosa Ramírez Seañez

* Autor para correspondencia (rogeliopalaci57@hotmail.com)

Resumen

En los últimos años la producción de cultivos bajo condiciones de invernadero, ha tenido un crecimiento acelerado, debido a la demanda creciente de alimentos, la protección que brinda a las plantas de plagas y enfermedades, y a la protección de las condiciones climáticas extremas. Hoy en día estas tecnologías se utilizan incluso en lugares donde se creía inapropiada. El objetivo del presente trabajo fue evaluar cuatro híbridos de jitomate de crecimiento indeterminado: Cid, Juan Diego, Persistente y Ramsés, en cuatro sustratos: arena de río, suelo + grava 1:1, tepezil y tezontle, bajo condiciones de invernadero e hidroponía con el fin de incrementar la información sobre este sistema de producción. En la presente investigación llevada a cabo en Loma Bonita, Oaxaca, México, se encontró que el híbrido con mayor rendimiento fue el Cid, mientras que para el tamaño de fruto, el híbrido con las mejores características fue Persistente. En lo que respecta a los sustratos el que más influyó sobre las variables de rendimiento fue la arena de río, presentando los valores más altos. En tamaño de fruto, ningún sustrato influyó significativamente para esta variable.

Palabras clave: Oaxaca. México. Hidroponía. Híbridos. Indeterminado.

Santiago, 30 de junio de 2015

Dr. Rogelio Enrique Palacios Torres
Profesor Investigador
Universidad del Papaloapan (UNPA)
Campus Loma Bonita
Oaxaca, México

MS 5627

Apreciado Dr. Palacios,

Hemos recibido el trabajo **RESPUESTA MORFOLÓGICA DE HÍBRIDOS DE JITOMATE A CUATRO SUBSTRATOS Y A UN BIOPREPARADO DE *Trichoderma* spp., BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN EL TRÓPICO HÚMEDO** por Prieto Baeza, Luis Alberto; Palacios Torres, Rogelio Enrique; Bustamante Ortiz, Aldo Guadalupe; Rueda Barrientos, José Ángel; Sánchez López, Vladimir; Ramírez Seañez, Ana Rosa; Sánchez Hernández, Miguel Ángel; Bertin Maulillo, Joaquín Torres, el cual será sometido al usual proceso de arbitraje.

Debido a las serias dificultades financieras de la revista nos hemos visto obligados a solicitar una contribución por página publicada. Aunque la publicación de un artículo aceptado no estará sujeta al pago de los costos de publicación por parte de los autores, esperamos que ellos hagan uso de los fondos destinados a este fin en sus subvenciones de investigación o que las instituciones donde prestan sus servicios cubran dichos costos. Tomen en cuenta esto si el trabajo es aceptado para publicar, agradeceremos de antemano la contribución que seguramente aportarán.

Atentamente,



Miguel Laufer
Director

Calle Veracruz, Residencia La Hacienda, Oficina 31-M, Las Mercedes, Apartado Postal 51842, Caracas 1060-A,
Venezuela.

Teléfonos: 58+212+9917525, Fax: 58+212+9923224. e-mail: interciencia@ivtc.ve
www.interciencia.org

**RESPUESTA MORFOLÓGICA DE HÍBRIDOS DE JITOMATE A CUATRO
SUBSTRATOS Y A UN BIOPREPARADO DE *Trichoderma* spp., BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO EN EL TRÓPICO HÚMEDO**

Luis Alberto Prieto Baeza, Rogelio Enrique Palacios Torres*, Aldo Guadalupe Bustamante Ortiz, José Ángel Rueda Barrientos, Vladimir Sánchez López, Ana Rosa Ramírez Seañez, Miguel Ángel Sánchez Hernández, Bertín Maurilio Joaquín Torres.

*Autor para correspondencia: rogeliopalaci57@hotmail.com

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de cuatro sustratos: arena de río, suelo, tepezil y tezontle, así como la aplicación y no aplicación de un biopreparado de *Trichoderma asperellum* y *T. koningii* en las características morfológicas de cuatro híbridos de jitomate saladette de crecimiento indeterminado, bajo condiciones de invernadero en el trópico húmedo de México. Se evaluaron las características morfológicas de altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de racimos y tasa diaria de crecimiento. Los resultados muestran que los híbridos que presentaron mejor comportamiento para altura de planta y tasa diaria de crecimiento fueron Cid y Ramsés, mientras que para diámetro de tallo los mejores híbridos fueron Persistente y Juan Diego. En lo que respecta a los sustratos, el que influyó en las características morfológicas fue la arena de río, pero solo hasta los 48 días después de trasplante, después de esta edad no existieron diferencias significativas. El mismo efecto anterior se observó en la aplicación de *Trichoderma* spp, donde hasta los 48 días después de trasplante el biopreparado causó un efecto bioestimulante en las características morfológicas de las plantas de jitomate.

Palabras claves: Bioestimulante. *Trichoderma asperellum*. *T. koningii*. Oaxaca. Morfología.