

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.**

**POR**

**LEONARDO AGUILAR VELASCO**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA**

**OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.**

**MAYO DE 2017**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.

POR  
LEONARDO AGUILAR VELASCO

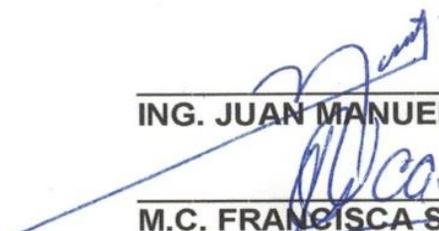
TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

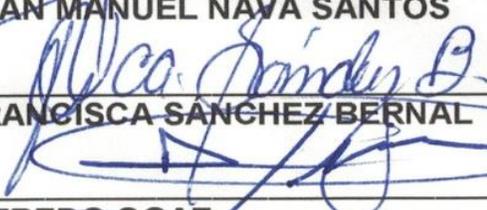
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR

PRESIDENTE:

  
\_\_\_\_\_  
ING. JUAN MANUEL NAVA SANTOS

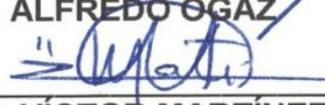
VOCAL:

  
\_\_\_\_\_  
M.C. FRANCISCA SANCHEZ BERNAL

VOCAL:

  
\_\_\_\_\_  
DR. ALFREDO OGAZ

VOCAL SUPLENTE:

  
\_\_\_\_\_  
M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

  
\_\_\_\_\_  
M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERA  
AGRONÓMICAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.

POR  
LEONARDO AGUILAR VELASCO

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

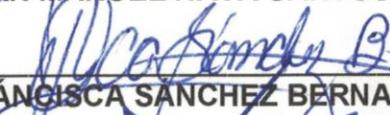
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:

  
\_\_\_\_\_  
ING. JUAN MANUEL NAVA SANTOS

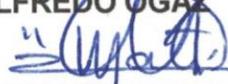
ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
M.C. FRANCISCA SANCHEZ BERNAL

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
DR. ALFREDO OGAZ

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

  
\_\_\_\_\_  
M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS  
AGRONÓMICAS



TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

MAYO DE 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Por darme la oportunidad de vivir, por permitirme llegar a esta etapa de mi vida y darme la oportunidad de tener una vida llena de aprendizajes experiencias y éxito, permitiéndome culminar este importante logro en mi vida.

### **A mis padres**

#### **Caralampio Aguilar López y Cruz Marina Pérez Vázquez**

Por haberse esforzado por darme lo mejor y por todo el apoyo brindado “Les agradezco por siempre confiar en mí, por haberme dado todo su amor y saber corregirme cuando era necesario. Me han enseñado a valorar todo y para mí, son los mejores padres que existen” gracias por haberme dado una gran herencia La Educación brindándome la oportunidad de superarme y obtener una profesión.

### **A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna**

Por ser parte de mi formación como profesionista y darme la oportunidad de conocer a grandes personas, profesores y amigos.

### **A mis asesores**

Mc. Francisca Sánchez Bernal, M.E. Víctor Martínez Cueto, Ing. Juan Manuel Nava Santos, Dr. Alfredo Ogaz. Por permitir formar parte del presente trabajo, por sus enseñanzas, apoyo, conocimiento, paciencia y amistad brindada “Gracias profesores”

## **DEDICATORIAS**

### **A MIS PADRES**

#### **Caralampio Aguilar López y Cruz Marina Pérez Vazquez**

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

### **A MIS PADRINOS Y TIOS**

Jerónimo, Norma, Margarito, Flor, Omar, Armin, Lucia y Ubin

Gracias por sus consejos y apoyo que me brindaron a lo largo de mi formación académica. Quienes me transmitieron sus diversos conocimientos, especialmente del campo y de los temas que corresponde a mi profesión, Siempre serán un modelo a seguir para mí.

### **A MIS HERMANOS**

Maira, Alan, Johnny, Yareli, y William Aguilar

Gracias hermanos son quienes quiero y aprecio con todo mi corazón, donde este siempre estarán presentes, ya que todos aquellos momentos de sufrimiento, alegrías, y diversión con ustedes lo he vivido “gracias por todo”.

### **A VANESSA IVONNE**

Por ser una gran persona quien tuve la fortuna de conocer, la amistad se consigue con simpatía, aunque una gran amistad como la tuya no se consigue cada día, te quiero”

## RESUMEN

El propósito del presente trabajo fue evaluar la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. El estudio se realizó en el invernadero del departamento de Horticultura en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. En este trabajo se evaluó el cultivar de tomate "Rio Grande" utilizando un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y 10 repeticiones, en diferentes combinaciones de sustrato orgánico e inerte quedando de la siguiente manera: T<sub>1</sub> 40% compost + 50% arena +10% perlita, T<sub>2</sub> 30% compost + 60% arena + 10% perlita, T<sub>3</sub> 20% compost + 70% arena + 10% perlita, y T<sub>4</sub> 90% arena + 10% perlita con solución Steiner (Testigo). Las variables evaluadas fueron altura de planta, rendimiento Ton.ha<sup>-1</sup>, peso de racimos, diámetro polar, diámetro ecuatorial, grosor de pulpa y grados Brix. De las variables evaluadas se determinó diferencia estadística significativa entre los tratamientos para Grados brix y Altura de planta, sobresaliendo el T<sub>4</sub> (90% arena + 10% perlita) con solución Steiner, en ambas variables, con un valor de 3.71°Brix y 180.8 cm respectivamente. Para el resto de las variables no se encontró diferencia estadística significativa, sin embargo en los resultados obtenidos el mismo tratamiento 4, mostró los valores numéricos más altos para las variables evaluadas: rendimiento con 21.72 Ton.ha<sup>-1</sup>, peso de racimo con 543 g, y espesor de pulpa con 0.59 cm.

**Palabras clave:** Sustrato, tomate, compost, invernadero, Grados Brix.

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>DEDICATORIAS</b> .....	<b>II</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>III</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>V</b>
<b>INDICE DE APENDICE</b> .....	<b>VI</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
OBJETIVO.....	3
HIPÓTESIS.....	3
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
2.1. Generalidades del tomate.....	4
2.1.1 Origen del tomate.....	4
2.1.2 Taxonomía y morfología.....	5
2.2. Descripción botánica del tomate.....	5
2.2.1 Planta.....	5
2.2.2 Hábitos de crecimiento.....	6
2.2.3 Semilla.....	6
2.2.4 Raíz.....	7
2.2.5 Tallo.....	7
2.2.6 Hojas.....	7
2.2.7 Flor.....	8
2.2.8 Fruto.....	8
2.3. Requerimientos climáticos del tomate.....	8
2.3.1 Temperatura.....	8
2.3.2 Humedad relativa.....	9
2.3.3 Luminosidad.....	9
2.3.4 Radiación.....	10
2.4. Labores culturales.....	10

2.4.1	Producción de plántula.....	10
2.4.2	Trasplante.....	11
2.4.3	Tutoreo.....	11
2.4.4	Poda.....	12
2.4.5	Polinización.....	14
2.4.6	Riego.....	15
2.4.7	Distribución de macetas.....	16
2.5.	Generalidades del invernadero.....	16
2.5.1	Definición de Invernadero.....	16
2.5.2	Características de un invernadero para cultivar tomate.....	17
2.5.3	Claves para obtener éxito en un cultivo bajo invernadero.....	18
2.5.4	Ventajas de producción en un invernadero.....	19
2.5.5	Desventajas de producción en un invernadero.....	20
2.6.	Generalidades de los sustratos.....	21
2.6.1	Definición de sustrato.....	21
2.7.	Clasificación de los sustratos.....	22
2.7.1	Sustratos orgánicos.....	23
2.7.2	El Compost.....	24
2.7.3	Características del compost.....	25
2.7.4	Nutrientes en el compost.....	25
2.7.5	El compost como sustrato.....	26
2.7.6	Propiedades físicas y químicas del compost.....	27
2.7.7	Sustratos inorgánicos.....	28
2.8.	La agricultura orgánica.....	29
2.8.1	Definición de la agricultura orgánica.....	29
2.8.2	La agricultura orgánica nacional e internacional.....	30
2.8.3	Ventajas y desventajas de producción orgánica.....	31
2.8.4	Abonos orgánicos.....	32
2.9.	Plagas.....	33
2.9.1	Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> y <i>Trialeurodes vaporariorum</i> ).....	33
2.9.2	Minador de la hoja ( <i>Liriomyza</i> spp.).....	34
2.9.3	Trips ( <i>Frankliniella occidentalis</i> ).....	35
2.10.	Enfermedades.....	35
2.10.1	Tizón tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> ).....	35
2.10.2	Tizón temprano ( <i>Alternaria solani</i> ).....	36

2.10.3	Moho gris ( <i>Botrytis cinerea</i> ) .....	37
2.11.	Antecedentes de investigación .....	37
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>41</b>
3.1.	Ubicación geográfica de la Comarca Lagunera.....	41
3.2.	Localización del experimento.....	42
3.3.	Características del invernadero.....	42
3.4.	Material genético .....	42
3.5.	Diseño experimental .....	42
3.6.	Siembra en charolas .....	43
3.7.	Llenado de macetas.....	43
3.8.	Trasplante.....	43
3.9.	Riego.....	43
3.10.	Fertilización foliar.....	44
3.11.	Manejo del cultivo.....	44
3.11.1	Tutorado .....	44
3.11.2	Poda de hojas y brotes axilares .....	44
3.11.3	Polinización.....	45
3.11.4	Control de plagas y enfermedades.....	45
3.11.5	Cosecha .....	45
3.12.	Variables evaluadas.....	45
3.12.1	Altura de planta.....	46
3.12.2	Rendimiento Ton.ha <sup>-1</sup> .....	46
3.12.3	Peso de racimo .....	46
3.12.4	Diámetro polar .....	46
3.12.5	Diámetro ecuatorial.....	46
3.12.6	Espesor de pulpa .....	47
3.12.7	Sólidos solubles o Grados Brix.....	47
3.12.8	Análisis estadístico .....	47
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>47</b>
4.1.	Altura de planta.....	47
4.2.	Rendimientos Ton.ha <sup>-1</sup> .....	50
4.3.	Peso de racimo .....	51
4.4.	Diámetro ecuatorial .....	52
4.5.	Diámetro polar .....	53

4.6.	Solidos solubles o Grados Brix.....	54
4.7.	Espesor de pulpa .....	56
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>6.</b>	<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>59</b>
<b>7.</b>	<b>APÉNDICES.....</b>	<b>67</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 2.4</b> Clasificación taxonómica del tomate.....	05
--	----

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 4.1.</b> Altura de planta (cm) resultado de la evaluación de la producción de tomate en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.....	48
<b>Figura 4.1.1.</b> Ecuación de regresión para altura de planta de la producción de tomate en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. ....	49
<b>Figura 4.2.</b> Rendimiento (Ton.ha <sup>-1</sup> ) resultado de la evaluación de la producción de tomate en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.....	50
<b>Figura 4.3.</b> Peso de racimo (cm) resultado de la evaluación de la producción de tomate en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.....	51
<b>Figura 4.4.</b> Diámetro ecuatorial (cm) resultado de la evaluación de la producción de tomate en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.....	52
<b>Figura 4.5.</b> Diámetro polar (cm) resultado de la evaluación de la producción de tomate en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.....	54
<b>Figura 4.6.</b> Sólidos solubles (°Brix) resultado de la evaluación de la producción de tomate en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.....	55
<b>Figura 4.7.</b> Espesor de pulpa (cm) resultado de la evaluación de la producción de tomate en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.....	57

## INDICE DE APENDICE

<b>Cuadro A1.</b> Análisis de varianza para la variable altura de planta en la producción de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.....	68
<b>Cuadro A2.</b> Análisis de varianza para la variable rendimiento en la producción de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.....	68
<b>Cuadro A3.</b> Análisis de varianza para la variable peso de racimo en la producción de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.....	69
<b>Cuadro A4.</b> Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial en la producción de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.....	69
<b>Cuadro A5.</b> Análisis de varianza para la variable diámetro polar en la producción de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.....	70
<b>Cuadro A6.</b> Análisis de varianza para la variable solidos solubles (°Brix) en la producción de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.....	70
<b>Cuadro A7.</b> Análisis de varianza para la variable espesor de pulpa en la producción de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.....	71

## 1. INTRODUCCIÓN

La agricultura protegida ha venido evolucionando, multiplicándose y ganando terreno durante los últimos años. Esto es debido a que representa una mejor respuesta a las demandas y necesidades de los consumidores por productos hortícolas de calidad, sanos, inocuos y disponibles durante todo el año (Díaz *et al.*, 2011).

La producción orgánica ha representado una opción para la generación de este tipo de alimentos, ya que es un método agrícola que no utiliza fertilizantes ni plaguicidas sintéticos (De la Cruz *et al.*, 2009).

Dentro de los sustratos orgánicos, sobresalen la composta y la vermicomposta, debido a que sus procesos de elaboración son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (Claassen y Carey, 2004).

Sin embargo, la composta es un producto con excelentes propiedades como fertilizante y regenerador de suelos, por lo que nos brinda excelentes beneficios al momento de incorporarlos al suelo agrícola (Santos y Raúl, 2013), tales como fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del nitrógeno, fosforo y potasio, mantiene valores de PH óptimos para el crecimiento de las plantas y fomenta la actividad microbiana, siendo un sustrato para cultivo en invernadero que no contamina el ambiente (De la cruz *et al.*, 2009)

El sector de la agricultura orgánica ha experimentado un progreso asombroso en México en los últimos años. De las poco más de 20,000 hectáreas orgánicas cultivadas

en el país a mediados de los noventa, se ha pasado a aproximadamente 400,000 en el año 2008 (Boza, 2010). Por tanto, hoy en día existe creciente interés por utilizar fuentes orgánicas para abonar los suelos, en un intento de regresar los sistemas agrícolas actuales a la producción orgánica. Una alternativa en la Comarca Lagunera sería crear dicho sustrato a partir de estiércol composteado, del cual se producen alrededor de 49 mil toneladas de materia seca mensuales (Luévano y Velásquez, 2001).

El tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), a nivel mundial es la segunda hortaliza de mayor importancia después de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Se cultiva en diversos países, sin embargo, en 2008 más del 70% de la producción se concentró en cuatro países: China (36%), Estados Unidos (14%), Turquía (12%) e India (11%) (SAGARPA, 2010). En 2008, México ocupó el doceavo lugar como país productor con un 3% de la producción mundial, y el segundo lugar como exportador con un 18%. Así, en ese mismo año, el principal productor en México fue el estado de Sinaloa, la producción de jitomate se distribuye a todo lo largo del territorio nacional, siendo así la zona noroeste del país la de mayor importancia para la producción de tomate (SAGARPA, 2010).

## **OBJETIVO**

Identificar el porcentaje de compost en el sustrato que mejore el rendimiento y calidad de fruto de tomate en invernadero.

## **HIPÓTESIS**

Porcentajes elevados de compost en el sustrato incrementan la producción y calidad del tomate.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Generalidades del tomate

#### 2.1.1 Origen del tomate

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile. En la actualidad aun crecen espontáneamente las diversas especies del género en algunas zonas de la región. Además, los españoles y portugueses difundieron el tomate por todo el mundo a través de las colonias ultramarinas (Alcázar y Esquinas, 1981).

La introducción del tomate al continente europeo ocurrió por España, entre 1523, año de la conquista de México. Los primeros tipos cultivados en Europa tenían frutos blandos, con amplia variedad de formas y colores, cambios que fueron realizados por los agricultores primitivos de México. En el siglo XVI e inicios del siglo XVII, el tomate fue cultivado en Europa como ornamental, Esta planta en principio se consideró como venenosa, e incluso se le atribuyeron propiedades afrodisíacas (Jaramillo *et al.*, 2007).

## 2.1.2 Taxonomía y morfología

**Cuadro 2.4.** Clasificación taxonómica del tomate.

<b>Clasificación taxonómica</b>	
<b>Nombre común</b>	Tomate o Jitomate
<b>Nombre científico</b>	<i>Solanum lycopersicum</i> L.
<b>Clase</b>	Dicotyledoneas
<b>Orden</b>	Tubifloras
<b>Familia</b>	Solanaceae
<b>Tribu</b>	Solaneae
<b>Género</b>	<i>Solanum</i>
<b>Especie</b>	<i>lycopersicum</i>

Fuente: (Navarro-Lara, 2011).

## 2.2. Descripción botánica del tomate

### 2.2.1 Planta

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. La planta puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta, o erecta. Según su hábito de crecimiento, se pueden distinguir dos tipos distintos, por lo cual, en variedades determinadas su crecimiento es limitado e ilimitado en las variedades indeterminadas. (Chamarro, 2001).

## **2.2.2 Hábitos de crecimiento**

### **2.2.2.1. Determinadas**

En plantas de cultivares de este tipo es limitado, su crecimiento del tallo principal se interrumpe al momento de finalizar en una inflorescencia sin yema ni hoja que lo prolongue, las plantas determinadas, sin embargo, continúan creciendo convirtiéndose en un arbusto ancho. La mayoría de las plantas de tomates determinadas llegan a medir entre 3 a 5 pies (90 cm a 1,5 m) (Castilla, 2005).

### **2.2.2.2. Indeterminadas**

Cada inflorescencia se alterna con tres hojas, creciendo indefinidamente. Estas plantas no llegan a tener una altura determinada y no producen racimos de flores en su extremo. Producen flores laterales, y continúan produciendo frutos hasta el final de la estación de crecimiento. Generalmente se podan, así que crecen hasta tener entre 1,8 a 2,1 m de altura, para que sean manejables (Castilla, 2005).

## **2.2.3 Semilla**

La semilla del tomate tiene forma lenticular con unas dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión, cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, está constituido, a su vez, por la yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión. La testa o cubierta o cubierta seminal está constituido por un tejido duro e impermeable, recubierto de pelos, que envuelve y protege el embrión y el endospermo (Chamarro, 2001).

#### **2.2.4 Raíz**

El sistema radical del tomate está constituido por la raíz principal, las raíces secundarias y las raíces adventicias. Una sección transversal de la raíz principal pone de manifiesto la existencia de tres zonas claramente diferenciadas: la epidermis, el córtex y el cilindro central o vascular (Chamarro, 2001).

La raíz juega un papel importante en el rendimiento del cultivo y su desarrollo está también asociado a las condiciones físicas del suelo, por lo tanto, suelos porosos y suaves proporcionan raíces vigorosas, mientras que los suelos compactos limitan el desarrollo de la raíz y por ende reducen la absorción de agua, oxígeno y nutrientes (Muños, 2009).

#### **2.2.5 Tallo**

Los tallos son ligeramente angulosos, semileñosos, de grosor mediano y con tricomas (pilosidades), simples y glandulares. Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando las hojas, tallos secundarios e inflorescencias. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (Escalona, 2009).

#### **2.2.6 Hojas**

Las hojas son compuestas e imparipinnadas, con folíolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternada sobre el tallo (Escalona, 2009).

### **2.2.7 Flor**

La flor del tomate es perfecta, Consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo dispuestos de forma helicoidal y de igual número de estambres que se alternan con los pétalos. Los estambres están soldados por las anteras y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y evitan la polinización cruzada. El ovario es bioplurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias denominadas comúnmente como “racimos”,. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas (Escalona, 2009).

### **2.2.8 Fruto**

El fruto del tomate es una baya de forma globular, ovoide o aplastada. En cultivares comerciales, cuyo peso varía según la variedad y condiciones de desarrollo, entre 5 y 500 g. (Chamarro, 2001).

## **2.3. Requerimientos climáticos del tomate**

### **2.3.1 Temperatura**

La temperatura óptima para el desarrollo del tomate se encuentra entre 21°C a 26°C. Por lo que, una descendencia en la temperatura a 15°C detiene la floración, si la temperatura disminuye debajo de los 10°C la planta detendrá su crecimiento. Mientras tanto, si la temperatura asciende a más de 35°C se presentaran problemas con la fotosíntesis ocasionando daños en el área vegetativa como hojas más pequeñas, tallos

más delgados, que ocasionan desprendimiento de ramas y racimos pequeños. Para el crecimiento máximo (producción de materia seca) se obtiene con una temperatura diurna de 24°C y nocturna de 17°C. Estos factores fluctúan en relación con la intensidad de luz, la edad y el balance de agua en la planta (Velasco *et al.*, 2011).

### **2.3.2 Humedad relativa**

La humedad relativa óptima para el desarrollo del tomate oscila entre 60 y 80 %. Un alto porcentaje de húmeda favorece el desarrollo de enfermedades, como consecuencia se presentan una serie de desórdenes que afectan al fruto tales como: agrietamientos, manchas, malformación en los frutos, se dificulta la fecundación del polen y por lo que se presenta una caída de flores.

Por el contrario, una humedad relativa baja puede causar daños al polen disminuyendo el periodo de polinización. Además, se pueden presentar las condiciones favorables para el desarrollo de oídium (Rodríguez *et al.*, 2006).

### **2.3.3 Luminosidad**

La cantidad de radiación global determina la cantidad de azúcares producida en las hojas durante la fotosíntesis. Mientras más alta es la cantidad producida de azúcares, la planta puede soportar más frutas, por lo tanto el rendimiento de tomate puede ser más alto. El tomate es sensible a las condiciones de baja luminosidad, ya que el cultivo requiere un mínimo de 6 horas diarios de luz directa del sol para florecer, sin embargo, ya que el largo del día no es un factor crítico en la producción de tomates, los inventarios se encuentran en un amplio rango de latitudes en el mundo.

Si la intensidad de la radiación solar es demasiado alta, se puede producir partiduras de fruta, golpes de sol, y coloración irregular a la madurez. Un follaje abundante ayudara prevenir la quemadura del sol. Los niveles adecuados de potasio y calcio mantendrán la turgencia y la fortaleza de la célula y así hará que la célula de la planta sea más resistente a la perdida de agua y consecuentemente también a la quemadura del sol (Holwerda *et al.*, 2006).

#### **2.3.4 Radiación**

El jitomate es un cultivo insensible al fotoperiodo, entre 8 a 16 horas, y requiere de una buena iluminación. Iluminaciones limitadas originan reducción en la fotosíntesis neta e implican mayor competencia por los productos asimilados, con incidencia en el desarrollo y en la producción. Valores de radiación total diaria alrededor de 0.85 MJ m<sup>-2</sup> , son los umbrales considerados mínimos para la floración y formación de fruto, siendo preferible mayor iluminación en menor período de tiempo que iluminaciones bajas durante un mayor tiempo (Jasso *et al.*, 2011).

### **2.4. Labores culturales**

#### **2.4.1 Producción de plántula**

Hoy en día el alto costo de la semilla (hibrido ha generalizado el uso de charolas germinadoras o macetillas de plástico rellenas de sustrato para trasplantas con cepellón, los productores deben contar con instalaciones adecuadas ya sea cámaras de germinación o invernadero. El uso sustrato más empleado en las charolas, es una mezcla de turba rubia (80%) y turba negra (20%) enriquecida con fertilizantes (Castilla, 1999).

## **2.4.2 Trasplante**

El establecimiento del cultivo, en este caso el tomate, se realizará cuando se hayan llevado a cabo una serie de preparativos enfocados a iniciar el ciclo de producción en el invernadero con éxito. Tales preparativos como:

Definir la fecha del trasplante, Tener una planta sana y vigorosa con suficiente raíz, preparado del suelo del invernadero bien mullido y húmedo y buscar las condiciones climáticas más favorables del día para realizar el trasplante o durante la tarde (Garza y molina, 2008).

## **2.4.3 Tutoreo**

López (1994) menciona que algunas hortalizas requieren de sostén para desarrollarse adecuadamente, por el peso del fruto y por qué las raíces no crecen igual que en un campo para solucionar dicho problema. El sistema de tutorado consiste en prevenir el contacto de los frutos con el suelo. Por lo que, la práctica de tutoreo es fundamental hacerlo con oportunidad antes de que las plantas se caigan. Normalmente el tutoreo se realiza cada ocho días pero varía según el crecimiento de la planta.

Este labor suele realizarse con hilo de polipropileno (rafia), sujetando de un extremo a la zona basal de la planta (liado, anudado o sujeto mediante anillas) y el otro extremo a un alambre situado por encima de la planta (1.8-2.4 m sobre el suelo). Conforme la planta va creciendo, se ira sujetando al hilo tutor mediante anillas (Paredes, 2009).

#### 2.4.4 Poda

La poda es una práctica agronómica utilizada para obtener plantas equilibradas y vigorosas, y a su vez buscar que los frutos no queden ocultos entre el follaje y mantenerlos aireados y libres de condensaciones. Sin embargo, la poda no debe ser excesiva, ya que los excesos de radiación solar pueden provocar en el fruto el llamado “golpe de sol”, que afecta negativamente la calidad; además, la eliminación de mucha área foliar supone una reducción de la cosecha tanto mayor, cuanto mayor es el nivel de defoliación (Jasso *et al.*, 2007). Dentro de los cuales los más importantes son:

Poda de formación: Esta es la primera poda que se le realiza a la planta en los primeros 25 a 30 días después del trasplante y que define el número de tallos que se van a desarrollar. En el momento de la poda de formación y en ella se eliminan los brotes o chupones que se desarrollan en la base del tallo que están por debajo del primer racimo floral, se pueden trabajar plantas a uno, dos, tres y hasta cuatro tallos (Jaramillo *et al.*, 2007).

Poda de brotes laterales: Esta actividad consiste en la eliminación manual de los brotes que se desarrollan en la base de las axilas de las hojas del tallo principal; se lleva a cabo cuando los brotes alcanzan una longitud de entre 3 y 5 cm, con esta actividad se pretende limitar el número de puntos de crecimiento de la planta, favoreciendo el flujo de fotoasimilados hacia el ápice terminal, el tallo, las raíces y los racimos con frutos (Argerich *et al.*, 2010).

Poda de hojas: Consiste en eliminar hojas maduras y en caso necesario, hojas que todavía están en actividad fotosintética, para facilitar la aireación, disminuir la humedad relativa y mejorar el color de los frutos, esta poda facilita el manejo de los problemas fitosanitarios y permite mayor entrada de luz a la planta. La práctica inicia con la eliminación de las hojas más viejas y preferentemente se deben de eliminar entre dos y tres hojas por semana, por tallo productivo, se realiza en forma manual; o bien, utilizando tijeras previamente desinfectadas con cloro diluido, alcohol, sales cuaternarias de amonio, etc., (Paredes, 2009).

Poda de frutos: El objetivo de este tipo de poda es balancear el crecimiento vegetativo y generativo de la planta, y homogenizar y aumentar el tamaño de los frutos restantes, así como su calidad. Consiste en eliminar frutos inmaduros, mal posicionados, que presenten algún daño o deformidad, tamaño reducido, así como el exceso de frutos en el racimo (Jaramillo *et al.*, 2007).

Poda del ápice o despunte: esta poda permite detener el crecimiento de la planta y se debe realizar una vez que se haya determinado el número de racimos que se requiere producir. Le permite a la planta dirigir buena parte de los nutrientes que estaba usando para crecer hacia los últimos racimos, y por lo tanto se obtienen mejores calibre y peso de frutos. Esta práctica consiste en eliminar la yema terminal en las plantas para que no exista más crecimiento longitudinal, es conveniente dejar de dos a tres hojas arriba del último racimo (Paredes, 2009).

### 2.4.5 Polinización

La polinización consiste en la transferencia del polen de los estambres al pistilo. El polen se transmite principalmente a través del viento y a través de los insectos. La flor del tomate es hermafrodita, lo que quiere decir que la flor tiene los dos sexos y es capaz de autopolinizarse.

El uso de insectos para la polinización básicamente concierne a la utilización de abejorros, un movimiento de la flor es suficiente para hacer que el polen de los estambres caiga sobre el estigma y de esta manera lograr que la flor sea polinizada. Los abejorros son capaces de desarrollar eficientemente esta actividad, colgándose de la flor hacia abajo, mordiendo con sus mandíbulas los estambres para a continuación activar los músculos del vuelo haciendo vibrar la flor y con ello propiciar la caída del polen al pistilo, logrando una buena polinización (Jasso *et al.*, 2007).

La polinización se realiza para ayudar al cuajado de los frutos, esta práctica mejora la calidad y productividad. El objetivo del tomate bajo agricultura protegida se ve limitado por no tener las condiciones óptimas para que la fructificación se desarrolle sin problemas. Dentro de los invernaderos debe optarse por mecanismos que produzcan movimientos de los racimos florales para obtener una buena polinización. Las plantas deben polinizarse por lo menos tres veces a la semana, con el fin de lograr una óptima formación de los frutos. El mejor momento para realizar la polinización es en horas de la mañana, ya que el polen es más viable y su desprendimiento es fácil (Syngenta, 2010).

### 2.4.6 Riego

El riego agrícola como técnica o práctica de producción se puede definir como la aplicación suficiente, oportuna, eficiente y uniforme de agua a un perfil del suelo para reponer el agua que las plantas han consumido durante un tiempo determinado. El propósito del riego es crear un ambiente adecuado en la zona radical para que las plantas rindan la máxima producción. Se considera que un buen riego no es el que “moja” uniformemente la superficie del suelo, sino aquel que moja adecuadamente el perfil del suelo donde se encuentra casi la totalidad de las raíces (Jaramillo *et al.*, 2011).

La cantidad de agua a aplicar al cultivo de tomate dependerá de factores como: las condiciones climáticas del lugar, tipo de suelo, estado de desarrollo del suelo. El primer riego se debe realizar, inmediatamente después de que se trasplantan las plántulas y luego realizar riegos periódicos. Los riegos no deben ser realizados por la tarde, debido a que la evaporación del agua aumenta la humedad relativa dentro del invernadero en las horas de la noche y la madrugada lo que conlleva a problemas de enfermedades en la plantas (Jaramillo *et al.*, 2006).

A la madurez, en los días soleados, de todas maneras, las plantas pueden necesitar hasta 3 cuartos de galón (2,7 litros o 2.700 ml) de agua por planta y por día. Por lo general, 1/2 galón por planta por día es adecuado para un crecimiento completo o casi completo de las plantas.

### **2.4.7 Distribución de macetas**

El marco de plantación se establece en función del porte de la planta, que a su vez dependerá del genotipo comercial a establecer. El más frecuentemente empleado es de 1.5 m entre líneas y 0.5 m entre plantas, aunque cuando se trata de plantas de porte medio es común aumentar la densidad de plantación a dos plantas, las líneas deben ser “pareadas” para poder pasar las plantas de una línea a otra formando una cadena sin fin, dejando los pasillo amplios (Moreno, 2009).

## **2.5. Generalidades del invernadero**

### **2.5.1 Definición de Invernadero**

El cultivo protegido es un sistema agrícola especializado en el cual se lleva a cabo un cierto control en el medio edafoclimático alterando sus condiciones (suelo, temperatura, radiación solar, viento, humedad y composición atmosférica). Mediante estas técnicas de protección se cultivan plantas modificando su entorno natural para prolongar el periodo de recolección, alterar los ciclos convencionales, aumentar los rendimientos y mejorar su calidad, estabilizar las producciones y disponer de productos cuando la producción al aire libre se encuentra limitada (Castilla, 2005).

Jasso *et al.*, (2011) describe a un invernadero como toda aquella estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas, que permitan alcanzar alta productividad, a bajo costo, en menos

tiempo, sin daño ambiental, protegiéndose de las lluvias, granizo, heladas, insectos y excesos de viento que pudieran perjudicar al cultivo

García *et al.*, (2007) cita a Sammonns *et al.*, (2005) la función principal de un invernadero es la de recrear las condiciones más apropiadas para dar vida y generar la reproducción de las plantas de cualquier propósito, ya sean comestibles (como Frutas y verduras), con fines medicinales, o de ornato. Para lograr lo anterior, se necesita simulas condiciones fisicoquímicas optimas de temperatura, bióxido de carbono y humedad entre otras para el adecuado cuidado y crecimiento que requiere dichas plantas.

### **2.5.2 Características de un invernadero para cultivar tomate.**

Jaramillo *et al.*, (2007) menciona algunas características para la producción de tomate bajo invernadero:

- Un invernadero para cultivar tomate debería estar diseñado para soportar carga vertical de 35 kg/m<sup>2</sup>.
- El invernadero debería ser diseñado y autorizado por un ingeniero.
- Los materiales de construcción deben ser durables y resistentes.
- La dirección de los invernaderos debe ser de norte a sur para lograr la máxima penetración de la luz y minimizar el sombrío en las plantas durante el día.
- La altura del tutorado requerida para producir tomate es, como mínimo, de 2,50m.
- La distancia entre invernaderos debe ser, al menos, de 6 metros.
- Los invernaderos deben ser construidos con una pendiente de 0,5 a 1,0% tanto lineal como lateral para el eficiente drenaje de las lluvias.

- Se debe tener una entrada accesible para la circulación del equipo y la remoción y transporte del fruto

### **2.5.3 Claves para obtener éxito en un cultivo bajo invernadero.**

Jaramillo *et al.*, (2007) menciona algunos puntos claves para tener éxito en el cultivo de tomate bajo invernadero.

- Iniciar el cultivo con plántulas de excelente calidad.
- Maximizar la fotosíntesis de las plantas brindando las condiciones ideales de luminosidad, temperatura y humedad.
- Asegurar la calidad y tamaño del fruto mediante adecuada fertilización y poda.
- Eliminar restos vegetales del cultivo anterior y malas hierbas.
- Usar variedades adaptadas a las condiciones agroecológicas de la región.
- Utilizar densidades de siembra adecuadas para conseguir una buena ventilación e iluminación de las plantas.
- Eliminar plantas enfermas o partes de éstas.
- Fertilización equilibrada de acuerdo a las necesidades del cultivo.
- Rotar cultivos.
- Limpiar y desinfectar las herramientas de trabajo.
- Limpiar y desinfectar el invernadero, si es posible, antes de iniciar un nuevo ciclo.
- Evitar el exceso de humedad con una ventilación adecuada.
- Aplicar principio de manejo integrado de plagas y enfermedades, combinando métodos culturales, físicos, biológicos y químicos.
- Controlar costos de producción.

#### 2.5.4 Ventajas de producción en un invernadero.

Según Jaramillo *et al.*, (2007) las ventajas de producción en un invernadero son:

- Protección contra condiciones climáticas extremas: Permite un control contra las lluvias, granizadas, bajas temperaturas, vientos, tempestades y presencia de rocío en los cultivos.
- Control sobre otros factores climáticos: La siembra bajo invernadero permite realizar un control de factores como calentamiento, enfriamiento, sombrío, enriquecimiento con CO<sub>2</sub> y aplicación de agua.
- Mejor calidad de la cosecha: Dentro de un ambiente protegido, las condiciones de producción favorecen la obtención de productos sanos, similares en forma y tamaño, con madurez uniforme, más sabrosos y con excelente presentación, características que estimulan sensiblemente el consumo.
- Obtención de cosechas fuera de época: Cultivar bajo invernadero hace posible producir durante todo el año, independientemente de las condiciones climáticas externas.
- Preservación de la estructura del suelo: El suelo permanece bien estructurado y firme, no sufre las consecuencias de la erosión a causa de las lluvias y el viento, y disminuye el lavado de nutrientes dentro del perfil del suelo, por tanto las plantas obtienen mayor disponibilidad de los mismos, lo que se refleja en mayor productividad por unidad de área.
- Siembra de materiales seleccionados: En los países de agricultura avanzada, el mejoramiento genético desarrolló materiales de alto rendimiento que

exigen condiciones especiales, y su producción sólo es viable bajo condiciones de invernadero.

➤ Aumento considerable de la producción: Estimula a los productores para aplicar esta técnica de producción, una planta expuesta a diferentes factores favorables bajo invernadero, produce de tres a cuatro veces más, aun en épocas críticas, que los cultivos desarrollados a campo abierto en condiciones normales.

➤ Ahorro en costos de producción: Existe un ahorro en los costos, pues se aumenta la producción por unidad de área, se incrementa la eficiencia de los insumos agrícolas, disminuye el número de insumos aplicados y hay mayor comodidad en la realización oportuna de las labores.

➤ Disminución en la utilización de plaguicidas: Dentro de un invernadero es posible utilizar mallas y cubiertas para evitar la entrada de insectos y plagas, igualmente las áreas cubiertas facilitan la práctica del monitoreo y muestreo para determinar la presencia de insectos y de enfermedades, lo que permite disminuir el número de aplicaciones.

➤ Aprovechamiento más eficiente del área de cultivo: En un invernadero se puede utilizar más eficientemente el área del cultivo, ya que se pueden sembrar más plantas por metro cuadrado.

### **2.5.5 Desventajas de producción en un invernadero**

Jaramillo *et al.*, (2007) menciona algunos inconvenientes que se debe tener en cuenta antes de construir o comprar un invernadero y así estar preparado para enfrentar o minimizar los efectos negativos, estos son:

**Inversión inicial alta:** Representa una inversión relativamente alta que, en la actualidad, sólo se justifica para cultivos altamente redituables como las hortalizas, frutales y especies ornamentales.

**Requiere personal especializado:** Es necesario tener personal capacitado en las diferentes labores del cultivo, manejo del clima y la fertirrigación.

**Supervisión permanente:** El cultivo requiere monitoreo constante de las condiciones ambientales dentro del invernadero para un mejor control de plagas y enfermedades y del desarrollo productivo.

**Altos costos de producción:** Se refiere a los gastos de operación, algunos de los costos de insumos, como semillas y fertilizantes, son más altos que los mismos productos utilizados en cultivos a campo abierto en la misma superficie.

**Alto riesgo de propagación de enfermedades y plagas.** Así como los invernaderos propician condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos, también aportan las condiciones ideales para la proliferación de enfermedades y el desarrollo de plagas que, de no controlarse, pueden acabar con la producción y hacer fracasar la empresa.

## **2.6. Generalidades de los sustratos**

### **2.6.1 Definición de sustrato**

El cultivo bajo invernadero requiere de ciertas condiciones y medio para llevarse a cabo. Uno de los principales factores que determinan el éxito es el sustrato o medio de crecimiento (Ortega *et al.*, 2010).

Cruz *et al.*, (2012) señala que sustrato es cualquier medio que se utilice para el cultivo de plantas en contenedores, donde se entiende por contenedor cualquier recipiente que tenga altura limitada.

Según Castellanos (2009) los sustratos que más comúnmente se usan en la horticultura protegida en los sistemas de cultivo sin suelo son: tezontle, perlita, arena, lana de roca, fibra de coco, tepetzil, tepojal y pumacita.

En general, se puede resumir que un sustrato para el cultivo de plantas es todo material que puede proporcionar anclaje, oxígeno y agua suficiente para el óptimo desarrollo de las mismas, o en su caso nutrimentos, requerimientos que pueden cubrirse con un solo material o en combinación con otros, los cuales deberán ser colocados en un contenedor (Cruz *et al.*, 2012).

## **2.7. Clasificación de los sustratos**

Desde el punto de vista de su utilización hortícola, los sustratos pueden clasificarse en orgánicos e inorgánicos o minerales.

Los sustratos orgánicos pueden ser de origen natural (turbas) o sintético (espumas de poliuretano). Incluyendo también a diversos subproductos de origen natural (aserrín, fibra de coco, residuos de corcho etc.) los sustratos minerales pueden ser de origen natural (arena, grava, etc.) o transformados artificialmente (lana de roca, perlita etc.) incluyendo en este grupo diversos subproductos industriales (Castilla, 2005).

El uso de los sustratos en la agricultura es común en cultivos intensivos, especialmente en invernaderos, teniendo como ventajas principales que permite el control y monitoreo sobre el riego y la fertilización, adelanto de la cosecha, incremento en calidad de fruto y reducción de riesgos por enfermedades y plagas. En México hay una amplia variedad de materiales que se emplean como sustratos (polvo de coco, tezontle, perlita, pumacita, tepezil, compost, turba, corteza de pepino, cascarilla de arroz, humus de lombriz entre otros); sin embargo, se le ha dado poca importancia a su caracterización la cual desempeña un papel clave en el manejo agronómico del cultivo (Vargas *et al.* 2008).

### **2.7.1 Sustratos orgánicos**

En los sistemas orgánicos de producción certificada, la normatividad menciona que deben transcurrir de tres a cinco años, sin aplicación de agroquímicos incluyendo fertilizantes sintéticos; razón por la cual, el productor convencional, no intenta ingresar al sistema de producción orgánica, ya que además de la disminución de rendimientos, aun no se obtiene el sobre precio por concepto orgánico (Márquez *et al.* 2008).

Los sustratos orgánicos se caracterizan por sus componentes principales como: materia orgánica que la acompaña una serie de organismos y microorganismos activos que benefician a la planta, además de contar con una cantidad de nutrimentos muy elevada como: N, P, K, Ca, etc. Estos se encuentran libre de patógenos, sin mal olor y diferente material original, estos abonos se realizan por procesos aerobios y anaerobios, el proceso aerobio requiere oxígeno lo cual se proporciona por aeración y/o mezcla ya que los microorganismos presentes de este tipo de procesos son aerobios o anaerobios

facultativos; mientras que en el proceso anaeróbico sus poblaciones son anaerobias o anaerobias facultativas (Melgarejo y Ballesteros, 1997).

Dentro de estos sustratos destacan:

La cascarilla de arroz: Es un sustrato utilizado para mezcla fundamentalmente, ya que este es muy liviano y su capacidad de retención de humedad es baja, con un 40%, ya mezclado, (HYDRO ENVIRONMENT, 2015).

Turba: Se define como la forma disgregada de la vegetación de un pantano descompuesta de modo incompleto a causa del exceso de agua y la falta de oxígeno, y se va depositando con el transcurso del tiempo. (Ballester-Olmos, 1992).

Fibra de coco: Es el producto resultante del compostaje de la corteza de coco, constituye un excelente sustrato por su capacidad de retención de humedad, ofreciendo grandes ventajas para la mezcla con otros sustratos (García *et al.*, 2001).

### **2.7.2 El Compost**

La composta es un abono orgánico que se forma por la degradación microbiana de materiales acomodados en capas y sometidos a un proceso de descomposición; los microorganismos que llevan a cabo la descomposición o mineralización de los materiales ocurren de manera natural en el ambiente; el método para producir este tipo de abono es económico y fácil de implementar. (Torres, 2007).

Esté consta de una fase alta de degradación y una de maduración; la primera, se caracteriza por la acción de los microorganismos sobre las sustancias de menor

complejidad y la segunda, por la transformación de los componentes recalcitrantes en sustancias húmicas que mejoran la calidad del suelo (Venegas *et al.*, 2005).

Las normas orgánicas señalan como requisito para el uso del estiércol, que este debe de pasar por un proceso de compostaje. El compost obtenido tiene algunas ventajas sobre otros abonos orgánicos. Por ejemplo, respecto a su tasa de liberación de nutrientes, se ha reportado que del 70 al 80 % de fósforo, 80 al 90% de potasio, y 11% del nitrógeno quedan disponibles para la planta (Márquez *et al.*, 2013).

### **2.7.3 Características del compost**

La composta, es un abono orgánico que aporta nutrientes y mejora la estructura del suelo. para elaborar composta se puede usar prácticamente cualquier material, defiriendo únicamente en el tiempo de descomposición; es decir, compostear es someter a la materia a un proceso de transformación biológica en el que millones de microorganismos actúan sin cesar para así obtener nuestro propio abono natural “el compost” (Anónimo, 2004).

### **2.7.4 Nutrientes en el compost**

Los principales nutrientes que las plantas requieren las plantas son: N, P, K; por lo tanto todo producto que se venda como abono debe estar respaldado por un análisis de estos elementos. Las plantas requieren también un buen abastecimiento de materia orgánica para obtener cantidades suplementarias de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, cobre, zinc, boro y molibdeno. Existen otros ocho elementos necesarios para las plantas, que solo en condiciones ideales se encuentran originalmente entre los minerales del

suelo. Un análisis de laboratorio para determinar la aplicación de abonos no siempre contempla las necesidades reales del sistema suelo-planta (Moreno, 2009).

El compost es el fertilizante orgánico por excelencia, contiene del 70 al 80 % de fósforo y del 80 al 90% de potasio, estos elementos están disponibles el primer año. En caso del nitrógeno, debido a que todo es orgánico, se tiene que transformar a formas iónicas para poder ser asimilado por la plantas, con una tasa de mineralización alrededor del 11% (Rosem y Bierman, 2005) citado por (Moreno, 2009).

### **2.7.5 El compost como sustrato**

El uso del compost como sustrato o componente de sustratos ha sido objeto de un excelente trabajo, en el que se analizan los principales factores limitantes y se efectúan unas recomendaciones genéricas, planteándose alternativas de futuro que permitan obtener compost de calidad, con unas propiedades adecuadas para su empleo como sustrato o componente de sustratos de cultivo. El grado de madurez del compost es, juntamente con la salinidad, una de las características más importantes que condicionan la promoción del compost de biorresiduos, ya que los compost frescos, no suficientemente maduros, presentan fitotoxicidad residual, que puede afectar negativamente a la fisiología de las raíces y las plantas. (Ansorena *et al.*, 2008).

De la cruz *et al.*, (2009) señala que los beneficios de los abonos orgánicos son evidentes, la composta ha mejorado las características de los suelo, tales como fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del nitrógeno, fósforo y potasio, mantiene valores de PH óptimos para el crecimiento de las plantas y fomenta la actividad microbiana, siendo un sustrato para cultivo en invernadero que no contamina el ambiente.

### 2.7.6 Propiedades físicas y químicas del compost

De acuerdo con Moreno y Morales (2007) las propiedades físicas del compost son las siguientes:

- **Granulometría:** La granulometría o la distribución porcentual del tamaño de las partículas es de utilidad para conocer el grado de descomposición del material y determinar sus posibles usos en agricultura y jardinería.
- **Porosidad:** La porosidad o el espacio poroso total es el volumen total del material no ocupado por partículas orgánicas ni minerales. Un nivel adecuado de porosidad es aquel que se sitúa por encima del 80% en volumen.
- **Contenido en inertes:** El compost se produce a partir de materiales residuales que no siempre están libres de materiales inertes considerados como inertes o impurezas, sin embargo, dichas impurezas pueden ser plásticos y vidrios. El contenido máximo de impurezas en la compost es de un 3% de tamaño superior a 2 mm.
- **Densidad aparente:** Describe un método experimental para propiedades físicas de mejoradores del suelo y los sustratos de cultivo. La densidad aparente compactada de elaboración es una determinación previa y necesaria de la muestra para realizar extractos acuosos volumen/volumen para la caracterización de química de los materiales.
- **Humedad:** El contenido de humedad de un compost es función de su naturaleza, del proceso y las condiciones de almacenamiento. Se expresa como el contenido en agua con relación al peso seco (g de agua/100 g de peso seco).

## Propiedades químicas

- PH: Este parámetro ha sido considerado en numerosas ocasiones como indicativo de la evolución del proceso de compostaje. El PH desciende inicialmente como consecuencia de la formación de ácidos orgánicos de bajo peso molecular y a medida que el proceso avanza, el valor de PH va aumentando gradualmente hasta valores constantes que oscilarán entre 6,5 y 8,5 dependiendo del material.
- Conductividad eléctrica: Es un excelente indicador de la presencia de sales solubles que existen en el compost. Los altos contenidos de sales pueden repercutir directamente en la germinación de las semillas y en el desarrollo general del cultivo, todo dependiendo de la tolerancia de los cultivos a la salinidad, del tipo de suelo y de las pautas de riego.
- Contenidos de carbono orgánico total y relación C/N: La concentración de carbono orgánico total de un compost es un indicador de su concentración en materia orgánica y por tanto un índice de calidad del compost. La relación C/N se usa tradicionalmente como índice para determinar la madurez y estabilidad de la materia orgánica.
- Capacidad de intercambio catiónico: Definida como la suma de cationes que pueden ser adsorbido por unidad de peso de compost, refleja los cationes que están disponible para la planta y que no son lixiviados por efecto del riego.

### 2.7.7 Sustratos inorgánicos

Son aquellos que no reaccionan con el agua o fertilizante, de manera que no le proporcionan nutrientes a la plantas, además, no intervienen en procesos como la

absorción y fijación de los nutrientes, por otro lado, actúan como soporte de la planta, retención de agua y aire. Algunos sustratos inertes son: arena, vermiculita, perlita etc. (INFOAGRO, 2007).

Entre ellos se pueden encontrar:

**Arena:** La arena de río es un material muy empleado con excelentes condiciones ya que su granulometría más adecuada oscila entre 0,5 y 2 mm de diámetro, Su capacidad de retención del agua es media (20 % del peso y más del 35 % del volumen); su capacidad de aireación disminuye con el tiempo a causa de la compactación, su uso es bastante frecuente en mezcla con turba, como sustrato de enraizamiento y de cultivo en contenedores, además este material es usado en gran superficie de cultivo bajo condiciones protegida o hidroponía (INFOAGRO, 2007).

**Vermiculita:** La vermiculita es un material constituido químicamente por magnesio, aluminio, hierro y silicio. Cuando se somete a una temperatura de 1000°C, su estructura se modifica, expandiéndose en capas parecidas a la espuma (Samperio-Ruiz, 2004).

**Perlita:** Es un material silicio de origen volcánico y tiene la capacidad de absorber de 3 a 4 veces su peso en agua, carece de capacidad de tapón y de intercambio catiónico, no obstante es útil para incrementar la aireación (Ortega-Martínez, 2010).

## **2.8. La agricultura orgánica**

### **2.8.1 Definición de la agricultura orgánica**

La demanda de productos sanamente va en aumento en el mundo, consecuentemente la agricultura orgánica como práctica que permite la garantía al consumidor de un producto sano también va en aumento. La principal característica de este tipo de agricultura es el uso de insumos de origen natural para cubrir los requerimientos nutricionales y aquellos que van destinados al control de plagas y enfermedades de los cultivos (Nieto *et al.*, 2010).

La producción orgánica se puede definir como un sistema de producción que fomenta y realiza prácticas saludables y de menor impacto ambiental en los agroecosistemas, ya que utiliza insumos naturales y prácticas especiales, como la aplicación de compostas y abonos verdes; control biológico, asociación y rotación de cultivos, uso de repelentes y fungicidas a base de plantas y minerales (CONAP, 2009).

## **2.8.2 La agricultura orgánica nacional e internacional**

En México la superficie destinada al cultivo de alimentos orgánicos representa el 2.3 por ciento de los 21.7 millones de hectáreas que representan la frontera agrícola. Los productos orgánicos mexicanos son aceptados en el ámbito internacional porque cumplen con los estándares establecidos en materia de inocuidad y se obtiene bajo el método de la conservación del medio ambiente. Cabe señalar que los principales estados productores de orgánicos son Chiapas, Oaxaca, Querétaro, Guerrero, Tabasco, Sinaloa, Michoacán y Jalisco, entidades en las que recae la mayor producción nacional.

El consumo de productos orgánicos en el mundo se encuentra principalmente en países como Alemania, Francia, Reino Unido, Países Bajos, Suiza, Suecia, Dinamarca,

Austria y Estados Unidos. México, agregó que obtiene más de 70 millones de dólares anuales por concepto de exportaciones de dichos productos. (SAGARPA, 2009).

El término agricultura orgánica describe sistemas alternativos de producción agrícolas, y es considerado sinónimo de agricultura biológica, ecológica, o alternativa, aunque los cuatro términos enfatizan aspectos diferentes. La agricultura orgánica es un sistema global de gestión de la producción que fomenta la salud de los agroecosistemas, la diversidad biológica, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo. Esto se consigue aplicando, en forma armónica, métodos agronómicos, biológico y mecánicos, en contra posición a la utilización de materiales sintéticos, para desempeñar cualquier función específica dentro del sistema. Estos sistemas parten de la fertilidad del suelo como base para una buena producción, respetando las exigencias y capacidades naturales de las plantas, los animales y el paisaje, busca optimizar la calidad de la agricultura y el medio ambiente en todos sus aspectos. (Céspedes, 2005).

### **2.8.3 Ventajas y desventajas de producción orgánica**

SAGARPA (2014) señala algunas de las ventajas y desventajas en la producción orgánica.

Ventajas:

- ❖ Producción sin utilización de agroquímicos
- ❖ Conservación de la fertilidad del suelo
- ❖ Uso sostenible del suelo y otros recursos

- ❖ Amigable con el medio ambiente
- ❖ Uso de conocimientos tradicionales
- ❖ Uso de policultivos
- ❖ Proceso producción auto-sostenible

Desventajas:

- ❖ Tecnología y asistencia técnica limitada
- ❖ Baja disponibilidad de insumos orgánicos
- ❖ Dificultad en garantizar el cumplimiento de métodos orgánicos
- ❖ Certificación obligatoria y costosa
- ❖ Mercados limitados con altas exigencias
- ❖ Procesos de reconversión largo y costoso
- ❖ Difícil renunciar a insumos químicos y a la reducción del uso de maquinaria.

#### **2.8.4 Abonos orgánicos**

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad. Además, el valor de la materia orgánica que contiene ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Dimas *et al.*, 2001).

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos; el suelo, con la descomposición de estos abonos, se ve enriquecido con carbono orgánico y mejora sus características físicas, químicas y biológicas. (SAGARPA, 2008).

Dentro de los abonos orgánicos, sobresalen el compost y la vermicompost debido a que sus procesos de elaboración, son de métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (De la cruz *et al.*, 2009).

## **2.9. Plagas**

### **2.9.1 Mosca blanca (*Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*)**

Bayer de México (2012) señala la descripción de mosquita blanca: plaga chupadora forma colonias en el reverso de las hojas. Adulto de color blanco (1-1.5 mm) con las alas en tejado (*Bemisia*) o aplanadas (*Trialeurodes*). Huevecillos amarillos (0.2 mm). Ninfas amarillo-verdoso (hasta 0.7 mm), como escamas, que pasan por cuatro estadios.

**Daños:** Merma el rendimiento y la calidad de los frutos. La fumagina que recubre sus secreciones afecta la fotosíntesis y mancha los frutos. Transmite graves enfermedades (geminivirus) como el virus del rizado amarillo del tomate (TYLCV).

**Manejo:** El manejo de la mosca blanca requiere un programa integrado que se enfoque en la prevención y se base en la integración del control biológico cuando éste

sea posible. Algunos ejemplos de manejo integrado son la colocación de mallas en las bandas de los invernaderos; limpieza de malezas y tejidos de cultivos muertos, y la colocación de trampas amarillas. Se puede hacer una aplicación preventiva al trasplante con un producto que contenga aceite de soya, así como extracto de ajo o canela (productos naturales). El tratamiento se repite cada 21 días. (Productores de hortalizas, 2006).

### **2.9.2 Minador de la hoja (*Liriomyza* spp).**

Existen varias especies de minadores de hojas que pertenecen al orden Díptera de la familia Agromyzidae, entre las que se encuentran: *Liriomyza munda*, *L. trifoli*, *L. pictellay*, *L. Sativa*. Los adultos miden aproximadamente de 2 a 3 milímetros de longitud, son de color negro brillante y se distinguen porque la región posterior de la cabeza es de color negro, el tercer segmento de la antena es pequeño, redondo, amarillo y pubescente, la parte dorsal del protórax y mesotórax es de color negro, metotórax amarillo; el abdomen ventralmente es de color amarillo. El ciclo de vida de huevo a adulto requiere de tres semanas bajo condiciones favorables de temperatura y humedad. La larva nace a los 4 días después de haber sido depositado el huevo y completa su desarrollo en un lapso de 10 días.

Control. La eliminación programada del follaje mediante la poda del cultivo de tomate durante su desarrollo, disminuye significativamente la infestación de las larvas de minador de la hoja, pulgones y ninfas de mosca blanca, para ello las hojas eliminadas se colectan en bolsas de plástico y se destruyen. Se utilizan trampas amarillas para detectar la presencia de esta plaga. Para el control biológico se recomienda utilizar las avispas

*Diglyphus* sp. y *Ophiuss* sp. y *Chrysonotomyia* sp. Para el control químico se recomienda la aplicación de los insecticidas llamados de nueva generación: Cyromazina (Trigard) y la abamectina (Agrimec). La Cyromazina ha demostrado ser efectiva contra larvas de minador de la hoja y segura para la fauna benéfica. (López y Gastélum, 2003).

### **2.9.3 Trips (*Frankliniella occidentalis*).**

Según Bayer de México (2012) los trips son insectos raspador-chupador que viven en colonias principalmente en colonias y las flores. Los adultos son alargados (1-2 mm) con cuatro alas delgadísimas y cerdas largas para sostenerse en el vuelo. Ninfas amarillentas, parecidas a los adultos pero sin alas.

Biología: La hembra inserta sus huevecillos en tejidos tiernos. Las ninfas pasan por 3 estadios ninfales; en el último, la ninfa permanece inactiva (pseudopupa). La duración de su ciclo biológico es de 10-21 días con varias generaciones anuales.

Daños: Deforma y deshidrata las hojas ocasionando el detenimiento de las plantas jóvenes. Afecta también la calidad de los frutos. Transmite el virus de la marchitez manchada del tomate (TSWV), enfermedad muy grave.

## **2.10. Enfermedades**

### **2.10.1 Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)**

Causado por *Phytophthora infestans*. Las esporas se transportan a largas distancias por viento y lluvia. Las condiciones de humedad y frío favorecen su desarrollo, el cual puede incrementarse al utilizar riego por aspersión.

Síntomas y daño al cultivo: Puede afectar y destruir hojas, ramas y frutos. Usualmente el primer síntoma es el doblamiento hacia abajo del pecíolo de las hojas infectadas. Aparecen manchas irregulares verdosas y acuosas en hojas, pecíolos y tallos, las cuales se agrandan para formar lesiones rojizo-oscuros que pueden rodear los tallos y matar el follaje en el extremo de las ramas. Los síntomas aparecen en los frutos al caer las esporas del hongo en los hombros del mismo. Las lesiones en el fruto tienen un aspecto grasoso.

Manejo: No se debe sembrar en suelos donde previamente se había cultivado papa. Las aplicaciones de fungicidas pueden ser efectivas. Para combatir las cepas más exóticas y agresivas de *P. infestans*, es necesario emplear variedades más resistentes o utilizar más intensivamente los fungicidas (Productores de hortalizas, 2006).

### **2.10.2 Tizón temprano (*Alternaria solani*)**

El causante es el hongo *Alternaria solani*, aparece en el follaje más viejo, formando áreas necróticas irregulares. En las hojas, se desarrollan manchas circulares a ovaladas café oscuro. En muchos casos poseen una aureola amarilla. El hongo es más activo a temperaturas suaves o templadas y tiempo lluvioso. Es más severo en plantas afectadas por nematodos o deficiencia de nitrógeno.

Síntomas y daño al cultivo: Las manchas se agrandan y destruyen las hojas, exponiendo el fruto al sol. El fruto infectado tiene consistencia de cuero y se cubre de esporas negras. El hongo puede sobrevivir en suelo y residuos de cosecha infestada o malezas. Puede provenir de semilla contaminada y ser transportado por viento, agua, insectos, trabajadores y equipo de campo. Las esporas que se depositan en las plantas de tomate germinan e infectan a las hojas cuando están mojadas. (Productores de hortalizas, 2006).

### **2.10.3 Moho gris (*Botrytis cinerea*)**

*Botrytis cinerea*, aparece como una mancha morrón claro o amarillenta hacia el final del cáliz y a los pocos días cubre de un moho gris, de apariencia polvorosa, toda la superficie de la fruta. Este patógeno es capaz de afectar el 95% de los frutos después de 48 horas de cosechados.

Una posible alternativa no química para el combate de esta enfermedad es el uso del biocontrolador *gliocladium roseum*, un Hyphomycete que es conocido por colonizar como un parasito no patógeno al hospedero y que ha sido probado con éxito como agente biocontrolador de *Botrytis cinerea* en fresa, semillas de conífera, begonia, geranio, rosa, pepino, tomate, y pimienta. Demostró ser igual o más efectivo para el combate del patógeno mencionado que los tratamientos fungicidas (Chávez *et al.*, 2004).

## **2.11. Antecedentes de investigación**

Márquez *et al.*, (2013) evaluó el efecto de varios tratamientos de fertilización en la producción orgánica de tomate en invernadero. Los tratamientos de fertilización se establecieron mezclados con un sustrato base. Dicho sustrato consistió de una mezcla de 50% de composta más 50% de arena de río, en macetas de 20 L. El diseño experimental fue completamente al azar con cinco repeticiones en un arreglo factorial 5x2, donde los factores A y B fueron: a) tratamientos de fertilización y b) genotipos. Dentro de los resultados encontrados no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos (Bosky y Big Beef) que fueron comparados.

Anzures (2007) el objetivo fue evaluar el té de compost en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero para comparar el rendimiento y calidad del mismo con la fertilización orgánica e inorgánica, de igual forma obtener qué tipo de compost es mejor, si la normal o la que contiene yeso y, dependiendo a los resultados dar una recomendación de cuál es la mejor alternativa tanto de fertilización como en tipo de compost que ayude a, si ya no a mejorar, al menos a no seguir deteriorando el ambiente. Los tratamientos evaluados fueron mezclas de 1:1 de arena con cada una de las compost (normal y con yeso), con una repetición de cada una de ellas para las tres fertilizaciones (te, orgánica e inorgánica). En cuanto a los resultados de acuerdo a las ecuaciones de regresión, se observa que el tratamiento que obtuvo una mayor altura, mayor número de nudos y fue más precoz a la floración al fertilizante de manera orgánica y teniendo como sustrato la compost normal.

Alcántara (2014) evaluó el rendimiento y calidad de frutos del cultivo de tomate desarrollado con diferentes mezclas de compost, arena y perlita utilizados como medio de crecimiento bajo condiciones de invernadero. En las instalaciones de la UAAAN UL.

Utilizando el Híbrido: Moctezuma F1 con un diseño experimental de bloques al azar con dos repeticiones con 16 submuestras en cada repetición por tratamiento los cuales fueron tres y consistieron en diferentes combinaciones de sustrato orgánico e inerte los cuales fueron los siguientes: tratamiento 1; S1 consistió en arena 50% + perlita 30% + compost 20 % con una fertilización orgánica de té de compost, tratamiento 2; S2 arena 50% + perlita 15% + compost 35 % con una fertilización orgánica de té de compost y tratamiento 2; S3 arena al 100% con una fertilización inorgánica siendo este el testigo. Las variables evaluadas fueron: rendimiento total, peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, espesor de pulpa, números de lóculos y sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix). Las variables evaluadas no reportaron diferencia estadística significativa, sin embargo, en la comparación de medias se registraron rendimientos en el tratamiento S2 a base de arena 50% + perlita 15% + compost 35% el cual obtuvo el mayor rendimiento con 61.933 ton.ha<sup>-1</sup> en cambio S1 a base de arena 50% + perlita 30% + compost 20% presentó el menor rendimiento con 51.058 ton.ha<sup>-1</sup>. En las variables de calidad de fruto el tratamiento 2 manifestó los mejores valores en la mayoría de las variables evaluadas obteniendo mejor calidad de fruto. Lo anterior demostró que es posible la producción orgánica de tomate bajo sustratos orgánicos.

Morales I. (2015) el propósito de esta investigación fue conocer el comportamiento de tomate tipo saladette producido en sustratos orgánicos en invernadero. Se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos de diez repeticiones, cada repetición lo conforma una maceta. Los sustratos evaluados fueron: T1 (30% compost, 60% arena y 10% perlita); T2 (20% compost, 70% arena y 10%perlita) y T3 (10% compost, 80% arena y un 10% de perlita). Las variables evaluadas fueron peso de racimo, diámetro

polar, diámetro ecuatorial, grados Brix y grosor de pulpa. No se encontró diferencia estadística entre tratamientos para las variables peso de racimo, diámetro polar y grosor de pulpa, sin embargo los resultados obtenidos muestran que el T1 (30% compost, 60% arena y 10% perlita) obtuvo los mayores valores numéricos para estas variables; peso de racimo con 475.5 g, diámetro polar con 5.4 cm, y grosor de pulpa con 0.60 cm. Respecto a la variable grados Brix, se encontró diferencia estadística significativa entre tratamientos, en la cual sobresale el tratamiento 1 (30% compost, 60% arena y 10% perlita) con 3.7° Brix.

De la Cruz *et al.*, (2009) el objetivo del estudio fue evaluar sustratos elaborados con mezclas entre compostas y vermicompostas con arena, a diferentes niveles, bajo condiciones de invernadero. El híbrido SUN-7705 de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) fue analizado en cuatro sustratos, los cuales fueron compostas y vermicompostas mezcladas en tres diferentes proporciones (100, 75 y 50 %). Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4x3 con cinco repeticiones. El mayor rendimiento promedio (39.811 t ha<sup>-1</sup>) se obtuvo con la composta generada por la descomposición de estiércol bovino, rastrojo de maíz (*Zea mays* L.), zacate elefante (*Pennisetum purpureum* Schumacher) y tierra negra (CEMZT) al 75 % + arena y la vermicomposta de estiércol, pasto bahía (*Paspalum notatum* Flüggé) y tierra negra (VEPT) al 100 y 50 % + arena. Este rendimiento resultó mayor al registrado en producciones de tomate orgánico en campo, sin afectar la calidad de los frutos.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación geográfica de la Comarca Lagunera**

La Comarca Lagunera se localiza entre los paralelos ( $25^{\circ} 05'$  y  $26^{\circ} 54'$  N) y los meridianos ( $101^{\circ} 40'$  y  $104^{\circ} 45'$  O) teniendo una altura de 1,139 metros sobre el nivel del mar, en la parte suroeste del estado de Coahuila y noroeste del estado de Durango, al norte con el estado de chihuahua y al sur con el estado de zacatecas (Santibáñez, 1992).

### **3.2. Localización del experimento**

El presente trabajo se realizó en el invernadero número tres del departamento de horticultura en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL (UAAAN-UL); se encuentra ubicada en el periférico y carretera santa fe Km. 1.5. Torreón Coahuila. México.

### **3.3. Características del invernadero**

El invernadero es semicircular, con una superficie total de 207 m<sup>2</sup>, estructura metálica, en la parte frontal está cubierto por policarbonato, con una cubierta de polietileno de calibre 600 transparente natural y con una malla sombra de 50%, cuenta con una pared húmeda, piso de grava, sistema de enfriamiento con pared húmeda y dos extractores para el control climático.

### **3.4. Material genético**

Se utilizó la variedad Rio Grande tipo Saladette de crecimiento indeterminado.

### **3.5. Diseño experimental**

El diseño experimental fue completamente al azar con 4 tratamientos y 10 repeticiones cada tratamiento. Cada unida experimental lo conformó una maceta, colocando una planta en cada una de ellas.

Los tratamientos evaluados consistieron en diferentes porcentajes de compost en combinación de otros sustratos, quedando de la siguiente manera:

T1: (40% Compost, 50% Arena, y 10% Perlita).

T2: (30% Compost, 60% Arena, y 10% Perlita).

T3: (20% Compost, 70% Arena, y 10% Perlita).

T4: (90 % Arena, 10 % Perlita y solución Steiner) (Testigo)

### **3.6. Siembra en charolas**

La siembra de las semillas se realizó en charolas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades, colocando una semilla por cavidad, utilizando Peat moss como sustrato para la germinación, rellenado uniformemente las cavidades de la charola y agregando una pequeña capa de sustrato para tapar la semilla, colocándola dentro de una bolsa de plástico de color negro para conservar la humedad, y posteriormente se pasó al interior del invernadero. Realizando el riego frecuentemente para mantener la humedad asta realizar el trasplante.

### **3.7. Llenado de macetas**

Se llenaron bolsas de plástico color negro con capacidad de 15 Kg y perforadas en la base para el drenaje de agua en exceso. Se realizó el llenado con los diferentes tipos de sustratos, se realizaron tres mezclas de arena, compost, y perlita para la combinación de los tratamientos.

### **3.8. Trasplante**

Se llevó acabo cuando la planta alcanzó una altura de 12 a 15 cm de altura, colocando una planta por maceta en su respectivo tratamiento.

### **3.9. Riego**

El riego se aplicó manualmente, para ello se utilizó un recipiente de pastico de un litro. Se regó de acuerdo a las condiciones climáticas que se presentaron dentro del invernadero, así también teniendo en cuenta el estado fenológico de la planta. Durante

los primero días se aplicaron 500 ml por planta y posteriormente se regó con 1 litro por maceta.

### **3.10. Fertilización foliar**

Para la fertilización de micronutrientes se utilizó una mochila aspersora únicamente para este uso, en el cual se agregaron los micronutrientes a una dosis de 0.5 ml/ 1L de agua del producto Poliquel multi, asperjando uniformemente sobre todo el cultivo. Se realizaron 2 aplicaciones durante el ciclo del cultivo.

### **3.11. Manejo del cultivo**

#### **3.11.1 Tutorado**

Las plantas fueron guiadas a un tallo sosteniendo cada planta con rafia, el tutorado se realizó cuando la planta alcanzo una altura comprendida entre 20 a 35 cm, esta actividad se llevó acabó con la finalidad de obtener la planta erguida y con ello evitar que las hojas y frutos queden en contacto con el suelo y/o sustrato, favoreciendo una mejor entrada de luz y ventilación. Esta labor se llevó a cabo con un amarre de la rafia desde la base del tallo y conforme la planta se fue desarrollando se enredaba a la rafia. Esta labor se realizó con forme la panta fue creciendo.

#### **3.11.2 Poda de hojas y brotes axilares**

Consistió en plantas a un solo tallo, la eliminación de brotes axilares se realizó conforme a la observación de las plantas. El desoje consistió en eliminar las hojas senescentes en la parte inferior de la planta, evitando la presencia de parásitos que

podieran afectar el cultivo. Las hojas se eliminaron hasta donde se encontraba el primer racimo y luego se dejó una hoja antes de cada racimo manteniendo de esta manera en todo el ciclo del cultivo.

### **3.11.3 Polinización**

La polinización se llevó a cabo manualmente cuando comenzó la etapa de floración, con el movimiento de los tutores haciendo una ligera vibración y con ayuda del aire producido por los ventiladores para una mejor polinización.

### **3.11.4 Control de plagas y enfermedades**

Durante el ciclo del cultivo se realizaron revisiones diarias para detectar la presencia de plagas y enfermedades. Las plagas que más se presentaron fueron la mosquita blanca (*Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*)

Para esto se recurrió a la aplicación de productos químicos como Danapir y Horta 25 con una dosis de 1.5 ml/L de agua.

### **3.11.5 Cosecha**

La cosecha se efectuó cuando los frutos presentaban una coloración roja de 1/3 y hasta 2/3 de coloración. Se realizaron 8 cortes, llevándose a cabo cada cuarto o quinto día.

## **3.12. Variables evaluadas**

Las variables evaluadas fueron: Altura de planta, Rendimiento Ton.ha<sup>-1</sup>, Peso del fruto, Diámetro polar, Diámetro ecuatorial, Espesor de pulpa, y Grados Brix.

Para las variables evaluadas en el desarrollo del presente trabajo, se utilizaron materiales como: una báscula digital, cinta métrica, vernier, refractómetro, y cuchillo.

### **3.12.1 Altura de planta**

Con una cinta métrica se tomaron valores de la planta desde la base hasta el ápice cada semana durante todo el ciclo del cultivo.

### **3.12.2 Rendimiento Ton.ha<sup>-1</sup>**

Para la variable rendimiento se estimó la suma de todos los frutos producidos por planta hasta el cuarto racimo, se calculó primero el área de cuatro plantas muestreadas para posteriormente calcular el rendimiento en kg/ha y ton/ha.

### **3.12.3 Peso de racimo**

Para obtener esta variable se utilizó una báscula digital, en la cual se expresó el peso en gramos de cada racimo.

### **3.12.4 Diámetro polar**

Para esta variable se colocó el fruto de manera vertical colocándolo en el vernier, midiendo la distancia entre el pedúnculo y la cicatriz floral.

### **3.12.5 Diámetro ecuatorial**

Para evaluar esta variable se colocó el fruto de forma transversal la parte más ancha sobre el vernier, los datos obtenidos se registraron en centímetros.

### **3.12.6 Espesor de pulpa**

Se realizó en el fruto un corte por la mitad, midiendo la parte carnosa con una regla y registrando los datos en centímetros.

### **3.12.7 Sólidos solubles o Grados Brix**

Esta variable se determinó colocando el jugo del fruto directamente en la base del refractómetro para tomar la lectura.

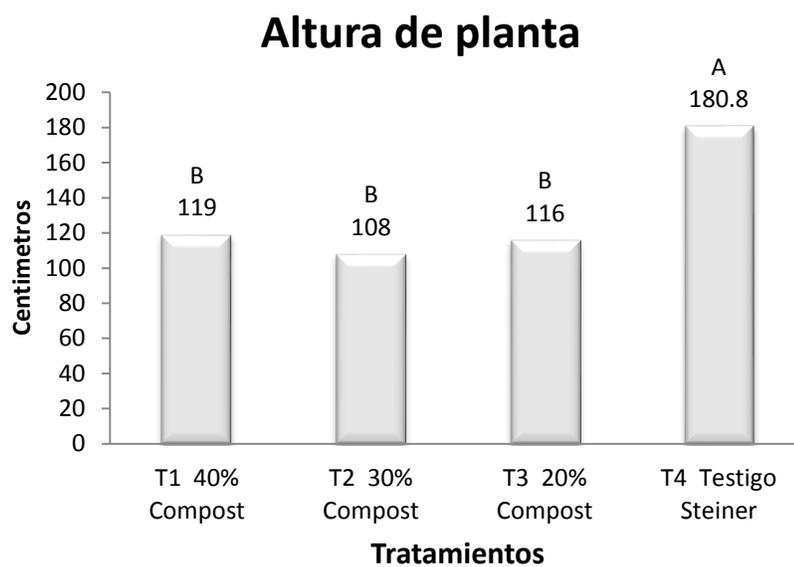
### **3.12.8 Análisis estadístico**

Se realizó el análisis de varianza para determinar la diferencia estadística entre tratamientos y cuando hubo diferencia se realizó la comparación de medias de tratamientos por el método de  $p=0.05$ .

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Altura de planta**

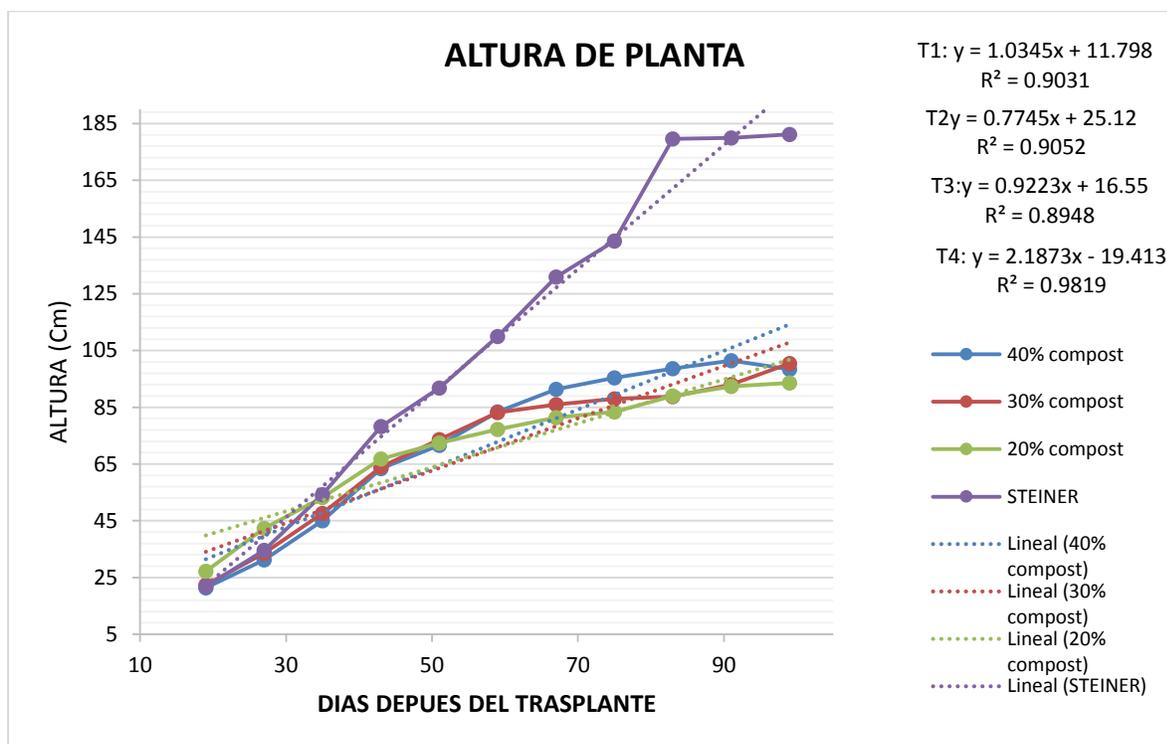
El análisis de varianza para la variable altura de planta, registró diferencia estadística significativa entre los tratamientos, el T<sub>4</sub> Steiner (testigo) fue el que mostró mejor resultado con una altura de 180.8 cm, mientras que la menor altura se presentó en el T<sub>2</sub> (30 % Compost) con 108 cm; los tratamientos con diferentes porcentajes de compost se comportaron de forma similar. Se obtuvo una media general para altura de planta de 130.95 cm.



\* Valores con la misma letra son iguales estadísticamente

**Figura 4.1.** Altura de planta (cm) resultado de la evaluación de la producción de tomate en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.

**Ecuación de regresión**



**Figura 4.1.1.** Ecuación de regresión para altura de planta de la producción de tomate en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.

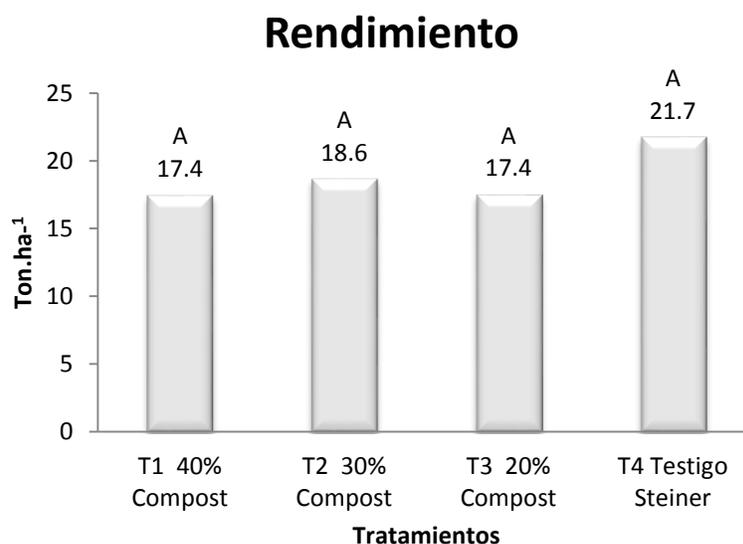
Se presenta la dinámica de crecimiento de las plantas de tomate en las diferentes mezclas de compost evaluadas, mostrándose en las ecuaciones de regresión lineal. La dinámica lineal de  $r^2$  más bajo fue el T<sub>3</sub> (20% de Compost) con  $r^2$  0.8948 y el más alto fue el T<sub>4</sub> Steiner (Testigo) con  $r^2$  0.9819. Por lo tanto, el tratamiento de mayor altura a través del ciclo del cultivo fue el T<sub>4</sub> Steiner (Testigo), mientras que el tratamiento de menor altura fue el T<sub>3</sub> (20% compost).

Rodríguez *et al.*, (2009) reportaron la  $r^2$  entre 0.97 y 0.99 para los genotipos “Granitio” y “Romina” evaluando tres formas de fertilización, las cuales fueron: a) = arena

+ fertilizantes inorgánicos considerado esto como testigo, b) = arena + té de compost y c) = mezcla de arena + compost (50: 50% v:v) + té de compost diluido (1: 3), estos valores son similares al obtenido con el T4 Steiner (Testigo) 0.98.

#### 4.2. Rendimientos Ton.ha<sup>-1</sup>

De acuerdo al análisis de varianza para la variable rendimiento, no se determinó diferencia estadística significativa entre tratamientos, obteniendo una media general de 18.815 Ton.Ha<sup>-1</sup>. No obstante, en la comparación de medias se registró que el T<sub>4</sub> Steiner (testigo) presentó el mayor valor numérico para rendimiento con 21.72 ton.ha<sup>-1</sup> en cambio T<sub>1</sub> (40% compost) presentó el menor valor numérico para esta misma variable con 17.43 Ton.ha<sup>-1</sup>.



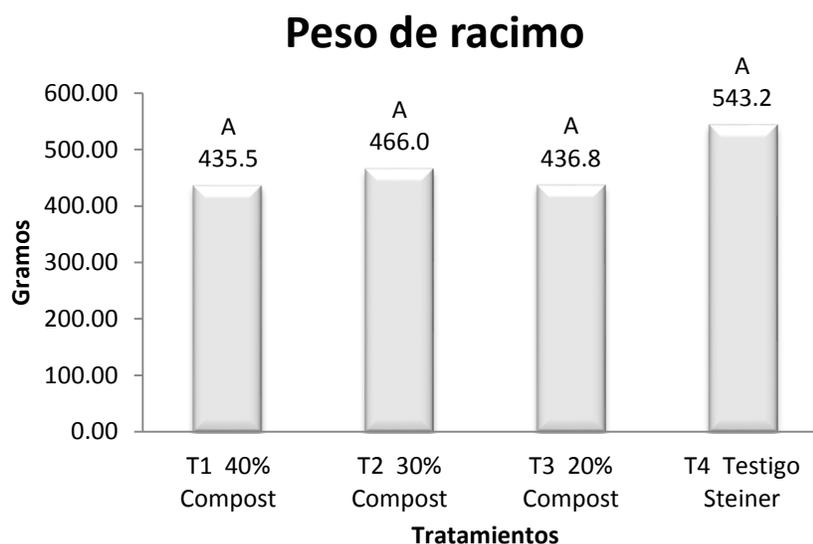
\* Valores con la misma letra son iguales estadísticamente

**Figura 4.2.** Rendimiento (Ton.ha<sup>-1</sup>) resultado de la evaluación de la producción de tomate en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo son similares a los reportados por cano *et al.*, (2004) quien obtuvo un rendimiento promedio de 19.44 t ha<sup>-1</sup>, en los tratamientos de vermicomposta en arena (12.5 %) con los híbridos de tomate bola Andre y Adela. Bajo condiciones controladas.

### 4.3. Peso de racimo

Para la variable peso de racimo, no se determinó diferencia estadística significativa entre los tratamientos, presentando una media general de 470.45 g. Sin embargo se aprecia un mayor valor numérico para el T<sub>4</sub> Steiner (testigo) obteniendo un peso de racimo de 543.20 g, seguido del T<sub>2</sub> (30% Compost) con 466.00 g, mientras que el T<sub>1</sub> (40% Compost) y T<sub>3</sub> (20% Compost) se comportaron de forma similar con un peso de 435.80 y 436.80 g, respectivamente.



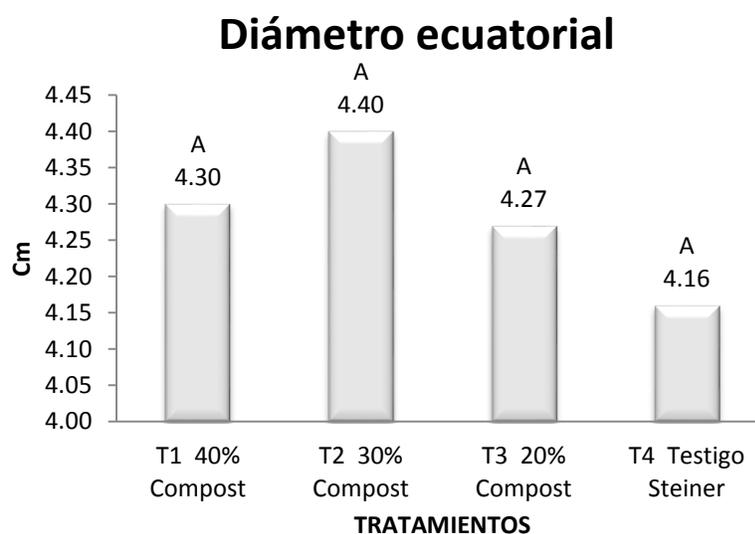
\* Valores con la misma letra son iguales estadísticamente

**Figura 4.3.** Peso de racimo (gr) resultado de la evaluación de la producción de tomate en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.

Los valores obtenidos por los tratamientos con diferentes porcentajes de compost en el sustrato son similares a los reportados por Agüero (1998) quien obtuvo un peso de racimo promedio de 450.06 g para el genotipo “Juan Pablo”, en la evaluación de sustratos para producción de tomate saladette en invernadero con el tratamiento a base de 25% de compost y 35% de arena de río.

#### 4.4. Diámetro ecuatorial

Para esta variable, no se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos, obteniendo una media general de 4.28 cm, sobresaliendo con un mayor valor numérico el T<sub>2</sub> (30% Compost) con 4.40 cm, mientras que el menor valor se registró en el T<sub>4</sub> Steiner (testigo) con 4.16 cm.



\* Valores con la misma letra son iguales estadísticamente

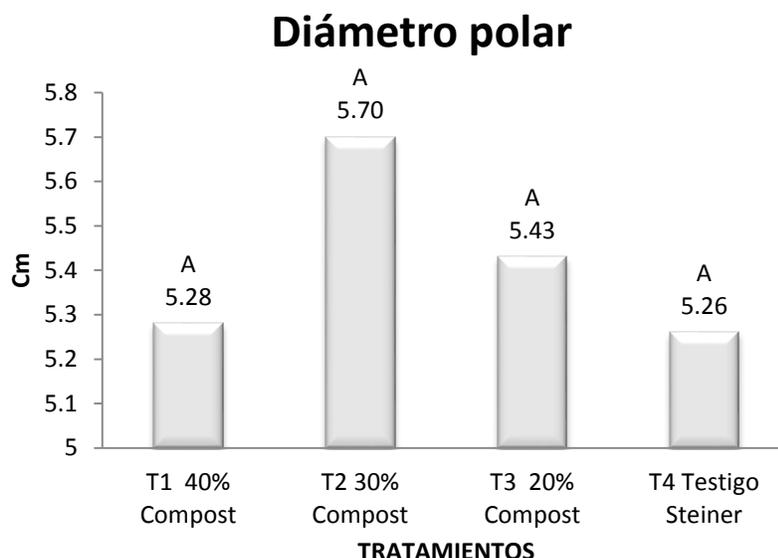
**Figura 4.4.** Diámetro ecuatorial (cm) resultado de la evaluación de la producción de tomate en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.

Estos resultados difieren a los reportados por Cruz-Lázaro *et al.*, (2010) quien obtuvo un valor de 5.6 cm de diámetro ecuatorial, al evaluar el efecto de tres compostas y tres vermicompostas mezcladas en diferentes proporciones (100, 75 y 50%) con arena, sobre el rendimiento y calidad de tomate, bajo condiciones de invernadero para el híbrido SUN-7705.

Por otra parte, los resultados obtenidos en este trabajo son similares a los reportados por Alcántara (2014) al evaluar el rendimiento y calidad de tomate desarrollado con diferentes mezclas de compost, arena y perlita bajo condiciones de invernadero utilizando el híbrido Moctezuma F1, obteniendo una media general de 4.30 cm de diámetro ecuatorial

#### **4.5. Diámetro polar**

El análisis de varianza para la variable diámetro polar, no presentó diferencia significativa entre los tratamientos, con una media general de 5.41 cm, sin embargo el mayor valor numérico lo presentó el T<sub>2</sub> (30% de Compost), con 5.70 cm, mientras que el T<sub>1</sub> (40% Compost) y T<sub>4</sub> Steiner (Testigo) fueron los que registraron menor diámetro polar con 5.28 y 5.26 respectivamente.



\* Valores con la misma letra son iguales estadísticamente

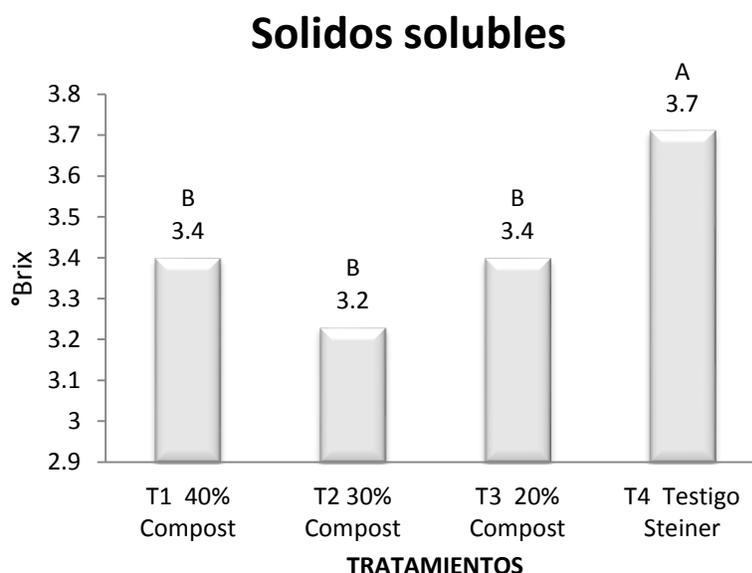
**Figura 4.5.** Diámetro polar (cm) resultado de la evaluación de la producción de tomate en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.

Los resultados anteriores son similares a los de Anzures (2007) quien obtuvo una media de 5.40 cm de diámetro polar usando tratamientos de mezcla de arena más composta y arena más composta con yeso, ambos con fertilización orgánica e inorgánica, para el genotipo “Romina” bajo condiciones de invernadero.

#### 4.6. Sólidos solubles o Grados Brix

De acuerdo al análisis de varianza para la variable sólidos solubles, se determinó diferencia estadística significativa entre tratamientos, sobresaliendo el T<sub>4</sub> Steiner (testigo) con 3.71 °Brix, mientras que los tratamientos T<sub>1</sub> (40% Compost) y T<sub>3</sub> (20% Compost) se

comportaron de forma similar con 3.40 y 3.40, finalmente el T<sub>2</sub> (30 % Compost) fue el que presentó el menor resultado con 3.21 °Brix. Se obtuvo una media general de 3.43 °Brix.



\* Valores con la misma letra son iguales estadísticamente

**Figura 4.6.** Sólidos solubles (°Brix) resultado de la evaluación de la producción de tomate en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.

Los resultados para la variable sólidos solubles difieren de los reportados por Alcántara (2014) para los tratamientos a base de compost, ya que reporta una media general de 3.77 al evaluar el rendimiento y calidad de tomate desarrollado con diferentes mezclas de compost, arena, perlita y fertilización orgánica bajo condiciones de invernadero utilizando el híbrido Moctezuma F1, mientras que en el presente trabajo se

obtuvieron medias de 3.2 y 3.4 grados brix. No obstante el T<sub>4</sub> Steiner (testigo) igualo el valor obtenido para grados Brix por Alcántara (2014).

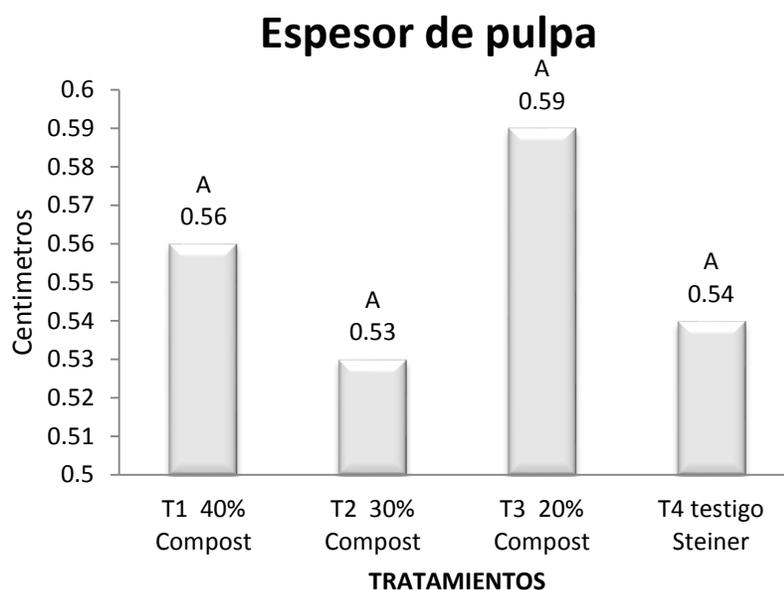
Esta diferencia puede atribuirse al utilizar una fuente de fertilización orgánica a base de té de compost, permitiendo restaurar los nutrimentos contenidos en el sustrato, a diferencia de un sustrato a base de compost, en que la planta toma los nutrientes que estén disponibles, independientemente de la etapa fenológica en que se encuentre.

Mientras tanto, Reed (2008) reportó valores comprendidos entre 3.76 a 3.93 °Brix, al evaluar dos genotipos “Big Beef y Romina” de tomate en sustratos orgánicos más fertilización orgánica (Te de composta) en invernadero los cuales son similares a los obtenidos en el presente trabajo.

La mayoría de las variedades de tomate se sitúa entre 4.5 y 5.3 °Brix; el carácter varietal influye sobre el contenido de sólidos solubles, pero factores agronómicos, en especial, el clima durante el periodo de maduración y el riego, puede modificar los °Brix en frutos de una misma variedad entre 4 a 7 (Diez, 1995) citado por (Zarate, 2007).

#### **4.7. Espesor de pulpa**

El análisis de varianza para la variable espesor de pulpa, no mostró diferencia significativa entre los tratamientos, presentando una media general de 0.55 cm, siendo el T<sub>3</sub> (20% compost) el que obtuvo un mayor valor numérico con 0.59 cm, seguido del T<sub>1</sub> (40% compost) con 0.56 cm mientras que el T<sub>2</sub> (30% compost) y T<sub>4</sub> Steiner (testigo) mostraron un valor semejante de 0.54 y 0.53 cm respectivamente.



\* Valores con la misma letra son iguales estadísticamente

**Figura 4.7.** Espesor de pulpa (cm) resultado de la evaluación de la producción de tomate en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.

En cuanto la variable espesor de pulpa Morales (2015) reportó una media general de 0.58 cm, al evaluar el comportamiento del tomate producido en sustratos orgánicos en mezclas de 30, 20, y 10 % de vermicompost bajo condiciones de invernadero. Este valor es similar a la media obtenida en el presente trabajo de 0.55 cm.

Por otra parte los resultados obtenidos en el presente trabajo no superan a los reportados por Márquez - Hernández *et al.*, (2013) quien obtuvo una media de 0.73 cm, al evaluar el efecto de varios tratamientos de fertilización orgánico e inorgánico mezclados con un sustrato a base de compost, en la producción de tomate en invernadero con los genotipos “Bosky y Big Beef”.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados del análisis estadístico, las variables que presentaron diferencia significativa entre los tratamientos fueron altura de planta y sólidos solubles (°Brix).

Para altura de planta, el T<sub>4</sub> Steiner (testigo) sobresalió con un resultado de 180.8 cm, mientras que el T<sub>2</sub> (30% Composta) fue el menos sobresaliente con 108 cm. Para los tratamientos a base de compost el mejor fue el T<sub>1</sub> (40 % compost) con 119 cm, seguido del T<sub>3</sub> (20% compost) con 116 cm.

De igual manera el T<sub>4</sub> Steiner (testigo) presentó el mejor resultado para grados Brix con 3.7 y el más bajo en el T<sub>2</sub> (30% Composta) con 3.2 °Brix, por lo tanto, entre tratamientos a base de compost se comportaron de forma semejante con 3.4, 3.2 y 3.4 °Brix.

Para el resto de las variables; rendimiento ton.ha<sup>-1</sup>, peso de racimo, diámetro ecuatorial, diámetro polar, y grosor de pulpa, no se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos.

Es posible producir tomate con sustrato orgánico composta al 30 % por el orden de 18.6 Ton.ha<sup>-1</sup>. Aunque no se considere un rendimiento elevado se está en armonía con el medio ambiente, un porcentaje aceptable de compost en la fertilización que ayude a, si ya no a mejorar, al menos a no seguir deteriorando el ambiente.

## 6. LITERATURA CITADA

- Alcázar y Esquinas, J.T. 1981. Recursos Genéticos de Tomates y Familiares Salvajes. Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma.
- Anónimo, 2004. Diagnóstico de aguas de riego. [http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico\\_aguas.htm](http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico_aguas.htm).
- Anzures Mendoza Saúl. 2007. Producción de tomate con te de composta bajo condiciones de invernadero. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna División de Carreras Agronómicas P. 82 Pág. Consultada 62 diciembre Torreón, Coahuila, México.
- Ascencio, Á., A.; López, B. A.; Borrego, E., F.; Rodríguez, H., S. A.; Flores, O., A.; Jiménez, D., F.; Gámez, V., A. J. 2008. Marchitez vascular del tomate: I. Presencia de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en Culiacán, Sinaloa, México. Revista Mexicana de Fitopatología, Julio-Diciembre, pp. 114-120. Pag. Consultadas 117.
- Agüero García F. 2008. Evaluación de cuatro sustratos en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Bajo condiciones de invernadero. Torreón Coahuila México. Tesis de licenciatura. UAAAN UL. División de carreras agronómicas. P. 57.
- Ansorena, J. Batalla, E. y Merino D. 2010. Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. Laboratorio Agroambiental fraisoro. Zizurkil. P. 35.
- Alcántara Trejo J.L. 2014. Producción orgánica de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo diferentes dosis de compost como sustrato en invernadero. Torreón Coahuila México. Tesis de licenciatura. UAAAN UL. División de carreras agronómicas. Páginas 1, 2.

- Ballester-Olmos, J. Sustratos para el cultivo de plantas ornamentales. Hojas divulgadoras (11), 1992.
- Boza, M., S. 2010. Desafío del desarrollo: la agricultura orgánica como parte de una estrategia de mitigación de la pobreza rural en México. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades, vol. 19, núm. 37, pp. 92-111, Pag. Consultada 94 y 103. Instituto de Ciencias Sociales y Administración México.
- Bayer de México, S.A. de C.V. 2012. Guía de identificación de plagas y enfermedades tomate. México, D.F. pp. 1-25.
- Chamarro, L. J. 2001. Anatomía y fisiología de la planta, pp. 43-87. En: F. Nuez (Ed) El cultivo del tomate. Editorial Mundi – Prensa- México.
- Carrillo, F., J., A.; Montoya, R., T. de J.; García, E., R. S.; Cruz, Ortega, J. E.; Márquez, Z., I.; Sañudo, B., A., J. 2003. Razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* Snyder y Hansen, en Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle de Culiacán, Sinaloa, México. Revista Mexicana de Fitopatología, julio-diciembre, 123-127. Pag. Consultada 123.
- Claassen VP, Carey JL, 2004. Regeneración de la fertilidad nitrogenada en suelos perturbados utilizando compost. *Compost Sci.Útil* 12(2): 145-152.
- Chávez Néstor y Wang Amy. 2004. Combate del moho gris (*Botrytis cinérea*) de la fresa mediante *Gliocladiumroseum*. *Agronomía costarricense* 28(2): 73-85.
- Castro Sánchez M. 2005. Manejo de enfermedades del tomate. Curso INCAPA “manejo integrado de plagas y enfermedades en tomate, chile y papa. Disponible en:  
<http://www.funprover.org/formatos/manualTomate/Manejo%20de%20Enfermedades%20del%20Tomate.pdf> [citado 22 de Septiembre de 2016].
- Castilla. N. 2005. Invernaderos de plástico tecnología y manejo. (Ed). Mundi- prensa. P 459.

- Céspedes C. 2005. Agricultura orgánica principios y prácticas de producción. Centro regional de investigación Quilamapu. Chillán, Chile. P. (10, 11).
- Castellanos, J. Z. 2009. Manual de producción de Tomate en Invernadero. Editorial INTAGRI. México. P.458
- Comisión Nacional De Áreas Naturales Protegidas. 2009. Manual Para La Producción Orgánica En Áreas Naturales. Dirección De Actividades Productivas Alternativas Subdirección De Proyectos Productivos Alternativos Pp. 41 Pág. Consultada 7 y 9.
- Cruz, C., E., Sandoval, V. M., Volke, H. V., Ordaz Chaparro V., Tirado Torres J. L., Sánchez, E. J. 2010. Generación De Mezclas De Sustratos Mediante Un Programa De Optimización Utilizando Variables Físicas Y Químicas Terra Latinoamericana, Vol. 28, Núm. 3, Julio-Septiembre, Pp. 219-229, Sociedad Mexicana De La Ciencia Del Suelo, A.C. México
- Cruz, C., E; Can, C. A; Sandoval, V., M; Bugarín, M. R.; Robles, B. A; Juárez, L. P. 2012. Sustratos en la horticultura, Revista de Bio ciencias vol. 2, núm. 2 p.17-26 pág. Consultadas 18, Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit Xalisco Nayarit, México.
- Dimas J. López Mtz. Estrada A. Rubin E. cepeda R. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. P. 223.
- Defrieri, R. L.; M. P. Jimenez, D. Efron Y Palma M. 2005. Utilización De Parámetros Químicos Y Microbiológicos Como Criterios De Madurez Durante El Proceso De Compostaje. AGRISCIENTIA, 2005, Vol. XXII No. 1. Pp. 25-31 Pág. Consultada 26. Facultad De Agronomía. UBA. Buenos Aires Argentina.
- De la Cruz, L., E.; Estrada, B., MA; Robledo, T., V; Osorio, O., R; Márquez, H., C; Sánchez, H., R. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato Universidad y Ciencia, vol. 25, núm. 1, abril, pp. 59-

67 pág. Consultada 59 y 60 Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Villahermosa, México.

Díaz, F. A., Alvarado, C. M., Ortiz, C. F., Grageda, C. G. 2011. Memorias de las ponencias en cartel de la 8va. Convención mundial del chile nutrición de la planta y calidad de fruto de chile morrón asociado con micorriza arbuscular En Invernadero Campo Experimental Río Bravo, INIFAP; Campo Experimental Bajío, INIFAP. Páginas 332 Pag. Consultada 141.

Escalona, C. V., A.; Monardes, M. P.; Hernán, U., Z.; Martin, B., C., A., 2009. Manual De Cultivo De Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Facultad De Agronómicas Universidad de Chile Nodo Hortícola VI Región Innova Chile Corfo paginas 60. Pág. Consultada 5.

García, O., Cabrera, R.L, Gavi. F. y Volke V. (2001). Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum Wallisii* cultivadas en maceta. Rev. Terra Latinoamericana, julio-septiembre, 2001. Vol. 19. 003 p. 249-258.

García, M. A., Gutiérrez S. López H. C., Rivera S.Y Ruiz A. C. 2007. Estado del Arte de La Tecnología De Robots Aplicada a Invernaderos. Avances en Investigación Agropecuaria, vol. 11, número 003, Septiembre, Pp. 53-61 pág. Consultada 54. Universidad de Colima, Colima México.

Garza, A., M., y Molina, V., M., 2008 manual para la producción de tomate en invernadero en el estado de nuevo león, SAGARPA, pp. 183 pág. Consultada 46, 47, 87 y 88

García, H., J.L.; Orona, C., E; Salazar, S., C.; Vázquez V., R.; Zuñiga T., J.D. López, M., y Rueda, P. E., O. 2010. Filosofía, desarrollo y adopción de la agricultura orgánica: el caso de México. AgroFaz 10: 1-9.

HolwerdaTjalling H. 2006. CropKit. Guía de manejo nutrición vegetal de especialidad tomate. university of Adelaide, Australia. P. 14. Disponible en:<http://www.sqm.com/Portals/0/pdf/cropKits/SQM- Crop Kit Tomato L-ES.pdf> [Citado 25 de Octubre de 2016]. Formato PDF.

- HYDRO ENVIRONMENT. 2015. Tipos de sustratos para hidroponía. Estado de México. Disponible en: [www.hydroenv.com.mx](http://www.hydroenv.com.mx) [citado 22 de mayo de 2016].
- Infoagro. 2007. Tipos de sustratos de cultivo (en línea). Infoagro España. Disponible en: [:http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/tipo\\_sustratos.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.htm) [Citado 12 de septiembre de 2016]
- Jaramillo, N. J., Rodríguez, V., P., Guzmán M., A., Zapata M., A. 2006. El Cultivo de Tomate Bajo Invernadero (*Lycopersicon Esculentum*. Mill) Boletín Técnico 21 (C O R P O I C A) Centro De Investigación La Selva Rionegro, Paginas 48, Antioquia, Colombia. Pág. Consultada 27 y 30.
- Jaramillo, N. J.; Rodríguez, V. P.; Guzmán, M.; Zapata. M.; Rengifo, T.; 2007. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de tomate bajo condiciones protegidas. FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva". Primera edición, Pp. 333, pág. Consultada Colombia.
- Jasso, C., C.; Martínez, G., M. A.; Alpuche, S., Á., G.; Garza, U., E., 2011. Guía para cultivar jitomate en condiciones hidropónicas de invernadero en San Luis Potosí, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental San Luis San Luis Potosí, S.L.P., Diciembre de 2011. Folleto Técnico No. 41 pp. 44 paginas Consultadas 3, 4, 29 y 30.
- López, T.M. 1994. Horticultura. Primera Edición. Editorial trillas S.A. de C.V. México DF. Pp. 45, 47, 171, 286, y 245.
- Lemaire, F. Fatigues, L. Reviere, M. charpentier, P. Morel. 2003. Cultures en post etconteneurs, principesAgronomiques at applications. 2<sup>a</sup> ed. INRA. Paris. P. 210.
- López M., M. y R. Gastélum. 2003. La importancia del minador de la hoja liriomyzaspp. En los cultivos de tomate y chile y su manejo. Diagnóstico y manejo de las principales plagas de tomate y chile. Fundación produce Sinaloa A.C.
- Melgarejo R., M. y I. Ballesteros M., 1997. Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y nutricionales del humus de lombriz y composta. Derivados de

diferentes sustratos. Universidad Nacional de Colombia. Revista colombiana de Química. 26(2): 3-7.

Morón, M.A y R.A. Terrón. 1988. Entomología práctica. Una guía para el estudio de los insectos con importancia agropecuaria, medica, forestal, y ecológica de México. Instituto de ecología, A.C. México, D.F. pp. 417- 419. Editorial Aedos, s. a. Barcelona. Pp. (292-295).

Moreno Casco J. y Morales Herrero R. 2007. Compostaje. Ed. Mundi-Prensa.

Márquez, H., C.; Cano, R., P.; Rodríguez, D., N. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero Agricultura Técnica en México, vol. 34, núm. 1, enero-abril, pp. 69-74, pág. Consultad 70. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias México.

Moreno, R. L. 2009. Evaluación para la calidad de frutos de dos genotipos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mil) en sustratos orgánicos e inorgánico bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, División de Carreras Agronómicas. pp 72 pág. Consultada 54 y 55 Torreón, Coahuila, México.

Martínez, O., D. Olarte, S., J. Mendoza, O. Castro, S., E. Ramos, S., A. y Ramos, M., F. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicumesculentum* mill) bajo condiciones de invernadero. Vol. 6. Universidad autónoma indígena de México. Mochicahui, El fuerte, Sinaloa México. Pp. 339-346.

Márquez, H., C.; Cano, R., P.; Figueroa, V., U.; Avila, D., J.A. Rodríguez-Dimas N., García-Hernández J. L. 2013. Rendimiento y calidad de tomate con fuentes orgánicas de fertilización en invernadero. Revista internacional de botánica experimental. vol.82, n.1, pp. 55-61 Pág. Consultada 55, 56.

Nuez. F. y R. del Rincón. 2001. El cultivo del tomate. (Ed). Mundi-prensa 194-195- 196 p.

Nieto, G. A.; Murillo, A., B.; Troyo, D., E., Beltrán, M., A.; Ruíz, E., F., H., Y García, H., J., L., 2010. Aprovechamiento De Residuos Orgánicos De Origen Animal, Vegetal Y Doméstico Para La Elaboración Y Uso De Composta En La Agricultura Orgánica. Agricultura Orgánica Tercera Parte Capitulo IV Primera Edición Pp. 431. Pág. Consultada 70 Universidad Juárez Del Estado De Durango, Gomes Palacio Durango, México.

Navarro-Lara, p. 2011. Caracterización y evaluación de variedades de tomate en invernadero ecológico. Trabajo de investigación. Universidad de Almería.

Ortega-Martínez L.; Sánchez-Olarte J.; Ocampo-Mendoza J; Sandoval-Castro E; Salcido-Ramos B.A. y Manzo- Ramos F. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Rev. Ra Ximhai. 6(3):339-346.

Productores de hortalizas. 2006. Plagas y enfermedades del tomate. Guía de identificación y manejo. pp.12, 20.

Paredes Z. A., 2009. Manual del Cultivo del tomate en invernadero. Departamento de Cundinamarca – Colombia Corpoica primera edición, junio. Pp. 56 pág. consultada 23, 26.

Pedro Cano R., 2Alejandro Moreno R., 3Cándido Márquez H., 3Norma Rodríguez D. y 2Víctor Martínez C. (2004). Producción orgánica de tomate bajo invernadero en la comarca lagunera. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Campo Experimental La Laguna-INIFAP, Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción Torreón, Coah, México. Pp. 122. Pág. Consultada 118.

Rodríguez, F. H., Muñoz, L., S., Alcorta, G., E. 2006. El tomate rojo. Sistema hidropónico. Editorial Trillas. Primera edición, México, Pp. 82. Pág. consultada 44.

Reed Del Rio Gerardo J. 2008. Comparación de 2 genotipos de tomate en sustratos orgánicos en invernadero. Tesis de licenciatura. Torreón, Coahuila, México. UAAAN UL. División de carreras agronómicas. P. 113.

- Rodríguez-Dimas N., Cano-Ríos, P., Figueroa-Viramontes U., Favela-Chávez, E., Moreno-Reséndez A., Márquez-Hernández C., Ochoa-Martínez E., Preciado-Rangel P. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Revista Terra Latinoamericana* 27 (1): 319-327.
- Santibáñez, E., 1992. *La Comarca Lagunera, ensayo monográfico*. Primera edición. Tipografía Reza. S.A. torreón, Coahuila, México. P.14.
- Samperio-Ruiz, G. 2004. Un paso más en la hidroponía. Editorial Diana S. A. de C. v. México. Pp. 57-70.
- SAGARPA. 2008. Abonos orgánicos. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf> (consultado el 10 de octubre del 2016).
- SAGARPA. 2009. Estudio estadístico sobre cultivos orgánicos en baja california. Secretaria de fomento agropecuario oficina estatal de información para el desarrollo rural sustentable. Baja california. (P. 4,5).
- (SAGARPA), Secretaria de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2010. Monografía de cultivos Jitomate, Subsecretaria de Fomento de Agronegocios pp. 10 pág. Consultada 3.
- Syngenta. 2010. Boletín Técnico producción de tomate bajo invernadero. Segunda edición. P. 34, 35.
- SEMARNAT. 2010. Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Región de la Comarca Lagunera 2010-2015, México, p.181.
- SAGARPA. 2014. Ventajas y desventajas de la producción orgánica. México.P. 12.
- Torres Cedillo, 2007. L. 5 Elaboración de composta. SAGARPA. P. 1. Departamento de suelos, UACH. Chapingo, estado de México. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/documents/fichasaapt/elaboraci%C3%B3n%20de%20composta.pdf> [citado 11 de febrero de 2015].

- Uribe S. Jesús K. Melina U. 2000. Evaluación de lixiviados de composta y vermicomposta de residuos agropecuarios como mecanismo de fertilización y control de enfermedades en cultivos tropicales. Universidad politécnica del centro, tabasco.
- Venegas, G. J.; Lenom, C., J.; Trinidad, S., A.; Gavi, R., F.; Sánchez, G., P., 2005. Análisis químico de compost y efecto de su adición sobre la producción de biomasa en zarzamora TERRA Latinoamericana, Vol. 23, Núm. 3, julio- septiembre, pp. 285-292 Pag. Consultada 286. Universidad Autónoma Chapingo México.
- Vargas Tapia, P., Javier Z castellanos-Ramos, P Sánchez-García, L Tijerina- Chávez, R M López-Romero y J L ojodeagua-Arredondo (2008) Caracterización física, química y biológica de sustratos de polvo de coco Rev. Fitotec. Mex.3 (4): 375 - 381.
- Velasco, H., E.; Nieto, A., R.; Navarro, L., E., R. 2011. Cultivo de tomate en hidroponía e invernadero. (Ed.) Mundi - Prensa México. Edición tercera, Universidad Autónoma de Chapingo. México, Pp. 126 Pag. Consultda 15.
- Velázquez, M. A. 2014. Observatorio de Precios Tomate rojo (Jitomate), Comentario 21 de marzo, Pp. 7.

## 7. APÉNDICES

**Cuadro A1.** Análisis de varianza para la variable altura de planta en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados de Medias	F Calculada	Significancia
% compost	3	33691.27500	11230.42500	13.04	
Rep	9	16946.22500	1882.91389	2.19	
Error	27	23261.47500	861.53611		
Total	39	73898.97500			
R <sup>2</sup> = 0.68		C. V. = 22.40		Media general = 131.02	

**Cuadro A2.** Análisis de varianza para la variable rendimiento en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados de Medias	F Calculada	Significancia
% compost	3	61.16248000	20.38749333	0.88	
Rep	4	35.38432000	8.84608000	0.38	
Error	12	279.0451200	23.2537600		
Total	19	375.5919200			
R <sup>2</sup> = 0.25		C. V. = 25.62		Media general = 18.81	

**Cuadro A3.** Análisis de varianza para la variable peso del fruto en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados de Medias	F Calculada	Significancia
% compost	3	38226.55000	12742.18333	0.88	
Rep	4	22115.20000	5528.80000	0.38	

Error	12	174403.2000	14533.6000
Total	19	234744.9500	

$$R^2 = 0.25$$

$$C. V. = 25.62$$

$$\text{Media general} = 470.45$$

**Cuadro A4.** Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados de Medias	F Calculada	Significancia
% compost	3	0.591833	0.19394458	1.58	
Rep	19	4.683723	0.24651178	2.01	
Error	57	6.991091	0.12265072		
Total	79	12.256648			
$R^2 = 0.42$		$C. V. = 8.16$		$\text{Media general} = 4.28$	

**Cuadro A5.** Análisis de varianza para la variable diámetro polar en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados de Medias	F Calculada	Significancia
% compost	3	2.441630	0.81387667	2.45	
Rep	19	6.189120	0.32574316	0.98	
Error	57	18.954470	0.33253456		
Total	79	27.585220			

$R^2 = 0.31$

C. V. = 10.63

Media general = 5.42

**Cuadro A6.** Análisis de varianza para la variable sólidos solubles (°Brix) en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados de Medias	F Calculada	Significancia
% compost	3	2.43364375	0.81121458	7.00	
Rep	19	2.01946375	0.10628757	0.92	
Error	57	6.60918125	0.11595055		
Total	79	11.06228875			
$R^2 = 0.40$		C. V. = 9.89		Media general = 3.43	

**Cuadro A7.** Análisis de varianza para la variable grosor de pulpa en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados de Medias	F Calculada	Significancia
% compost	3	3.760990	1.25366333	3.85	
Rep	19	5.7945700	0.30497737	0.94	
Error	57	18.5519600	0.33547298		
Total	79	28.1075200			
$R^2 = 0.33$		C. V. = 84.64		Media general = 0.67	

