

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Rendimiento en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Variedad Rio grande a diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero**

POR:

**ADELFO LÓPEZ PÉREZ**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Rendimiento en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Variedad rio grande a diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero.

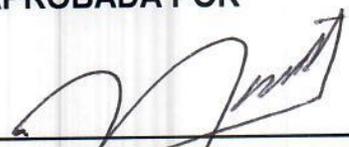
POR  
ADELFO LÓPEZ PÉREZ

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

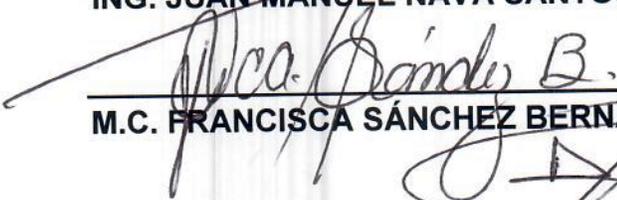
INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR

PRESIDENTE:

  
ING. JUAN MANUEL NAVA SANTOS

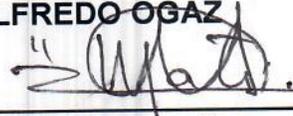
VOCAL:

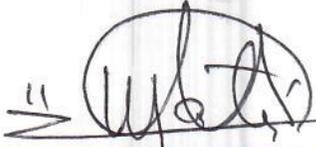
  
M.C. FRANCISCA SÁNCHEZ BERNAL

VOCAL:

  
DR. ALFREDO OGAZ

VOCAL SUPLENTE:

  
M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

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



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**Rendimiento en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Variedad rio grande a diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero.**

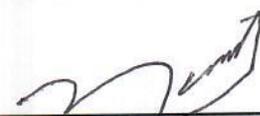
**POR  
ADELFO LÓPEZ PÉREZ**

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

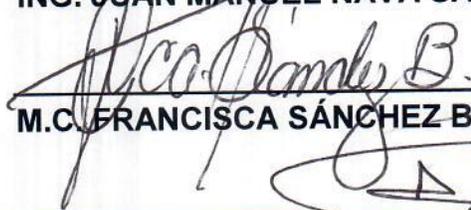
**INGENIERO AGRÓNOMO**

**APROBADA POR**

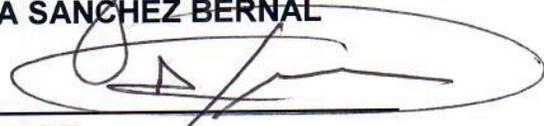
**ASESOR PRINCIPAL:**

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

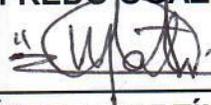
**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. FRANCISCA SÁNCHEZ BERNAL**

**ASESOR:**

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

**ASESOR:**

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

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



## AGRADECIMIENTOS

**A Dios** por haberme dado la dicha de vivir y de enseñarme el camino hacia el éxito de salir adelante, por tener la fuerza de superar obstáculos que me enfrento a diario, por haberme dado salud, por comprender que siempre es posible un nuevo comienzo, que cada día es un nuevo amanecer y siempre hay una nueva oportunidad.

A mi **Alma Terra Mater** por el derroche de conocimientos brindados, por haber disfrutado en cada uno de tus rincones, pasillos y aulas en momentos inolvidables, por conocer personas que me forjaron hacia el éxito "extrañare por siempre".

A mi padrino **David Jacobo Calles Montaña** por ser un gran amigo, por los buenos consejos, por el apoyo incondicional en momentos necesarios y por ser una persona amable.

Al **Ing. Juan Manuel Nava Santos** por su gran apoyo y labor del experimento realizado, por compartir sus conocimientos, por haberme brindado su amistad y por ser uno de mis docentes.

A la **M.C. Francisca Sánchez Bernal** por su paciencia, por haberme apoyado para el desarrollo del trabajo realizado.

Al **Dr. Alfredo Ogaz** por haberme brindado su amistad, por su paciencia, por ser un gran amigo y por su apoyo para ser posible el experimento realizado.

Al **M.E. Víctor Martínez Cueto** por ser un gran amigo, por haberme apoyado durante este lapso de tiempo y por haber sido uno de mis maestros.

A mis **amigos y compañeros** que convivimos momentos inolvidables, por habernos apoyado mutuamente en diferentes circunstancias.

## DEDICATORIAS

A mis **padres Eleuterio López Moreno y Bertha Pérez Pérez** por haberme regalado la vida, por el gran apoyo incondicional que han podido hacer, por haberme brindado la educación desde mi niñez, por los grandes ejemplos y sacrificios de enfrentar la vida, por los buenos consejos que me encaminaron hacia el éxito, gracias jefes siempre los llevo en mi corazón.

A mis hermanos **Orlando López Pérez, María Rosibeth López Pérez, francisco Javier López Pérez y Édgar Marín López Pérez**, por estar en mi lado en los buenos y malos momentos, por ser las personas que cuento de manera incondicional en cualquier circunstancia, por sus compañías y por el gran corazón que me han tenido.

A mis **abuelos maternos Fidelio Pérez López y Mercedes Pérez Álvarez** por haberme dado buenos consejos para ser una persona de bien, por decirme un hasta pronto cada vez que me marchaba gracias.

A mis **abuelos paternos Elías López Vázquez y Cristina López Moreno** por sus buenos consejos y apoyo incondicional en los momentos difíciles, por ser las personas más cercanas que tengo los quiero abuelitos.

A **Araneli Aguilar Aguilar** por ser una compañera, amiga, de por vida, por la paciencia, por tus apoyos y buenos deseos gracias te quiero.

A mis **padrinos Ignacio López López, Cristina López Méndez y Carlos Ignacio López López** por el apoyo, amistad y consejos que me brindaron para emprender este camino, sobran palabras para agradecer... “muchas gracias”.

## RESUMEN

La finalidad del proyecto fue evaluar el rendimiento y calidad de tomate tipo saladette, variedad Rio Grande a diferentes porcentajes de vermicompost, en invernadero. Los tratamientos evaluados fueron, T1 (vermicompost 40 % + arena 50% + perlita 10% con micorrizas 3.5 g, considerándolo como Testigo; T2 (vermicompost 50% + arena 40 % + perlita 10 %), T3 (vermicompost 60 % + arena 30 % + perlita 10 %) y T4 (vermicompost 70 % + arena 20 %, perlita 10 %). Se utilizó un diseño completamente alzar. Las variables evaluadas fueron peso total de racimo, diámetro polar, diámetro ecuatorial, grosor de pulpa, grados Brix, rendimiento y altura de planta. Se determinó diferencia estadística significativa para la variable grosor de pulpa en la cual sobresalió el T<sub>1</sub> con 0.26 mm.

Para el resto de las variables no se determinó diferencia estadística significativa, sin embargo, los resultados muestran valores numéricos diferentes entre los tratamientos en lo que respecta a diámetro polar el T<sub>2</sub> con 6.504 cm; diámetro ecuatorial el T<sub>2</sub> con 4.268 cm; grados Brix el T<sub>4</sub> con 4.678 °B; peso total de racimo el T<sub>4</sub> con 590.8 g; altura de planta el T<sub>1</sub> con 89.9 cm y finalmente para rendimiento el T<sub>4</sub> con 23.632 t ha<sup>-1</sup>.

**PALABRAS CLAVE:** Vermicompost, tomate, sustrato, calidad, invernadero.

## INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
RESUMEN.....	iii
PALABRAS CLAVE.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE APENDICES.....	ix
1. INTRODUCCION.....	1
1.1. OBJETIVO.....	2
Evaluar el rendimiento y calidad de tomate tipo saladette a diferentes porcentajes de vermicompost, en invernadero.....	2
1.2. HIPOTESIS.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.1. Generalidades del tomate.....	3
2.1.2. Origen del tomate.....	3
2.1.3. Importancia del tomate.....	3
2.1.4. Importancia del tomate en México.....	4
2.1.5. Valor nutricional.....	5
2.2. Taxonomía.....	5
2.2.1. Caracterización botánica del tomate.....	7
2.2.2. Planta.....	7
2.2.3. Raíz.....	7
2.2.4. Tallo.....	7
2.2.5. Hojas.....	8
2.2.6. Flores.....	8
2.2.7. Fruto.....	9
2.2.8. Semilla.....	9
2.2.9. Polinización.....	9
2.3. Requerimientos ambientales en el cultivo de tomate.....	10
2.3.1. Temperatura.....	10
2.3.2. Luz y fotoperiodo.....	11
2.3.3. Humedad del suelo y humedad relativa.....	12
2.4. Invernadero.....	13
2.4.1. Generalidades del invernadero.....	14
2.4.2. Producción de tomate en invernadero y con sustratos orgánicos.....	14
2.4.3. Ventajas de producción en invernadero.....	15

2.4.4.	Desventajas de producción en invernadero.....	17
2.5.	Exigencia del clima .....	18
2.5.1.	Temperatura .....	18
2.5.2.	Humedad relativa.....	19
2.5.3.	Sustratos en la horticultura protegida.....	20
2.6.	Selección de sustratos .....	21
2.6.1.	Características de los sustratos.....	21
2.6.2.	Propiedades físicas y químicas.....	22
2.6.3.	Espacio poroso total .....	23
2.6.4.	Capacidad de porosidad .....	23
2.6.5.	Densidad real .....	24
2.6.6.	Densidad aparente.....	25
2.6.7.	Conductividad hidráulica .....	25
2.6.8.	Retención de agua.....	26
2.6.9.	PH.....	27
2.6.10.	Conductividad eléctrica .....	27
2.6.11.	Capacidad intercambio catiónico .....	28
2.6.12.	Salinidad .....	29
2.6.13.	Presión osmótica .....	29
2.6.14.	Propiedades biológicas .....	30
2.7.	Clasificación de los sustratos.....	31
2.7.1.	Sustratos orgánicos .....	32
2.7.2.	Sustratos inorgánicos o inertes .....	33
2.8.	La agricultura orgánica.....	34
2.8.1.	Ventajas y desventajas de la producción orgánica .....	35
2.8.2.	Abonos orgánicos .....	35
2.9.	Compost.....	36
2.9.1.	Los beneficios del compost.....	37
2.9.2.	Propiedades físicas y químicas del compost.....	38
2.9.3.	Propiedades físicas .....	38
2.9.4.	Propiedades químicas.....	39
2.10.	Vermicompost o humus de lombriz .....	39
2.10.1.	Características físicoquímicas y microbiológicas del Vermicompost ..	41
2.11.	Sistemas de plantas tutoradas .....	42

2.12.	Plagas .....	43
2.12.1.	Mosquita blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ).....	43
2.12.2.	El control cultural.....	44
2.12.3.	El control químico .....	45
2.13.	Minador de la hoja ( <i>Liriomyza spp</i> ).....	45
2.13.1.	Control Cultural .....	46
2.13.2.	Control Biológico .....	46
2.13.3.	Control Químico .....	47
2.14.	Trips ( <i>Frankliniella occidentalis</i> ) .....	47
2.14.1.	Control Biológico .....	48
2.14.2.	Control cultural.....	48
2.14.3.	Control químico.....	49
2.15.	Enfermedades .....	49
2.15.1.	Mancha gris de la hoja ( <i>Stemphylium solani</i> ).....	49
2.15.2.	Manejo .....	50
2.16.	Moho gris ( <i>Botrytis cinerea</i> ) .....	51
2.16.1.	Tizón tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> ).....	52
2.17.	Micorrizas .....	53
2.18.	Antecedentes .....	54
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	57
3.3.	Características del clima .....	57
3.4.	Localización del experimento .....	57
3.5.	Características del invernadero .....	57
3.6.	Material genético.....	58
3.7.	Sustratos y tratamientos .....	58
3.8.	Siembra en charola .....	59
3.9.	Llenado de bolsas .....	59
3.10.	Trasplante.....	59
3.11.	Riego.....	60
3.12.	Manejo del cultivo .....	60
3.12.1.	Tutorado.....	60
3.12.2.	Poda y deshoje .....	60
3.12.3.	Polinización .....	61
3.12.4.	Control de plagas y enfermedades.....	61

3.12.5.	Cosecha .....	61
3.13.	VARIABLES EVALUADAS.....	61
3.13.1.	Altura de planta .....	61
3.13.2.	Diámetro ecuatorial.....	61
3.13.3.	Diámetro polar .....	62
3.13.4.	Grosor de pulpa.....	62
3.13.5.	Grados Brix.....	62
3.13.6.	Peso total de racimos .....	63
3.13.7.	Rendimiento t ha-1 .....	63
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	64
4.1.	Altura de planta .....	64
4.2.	Diámetro ecuatorial.....	65
4.3.	Diámetro polar .....	67
4.4.	Grados Brix.....	70
4.5.	Peso total de racimos .....	71
4.6.	Rendimiento .....	73
4.7.	Cuadro comparativo .....	75
5.	CONCLUSIONES.....	76
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	77
7.	APENDICE .....	93

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 4.1.</b> Efecto de los porcentajes de vermicompost sobre altura de planta (cm) del fruto de tomate en invernadero.....	64
<b>Figura 4.2.</b> Efecto de los porcentajes de vermicompost en el sustrato sobre diámetro ecuatorial (cm) de tomate en invernadero.....	66
<b>Figura 4.3.</b> Efecto de los porcentajes de vermicompost sobre diámetro polar (cm) del fruto de tomate en invernadero.....	67
<b>Figura 4.4.</b> Efecto de los porcentajes de vermicompost en el sustrato sobre grosor de pulpa (mm) del fruto de tomate en invernadero.....	69
<b>Figura 4.5.</b> Efecto de los porcentajes de vermicompost en el sustrato sobre grados brix °B del fruto de tomate en invernadero.....	70
<b>Figura 4.6.</b> Efecto de los porcentajes de vermicompost en el sustrato sobre peso total de racimos (g.) del fruto de tomate en invernadero.....	72
<b>Figura 4.7.</b> Efecto de los porcentajes de vermicompost en el sustrato sobre rendimiento ( $\text{th}^{-1}$ ) del fruto de tomate en invernadero.....	74

## INDICE DE APENDICE

- Cuadro A 1.** Análisis de varianza para la variable altura de planta en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2017; Torreón Coahuila.....93
- Cuadro A 2.** Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2017; Torreón Coahuila.....93
- Cuadro A 3.** Análisis de varianza para la variable peso diámetro polar en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2017; Torreón Coahuila.....94
- Cuadro A 4.** Análisis de varianza para la variable grosor de pulpa en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2017; Torreón Coahuila.....94
- Cuadro A 5.** Análisis de varianza para la variable grados Brix en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2017; Torreón Coahuila.....95
- Cuadro A 6.** Análisis de varianza para la variable peso de racimos en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2017; Torreón Coahuila.....95
- Cuadro A 7.** Análisis de varianza para la variable rendimiento en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2017; Torreón Coahuila.....96

## 1. INTRODUCCION

El tomate es la hortaliza más cultivada en el mundo, ocupa el primer lugar en superficie de 4.7 millones de hectáreas, tanto como en producción de 159 millones de toneladas  $ha^{-1}$  (Flaño, 2015). En México existen alrededor de 20,000 hectáreas bajo agricultura protegida. El tomate ocupa 14,000 hectáreas Con una producción anual de 3 millones de toneladas; es el tercer producto más exportado con 1.5 millones de toneladas, ocupa el décimo lugar a nivel mundial como productor (Ponce, 2013). En el estado de Coahuila se sembraron 1006.0 hectáreas, con un rendimiento de 50 toneladas  $ha^{-1}$  (COFUPRO, 2011). Los sistemas de producción varían en cuanto a variedades, sustratos de crecimiento, dosis de nutrimentos, técnicas de control de plagas y enfermedades, entre otros factores (Rodríguez *et al*, 2008). En condiciones de sustrato bajo invernadero es capaz de producir frutos de excelente calidad además de cumplir con los estándares de inocuidad alimentaria. (Rodríguez *et al*, 2009). En la actualidad existe la preocupación entre los consumidores por preferir alimentos libres de agroquímicos, inocuos y con alto valor nutricional; una alternativa para la generación de este tipo de alimentos, es la producción orgánica, método agrícola en el que no se deben de utilizar agroquímicos sintéticos (Márquez *et al*, 2008). Los beneficios de los abonos orgánicos son evidentes. La vermicompost se utiliza como mejorador de suelo en cultivos hortícolas y como sustrato para cultivos en invernadero que no contamina el ambiente, contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene alto contenido de ácidos húmicos, y aumenta la capacidad

de retención de humedad y la porosidad lo que facilita la aireación, drenaje del suelo y los medios de crecimiento. Las compostas se usan como sustrato debido a su bajo costo, sustituyen al musgo y suprimen varias enfermedades presentes en el suelo. La producción de tomate en invernadero puede efectuarse en mezclas de vermicompost y arena como sustrato (Rodríguez *et al*, 2008).

### **1.1.OBJETIVO**

Evaluar el rendimiento y calidad de tomate tipo saladette a diferentes porcentajes de vermicompost, en invernadero.

### **1.2. HIPOTESIS**

H0: Los tratamientos de vermicompost son mejores que el testigo en rendimiento y calidad.

Ha: Los tratamientos de vermicompost son iguales que el testigo en rendimiento y calidad.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA.**

### **2.1.1. Generalidades del tomate**

El tomate es la hortaliza más cultivada en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento, y en menor proporción al aumento de la superficie. Es cultivado en muchas zonas, con amplia variabilidad de condiciones de clima y suelo, aunque se cultiva principalmente en climas secos, tanto para producción en estado fresco como para uso agroindustrial (Escalona *et al*, 2009).

### **2.1.2. Origen del tomate**

El origen del género (*Solanum lycopersicum* L.) se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero parece que fue en México donde se domesticó, quizá porque crecería como mala hierba entre los huertos. Durante el siglo XVI (Lucero *et al*, 2012).

### **2.1.3. Importancia del tomate**

El tomate es la hortaliza más popular y aceptada en la cultura gastronómica del mundo y se cultiva en más de cien países para consumo en fresco o para su

industrialización. Los diez principales países productores que concentran más de 80 % del total mundial son: China, Estados Unidos, India, Egipto, Turquía, Italia, Irán, España, Brasil y México (Hernández-Leal *et al.*, 2013). Además es un alimento bajo en calorías, aporta 20 calorías por cada 100 g, ideal para las personas con sobrepeso u obesidad. Es beneficioso para la conducción del sistema nervioso y mantenimiento de agua dentro y fuera de las células. Contiene vitamina B, E y es rico en vitamina C, que interviene en la formación de colágeno, glóbulos rojos, huesos y dientes. Igualmente, tiene un antioxidante llamado licopeno, una forma de vitamina A que favorece la prevención de enfermedades crónicas e inflamatorias. Por ello, es recomendable en las siguientes situaciones: Ejercicio físico intenso, tabaquismo, infecciones, estrés, dietas ricas en grasas y sobre- exposición al sol (Hermoza, 2013).

#### **2.1.4. Importancia del tomate en México**

En México existen alrededor de 20,000 hectáreas bajo agricultura protegida. El tomate ocupa 14,000 hectáreas Con una producción anual de 3 millones de toneladas; es el tercer producto más exportado con 1.5 millones de toneladas, ocupa el décimo lugar a nivel mundial como productor (Ponce, 2013).

Es importante mencionar que gracias a los altos estándares de producción que presenta el jitomate mexicano, es una de las hortalizas con mayor demanda tanto a nivel nacional como internacional ya que cuenta con un alto grado de calidad e inocuidad que lo hace una de las especies vegetales con más rendimiento y rentabilidad. En el país existen distintas variedades de tomate rojo,

entre las más importantes están el jitomate cherry, saladette, tipo pera, bola y bola grande (HIDRO ENVIRONMENT, 2015).

En los últimos años se ha incrementado la producción tomatera en un 50 por ciento, esto debido a que con el paso del tiempo se han desarrollado nuevas tecnologías y mejorado los métodos para su obtención; inclusive en la actualidad existe una mayor superficie destinada para su siembra, tan sólo en 2010 se ocuparon poco más de 54 mil hectáreas para su cultivo. Por otra parte, de acuerdo con datos arrojados por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), a lo largo del 2014 México produjo cerca de 2.8 millones de toneladas de jitomate, razón por la cual su producción ocupa el segundo lugar (HIDRO ENVIRONMENT, 2015).

#### **2.1.5. Valor nutricional**

En general el jitomate es un alimento que se caracteriza por tener un alto contenido de humedad la cual se encuentra entre 90 y 97 es bajo en grasa proteínas y azúcares, es una fuente importante de caroteno licopeno y vitamina C, sin embargo su aporte nutricional depende de la variedad (Medellin, 2012).

## **2.2. Taxonomía**

De acuerdo a Integrated Taxonomic Information System (ITIS) (2014), la siguiente clasificación taxonómica del tomate, es la actualmente aceptada, aun cuando la propuesta por Miller en 1788 es la más comúnmente citada:

Dominio: Eukaria

Reino: Plantae

Subreino: Viridaeplantae

División: Traqueophyta

Subdivisión: Spermatophytina

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *lycopersicum* L.

Según el hábito de crecimiento, se pueden distinguir dos tipos distintos: los determinados y los indeterminados. La planta de crecimiento determinado es de tipo arbustivo, de porte bajo, pequeño y de producción precoz. Se caracteriza por la formación de las inflorescencias en el extremo del ápice. El tomate de tipo indeterminado crece hasta alturas de 2 metros o más, según el empalado o tutoreo que se utilice. El crecimiento vegetativo es continuo. Unas seis semanas después de la siembra inicia su comportamiento generativo, produciendo flores en forma continua y de acuerdo a la velocidad de su desarrollo. Los procesos fisiológicos de crecimiento y desarrollo de la planta de tomate dependen de las condiciones del clima, del suelo y de las características genéticas de la variedad (J.N.M. Von Haeff, 1983).

### **2.2.1. Caracterización botánica del tomate**

Descripción botánica de la especie. El tomate cultivado, *Lycopersicon esculentum* Mill. Así lo describe la Comisión interamericana de derechos humanos (CIDH, 2004).

### **2.2.2. Planta**

Es una planta autógama, muy ramificada, rastrera y perenne, aunque se cultiva como anual (CIDH, 2004).

### **2.2.3. Raíz**

La raíz es pivotante pero tiende a ser fasciculada cuando la planta proviene de transplante. Todas las partes vegetativas aéreas, junto con los pedúnculos, pedicelos y cálices florales son densamente pubescentes y glandulares, lo que da a la planta su olor característico (CIDH, 2004).

### **2.2.4. Tallo**

Los tallos son gruesos y angulosos, de color verde, con nodos compuestos de dos o, más comúnmente, tres hojas y una inflorescencia. En la axila de cada hoja aparece un tallo secundario. Según el tipo de crecimiento, las plantas pueden ser determinadas o indeterminadas. En las plantas de hábito de crecimiento indeterminado, carácter silvestre de la especie, hay un crecimiento nodal continuo a partir de que aparece la primera inflorescencia, entre la séptima y décima hoja

verdadera. Las plantas determinadas se caracterizan porque la primera inflorescencia aparece relativamente pronto, hay tendencia a que existan no más de dos hojas nodales entre racimos y el tallo principal termina en una inflorescencia (CIDH, 2004).

#### **2.2.5. Hojas**

Las hojas son anchas, planas y pinnatisectas, con 7-11 foliolos. compuesta e imparipinnada, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada, es rica en cloroplastos (CIDH, 2004).

#### **2.2.6. Flores**

Las inflorescencias, de tipo racimo o cima, tienen un número de flores variable, generalmente de 7 a 12. Además, las inflorescencias pueden estar divididas o ser indivisas. Las flores son hermafroditas, perfectas, hipoginas y regulares. Los pedicelos poseen articulación funcional que actúa como zona de abscisión. El cáliz tiene cinco ó más sépalos lanceolados y fusionados en la base. La corola está formada por cinco o más pétalos de color amarillo, lanceolados y fusionados en la base. Los sépalos son más pequeños que los pétalos aunque, al ser el cáliz acrescente, alcanzan un mayor tamaño con el desarrollo del fruto. Los estambres, cinco o rara vez seis, están fusionados a la corola por sus filamentos. Poseen anteras largas de color amarillo, conniventes, que forman un tubo en

forma de botella en cuyo interior queda encerrado el estilo. Cada antera posee una extensión apical generalmente también fusionadas entre ellas. El pistilo está formado por un ovario compuesto (CIDH, 2004).

### **2.2.7. Fruto**

El fruto es una baya, generalmente de color rojo, bi- o multiloculada, con una gruesa placenta en la que se encuentran numerosas semillas recubiertas de una sustancia mucilaginosa. Están descritas una gran diversidad de formas y tamaños de frutos (Antonio, 2005).

### **2.2.8. Semilla**

La semilla del tomate es pequeña, con dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm, éstas pueden ser de forma globular, ovalada, achatada, casi redonda, ligeramente alongada, plana, arriñonada, triangular con la base puntiaguda. La semilla está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal, la cual está recubierta de pelos. Las semillas dentro del lóculo, en sus últimas etapas de desarrollo, aparecen inmersas en una sustancia gelatinosa (Jaramillo *et al*, 2007).

### **2.2.9. Polinización**

En campo abierto, el viento puede impulsar la polinización en los tomates; sin embargo, en invernadero, este proceso requiere intervención debido al poco aire y a la humedad relativa alta en la que

se desarrolla la planta. Para esto, se utiliza un aparato de asistencia mecánica, como un vibrador, unas bombas para disipar el aire dentro del invernadero o el empleo de abejorros (Seminis, 2016).

## **2.3. Requerimientos ambientales en el cultivo de tomate**

### **2.3.1. Temperatura**

El óptimo térmico para el desarrollo del tomate durante el día es de 23-25 °C y de 15-17 °C durante la noche; mientras que la humedad relativa apropiada es del orden de 70%. Las temperaturas por debajo de 8 °C y por encima de 30 °C, alteran el desarrollo del tomate y suelen provocar una deficiente fructificación. A 0 °C por varios minutos se hiela la planta. Altas temperaturas, por encima de los 30 °C durante largos periodos, agobian las plantas y ocasionan desórdenes fisiológicos en el fruto. EN el valle de Culiacán, tiene dificultades para producir en los meses de octubre a diciembre. En esta zona, en los meses de junio a septiembre (color rojo), las temperaturas dentro del invernadero son tan elevadas que no hay oportunidad de plantar en esos meses del año (Javier, 2011). A temperaturas superiores a 25°C e inferiores a 12 °C la fecundación es defectuosa o nula. La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10 °C así como superiores a los 30 °C originan tonalidades amarillentas (CIDH, 2004).

### **2.3.2. Luz y fotoperiodo**

La productividad del cultivo de tomate en cierto grado suele estar limitada por luz, temperatura, nutrición y abastecimiento de agua. Por ejemplo, en el Altiplano del centro norte de México no es posible producir tomate de calidad durante el invierno sin el apoyo de calefacción. Por otro lado, en varias zonas del Bajío, ha sido posible producir durante el invierno sin el apoyo de calefacción. La producción de cultivos en casas sombra ha mostrado gran auge en el Noroeste del país (Sinaloa, Sonora, Baja California y más recientemente en Coahuila y San Luis Potosí), su ventaja fundamental es la reducción de la temperatura. Estas estructuras funcionan como barrera física para los insectos y mejoran el ambiente en zonas con alta irradiación, alta temperatura y baja humedad relativa. La calidad de la luz y el fotoperiodo no son tan importantes para el crecimiento del tomate como la radiación integral diaria. Tratar de superar las limitaciones de luz a escala comercial utilizando luz artificial, rara vez se justifica económicamente. Generalmente es más recomendable maximizar la iluminación natural poniendo especial atención en el material y limpieza de la cubierta de los invernaderos. Se estima que para que el cultivo de tomate produzca con mínimas restricciones fotosintéticas, debe ocurrir una radiación incidente fuera del invernadero del orden de 14 a 16 MJ/m<sup>2</sup> por día. En los meses de diciembre y enero, que es cuando hay más restricciones de luz en el hemisferio norte, esto no resulta prohibitivo para prácticamente ninguna región de México. Mientras que en Holanda la radiación acumulada que incide en los meses de octubre a marzo es menor de 10 MJ/m<sup>2</sup> por día. Incluso en Almería, que está en el sur de España, en los meses de

noviembre a enero se presenta una cierta limitación en la radiación captada, pues apenas llega a los 10 MJ/m<sup>2</sup> por día. En Chapala, Jalisco, se superan los 15 MJ/m<sup>2</sup> por día en los meses de invierno, de menor radiación. Esto indica el potencial que tiene México para la producción hortícola protegida durante el periodo invernal en comparación con Holanda o incluso comparado con el sur de España. No obstante, hay zonas con mayor radiación que otras durante el invierno como es la zona de Chapala y la zona de Azúcar de Matamoros, por la gran cantidad de días despejados que ocurren en el invierno en esas regiones. En el resto del año la radiación es mucho mayor y no representa ninguna restricción (Robinson, 2011).

La cantidad de horas de luz, **fotoperiodo** de día por día impacta directamente en el florecimiento de la planta. El tomate es apto en días neutros, florecen sin importar la longitud del día. En vez de eso, generalmente florecen después de alcanzar cierta etapa de desarrollo (José, 2016).

### **2.3.3. Humedad del suelo y humedad relativa**

Este punto es tan importante en la agricultura como el anterior relativo al manejo de la temperatura nocturna y diurna. Cuando el cultivo sufre de una humedad relativa alta, se incrementan las condiciones para que se desarrollen enfermedades en el cultivo. Además se presentan las situaciones siguientes: El polen se compacta y se dificulta la polinización, aumenta la posibilidad de agrietamiento y aparición de micro-grietas en los frutos, se estimula la coloración irregular en los frutos, por el contrario, un cultivo que sufre de humedad relativa

baja, su polen seca antes de germinar, disminuyendo el periodo de polinización. Además, se prestan las condiciones para el desarrollo de oídium. Cuando aumenta la temperatura por encima de 35°C se disminuye el número de granos de polen. Cualquier floración en esos días disminuye drásticamente, su cuaje o polinización y esos racimos se pierden o se obtienen sólo dos o tres tomates. Además los tomates Roma o saladette, se nota un alargamiento del fruto, prácticamente se pierde su forma típica y en ocasiones se ponen puntiagudos, Los tallos se alargan. El primer racimo sale muy alto y los espacios entre un racimo y otro son muy largos (Valerio, 2012).

La exigencia del tomate en cuanto a la humedad del suelo es media, influye sobre todo en el crecimiento de los tejidos, transpiración, fecundación de las flores y desarrollo de las enfermedades criptogámicas, siendo preferibles humedades medias no superiores al 50%, y suelos no encharcados (Rodríguez *et al.*, 2001). Los periodos críticos de humedad en las plantas de crecimiento determinado son: después del trasplante, poco consumo de agua; en floración e inicio de fructificación, gran demanda de agua; en la etapa de maduración de fruto, poco consumo de agua (Huerres y Caraballo, 1988).

#### **2.4. Invernadero**

Los invernaderos cubiertos con plástico tanto en el techado y en las paredes, cabe tener en cuenta los siguientes puntos: El diseño en la construcción del invernadero, la composición química y las propiedades de la película de cubierta, el sistema de sujeción del plástico, El tensado de la película sobre la estructura, La ventilación como parte de la estructura, la cubierta de un

invernadero es uno de los componentes más importantes a la hora de satisfacer las necesidades de cultivo. En ella factores como transparencia, retención de calor, el rendimiento térmico, flexibilidad, el envejecimiento o la resistencia al fuego son factores decisivos para escoger un buen material (Gasso y Solomando, 2011).

#### **2.4.1. Generalidades del invernadero**

El cultivo protegido es obtener producciones de valor añadido (hortalizas, frutas, flores ornamentales y plantas de vivero). El factor determinante relevante de la actividad productiva hortícola es el clima. Entre las más importantes limitaciones para la producción hortícola cabe citar la falta de radiación solar, la temperatura insuficiente o excesiva, el exceso o falta de humedad, el exceso de viento y el inadecuado contenido anhídrido carbónico del aire la mayor parte de las limitaciones citadas son factores climáticos, que pueden alterarse mediante el cultivo protegido (Castilla, 2005).

#### **2.4.2. Producción de tomate en invernadero y con sustratos orgánicos**

La producción orgánica de alimentos es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas y fertilizantes sintéticos, inocuos y con un alto valor nutricional. No obstante, la Certificación orgánica indica un período de transición de tres a cinco años sin aplicación de ningún producto sintético al suelo, período que la mayoría de los productores, no están dispuestos a aceptar, porque implica arriesgar el capital. Por otro lado, el

tomate orgánico en México alcanza un precio de 5.84 veces mayor que el convencional, producirlo en invernadero, aumentaría los rendimientos y por ende el beneficio económico para el productor. Sin embargo, es necesario un sustrato, que además de sostén, aporte cantidades considerables de elementos nutritivos que satisfagan las demandas del cultivo. Una alternativa, es la composta, que al mezclarla con medios inertes, mejora sus características físicas y químicas evitando la hipoxia (Márquez *et al*, 2007).

La agricultura convencional está basada en el uso de agroquímicos en cambio la agricultura orgánica, la cual, está basada en el uso de productos naturales, no contaminantes como las compostas, utilización de productos autorizados para el control de los organismos dañinos y con el uso de abundante mano de obra. Dicha agricultura representa una completa inocuidad alimentaria (Cano *et al*, 2004).

#### **2.4.3. Ventajas de producción en invernadero**

Control incrementado de plagas, enfermedades y malezas: La clave del éxito del control de plagas, enfermedades y malezas depende de la hermeticidad del mismo y para ello el invernadero tiene que ser diseñado y construido correctamente. Asimismo la programación de sus aplicaciones es más fácil, pudiendo controlar el acceso a los cultivos.

Posibilidad de cultivo a lo largo del año: El cultivo en invernadero tiene una cierta independencia del medio exterior y por ello existe la posibilidad de obtener producciones sea cual sea la época del año no siendo importante si el invierno es

frío o el verano tiene temperaturas altas pues en la primera situación se pueden instalar sistemas de calefacción y en la segunda ventilación o sistemas de enfriamiento.

Consecución de productos de fuera de temporada: La ventaja de obtener productos fuera de temporada como consecuencia de poder producir durante todo el año, permite acceder a más y mejores mercados como consecuencia de la falta de competencia y utilizar técnicas para obviar la situación de mercados sobresaturados en las temporadas de mayor producción.

Regiones con condiciones restrictivas y consecución de **producciones**: Por medio de invernaderos es posible obviar las condiciones medioambientales adversas a las especies que únicamente sólo se pueden cultivar únicamente en las condiciones del lugar.

Regiones con condiciones restrictivas y consecución de producciones: Por medio de invernaderos es posible obviar las condiciones medioambientales adversas a las especies que únicamente sólo se pueden cultivar únicamente en las condiciones del lugar.

Alta calidad en la consecución de los cultivos: Dentro de los invernaderos las plantas no están expuestas al desgaste físico como consecuencia de los elementos ambientales.

Realización del trabajo con mayor seguridad y comodidad: Los trabajadores está protegidos de las inclemencias del tiempo dentro de los invernaderos frente a que los que trabajan en campo abierto dónde tiene que soportar las inclemencias del tiempo y de este modo cumplir todas las actividades programadas, sin que los factores externos sean un obstáculo.

Investigación en condiciones ideales: Por medio de invernaderos medianamente tecnológicos es posible la manipulación de las condiciones ambientales en función a los cultivos que se requieran, pero del mismo modo es posible modificar las plantas sometiéndolas a distintas condiciones y extraer conclusiones sobre la forma más favorable para su cultivo o en determinadas situaciones (Deforche construct, 2013).

#### **2.4.4. Desventajas de producción en invernadero**

Según Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA, (2007), señala algunos inconvenientes antes de construir o comprar un invernadero y así estar preparados para enfrentar o minimizar los efectos negativos, estos son:

- Inversión inicial alta.
- Desconocimiento de las estructuras más apropiadas para cada región.
- Alto nivel de especialización y necesidades de capacitación del personal.
- Altos costos de producción.
- Condiciones óptimas para el rápido ataque de plagas y enfermedades.
- Alta dependencia de las condiciones idóneas para el Mercado.

## **2.5. Exigencia del clima**

El control ambiental en los invernaderos está basado en manejar de forma adecuada todos aquellos sistemas instalados en el invernadero, como calefacción, ventilación y el suministro de fertilización carbónica, para mantener los niveles adecuados de radiación, temperatura, humedad relativa y nivel de CO<sub>2</sub>, y así conseguir la mejor respuesta del cultivo y por tanto, mejoras en el rendimiento, precocidad, calidad del producto y calidad del cultivo en general (Vázquez, 2014).

### **2.5.1. Temperatura**

Este es el parámetro más importante a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Normalmente la temperatura óptima para las plantas se encuentra entre los 10 y 20° C. El calentamiento del invernadero se produce cuando el infrarrojo largo, procedente de la radiación que pasa a través del material de cubierta, se transforma en calor. Esta radiación es absorbida por las plantas, los materiales de la estructura y el suelo. Como consecuencia de esta absorción, éstos emiten radiación de longitud más larga que tras pasar por el obstáculo que representa la cubierta, se emite radiación hacia el exterior y hacia el interior, calentando el invernadero (Infoagro, 2017).

El calor se transmite en el interior del invernadero por irradiación, conducción, infiltración y por convección, tanto calentando como enfriando. La conducción es producida por el movimiento de calor a través de los materiales de cubierta del invernadero. La convección tiene lugar por el movimiento del calor por las plantas, el suelo y la estructura del invernadero. La infiltración se debe al intercambio de calor del interior del invernadero y el aire frío del exterior a través de las juntas de la estructura (Infoagro, 2017).

### **2.5.2. Humedad relativa**

La humedad relativa es la cantidad de agua contenida en el aire, en relación con la máxima que sería capaz de contener a la misma temperatura. Existe una relación inversa de la temperatura con la humedad por lo que a elevadas temperaturas, aumenta la capacidad de contener vapor de agua y por tanto disminuye la HR. Con temperaturas bajas, el contenido en HR aumenta. Cada especie tiene una humedad ambiental idónea para vegetar en perfectas condiciones: al tomate, al pimiento y berenjena les gusta una HR sobre el 50-60% (INFOAGRO, 2017). Cuando el cultivo sufre de una humedad relativa alta el polen se compacta y se dificulta la polinización, Aumenta la posibilidad de agrietamiento y aparición de micro-grietas en los frutos, Se estimula la coloración irregular en los frutos. Por el contrario, un cultivo que sufre de humedad relativa baja ve su polen secar antes de germinar, disminuyendo el periodo de polinización. Además, se prestan las condiciones para el desarrollo de oídium. Por otra parte, cuando las altas temperaturas y la baja humedad relativa se combinan, esta situación provoca

en las plantas que la asimilación del calcio se dificulte, aumenta con ello el porcentaje de Pudrición apical (Valerio, 2012).

### **2.5.3. Sustratos en la horticultura protegida**

Los sustratos sin suelo, conocidos como artificiales, poseen algunos requerimientos básicos para ser viables, entre los que se incluyen estar libres de patógenos, poseer buenas cualidades de aireación y drenaje, y una capacidad de retención de agua suficiente para prevenir resecaamiento excesivo. Todo sustrato tiene ventajas y desventajas, por lo que a continuación se muestra una lista de algunos sustratos comunes así como lo que usted debe saber antes de optar por un tipo determinado (Lauren, 2012).

Los sustratos, materiales o mezclas de materiales que se utilizan como soporte y contenedor de agua para las plantas, toman importancia. Algunos sustratos son importados de otros países o de regiones distantes al sitio donde se encuentran los invernaderos, lo que aumenta su costo. Por ello, los materiales de origen natural y los desechos que se encuentran en una región determinada, tienen un papel importante en las actividades agrícolas y en la elaboración de sustratos. Bajo el esquema de producción intensiva en invernadero, el manejo del agua es de vital importancia en la producción de este cultivo, debido a que cumple una serie de funciones básicas en la vida de las plantas, constituyendo hasta un 95 % de su peso. Las necesidades hídricas de esta planta se presentan en tres periodos críticos: uno durante la emergencia de plántulas, otro al inicio de la floración y uno más durante el llenado de fruto. Si bien, la producción de hortalizas

en invernadero es una de las alternativas que se llevan a cabo para alcanzar un uso sustentable del agua (segura *et al*, 2011).

## **2.6. Selección de sustratos**

Por sustrato debemos entender todo material o combinación de diferentes componentes que, no siendo tóxico, libre de patógenos, provea sostén, adecuada capacidad de intercambio catiónico, así como una adecuada retención de humedad para la planta que en éste crecerá, pero con una porosidad que garantice una correcta aireación para un óptimo desarrollo radical. . La selección de uno u otro componente de sustrato está sujeta mayormente a su facilidad de mezcla y costo en la región en donde se encuentre el vivero. La operación de mezclado y posterior manejo de la mezcla a emplear como sustrato definitivo tiene un impacto significativo sobre las propiedades físicas y químicas del mismo. Así, la porosidad total, el espacio ocupado por el aire, el drenaje y la capacidad de retención de humedad pueden variar significativamente entre los envases o bolsas cuando estos son llenados con un sustrato mal mezclado (Jesús, 2009).

### **2.6.1. Características de los sustratos**

Un sustrato es evaluar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, para establecer si son adecuadas para el desarrollo de un cultivo, o bien es necesario hacer alguna adecuación para utilizarlo. Cualquier material orgánico, mineral o

artificial puede ser empleado como sustrato, con la condición de que desempeñe las funciones expuestas anteriormente. El problema fundamental en los sustratos es asegurar la producción de biomasa de las partes aéreas con la ayuda de un volumen limitado de sistema radicular. Tomando en cuenta las siguientes funciones: Una fase líquida que asegure el suministro de agua y nutrientes a la planta. -una fase gaseosa que asegure el intercambio de oxígeno y bióxido de carbono entre las raíces y el medio externo (Fidel, 2004).

### **2.6.2. Propiedades físicas y químicas**

Las características físicas más importantes de los sustratos son la densidad aparente o volumen y la retención de agua aunque en la caracterización en el laboratorio se utilizan además otras medidas (granulometría, densidad real, porosidad y curvas características de humedad, conductividad hidráulica conductividad térmica, entre otras), en la práctica, la densidad del sustrato, nos determina la unidad de venta del mismo y la retención de agua, que os define la gestión del riego, suele ser suficiente para la correcta y gestión agronómica del suelo (Bures, 2002).

Las propiedades físicas y químicas se derivan de la composición elemental de los materiales que configura el sustrato y del modo de estar los elementos fijados a estos y su relación con el medio. La reactividad de un sustrato se plasma en un intercambio de materia entre el material sólido que forma el sustrato y de líquido que los intersticios (la solución del sustrato- fase líquida). Un sustrato podrá

ser más o menos estable en el tiempo en función de su reactividad química, puesto que el material que compone el sustrato puede reaccionar con la fase líquida liberando o adsorbiendo elementos nutritivos o bien puede ser material que no se descomponga ni libere materiales solubles (Bures, 2002).

### **2.6.3. Espacio poroso total**

El espacio poroso o porosidad total es la porción no sólida del volumen del sustrato. Representa el volumen de aire del material, seco en estufa, expresado como un porcentaje del volumen total. La capacidad de retención de agua de un medio es el volumen de agua que se retiene después del riego y el drenaje. La cantidad de agua retenida por un medio particular es dependiente en la distribución del tamaño de las partículas y la altura del recipiente (pire, 2003).

Es el total de espacio que no está ocupado por el material sólido que se agrega en la maceta y contenedor y que puede estar ocupada por agua y por aire y también denominado como capacidad de retención de agua y capacidad de aire, respectivamente. El espacio poroso total debe ser mayor a 85% (pire, 2003).

### **2.6.4. Capacidad de porosidad**

Los sustratos presentan dos tipos de poros: internos y externos. La porosidad interna está influenciada por la naturaleza de las partículas, y estado e interconexión de los poros; puede ser abierta o cerrada. Los poros abiertos o percolantes son los que tienen conexión con los poros externos. La porosidad efectiva es la porosidad percolante, abierta o interconectada, que es la que

contribuye a la retención y movimiento del agua en el sustrato. La porosidad externa es la que se da por el empaquetamiento o acomodo de las partículas, la cual depende de la forma, tamaño y naturaleza de las mismas. En la porosidad de los sustratos, los microporos son utilizados por el agua y los macroporos por el aire. El intercambio gaseoso tiene lugar en los macroporos, que están en función directa del tamaño, disposición y grado de compactación de las partículas (Hernández, 2009).

#### **2.6.5. Densidad real**

La densidad real ( $D_r$ ) se define como el cociente entre la masa de las partículas del sustrato y el volumen que ocupa, sin considerar a poros y huecos; ésta no depende del grado de compactación ni del tamaño de partícula (Ansorena, 1994). Las sustancias minerales pueden presentar valores de densidad real de  $2.65 \text{ g mL}^{-1}$ , mientras que los compuestos orgánicos presentan valores promedios de  $1.50 \text{ g mL}^{-1}$ . Hay una discusión sobre este tema, ya que algunos autores consideran a la  $D_r$  como el peso del material entre el volumen que ocupa, excluyendo aquellos huecos ocupados por aire o agua; mientras que otros autores consideran que la  $D_r$  se entiende como el cociente entre el peso del material y su volumen correspondiente, incluyendo aquellos poros cerrados. Estas diferencias de términos pueden causar un error cuando se determina esta propiedad; la primera consideración propone que el material al que se le va a determinar la  $D_r$  sea triturado; la segunda, menciona que el material no debe ser modificado para

no alterar sus propiedades al momento de hacer dicha determinación (Hernández, 2009).

#### **2.6.6. Densidad aparente**

La densidad aparente es la relación entre la masa o peso de las partículas y el volumen aparente que ocupan, es decir, incluyendo al espacio poroso total. El volumen aparente es el volumen ocupado por un sustrato considerando materiales sólidos y los poros internos y externos, tanto abiertos como cerrados. tiene relación directa con la porosidad del material; es decir, si se ejerce una presión sobre un sustrato, disminuirá el volumen de poros; al disminuir el volumen total, aumenta la densidad aparente. La reducción del tamaño de poros, producida por la compactación del sustrato, hace que disminuya la porosidad ocupada por aire y aumente la retención de agua (Hernández, 2009).

#### **2.6.7. Conductividad hidráulica**

La conductividad hidráulica es la habilidad del sustrato para transmitir (conducir) el agua). Está definida según la ley de Darcy, que describe el flujo de agua a través de un medio poroso en condiciones de saturación; el flujo es directamente proporcional a la sección y al gradiente hidráulico (caída del potencial hidráulico). La conductividad está en función del contenido de agua del sustrato, de la geometría de sus poros y de las propiedades del fluido; en condiciones de saturación el movimiento del agua es a través de los poros

grandes; en cuanto disminuye el contenido de humedad, el movimiento del agua se da por los poros pequeños (Hernández, 2009).

### **2.6.8. Retención de agua**

Para suelos agrícolas, la curva de retención de humedad se mide a succiones de 0 a 1.5 MP a, mientras que en sustratos no pueden ser sometidas a estos valores de tensión, por lo que las curvas de liberación de agua se realizan entre 0 y 100 cm de columna de agua (0 a 0.1 MP a). Los valores de pF de 4.2 (1600 cm de columna de agua) la planta no puede absorber más el agua. El concepto de agua disponible incluye tres factores: tipo de planta, condición de la rizósfera y la conductividad hidráulica del sustrato. El tipo de planta incluye la especie y/o cultivar usado, la condición física de la planta, la etapa de madurez, y la distribución de la raíz; la condición de la rizósfera implica el gradiente potencial que existe en la interface sustrato – raíz). Clasificación del agua en el sustrato (Hernández, 2009).

- Agua difícilmente disponible (ADD): es el porcentaje de agua en volumen que queda retenida en el sustrato tras aplicar una tensión de 100 cm (10 Kpa) de columna de agua.
- Agua de reserva (AR): es el porcentaje en volumen de agua que se libera entre 50 (5 Kpa) y 100 cm (10 Kpa) de columna de agua de tensión sobre el sustrato.

- Agua fácilmente disponible (AFD): es el porcentaje en volumen de agua que se libera entre 10 (1 Kpa) y 50 cm (5 Kpa) de columna de agua de tensión sobre el sustrato.
- Capacidad de aire (CA): es el porcentaje en volumen de agua que se libera al aplicar una tensión de 10 cm (1 Kpa) de columna de agua.
- Material sólido (MS): es el porcentaje en volumen ocupado por la matriz sólida del sustrato.
- Espacio poroso total (EPT): es el espacio de aire y agua, formado por la suma de ADD, AR, AFD y CA que se determina a partir de las densidades real y aparente (Hernández, 2009).

#### **2.6.9. PH**

La reacción del sustrato es importante porque ejerce sus efectos sobre la disponibilidad de los nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica. El nivel óptimo del pH del sustrato del pH del sustrato para el cultivo del tomate es de 5.5 a 7.5 (Ballester – Olmos, 1992).

#### **2.6.10. Conductividad eléctrica**

La CE apropiada para la producción de tomate está estrechamente relacionada con las condiciones ambientales (humedad relativa, temperatura y luz). Observaron que las plantas toleran una mayor CE en invierno que en verano. La respuesta que presentan las plantas a la CE es diferente, existen variedades de tomate adaptadas para ser nutridas con soluciones de CE elevada, lo cual

permite su explotación con aguas salinas, no aptas para ser usadas en campo. reportarán que al aumentar la CE de la SN se obtiene, a costa de un menor rendimiento, un incremento en la calidad de los frutos: firmeza, contenido de sólidos solubles y acidez titulable (Lara, 1999).

#### **2.6.11. Capacidad intercambio catiónico**

La capacidad de intercambio catiónico y se refiere a la capacidad de la tierra o de un sustrato de retener e intercambiar nutrientes minerales. Se basa en carga negativa y positiva en el caso de los fertilizantes orgánicos, los microbios descomponen las moléculas complejas en los mismos elementos fertilizantes.

Carga negativa: Las partículas de la tierra o del sustrato (turba, vermiculita, corteza, coco en trozos, arcilla calcinada, etc.) tienen cargas eléctricas en sus superficies. Si hay una carga negativa en la superficie de una partícula del sustrato, entonces contribuye a la capacidad de intercambio catiónico.

Carga positiva: Los elementos cargados positivamente (cationes) se unen a estos puntos negativos en las partículas del sustrato y, posteriormente, se pueden intercambiar por otro elemento, entonces, la planta lo puede usar. Mientras más puntos cargados negativamente se encuentren en estas partículas, mayor será la capacidad de intercambio catiónico del sustrato. La capacidad de intercambio catiónico se mide como miliequivalentes por 100 gramos de sustrato (meq/100g); sin embargo, también se puede medir como meq/100 cm<sup>3</sup> (Buechel, 2016).

### **2.6.12. Salinidad**

La salinidad sobre los cultivos hortícolas presenta un creciente interés debido al empeoramiento paulatino de la calidad del agua de riego en numerosas zonas productoras. De este modo, la disponibilidad de información que ayude al manejo de los cultivos bajo condiciones salinas resulta básica. En los cultivos sin suelo existe, además, una clara tendencia hacia la implantación de sistemas cerrados con el fin de reducir drásticamente la emisión de lixiviados al subsuelo y la contaminación de las aguas tanto superficiales como subterráneas (Magan, 2003).

Los efectos de la salinidad en cultivos sobre sustratos son similares a los producidos en cultivos sobre suelo. La diferencia radica en el volumen de enraizamiento. Mientras que estos últimos utilizan un volumen de 250 l m<sup>2</sup>, los cultivos sobre sustratos requieren solo de 10 a 15 l m<sup>2</sup>. Significa eso que antes de aparecer los niveles perjudiciales, las raíces de los cultivos sobre sustratos acumulan menos cantidad de sal que la de los cultivos sobre suelo; además, son más flexibles y reaccionan inmediatamente a medidas aplicadas para prevenir daños causados por la salinidad (Urrestarazu, 2010).

### **2.6.13. Presión osmótica**

La presión osmótica (P.O.) es muy importante para la absorción de agua por las plantas y depende de la cantidad de sólidos disueltos en la solución del

medio, estando influenciada por la urea y otros compuestos orgánicos que no alteran la C.E., debiendo mantenerse entre 0.5 y 2.0 atmósfera al 50% de humedad (Abad, 1995).

#### **2.6.14. Propiedades biológicas**

Las características biológicas de los sustratos han sido muy poco estudiadas hasta el momento. Sin embargo, mencionan que los sustratos deben poseer, además de buenas características físicas y químicas, características biológicas como la presencia de microorganismos (micorrizas, rizobium y acetobacter) que ayuden a los procesos de descomposición de compuestos orgánicos (Gómez, 2001).

Las características biológicas de los sustratos provienen mayoritariamente de la presencia de materia orgánica. Todos los materiales orgánicos que no son de síntesis son inestables y se pueden degradar con el tiempo. La materia orgánica fresca en condiciones adecuadas se descompone dando como productos finales elementos minerales y ácidos húmicos y fúlvicos. Por ello es importante conocer el contenido en materia orgánica y su estado. La materia orgánica en un sustrato actúa como un reservorio dosificador de nutrientes, además de presentar múltiples características beneficiosas para el cultivo. Dadas las características particulares de la materia orgánica, los sustratos se han clasificado tradicionalmente como orgánicos e inorgánicos. Algunas de las propiedades biológicas principales son: Supresividad. Algunos materiales orgánicos contienen poblaciones de hongos como *Trichoderma* o *Streptomyces* que son capaces de

suprimir la actividad de algunos hongos patógenos como el Pythium, el Fusarium o la Rhizoctonia. Actividad reguladora del crecimiento. Se ha descrito en algunos materiales orgánicos actividad hormonal que puede favorecer el desarrollo vegetal. Actividad enzimática. La actividad enzimática de algunos compuestos orgánicos favorece la disponibilidad de elementos nutritivos para las plantas. Micorrizas. La presencia de Rhizobium, Azotobacter, hongos vesículo-arbusculares, ectomicorrizas, y otros agentes bióticos en los sustratos pueden favorecer la correcta nutrición de las plantas. Formación de complejos metálicos. Las sustancias húmicas forman complejos con algunos elementos metálicos, como el hierro, manganeso, cinc y cobre, aumentando la disponibilidad de micronutrientes para las plantas ( Bures, 2002).

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

Existen diferentes criterios de clasificación de sustratos de cultivo, basados en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades y su capacidad de degradación, entre otras características. El productor debe considerar estas propiedades y decidir en base a las mismas, qué tipo de sustrato es más adecuado para conseguir sus objetivos de producción .Sustratos inertes y activos Según sus propiedades, clasificamos a los sustratos en inertes y activos, cuyas diferencias entre ambos vienen determinadas por la capacidad de intercambio catiónico (CIC) o la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato (Robinson, 2013).

### **2.7.1. Sustratos orgánicos**

Dentro de los sustratos orgánicos se encuentran: la turba, pinocha, resaca de río, el estiércol, fibra de coco, vermicompos y entre otros. Los sustratos orgánicos, son el principal fertilizante natural (libre de compuestos químicos) que se utilizan en las huertas y cultivos orgánicos. Lo ideal es incorporar como tarea de mantenimiento de nuestras plantas, una vez al año (otoño-invierno) realizar un aporte del sustrato más adecuado, según las necesidades de cultivo de las especies. Ya que los sustratos, como también, el suelo, se van lavando a través de los riegos, perdiendo sus nutrientes naturales y necesitan ser repuestos, para poder continuar con su correcto crecimiento y desarrollo y sobre todo, sanas y fuertes . (Uría, 2015).

Una ellas es la turba: La turba está formada por restos de vegetación acuática. Existen 2 tipos de turba: rubias y negras. Las turbas rubias poseen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas; las turbas negras están más mineralizadas, teniendo un menor contenido en materia orgánica. Para preparar la mezcla se humedece antes de incorporarla, ya sea a un contenedor o a un hoyo, para que hidrate correctamente. La turba es un sustrato orgánico de tipo fibroso. (Uría, 2015).

Principales características de la turba: Posee bajo PH, permeabilidad alta, aireación alta, retención hídrica variable. Muy alta si proviene del musgo, rica en materia orgánica, No posee capacidad buffer, No tiene C.I.C., hay plantas que entre sus necesidades, requieren suelos con PH bajo, para estas especies.

Resaca y Estiércol: Existen varios tipos de estiércol (excremento de animales) es

importante que proceda de animales cuya alimentación sea vegetal, como caballos, vacas, cabras, etc. El estiércol debe estar seco, curado y cribado. El estiércol se utiliza principalmente para mejorar las propiedades físicas del suelo. La resaca de río mejora el drenaje en las mezclas y aporta nutrientes. Tanto el estiércol como la resaca de río: Poseen alta permeabilidad, alta aireación, tienden a acidificar el suelo, no poseen capacidad buffer, Tienen bajo C.I.C. (capacidad de intercambio catiónico) Ricos en materia orgánica. (Uría, 2015).

### **2.7.2. Sustratos inorgánicos o inertes**

Son aquellos que no reaccionan químicamente con el agua o fertilizantes, de modo que no les proporcionan nutrimentos a las plantas, pero si les dan otros beneficios como un buen anclaje, retención de aire y de agua. Algunos sustratos inertes serian: vermiculita, perlita lana de roca, etc. (Infoagro, 2007).

De origen natural. Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, modificándose muchas veces de modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica). Transformados o tratados a partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos de complejidad variable, que modifican notablemente las características de los materiales de partida (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida). Residuos y subproductos industriales. Comprende los materiales procedentes de muy distintas actividades industriales (escorias de horno alto, estériles del carbón, por citar algún ejemplo). Otra posible clasificación es la que agrupa entre sustratos

naturales y artificiales (BLOTECNOS, 2013).

- Sustratos naturales: agua, gravas, arenas, tierra volcánica, turbas, corteza de pino o fibra de coco.

- Sustratos artificiales: lana de roca, perlita, vermiculita, arcilla expandida o poliestireno expandido (BLOTECNOS, 2013).

## **2.8. La agricultura orgánica**

La agricultura orgánica es un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos de la finca, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y la actividad biológica y al mismo tiempo a minimizar el uso de recursos no renovables reduciendo o eliminando el uso de fertilizantes y plaguicidas sintéticos para proteger el medio ambiente y la salud humana (SAGARPA, 2009).

En el mundo se registran más de 24 millones de hectáreas cultivadas orgánicamente y más de 10.7 millones de áreas de recolección silvestres. Entre los países con mayor superficie orgánica cultivada está en primer lugar Australia, con 10 millones de hectáreas, seguido por Argentina, con casi 3 millones, e Italia con 1.2 millones. A estos países les siguen en importancia Estados Unidos, Brasil, Uruguay, Gran Bretaña, Alemania, España y Francia. En México, los principales estados productores de alimentos orgánicos son Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Chihuahua y Guerrero, que concentran 82.8% de la superficie orgánica total. La producción orgánica de México se destina en 85% al mercado de exportación. Como en el caso de los productos convencionales, se exportan productos que no

producen los países importadores, que generalmente son países desarrollados. Entre los productos más exportados están el café, las frutas, las hortalizas (en invierno), y otros que ocupan mucha mano de obra, como el ajonjolí. Los países a los que principalmente se exportan los productos orgánicos mexicanos son Estados Unidos, Alemania entre otros (Tovar, 2004).

### **2.8.1. Ventajas y desventajas de la producción orgánica**

Ventajas: Producción sin utilización de agroquímicos, Conservación de la fertilidad del suelos, Uso sostenible del suelo y otros recursos, Amigable con el medio ambiente, Uso de conocimientos tradicionales, Uso de policultivos, Proceso productivo 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 (SAGARPA, 2014).

### **2.8.2. Abonos orgánicos**

Un abono orgánico es un fertilizante que proviene de animales, humanos, restos vegetales de alimentos u otra fuente orgánica y natural. En cambio los abonos inorgánicos están fabricado por medios artesanales, como los abonos nitrogenados (hechos a partir de combustibles fósiles y aire) o los obtenidos de minería, como los fosfatos o el potasio, calcio, zinc. (Martínez *et al*, 2001).

La materia orgánica es de fácil descomposición, al agregarse al suelo, enriquece al medio con fauna y flora, especialmente con bacterias. Así se activa la descomposición de la materia orgánica nativa del suelo y de la agregada, logrando un beneficio para la nutrición de cultivos (Barrera *et al*, 2011).

## **2.9. Compost**

El compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas (Figura 5). Es posible interpretar el compostaje como el sumatorio de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos, que en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. En este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost. Al descomponer el C, el N y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, además de una etapa de maduración de duración variable, según la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO, 2003).

La capa inferior se realiza con ramas gruesas, cortezas, piñas. Después hay que hacer una mezcla de césped segado y doble proporción de trozos de corteza, podas de tallos jóvenes y papel. Finalmente se riega. Puede ser conveniente

comprar un acelerador de compostaje (17 € uno de Biplantol) y también es necesario disponer de herramienta para voltear el compost (un aireador grande, 20 €). El compost requiere vigilancia y mantenimiento. De hecho será bueno contar con un medidor de PH y humedad (unos 10 € el dispositivo dos en uno). Si huele a amoníaco, hay demasiada materia verde, y necesita materia seca. Si huele a podrido, necesitas también mezclar con materia seca y voltear para rebajar el grado de humedad. En tres meses con buen tiempo y en seis en invierno tendrás listo el compost (Tébar, 2012).

### **2.9.1. Los beneficios del compost**

El compost es una tierra de excelente calidad, sembrando tus plantas en compost tienes muy bajas posibilidades de que tu siembra falle debido a este tema. El compost también sirve como abono natural para tus plantas, ya que es un producto muy rico en nutrientes. El compost ayuda a que la tierra se airee mejor y mantenga la humedad. Debido a las altas temperaturas que se producen en su fabricación, desaparecen las semillas de malas hierbas, quedando una tierra pura. Muchas veces actúa como bactericida y fungicida, siendo que no contiene ningún tipo de químico. No es necesario comprar este producto ya que lo puedes hacer fácilmente en tu hogar. Haciendo compost ayudas a reducir la cantidad de basura que llega a los vertederos, y contribuyes con el reciclaje (Jesús, 2012).

### **2.9.2. Propiedades físicas y químicas del compost**

Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua. Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macronutrientes y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos. Mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización. La población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo (Universidad de Chile, 2000).

### **2.9.3. Propiedades físicas**

- Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados y compactos y ligando los sueltos y arenosos.
- Mejora la porosidad, y por consiguiente la permeabilidad y ventilación.
- Reduce la erosión del suelo.
- Incrementa la capacidad de retención de humedad.
- Confiere un color oscuro en el suelo ayudando a la retención de energía calorífica (Universidad de Chile, 2000).

#### **2.9.4. Propiedades químicas**

- Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y azufre.
- Incrementa la eficiencia de la fertilización, particularmente nitrógeno.
- Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder de tampón.
- Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.

(Universidad de Chile, 2000).

El pH es un parámetro que puede condicionar la actividad biológica que degrada la materia orgánica y puede seleccionar a las poblaciones microbianas presentes en cada momento. En general las bacterias prefieren un pH cercano a la neutralidad con un rango comprendido entre 6-7,5, mientras que los hongos se desarrollan mejor en medio ácido, aunque toleran un margen más amplio de pH (5-8). Así, aunque el compostaje puede desarrollarse dentro de un amplio rango de pH (3-11), se consideran como valores óptimos los comprendidos entre 5,5 y 8,0 (Tortosa, 2009).

#### **2.10. Vermicompost o humus de lombriz**

La adición de humus de lombriz a los sustratos de cultivo tiene efectos beneficiosos sobre el crecimiento y desarrollo de gran cantidad de especies vegetales. Los mecanismos a través de los que se produce esta estimulación incluyen el aporte de nutrientes, la mejora de las propiedades físicas del sustrato y

el aporte de microorganismos beneficiosos para el desarrollo vegetal capaces de aumentar la disponibilidad de nutrientes y producir sustancias con efectos fitohormonales. La aceleración de la descomposición de la materia orgánica inducida por las lombrices de tierra, especialmente las epigeas, ha sido aprovechada para el tratamiento de residuos orgánicos como residuos animales, agrícolas, urbanos e industriales y su transformación en fertilizantes orgánicos. Las lombrices se encargan de fraccionar el sustrato orgánico estimulando la actividad microbiana e incrementando las tasas de mineralización, de forma que el residuo orgánico se transforma rápidamente en un sustrato humificado cuya textura y tamaño de partícula son mucho más finas que las de los compost termofílicos tradicionales (Domínguez *et al*, 2010).

Las lombrices durante su alimentación, consumen los residuos, aceleran la descomposición de la materia orgánica, modifican las propiedades físicas y químicas de los materiales consumidos, favoreciéndose el proceso de compostaje de estos residuos, a través del cual la materia orgánica es oxidada y estabilizada. Los procesos físicos o mecánicos incluyen: aireación, mezclado y molienda del sustrato. El proceso bioquímico se realiza por medio de la descomposición microbiana del sustrato en el intestino de las lombrices. Las lombrices fragmentan los residuos orgánicos, estimulando fuertemente la actividad microbiana e incrementando los índices de mineralización, y transforman estos residuos en un material con características muy similares a las del humus, comúnmente denominado vermicompost (VC), el cual posee una estructura más fina que los compost, pero con una actividad microbiana más grande y más diversa (Moreno *et al*, 2014).

### **2.10.1. Características físicoquímicas y microbiológicas del Vermicompost**

Entre los efectos beneficiosos de las lombrices se incluyen la mejora de algunas propiedades físicas del suelo como la estructura, la capacidad de retención de agua, el drenaje y la formación y degradación de agregados, así como efectos químicos y biológicos en la degradación de la materia orgánica y en el ciclado de nutrientes. Todos estos procesos contribuyen de forma fundamental a la fertilidad del suelo y por lo tanto al crecimiento vegetal y a la productividad de los cultivos (Domínguez, 2010).

EL vermicompost se genera como resultado de las transformaciones bioquímicas y microbiológicas de los residuos orgánicos, provocadas en el intestino de las lombrices. Los residuos se transforman en un material rico en elementos nutritivos, fácilmente asimilables para las plantas (Moreno *et al.*, 2008). Una vez obtenido el vermicompost, éste puede ser utilizado como abono orgánico, mejorador del suelo y ser usado como sustrato para hortalizas en invernaderos. Como sustrato, el vermicompost tiene gran potencial para el desarrollo de diversas especies vegetales. De hecho, el empleo del vermicompost ha provocado efectos significativos sobre diversas hortalizas y especies ornamentales. Vermicompost contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene alto contenido de ácidos húmicos, y aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad lo que facilita la aireación, drenaje y los medios de crecimiento (Galindo *et al*, 2014).

Análisis biológico y microbiano se destaca el predominio de bacterias por encima de hongos y actinomicetos, cuyos valores son admisibles para la descomposición de la materia orgánica, según. Esto es importante ya que las bacterias participan en tres procesos clave: nitrificación, oxidación de azufre y fijación del nitrógeno, lo cual da una buena medida para evaluar la salud y estabilidad del suelo (Diaz, 2008).

### **2.11. Sistemas de plantas tutoradas**

La utilización apropiada del tutorado sirve para guiar el crecimiento y mantener el soporte de tu cultivo de tomates. Si la estructura es lo suficientemente fuerte para soportar el cultivo puede usarse el tutorado holandés. Con el tutorado holandés, se pueden utilizar hileras dobles con un espaciamiento normal entre las plantas de 40-50 cm. También pueden utilizarse hileras simples con un espaciamiento entre las plantas de 30-40 cm y de 110-150 cm entre las hileras. En el tutorado español se utilizan hileras simples y puede utilizarse en todas las estructuras de malla negra. La distancia entre plantas en la hilera puede ser de 30-40 cm y la distancia entre hileras de 110-150 cm. Generalmente las plantas se cultivan con tallos simples pero también pueden cultivarse con tallos dobles. Los ápices se cortan cuando las plantas alcanzan la parte superior de las estacas (Robinson, 2014).

Algunas hortalizas y flores requieren de sostén para desarrollarse adecuadamente, por el peso del fruto y porque las raíces no crecen igual que en

un campo para solucionar dicho problema. Los tutores pueden ser de madera, de alambre delgado, o rafia y pueden ser individuales o colectivos. El sistema de tutorado consiste en prevenir el contacto de los frutos con el suelo y es muy recomendado por el consumo directo. Agrega que la práctica de tutoreo es fundamental hacerlo con oportunidad antes de que las plantas se caigan. Normalmente el tutoreo se realiza cada 8 días, pero varía conforme va apareciendo un ramillete acortándose en verano y alargándose en invierno cuando las plantas han alcanzado una altura de 2.0 a 2.5 metros de altura (López, 1994).

## **2.12. Plagas**

### **2.12.1. Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*)**

La aparición de *Bemisia tabaci*, como nueva plaga de importancia económica en la década de 1970, estuvo asociada al uso irracional de los primeros insecticidas introducidos en América Latina. Las altas poblaciones de este insecto comenzaron a transmitir virus de las plantas no cultivadas a las cultivadas. puede transmitir más de 111 especies de virus, principalmente begomovirus, de los que destacan el virus del rizado amarillo de la hoja de tomate (TYLCV, por sus siglas en inglés) y el virus del mosaico dorado amarillo del frijol (BGYMV, por sus siglas en inglés). Biología de la mosca: blanca Los adultos de *Bemisia tabaci* depositan sus huevos en el envés de las hojas, dispuestos de forma vertical; al momento de ser expulsados por la hembra, los huevos son de color blanco, posteriormente se tornan marrones. Al momento en que la larva encuentra el área apropiada muda y pasa a la segunda fase, sus patas se

contraen debajo de su cuerpo y permanece el resto de su etapa inmadura en ese lugar, donde aumenta de tamaño. El cuarto estadio se conoce como pupa (fase en la que su alimentación no se detiene); en este instar se desarrollan sus ojos, que adquieren un tono rojizo. Se ha documentado que este insecto puede completar una generación en aproximadamente 20 días; si se considera que una hembra adulta tiene la capacidad de depositar más de 200 huevos durante su vida (Coss y Navarro, 2011).

### **2.12.2. El control cultural**

Tiene como finalidad hacer menos favorable el ambiente para la plaga de tal manera que se afectan su capacidad de reproducción y dispersión. Es bien sabido que una de las claves para el control de la mosca blanca es negar al insecto el continuo crecimiento de las poblaciones. Dejar la soca en pie, hacer siembras escalonadas, sembrar dos o más hospederos en la misma finca y rotar con cultivos que sean hospederos de *T. vaporariorum* son prácticas perjudiciales porque contribuyen a incrementar las poblaciones del insecto en una región dada.

Control natural. Parasitoides (avispidas Hymenoptera de las familias Aphelinidae, Eulophidae, Platygasteridae y Encyrtidae), depredadores (Ordenes Coleoptera, Diptera, Neuroptera, Hemiptera y Thysanoptera y algunos ácaros) y hongos entomopatógenos (géneros *Aschersonia*, *Lecanicillium*, *Beauveria* y *Paecilomyces*) ejercen un control natural sobre la mosca blanca. Cuando las condiciones son favorables, los enemigos naturales ayudan a reducir las poblaciones de esta plaga en el campo. Los plaguicidas pueden afectar los agentes de control biológico.

Por lo tanto: Evite el uso indiscriminado de plaguicidas para proteger los enemigos naturales (Cardona, Rodríguez y Tapia, 2015).

### **2.12.3. El control químico**

Todavía es el método más utilizado para el manejo de mosca blanca pero no se está usando correctamente. Por ejemplo, se usan insecticidas a los cuales el insecto se ha vuelto resistente. Los estudios del CIAT indican que este insecto es resistente a los organofosforados metamidofos (Tamaron, Monitor), malathion (Malathion), monocrotofos (Azodrin) y dimetoato (Roxion, Sistemín), a algunos carbamatos como carbofuran (Furadan) y carbosulfan (Elthra) y a piretroides como cipermetrina (Cymbush) y cialotrina (Karate). El control químico se debe usar racionalmente, sólo cuando es necesario, a los niveles de población del insecto que justifiquen su uso (Cardona, Rodríguez y Tapia, 2015).

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

el minador de la hoja *Liriomyza spp* (Diptera: Agromyzidae), el cual llega a ocasionar daños considerables, sobre todo cuando se realiza un manejo inadecuado de los insecticidas, lo que ocasiona la eliminación de la fauna benéfica que ayuda a su control; por otra parte, su manejo se ha complicado por la resistencia que ha desarrollado a la mayoría de los insecticidas convencionales. El minador de la hoja presenta metamorfosis completa, es decir, cuatro estados

biológicos de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto. Los huevecillos recién ovipositados son de color blanco crema y de forma oval alargada; son muy difíciles de ver a simple vista ya que miden 0.25 mm de longitud. Las larvas son de color amarillo brillante a verde amarillento miden de 2 a 4 mm de longitud y 0.5 mm de ancho cuando están completamente desarrolladas (King y tienen forma cilíndrica y las mandíbulas están muy esclerosadas por lo que se mueven como una sola unidad. La pupa es de color café amarillento de forma ovalada, estrechándose al final y distintamente segmentada. Adulto Los adultos son mosquitas que miden de 2 a 3 mm de longitud, de color gris y con manchas grandes negras y amarillas. Existen más de 20 plantas hospedantes de las familias Solanaceae, Fabaceae, Cucurbitaceae y Brassicaceae, en las cuales se alimenta y reproduce el minador de la hoja (Garza, 2001).

#### **2.13.1. Control Cultural**

Cuando los cultivos hospedantes del minador de la hoja no están presentes en el campo, esta plaga se encuentra en una variedad de plantas, principalmente maleza de hoja ancha, que le sirven como reservorio. La destrucción de esta maleza y de los residuos de los cultivos inmediatamente después de la última cosecha, son medidas de prevención muy importantes para reducir las poblaciones de este insecto (Garza, 2001).

#### **2.13.2. Control Biológico**

Un programa de manejo integrado de plagas que utiliza como principal táctica la conservación de enemigos naturales, controla exitosamente las poblaciones del

minador de la hoja. A nivel mundial, se han encontrado varios parasitoides del minador de la hoja, principalmente de las familias Braconidae, Chalcididae, Eulophidae, y Pteromalidae; entre los que se encuentran: *Opius dissitus* Muesebeck, *O. insularis* Ashmead, *Halticoptera patellana* Dalman, *H. circulus* Walker, *Diglyphus begini* Ashmead, *D. intermedius* Girault, *D. isaea* (Garza, 2001).

### **2.13.3. Control Químico**

En los cultivos de chile y jitomate las aplicaciones de insecticidas se deben iniciar después de los 60 días del trasplante, siempre y cuando el 20 por ciento de las hojas presenten una o más minas con larvas vivas. Antes de este período la plaga es controlada con la aplicación de 350 gramos de ingrediente activo por hectárea (g l. A./ha) de Imidacloprid (CONFIDOR) que se realiza a la base de la planta para el control de insectos vectores de virus; además, con este manejo se reduce la aplicación de insecticidas para el control de ésta y otras plagas, lo que permite que los parasitoides del minador de la hoja se establezcan en las huertas de estos cultivos (Garza, 2001).

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

los adultos que han pasado el invierno sobre las hierbas espontáneas ocupan el cultivo coincidiendo con el inicio de la floración. En cultivos de hoja perenne o anuales el insecto es activo todo el año, y en cualquier caso las generaciones se superponen, aumentando su población con la temperatura y desarrollándose de forma óptima a 20-25°C. La hembra inserta los huevos bajo la epidermis de las hojas, flores y frutos. Las larvas recién nacidas comienzan a

alimentarse clavando su pico en las células epidérmicas de las cuales extraen sus jugos. Pasan por dos estados larvarios (larva de primero y segundo estadio), en los cuales se alimenta de forma activa y dos estadios ninfales (proninfa y ninfa) que se producen en el suelo, cesando su alimentación por el momento. A continuación los ya adultos vuelven al cultivo para continuar su alimentación, reproducirse y dar lugar a nuevas generaciones. Larva < 1-2 mm. La larva neonata es blanquecina y va tornándose amarillenta conforme se desarrolla. Recuerda al adulto aunque carece de alas. Adulto 1-2 mm. De color marrón amarillento siendo el abdomen más oscuro que la cabeza y el tórax. Posee dos pares de alas plumosas con los extremos terminados en punta. A nivel de género se identifica por presentar un par de sedas largas en el protórax (Bermejo, 2011).

#### **2.14.1. Control Biológico**

Existe un buen número de depredadores de *Frankliniella occidentalis*: *Orius laevigatus* y otros chinches de menor importancia como *Deraeocoris* sp., *Macrolophus caliginosus*, *Dicyphus tamanii* o *Nesidiocoris tenuis*; *Aeolothrips*, que es un género de trips depredadores de otros trips; *Amblyseius swirskii*, que junto con *Orius* son los principales controladores del trips bajo plástico y *A.cucumeris*; y otros depredadores generalistas como coccinélidos, crisopas o dípteros sírfidos (Bermejo, 2011).

#### **2.14.2. Control cultural**

Colocación de trampas cromotrópicas azules (trampas pegajosas) para la detección precoz y seguimiento de las poblaciones del insecto. Eliminar malas

hierbas, ya que actúan como reservorio de la plaga, especialmente cuando el cultivo todavía no es receptivo al ataque, para a continuación invadirlo (Bermejo, 2011).

### **2.14.3. Control químico**

En cultivos hortícolas el control se basa en respetar a los organismos beneficiosos y se reservarán los tratamientos químicos cuando se supere el umbral de tratamiento específico de cada cultivo o cuando poblaciones del insecto estén en ascenso y exista serio riesgo de TSWV. Se aplica en pulverización, utilizando con preferencia las sustancias más respetuosas con la fauna útil como spinosad y azadiractin, o bien productos con mayor acción de choque como el piretroide acrinatrin, o metil clorpirifos, un fosforado (Bermejo, 2011).

## **2.15. Enfermedades**

### **2.15.1. Mancha gris de la hoja (*Stemphylium solani*)**

Enfermedad fungosa cuyo agente causal en el cultivo de tomate es *Stemphylium solani*, *S. lycopersici*. Se desarrolla principalmente en climas cálidos y las hospederas más frecuentes son chiles, berenjena y otras solanáceas. Se origina normalmente en trasplantes jóvenes y se disemina por viento o lluvia. Las condiciones propicias para la enfermedad son la humedad continua en las hojas por lluvia o rocío y temperaturas templadas (20-30 °C) (Productores de hortalizas, 2006).

Síntomas y daño al cultivo: Esta enfermedad afecta al follaje de las plantas, tanto de trasplantes como de plantas adultas. El hongo necesita humedad para la germinación de esporas, lo cual es más importante que la temperatura para el establecimiento de la infección. La esporulación se ve favorecida por periodos alternos de humedad y sequedad en las hojas. Aparecen motas circulares de color café a negro que se expanden lentamente hasta alcanzar de 1 a 2 mm de diámetro. En ocasiones desarrollan una mancha gris en el centro rodeada de una aureola amarilla. El centro puede secarse y desprenderse dejando un agujero en la hoja. Las lesiones pueden ser numerosas, causando el amarillamiento y posterior bronceado y desprendimiento de la hoja, pero no es frecuente la coalescencia de lesiones. La defoliación puede ser severa, causando quemaduras solares en el fruto. Ocasionalmente aparecen lesiones similares en tallos jóvenes y pecíolos, pero no suelen afectar a los frutos (Productores de hortalizas, 2006).

### **2.15.2. Manejo**

Técnicas culturales como utilización de variedades resistentes; inspección de las plantas para detectar los primeros síntomas de la enfermedad y aplicar fungicidas protectores. Se recomienda utilizar camas elevadas; evitar zonas sombrías y ventilar los trasplantes para propiciar el secado rápido del follaje. El riego superior por aspersion es más favorable para el desarrollo de la enfermedad que el riego por surco, por lo que es conveniente planear las sesiones de riego para permitir el secado antes del rocío nocturno. Examinar los trasplantes antes de plantar en campo; utilizar rotación de cultivos con plantas no solanáceas; eliminar

residuos de plantas infectadas inmediatamente tras la cosecha y eliminar malezas (Productores de hortalizas, 2006).

### **2.16. Moho gris (*Botrytis cinerea*)**

El moho gris (*Botrytis cinerea*) y sus cepas causan la necrosis de las flores, las hojas, las yemas, los brotes, las plántulas y las frutas de las plantas. Tanto las plantas herbáceas como las leñosas son susceptibles a esta enfermedad. Esta enfermedad no tiene hospederos específicos. El moho gris puede infectar a cientos o miles de plantas. La infección ocurre en condiciones de humedad. Cuanto más húmeda esté la planta, más riesgo correrá de infectarse de moho gris. La cantidad de zonas infectadas ha aumentado como así también la cantidad de plantas atacadas y el grado de gravedad de las infecciones (desarrollo más rápido de la enfermedad y necrosis del tejido) (Schuster, 2017).

Cuando hay mucha humedad se puede ver un entretejido fino gris (micelio). Generalmente, en ese “tejido” se forma una estructura denominada conidióforo que contiene esporas. Las plantas infectadas liberan las esporas de la enfermedad en forma de nubes cuando por alguna razón se mueven. La humedad también acelera la liberación de las esporas. La mala circulación de aire también contribuye a la supervivencia y al desarrollo de la enfermedad. Cuando la temperatura oscila entre los 68 y 76 °F y la humedad es elevada, la enfermedad demora aproximadamente 20 horas para comenzar a infectar (Schuster, 2017).

Los fungicidas no son muy recomendables para tratar esta enfermedad ya

que afecta comúnmente a los pétalos de las flores. El control principal es la sanidad. Esta tampoco resulta ser el método perfecto porque la enfermedad se disemina con el viento por grandes superficies (Schuster, 2017).

#### **2.16.1. Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)**

El Tizón tardío es causado por el hongo *Phytophthora infestans* y es la enfermedad más seria en el cultivo de la papa en el mundo. Afecta hojas, tallos y tubérculos y se dispersa rápidamente pudiendo abarcar grandes superficies cuando las condiciones climáticas son favorable. sobrevive en tejido vivo ya sea tubérculos semilla, desechos de papas, plantas voluntarias y otros hospederos susceptibles, siendo éstos las principales fuente de la enfermedad (Foto 2, 3 y 4). Desde estos tejidos infectados, el micelio crece alcanzando los brotes. Cuando el micelio alcanza la parte aérea de la planta, produce las estructuras reproductivas (esporangios). Estas se producen en temperaturas bajas, acompañadas de alta humedad relativa. Se requiere al menos de 12 hrs en estas condiciones para que se produzca infección y entre 5 a 7 días para desarrollar los primeros síntomas (Opazo, 2008).

Establecer un programa de manejo cultural que no favorezca la enfermedad: tal como producir, en lo posible, variedades menos susceptibles; realizar una fertilización nitrogenada balanceada de acuerdo al objetivo de producción; utilizar una densidad de plantación que favorezca la ventilación entrehilera; evitar el daño de plantas y tubérculos en las labores agrícolas; realizar un riego eficiente que no prolongue las horas de follaje mojado (Opazo, 2008).

A todos los productos químicos que actúan en la superficie de las hojas (no ingresan al interior del tejido foliar), evitan la germinación y penetración de los esporangios o de las zoosporas en los tejidos, disminuyendo el inóculo potencial. Sólo protegen las zonas donde se deposita el fungicida, por lo tanto, para que sean eficientes contra el tizón tardío tienen que cubrir necesariamente toda la superficie de la planta ya sea fungicida de contacto o sistémico (Opazo, 2008).

### **2.17. Micorrizas**

Según Torres, (2010), la micorriza es proceso ecológico caracterizado por una interacción en la que las hifas de al menos una especie de hongo y las raíces secundarias de una o más plantas conforman una estructura a través de la cual se realiza un intercambio de agua, nutrimentos y reguladores del crecimiento. De manera general, durante este proceso las hifas del hongo actúan como una extensión de la raíz, aumentando su superficie de exploración en el sustrato, lo que concede a la planta mayor oportunidad de absorber agua y minerales esenciales. Por otro lado, la planta proporciona al hongo carbohidratos (nutrimentos).

Son capaces de crecer dentro de las raíces sin causar síntomas de una enfermedad, el hongo coloniza las raíces con sus hifas, formando arbusculos con los cuales mantiene un intercambio bioquímico con la planta. Esta simbiosis altamente especializada anteriormente se le llamo “micorriza vesícula arbuscular porque algunos hongos de los glomeromycoticos forman estructuras de almacenamiento dentro de las células corticales llamadas vesículas (Jaramillo, 2011).

## 2.18. Antecedentes

Cruz *et al*, (2009) La producción orgánica de alimentos es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de pesticidas, fertilizantes sintéticos y con alto valor nutricional. El objetivo del presente 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 4×3 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* Flügge) 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.

Morales, (2015) El tomate es la hortaliza más importante, por su amplia adaptación y por constituir una fuente de ingresos en el comercio de productos comestibles frescos e industrializados. El tomate orgánico en México alcanza un precio 5.84 veces mayor que el convencional; producirlo en invernadero, aumentaría los rendimientos y por ende el beneficio económico para el productor, sin embargo, es necesario un sustrato, que además de sostén, aporte cantidades considerables de elementos nutritivos que satisfagan las demanda del cultivo. El objetivo 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.

Hernández, (2016) El propósito del estudio fue evaluar el porcentaje de vermicompost como fertilizante orgánico en el sustrato para la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero. Se evaluó el cultivar de tomate "Rio Grande" en cuatro tratamientos a base de Vermicompost T<sub>1</sub> (40% vermicompost + 50% arena +10% perlita); T<sub>2</sub> (30% vermicompost + 60% arena + 10% perlita), T<sub>3</sub> (20% vermicompost + 70% arena + 10% perlita) y T<sub>4</sub> (90% arena 10% perlita) con solución Steiner (Testigo). Se utilizó un diseño completamente al azar. Las variables evaluadas fueron peso total de racimos, diámetro polar, diámetro ecuatorial, grosor de pulpa, grados Brix, rendimiento y altura de planta. Se determinó diferencia estadística significativa entre los tratamientos para las variables peso total de racimos y diámetro ecuatorial en los cuales sobresale el T<sub>4</sub> (testigo) en altura de planta con 150.4 cm y el T<sub>1</sub> en diámetro ecuatorial con 4.562 cm. En las variables restantes no se encontró diferencia estadística significativa, sin embargo, la tendencia los resultados muestran valores numéricos diferentes entre los tratamientos en lo que respecta a diámetro polar el tratamiento más sobresaliente es el T<sub>1</sub> con 8.006 cm, en grosor de pulpa el T<sub>1</sub> con 0.63 cm, en grados Brix el T<sub>2</sub> con 4.14 °B similar al T<sub>1</sub> con 4.12 °B, en peso total de racimo el T<sub>2</sub> con 696.4 g y rendimiento el T<sub>2</sub> con 27.856 t ha<sup>-1</sup>. Siendo los mejores tratamientos el T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> excepto en altura de planta en la cual predomino el T<sub>4</sub> (testigo).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación geográfica de la comarca lagunera**

3.2. 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 m 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).

#### **3.3. Características del clima**

La comarca lagunera de tipo desértico con escasa humedad atmosférica. Una temperatura anual de  $20^{\circ}\text{C}$ ; en los meses de noviembre a marzo la temperatura media mensual varia promedio de 30.1 %, en otoño de 49.3% y finalmente en invierno un 43.1% así lo describe la comisión nacional de agua (CNA, 2002).

#### **3.4. Localización del experimento**

El presente trabajo se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Narro. Ubicado en el periférico santa fe 1.5 km. Torreón.

#### **3.5. Características del invernadero**

El invernadero numero 3 está ubicado en el fondo de la institución con 9

mts. De ancho y 23 mts. De largo con un área de 207 m<sup>2</sup>. En frente está cubierto con policarbonato y el resto de polietileno calibre 600 de transparencia, cuenta con una maya sombra de 50%, pared húmeda, 2 extractores y 6 ventiladores.

### 3.6. Material genético

Para este trabajo de investigación se utilizó la variedad de tomate Rio Grande tipo Saladette.

### 3.7. Sustratos y tratamientos

Los tratamientos evaluados se describen en el siguiente cuadro.

**Cuadro A 1.** Descripción de los porcentajes de vermicompost en el sustrato evaluados por tratamientos.

Tratamientos	Vermicompost %	Arena %	Perlita %	Micorriza
1 (testigo)	40	50	10	3.5 g. (4 aplic.)
2	50	40	10	Sin aplicación
3	60	30	10	Sin aplicación
4	70	20	10	Sin aplicación

Se aplicó un biofertilizante que contiene hongos formadores de micorriza arbusculares con un mínimo de 40 propagulos de micorrizas *glomus intraradices* por gramo de sustrato a base de suelo esterilizado y raíces molidas de gramíneas inoculadas con micorriza. Se aplicó cuatro veces de 3.5 gramos de micorriza cada

15 días, solamente en el tratamiento testigo. Para la evaluación de los tratamientos se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos y 10 repeticiones, dando un total de 40 macetas.

### **3.8. Siembra en charola**

Se realizó en una charola de unicel de 200 cavidades, el sustrato para germinación que se utilizó fue Peatmoss, depositándolo en la cavidad de la charola. La siembra se efectuó el día 10 de marzo del 2016, depositando una semilla por celdilla, agregando una pequeña capa de sustrato (peatmoss) para tapar la semilla, esta se colocó dentro de una bolsa de plástico color negro para conservar la humedad y facilitar el proceso de la germinación, luego se pasó al interior del invernadero número 3.

### **3.9. Llenado de bolsas**

Se realizó el llenado de bolsas de plástico de color negro con capacidad de 10 kg y perforadas en la base para el drenaje. Se realizó el llenado con los diferentes porcentajes de sustrato, se realizaron 3 mezclas de arena, Vermicompost y perlita, para la combinación de los tratamientos descritos anteriormente.

### **3.10. Trasplante**

El trasplante se realizó el día 15 de abril del 2015, cuando la planta alcanzó una altura de 13 a 15 cm. Para la colocación de las plantas de tomate se hicieron

orificios en el sustrato a una profundidad aproximadamente de 8-10 cm, Se le aplicó un riego pesado. Para mojar el sustrato y de esa manera realizar el trasplante colocando una planta por maceta.

### **3.11. Riego**

La aplicación del riego, inicialmente, fue de un riego diario y posteriormente se aplicaron dos riegos al día, un litro de agua en la mañana y el otro por la tarde.

### **3.12. Manejo del cultivo**

#### **3.12.1. Tutorado**

Las plantas fueron guiadas a un solo tallo sosteniendo cada planta con rafia, el tutorado se inició cuando la planta alcanzo una altura de 30 cm, lo anterior con la finalidad de mantener la planta erguida y con ello evitar que las hojas y frutos queden en contacto con el suelo y/o sustrato. Esta labor se llevó acabo con un amarre de la rafia desde la base del tallo y conforme la planta se fue desarrollando se enredaba a la rafia. Se realizó una vez por semana.

#### **3.12.2. Poda y deshoje**

La poda de formación que consistió en eliminar las yemas axilares dejando a un solo tallo; el deshoje consistió en eliminar las hojas senescentes en la parte inferior de la planta.

### **3.12.3. Polinización**

La polinización se realizó manualmente agitando la rafia de cada planta, todos los días, entre las 10:00 am y las 13:00 h pm, para tener buena disposición del polen.

### **3.12.4. Control de plagas y enfermedades**

Durante el ciclo del cultivo se realizaron revisiones cada dos días para detectar la presencia de plagas y enfermedades. Las plagas que más se presentaron fueron Minador de la hoja (*Liriomyza spp*). Se controló con manejo cultural eliminando las hojas infestadas limitando su reproducción.

### **3.12.5. Cosecha**

La cosecha se realizó cuando los frutos presentaban una coloración rayado, naranja y roja.

## **3.13. Variables evaluadas**

### **3.13.1. Altura de planta**

Con una cinta métrica se tomaban valores de la planta desde la base hasta el ápice por cada semana durante todo el ciclo de desarrollo.

### **3.13.2. Diámetro ecuatorial**

Para esta variable se colocó el fruto en forma transversal y se utilizó un vernier midiendo en cm.

### **3.13.3. Diámetro polar**

Para determinar el diámetro polar se utilizó un vernier, tomándose la distancia de polo a polo, esto se realizó a cada fruto.

### **3.13.4. Grosor de pulpa**

Se partió el tomate a la mitad con el uso de un cuchillo y usando una regla milimétrica, se registró el grosor o espesor del pericarpio.

### **3.13.5. Grados Brix**

Para la determinación del contenido °Brix se utilizó un refractómetro, el procedimiento consistió en partir los tomates a la mitad y se colocó una a dos gotas de jugo de tomate en el refractómetro para tomar los datos, se observa mediante un ocular a través de la luz, mostrando una escala en las que se determinan los grados Brix. Después de cada lectura, el refractómetro se lavó con agua destilada en cada una de las muestras donde se le puso el jugo de tomate y fue secado con papel antes de volver a utilizarse para evitar errores de mezcla de los jugos de los frutos.

**3.13.6. Peso total de racimos**

Para esta variable se determinó el peso de cada fruto al momento de la cosecha, utilizando una báscula de precisión en gramos. Se pesaron cuatro racimos de dos a cuatro frutos por planta (repetición).

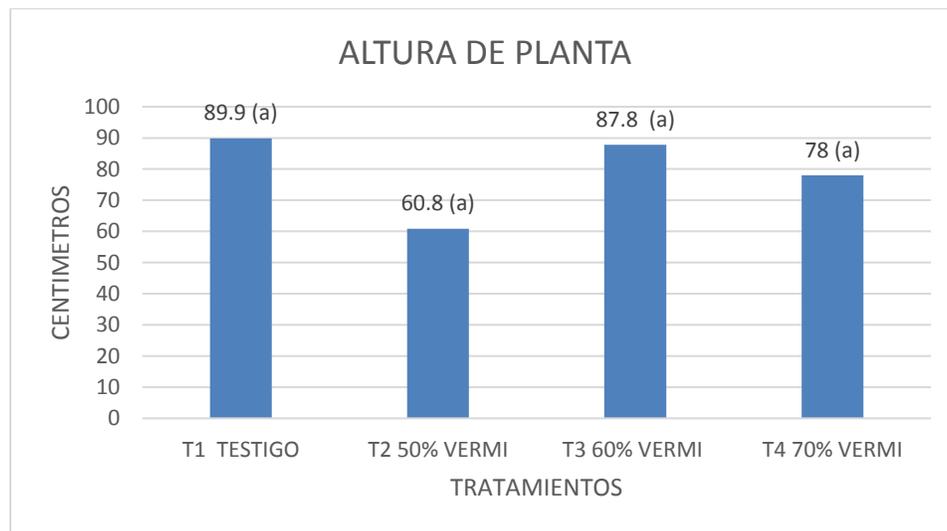
**3.13.7. Rendimiento t ha-1**

Para esta variable se tomó en cuenta el peso de racimo de cada planta, se consideró la distribución de las macetas, teniendo en 1m<sup>2</sup> del invernadero, cuatro macetas (con una planta por maceta), así se realizó una extrapolación para obtener un rendimiento de toneladas por hectárea.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Altura de planta

Para la variable altura de planta el análisis estadístico no mostró diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo, numéricamente el tratamiento que sobresalió en altura fue el testigo T<sub>1</sub> (40% Vermicompost + 50% arena + 10% perlita + micorriza) con 89.9 cm y el tratamiento que obtuvo menor altura de planta fue T<sub>2</sub> (50% vermicompost +40% arena+ 10% perlita), con 60.8 cm. El promedio general fue de 51.36 cm, de acuerdo a la figura 4.1.



\*Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa.

**Figura 4.1.** Efecto de los porcentajes de vermicompost sobre altura de planta (cm) de tomate en invernadero.

Hernández (2016) quien evaluó porcentajes de vermicompost (40, 30 y 20%) + arena + perlita y como testigo Solución Nutritiva Steiner (SNS) en tomate tipo saladette bajo condiciones invernadero, reporta en su experimento, que con el T<sub>1</sub> (40% Vermicompost + 50% arena + 10% perlita) obtuvo 129.2 cm en la variable altura de planta. Este resultado es diferente al obtenido en el presente trabajo, ya que con el T<sub>1</sub> (40% Vermicompost + 50% arena + 10% perlita y micorriza) se logró una altura de planta de solo 89.9 cm. Esto puede ser el efecto de la alta temperatura, superior a los 35 °C, dentro del invernadero durante el desarrollo del cultivo, que pudo limitar el crecimiento de la planta.

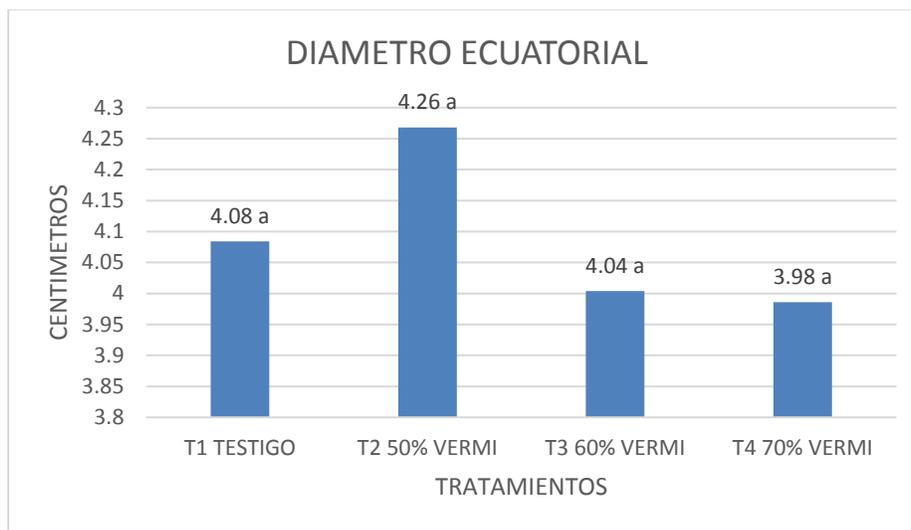
Mientras Escalona *et al*, (2009) describe la temperatura media mensual óptima para el desarrollo de la planta de tomate varía entre 21 y 24°C, aunque se puede producir entre los 18 y 25°C. Cuando la temperatura media mensual sobrepasa los 27°C, las plantas de tomate no prosperan. Temperaturas sobre los 30°C afectan el desarrollo de la planta y la fructificación.

#### **4.2. Diámetro ecuatorial**

Para la variable Diámetro Ecuatorial, el análisis estadístico, no mostró diferencia significativa entre los tratamientos.

Sin embargo, numéricamente el tratamiento que sobresalió en diámetro ecuatorial fue el T<sub>2</sub> (50% Vermicompost + 40% arena + 10% perlita) con 4.26 cm, similar al tratamiento Testigo (40% vermicompost + 50% arena + 10% perlita y micorriza) con 4.08 cm y el tratamiento que obtuvo menor diámetro ecuatorial

fue T<sub>4</sub> (70% arena+ 20%+10% de perlita), con 3.98 cm. El promedio general fue de 4.08 cm, de acuerdo a la figura 4.2.



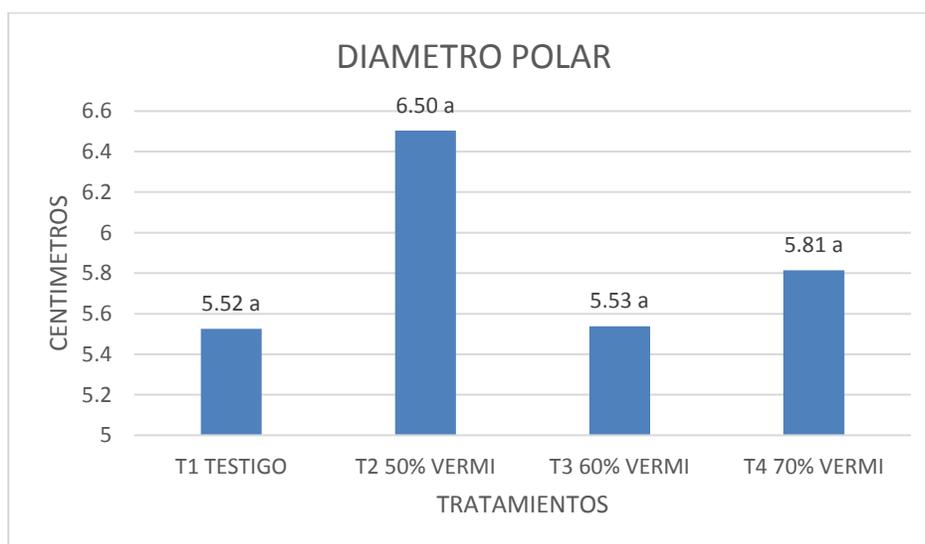
\*Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa.

**Figura 4.2.** Efecto de los porcentajes de vermicompost en el sustrato sobre diámetro ecuatorial (cm) de tomate en invernadero.

Cano *et al*, (2004) al evaluar tomate bola (hibrido Adela), con porcentajes de vermicompost (12.5, 25, 37.5 y 50%) más arena y con un testigo en arena con fertirrigación, usando la solución nutritiva propuesta por Zaidan y Avidan (1997) bajo condiciones de invernadero durante en el periodo, otoño – invierno, reporta que el T<sub>4</sub> (50% vermicompost más 50% de arena), obtuvo el mayor diámetro ecuatorial de fruto con 7.5 cm. Este resultado difiere al experimento presente ya que con el T<sub>2</sub> (50% Vermicompost + 40% arena + 10% perlita) solo registro 4.26 cm. La diferencia en los resultados obtenidos en ambos trabajos, puede ser debido a que se evaluaron materiales genéticos diferentes.

### 4.3. Diámetro polar

El análisis estadístico no mostró diferencia significativa para la variable Diámetro Polar entre los tratamientos, sin embargo el tratamiento que mayor valor numérico obtuvo en diámetro polar fue el T<sub>2</sub> (50% Vermicompost + 40% arena + 10% perlita) con 6.50 cm, mientras que el tratamiento que obtuvo el menor diámetro polar fue el Testigo (40% vermicompost + arena 50%+ 10% perlita y micorrizas) con 5.52 cm. El promedio general fue de 5.92 cm, de acuerdo a la figura 4.3.



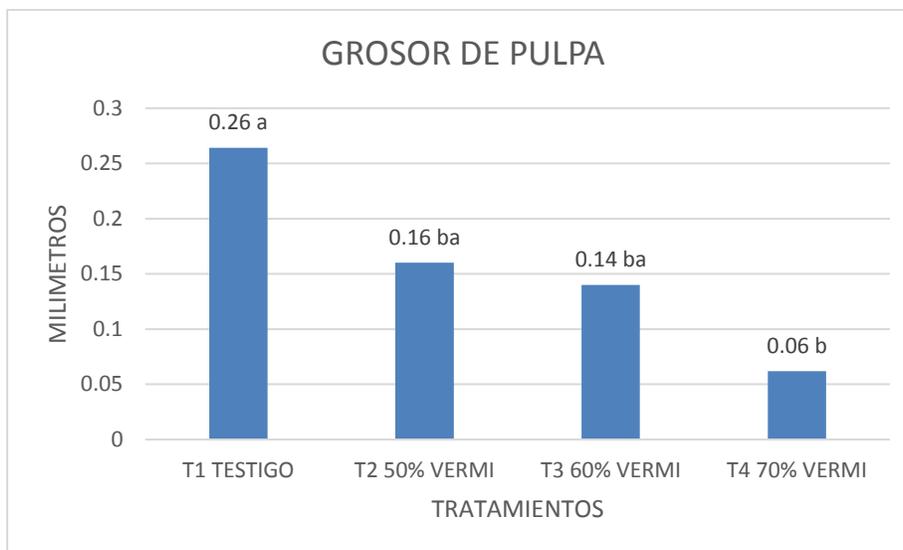
\*Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa.

**Figura 4.3.** Efecto de los porcentajes de vermicompost sobre diámetro polar (cm) de tomate en invernadero.

Cruz (2009) Quien evaluó tomate (tipo saladette, de crecimiento indeterminado) con diferentes porcentajes de composta y vermicomposta de (50,75 y 100%) más arena como sustrato, bajo condiciones de invernadero. Los materiales utilizados para el compost y vermicompost fueron, estiércol bovino + pasto bahía (*Paspalum notatum* Flügge) + tierra negra. Obteniendo una media de 5.9 cm de diámetro polar. Este resultado es similar al reportado en el presente trabajo ya que el promedio general de diámetro polar fue de 5.92 cm. Esto pudo ser debido a la similitud de porcentajes de vermicompost evaluados en ambos trabajos.

### **Grosor de pulpa**

El análisis estadístico mostró diferencia significativa para la variable grosor de pulpa entre los tratamientos. El tratamiento que sobresalió en espesor de pulpa fue el Testigo (40% Vermicompost + 50% arena + 10% perlita y micorriza) con 0.26 mm y el tratamiento con menor grosor de pulpa fue el T4 (70% vermicompost+ 20% arena+ 10 de perlita) con 0.06 mm. El promedio general fue de 0.15 mm, de acuerdo a la figura 4.4.



\*Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa.

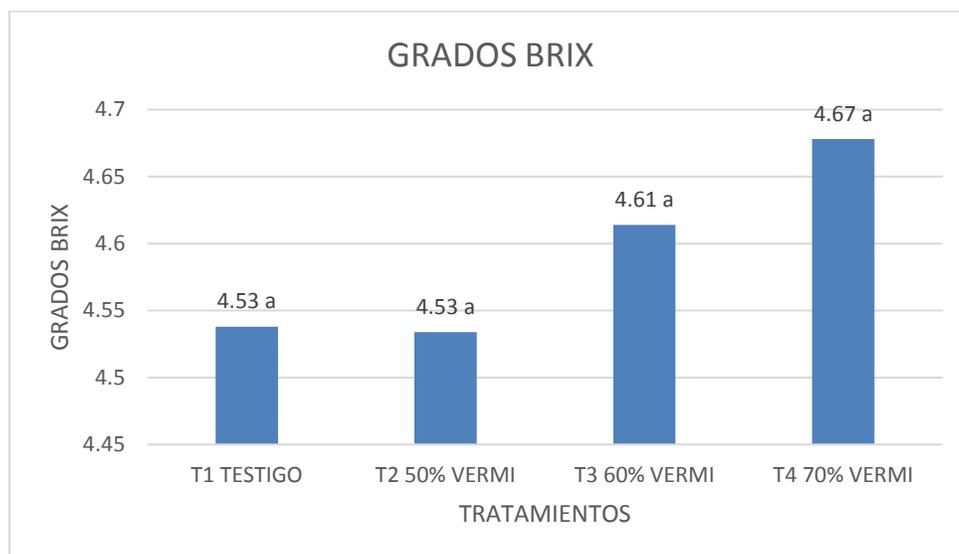
**Figura 4.4.** Efecto de los porcentajes de vermicompost en el sustrato sobre grosor de pulpa (mm) de tomate en invernadero.

Rodríguez (2008) quien evaluó tomate bola (híbrido 'Big Beef) con humus de lombriz en el sustrato con las siguientes especificaciones S1 = mezcla de arena + vermicomposta de estiércol bovino (1:1 v:v) + micronutrientes quelatos Maxiquel multi® (4 % Fe, 2 % Zn, 1 % Mn); S2 = arena + vermicomposta sin micronutrientes; y S3 = arena + fertilizantes inorgánicos (testigo), bajo condiciones de invernadero obtuvo una media de 0.78 cm en espesor de pulpa. Este resultado es diferente a comparación del trabajo presente ya que el Testigo (40% Vermicompost + 50% arena + 10% perlita y micorriza) obtuvo el mayor valor con 0.26 cm de espesor de pulpa. Esta diferencia pudo ser debido a que se evaluaron diferentes tipos de tomate.

#### 4.4. Grados Brix

El análisis estadístico no mostró diferencia significativa para la variable Grados °Brix, entre los tratamientos.

Sin embargo, numéricamente, el tratamiento que sobresalió fue el T<sub>4</sub> (70% Vermicompost + 20% arena + 10% perlita) con 4.67°Brix y los tratamientos que menor valor obtuvieron fueron el T<sub>2</sub> (50% vermicompost+ 40% arena+ 10% perlita) y el T<sub>1</sub> (40% vermicompost + 50% arena + 10% de perlita + micorrizas) con 4.53°Brix. El promedio general fue de 4.59°Brix, de acuerdo a la figura 4.5



\*Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa.

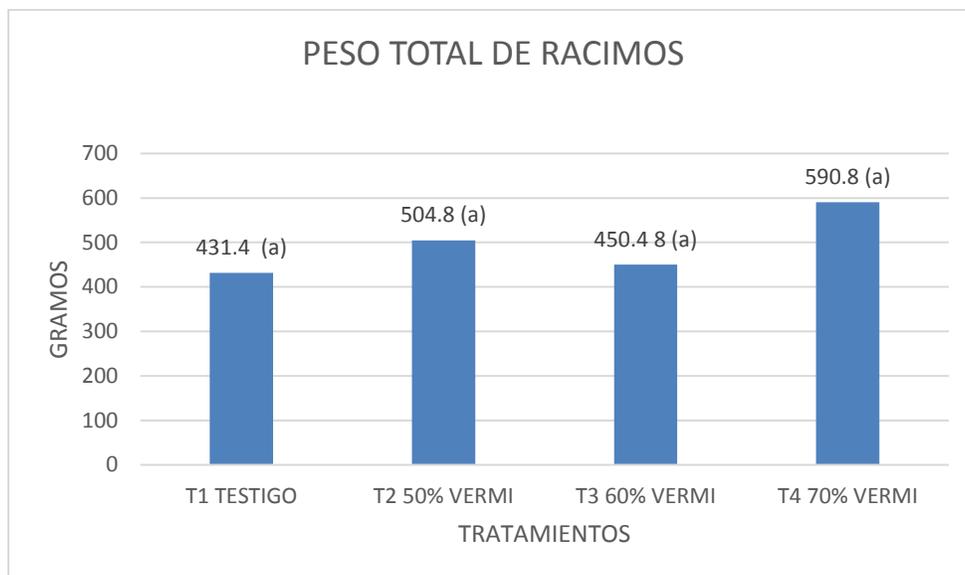
**Figura 4.5.** Efecto de los porcentajes de vermicompost en el sustrato sobre grados Brix del fruto de tomate en invernadero.

Morales (2015) evaluó porcentajes de vermicompost de (30,20, y 10%) más arena y perlita como componentes del sustrato, para la producción de tomate tipo saladette en invernadero. El tratamiento que mayor valor numérico obtuvo fue T<sub>1</sub> (Mezcla 30% de compost+ 60% de arena y 10% de perlita) con 3.37 °Brix. Este resultado es menor al del experimento presente ya que con el T<sub>4</sub> (70% Vermicompost + 20% arena + 10% perlita) se obtuvieron 4.67°Brix Este resultado se puede deber al efecto de mayor porcentaje de vermicompost en el sustrato.

Preciado *et al.*, (2011) señalan que para ser considerado tomate fresco de buena calidad, debe contener 4.0 a 5.5 °Brix. En el presente trabajo se alcanzó un promedio general de 4.59 grados Brix, el cual está dentro del rango de calidad.

#### **4.5. Peso total de racimos**

El análisis estadístico no mostró diferencia significativa para la variable Peso de Racimo entre los tratamientos. Sin embargo, numéricamente el tratamiento que sobresalió en peso de racimo fue, el T<sub>4</sub> (70% de Vermicompost + 20% arena + 10% perlita) con 590.8 g y el tratamiento que menor valor numérico obtuvo en peso de racimo fue el T<sub>1</sub> (40% Vermicompost + 50% arena + 10% perlita y micorriza) con 431.4 g. El promedio general fue de 494.35 g, de acuerdo a la figura 4.6.



\*Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa.

**Figura 4.6.** Efecto de los porcentajes de vermicompost en el sustrato sobre peso total de racimos (g) de tomate en invernadero.

Hernández (2016), Al evaluar tomate tipo saladette en invernadero variedad Rio Grande con diferentes porcentajes de vermicompost (40, 30, 20%) + arena+ perlita y teniendo la solución nutritiva Steiner como testigo, reporta que el tratamiento con mayor valor numérico para peso de racimo, lo obtuvo el T<sub>2</sub> (30% de Vermicompost + 60% arena + 10% perlita) con 696.4 g. Este resultado es mayor al del experimento presente, ya que con el T<sub>4</sub> (70% de Vermicompost + 20% arena + 10% perlita) se alcanzó el mayor valor numérico para peso de racimo con 590.8 g, este resultado pudo ser afectado por la elevada temperatura, mayor a los 35 °C que se presentó desde la etapa de floración, polinización y desarrollo del fruto.

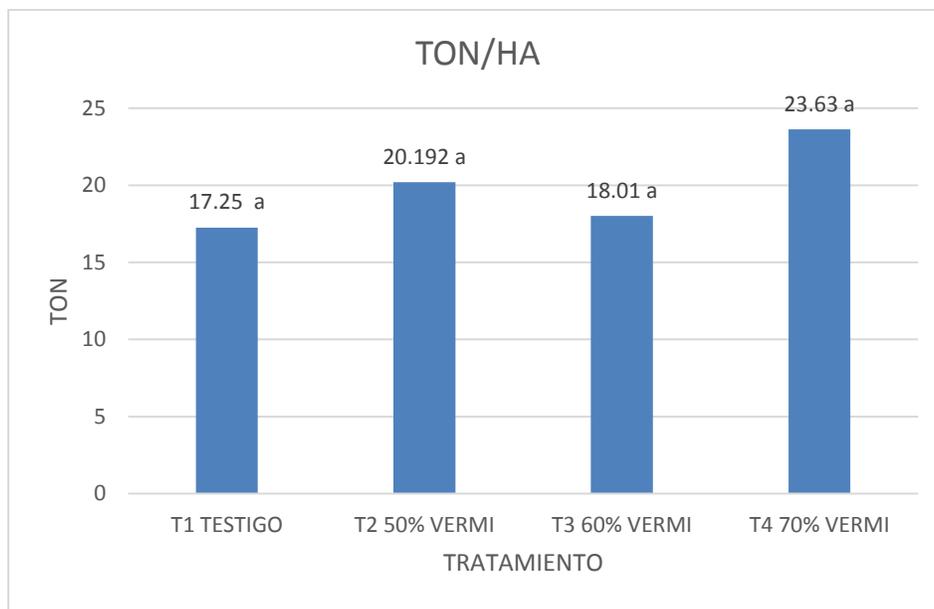
Escalona *et al.*, (2009) describe que las temperaturas sobre los 30°C

afectan la fructificación. Asimismo, la temperatura nocturna puede ser determinante en la cuaja, pues debe ser suficientemente fresca (15 a 22°C). Las temperaturas inferiores a 12 – 15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta y pueden provocar frutos deformes.

#### **4.6. Rendimiento**

El análisis estadístico no mostró diferencia significativa para la variable Rendimiento  $t\ ha^{-1}$ , entre los tratamientos.

A pesar de ello, el tratamiento que mayor valor numérico obtuvo en rendimiento fue el T<sub>4</sub> (70% de Vermicompost + 20% arena + 10% perlita) con 23.63  $t\ ha^{-1}$  y el tratamiento que menor rendimiento obtuvo fue el Testigo (40% Vermicompost + 50% arena + 10% perlita y micorriza) con 17.25  $t\ ha^{-1}$ . El promedio general fue de 19.77  $t\ ha^{-1}$ , de acuerdo a la figura 4.7.



\*Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa.

**Figura 4.7.** Efecto de los porcentajes de vermicompost en el sustrato sobre rendimiento ( $\text{th}^{-1}$ ) de tomate en invernadero.

Cruz *et al*, (2009) evaluó sustratos elaborados con mezclas entre compostas y vermicompost a diferentes niveles (100, 75 y 50%) más arena, Generada por la descomposición de estiércol bovino, rastrojo de maíz, zacate elefante y tierra negra (CEMZT) al 75% + arena y la vermicomposta de estiércol, pasto bahía y tierra negra (VEPT) al 100 y 50% + arena bajo condiciones de invernadero en cultivar de tomate híbrido SUN-7705, obteniendo un rendimiento promedio ( $39.81 \text{ t ha}^{-1}$ ). Este resultado para rendimiento, es mayor al experimento presente ya que con el T<sub>4</sub> (70% de Vermicompost + 20% arena + 10% perlita) se obtuvieron  $23.63 \text{ t ha}^{-1}$  y una media de  $19.77 \text{ t ha}^{-1}$ .

Lo anterior puede ser debido a la evaluación de diferente material genético, en los experimentos.

#### 4.7. Cuadro comparativo

Tratamiento	Variables Evaluadas						Rendimiento t ha-1
	A.P. cm	D.E. cm	D.P. cm	G.P. cm	G.B. °B	P.T. <sup>R</sup> G	
T1	89.9 a	4.084 a	5.526 a	0.264 a	4.538 a	431.4a	17.256a
T2	60.8 a	4.268 a	6.504 a	0.16 ba	4.534 a	504.8 a	20.192 a
T3	87.8 a	4.004 a	5.538 a	0.14 ba	4.614 a	450.4 a	18.016 a
T4	87.8 a	3.986 a	5.814 a	0.062 a	4.678 a	590.8 a	23.632 a

\*AP=Altura de planta, DE = Diámetro ecuatorial, DP = diámetro polar, GP = grosor de pulpa, GB = Grados Brix, PTR = peso total de racimos.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados del análisis estadístico la variable que presentó diferencia significativa entre tratamientos fue espesor de pulpa, en la cual el Testigo (40% de vermicompost + 50% de arena + 10% de perlita y micorriza) sobresalió con 0.26 mm de espesor de pulpa.

Para las variables peso de racimo, diámetro polar, diámetro ecuatorial, grados Brix y rendimiento, no se determinó diferencia significativa entre los tratamientos.

Sin embargo, numéricamente destacaron con mayor valor numérico en estas variables, los siguientes tratamientos:

El T<sub>4</sub> (70% vermicompost + 20% de arena y 10% de perlita) obtuvo 4.67 grados Brix, en peso de racimo 590.8 g y en rendimiento 23.63 t ha<sup>-1</sup>.

El T<sub>2</sub> (50% de vermicompost + 40% de arena y 10% de perlita) obtuvo 6.50 cm en diámetro polar y 4.26 cm para diámetro ecuatorial.

El tratamiento que predominó para la variable altura de planta fue el Testigo (40% vermicompost + 50% de arena + 10% de perlita y micorriza) con 89.9 cm.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Abad, M. 1995. Sustratos para cultivo sin suelo. En: El cultivo del tomate. Madrid: Mundi-prensa. P. 131-166.

Antonio J. 2005. Estudio de los factores incidentes en el agrietado del fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Tipo cereza: El papel de la cutícula del fruto. Universidad de Málaga. Consulta: 30/04/2017. Disponible en: [www.biblioteca.uma.es/bbl/doc/tesisuma/16788400.pdf](http://www.biblioteca.uma.es/bbl/doc/tesisuma/16788400.pdf)

Ballester-Olmos, J. 1992. substratos para el cultivo de plantas ornamentales. P 11.

Barrera J., Combatt E. Ramírez Y. 2011. Efecto de abonos orgánicos sobre el crecimiento y producción del plátano Hartón (Musa AAB). REVISTA Colombiana de ciencias hortícolas - Vol. 5 - No. 2 - pp. 186-194

Bermejo J. 2011. Información sobre *Frankliniella occidentalis*. Consulta: 05/05/2017. Disponible en: <http://www.agrologica.es/informacion-plaga/trips-las-flores-frankliniella-occidentalis/>

BLOTECNOS, 2013. Tipos de sustratos - Definición, clasificaciones y funciones. Consulta: 30/04/2017. Disponible en: <http://blogtecnos.blogspot.mx/2013/12/tipos-de-sustratos-definicion.html>

Buechel. T. 2016. ¿Qué es CIC y cuál es su importancia?. Consulta: 05/05/2017.

Disponible en: [www.pthorticulture.com/es/centro-de.../que-es-cic-y-cual-es-su-importancia-parte-1/](http://www.pthorticulture.com/es/centro-de.../que-es-cic-y-cual-es-su-importancia-parte-1/)

Bures S. 2002. Revista Sustratos: propiedades físicas químicas y biológicas.

Consulta. 04/05/2017. Disponible en: [www.horticom.com/pd/imagenes/51/742/51742.pdf](http://www.horticom.com/pd/imagenes/51/742/51742.pdf)

Cano P., A. Moreno R., C. Márquez H., N. Rodríguez D. y 2 Víctor Martínez C.

2004). Producción Orgánica de Tomate bajo Invernadero en la Comarca Lagunera.UAAAN-UL. Torreon Coahuila mex.

Cardona C., J. Rodriguez, X. Tapia. 2015. Biología y Manejo de la Mosca Blanca.

Centro Internacional de Agricultura Tropical. Impresión: Publicación CIAT No. 345 ISBN Tiraje 1000 ejemplares Impreso en Colombia.

Castilla, N. 2005. Invernaderos de plástico, tecnología y manejo. Madrid, España;

México, D.F. Ediciones Mundi-Prensa. pp: 25-35

Comisión Nacional del Agua (CNA), 2002; gerencia regional, cuencas centrales del norte, subgerencia regional técnica y administrativa del agua, Torreón, Coahuila.

COFUPRO. (2011). Agenda tecnológica de Investigación y transferencia de tecnología agropecuaria del Estado de Coahuila(enlínea).Consulta:12/10/2016.Disponibleen:[www.cofupro.org.mx/c](http://www.cofupro.org.mx/c)

[ofupro/agendas/agenda\\_coahuila.pdf](#).

Coss B., L. Navarro. 2011. Mosquita blanca en tomate. Biología de la mosca blanca. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor 04-2010-062312075600- 102, Publicado en Miguel de Mendoza 35, Col. Merced Gómez, CP 01600, México, DF; Registro postal. Mixcoac, CP 03410, México, DF. P.12.

C. Márquez, Cano P. y Rodríguez N. 2007. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero\*. Agric. Téc. Méx. vol.34 no.1.

Cruz-Lázaro E., M. Estrada-Botello, V. Robledo-Torres, R Osorio-Osorio, C. Márquez-Hernández, R. Sánchez-Hernández. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicompost como sustrato. Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Durango. Mex.

Deforche construct. 2013. Ventajas del cultivo en invernadero. Consulta: 03/05/2017. Disponible en: [www.deforche.es/ventajas-del-cultivo-en-invernadero-parte-ii/](http://www.deforche.es/ventajas-del-cultivo-en-invernadero-parte-ii/)

Díaz Álvarez, Mulet del Pozo, Yanelly; Maximino E.; Vilches León, Eneida E. 2008. Determinación de algunas propiedades físico-mecánicas, químicas y biológicas del humus de lombriz. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 17, No. 1.

Domínguez, C. Lazcano y M. Gómez–Brandón.(2010). Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. Acta Zool. Mex vol.26 spe.2 Xalapa.

E. de la Cruz–Lázaro1\*, MA. Estrada–Botello1, V. Robledo–Torres2, R. Osorio–Osorio1, C. Márquez–Hernández3, R. Sánchez–Hernández1. (2009). Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. Universidad y ciencia vol.25 no.1 Villahermosa abr. 2009. *versión impresa* ISSN 0186-2979.

Escalona v. ; P. Alvarado ; H. Monardes ; C. Urbina Z; A. Martin. (2009). MANUAL DE CULTIVO DE TOMATE. Consulta: 28/04/2017. Disponible en: [www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua\\_Cultivo\\_tomate.pdf](http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf)

FAO. 2003. MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR. ISBN 978-92-5-307844-8 (edición impresa) E-ISBN 978-92-5-307845-5 (PDF)

Fidel D. 2004. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad de Guanajuato. A.P. 311. Irapuato, Gto. Consulta: 04/05/2017. Disponible en: [uaaan.mx/postgrado/images/files/.../04-Seleccion-sustratos-prodhortinvernadero.pdf](http://uaaan.mx/postgrado/images/files/.../04-Seleccion-sustratos-prodhortinvernadero.pdf)

Flaño. (2015). Producción de tomate en invernadero en México (en línea). Fecha de consulta 23 de septiembre del 2016. Disponible en [www.cropprotection.es/documentos/Compostaje/Sustratos-para-Viveros.pdf](http://www.cropprotection.es/documentos/Compostaje/Sustratos-para-Viveros.pdf).

Garza E. 2001. El minador de la hoja (*liriomyza* spp) y su manejo en la planicie huasteca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto Técnico Núm. 5. San Luis Potosí, S.L.P., México.

Gasso F.S. Solomando. 2011. Estructura e instalaciones de un invernadero. Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) Tècnica industrial de Barcelona. Vol. I. P. 22. Consulta. : 02/05/2017. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11369/Memòria.pdf>

Gómez F. 2001. Evaluación del bokashi como sustrato para semilleros en la región atlántica de Costa Rica. Tesis. Universidad Earth. Guácimo, Costa Rica. P.5.

Hernández J. 2009. Propiedades hídricas de mezclas de sustratos con diferentes proporciones y tamaños de partícula. Tesis. Colegio de postgraduados. Texcoco. Edo. De México.

Hernández J. 2016. Evaluación de la producción y calidad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum* L.) Con porcentajes de vermicompost en el sustrato. Tesis. Universidad autónoma agraria Antonio Narro (UAAAN). Torreón Coahuila México.

Hernández-Leal, E., Lobato-Ortiz. R., García-Zavala, J. J., Reyes-Lopez, D., Méndez-Lopez, A., Bonilla-Barrientos, O., Hernández-Bautista, A., 2013. Comportamiento agronómico de poblaciones F2 de híbridos de tomate. Revista fitotecnia mexicana. 36( 3):

Hermoza M. 2013. La importancia del consumo del tomate en la dieta diaria:

Consulta: 28/04/2017. Disponible en: [www.elpopular.pe](http://www.elpopular.pe) › Series › Nutrición

Hernández-Bautista, A., 2013. Comportamiento agronómico de poblaciones F2 de híbridos de tomate. Revista fitotecnia mexicana. 36( 3 ). Hernández-Leal, E., Lobato-Ortiz. R., García-Zavala, J. J., Reyes-Lopez, D., Méndez-Lopez, A., Bonilla-Barrientos, O.

HIDRO ENVIRONMENT, 2015. Importancia del cultivo de jitomate en México. Consulta:

28/04/2017. Disponible en: [hidroponia.mx/importancia-del-cultivo-de-jitomate-en-mexico/](http://hidroponia.mx/importancia-del-cultivo-de-jitomate-en-mexico/)

Huerres, P. Caraballo, N. 1988. Horticultura. Ed. Pueblo y educación. La Habana, Cuba. 4- 16 pp.

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 18 de septiembre 2016]

Infoagro. 2017. Control climático en invernaderos. Consulta: 03/05/2017. Disponible en: [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com) › Contacto › Publicidad

INTAGRI. 2016. Manejo Integrado de Paratryza. Consulta: 03/05/2017. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manejo-integrado-de-paratryza>

Jaramillo J. Rodríguez V.P., Guzmán M., zapata M., Rengifo T. 2007. Manual Técnico Buenas Prácticas Agrícolas –Bpa En La producción de Tomate Bajo.

Jaramillo I. 2011. La micorriza arbuscular (MA) centro de la rizófera: comunidad microbiológica dinámica del suelo. UAM-Iztapalapa. Consulta. 19/05/2011. Disponible: <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/revista/81/pdfs/micorriza.pdf>

Javier Z. 2011. Temperatura: Productividad en el cultivo de tomate. Consulta: 30/04/2017. Disponible en: [www.hortalizas.com/.../tomates/temperatura-](http://www.hortalizas.com/.../tomates/temperatura-)

[productividad-en-el-cultivo-de-tomate/](#)

Jesús. 2009. Importancia de la selección y manejo adecuado de sustratos en la producción de plantas frutales en vivero. Revista Científica UDO Agrícola Volumen 9. Número 2. Año 2009. Páginas: 282-288.

Jesús M. 2012. ¿Cómo hacer compost? tener tu propia tierra y reciclar. Consulta: 06/05/2017. Disponible en: <http://huertodeurbano.com/consejos-mr-urbano/como-hacer-compost/>

J. N. M. Von Haeff, 1983. Manuales para Educación Agropecuaria, Área: Producción Vegetal (16), 1ª Edición, Editorial Trillas, D.F., México: 9-53.

José. C. 2016. La influencia de la luz en el crecimiento del cultivo. Consulta. : 02/05/2017. Disponible en: [www.pthorticulture.com/es/...de.../la-influencia-de-la-luz-en-el-crecimiento-del-cultiv...](http://www.pthorticulture.com/es/...de.../la-influencia-de-la-luz-en-el-crecimiento-del-cultiv...)

Lara A. (1999) Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra volumen 17 número 3. P. 226.

Lauren M. 2012. tipos de sustratos para ambientes controlados. Consulta. : 02/05/2017. Disponible en: [www.hortalizas.com/...protegida/.../6-tipos-de-sustratos-para-ambientes-controlados/](http://www.hortalizas.com/...protegida/.../6-tipos-de-sustratos-para-ambientes-controlados/)

López, T.M. 1994. Horticultura. Primera Edición. Editorial trillas S.A. de C.V. México DF. Pp. 45, 47, 171, 286, y 245.

L. Meléndez. (2015). Desempeño del mercado de tomate. Consulta: 05/10/2016.  
[www.hortalizas.com/cultivos/desempeno-del-mercado-de-tomate](http://www.hortalizas.com/cultivos/desempeno-del-mercado-de-tomate).

Lucero J.-Flores;C.Sánchez-Verdugo;M. Almendarez-Hernández.(2012). Innovación tecnológica de sistemas de producción y comercialización de especies aromáticas y cultivos élite en agricultura orgánica protegida con energías alternativas de bajo costo. Edición 1.Baja california sur, México. Proyecto SAGARPA-CONACYT 126183.

Magan J.2003. Efectos de la salinidad sobre el tomate en cultivos en sustrato en las condiciones del sureste peninsular. Consulta: 05/05/2017. Disponible en:  
[www.publicacionescajamar.es/.../efectos-de-la-salinidad-sobre-el-tomate-en-cultivos-e...](http://www.publicacionescajamar.es/.../efectos-de-la-salinidad-sobre-el-tomate-en-cultivos-e...)

Márquez-Hernández, C.; P. Cano-Ríos y N. Rodríguez-Dimas. (2008). Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. Agricultura técnica en México. Vol. 34 (1): 69-74.

Martínez, C y Martínez J.C.2001. Lombricultura y Agricultura Orgánica. Consulta: 28/04/2017. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Abono\\_org%C3%A1nico](https://www.ecured.cu/Abono_org%C3%A1nico)

Moreno-Reséndez A.,<sup>1</sup> L. García-Gutiérrez,<sup>2</sup> P. Cano-Ríos,<sup>1</sup> V. Martínez-Cueto,<sup>3</sup> C. Márquez-Hernández,<sup>1</sup>N. Rodríguez-Dimas. 2014. Desarrollo del cultivo de melón (*Cucumis melo*) con vermicompost bajo condiciones de invernadero. vol.1 no.2 Villahermosa. versión On-line ISSN 2007-901X versión impresa ISSN 2007-9028

Medellin c.,sosa M. 2012. El jitomate *solanum lycopersicum*: Aporte nutrimental enfermedades postcosecha y su tecnología para su almacenamiento en fresco. Universidad de las americas Puebla c.p. 72810. México. Consulta: 28/04/2017. Disponible en [www.udlap.mx/wp/tsia/files/No6-Vol.../TSIA-6\(1\)-Notario-Medellin-et-al-2012.pdf](http://www.udlap.mx/wp/tsia/files/No6-Vol.../TSIA-6(1)-Notario-Medellin-et-al-2012.pdf)

Morales I. 2015. Produccion de tomate saladette (*Lycopersicum esculentum* Mill.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero. Tesis. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila México.

Morales, Munguía; M. Fernández, Ramírez: A. Cota, Beatriz; C. Peralta, Beltrán. (2009). Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de

lombricompost y el desarrollo de lombriz (*eisenia foetida*). Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora BIOtecnia, VOL. XI, NO. 1.

- 6.1.1. Moreno A. L. Gómez Fuentes<sup>2</sup>, P. Cano Ríos<sup>2</sup>, V. Martínez Cueto<sup>2</sup>, José L., J. Manríquez<sup>4</sup> y N. Rodríguez Dimas<sup>2</sup>. 2008. enotipos de tomate en mezclas de vermicompost:arena en invernadero. Terra Latinoam vol.26 no.2 Chapingo. *versión On-line* ISSN 2395-8030 *versión impresa* ISSN 0187-5779.

P. Cano, Moreno A. Márquez C. H. Rodríguez N. y Martínez V. Producción Orgánica de Tomate bajo Invernadero en la Comarca Lagunera. Torreón, Coah. México. Maestros investigadores de la UAAAN-UL y 3 Estudiantes de Doctorado, UAAAN-UL.

Ponce. P. (2013). Producción de tomates en invernadero en México. Consulta: 12/10/2016. Disponible en: [www.hortalizas.com/horticultura.../produccion-de-tomates-en-invernadero-en-mexico](http://www.hortalizas.com/horticultura.../produccion-de-tomates-en-invernadero-en-mexico).

Pire, R.; Pereira, A. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. Bioagro, vol. 15, núm. 1, enero, 2003, pp. 55-64.

Productores de hortalizas. 2006. Plagas y enfermedades del tomate. Consulta: 05/05/2017. Disponible en: en: en:

[http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/Tomato\\_Spanish.pdf](http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/Tomato_Spanish.pdf)

Robinson. J. 2011. Productividad en el tomate. Consulta: 02/05/2017. Disponible en: [www.hortalizas.com/cultivos/tomates/productividad-en-el-tomate/](http://www.hortalizas.com/cultivos/tomates/productividad-en-el-tomate/)

Robinson J. 2014. Tutorado en tomates y pimientos. Consulta: 05/05/2017. Disponible en: <http://www.hortalizas.com/cultivos/tutorado-en-tomates-y-pimientos/>

Rodríguez-Dimas, N; P. Cano-Ríos; U. Figueroa- Viramontes; A. Palomo- Gil; E. Favela- Chávez; V. P. Álvarez- Reyna; C. Márquez-Hernández y A. Moreno-Reséndez. (2008). Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 31 (3): 265 – 272.

Rodríguez-Dimas, N.; P. Cano-Ríos; U. Figueroa-Viramontes; E. Favela-Chávez; A. Moreno-Reséndez; C. Márquez-Hernández; E. Ochoa-Martínez y P. Preciado-Rangel. (2009). Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. Terra Latinoamericana 27: 319-327.

Rodríguez, R. Tavares, R. y Medina, 2001. Cultivo moderno del tomate. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. España. P. 255.

Rodríguez Dimas, N.; Cano Ríos, P.; Figueroa Viramontes, U.; Palomo Gil, A.; Favela Chávez, E.; Álvarez Reyna, V.; Márquez Hernández, C.; Moreno

Reséndez, A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 31, núm. 3, pp. 265-272 Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México

Torres A. (2010). MICORRIZAS. Antigua interacción entre plantas y hongos. Consulta. 19/05/2017. Disponible en. [http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61\\_4/PDF/11\\_MICORRIZAS.pdf](http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_4/PDF/11_MICORRIZAS.pdf)

Opazo L., Navarro H., Teuber N. Barrientos C. 2008. Manejo integrado del tizón tardío y estrategias de control químico (INIA). Chile. Consulta:03/05/2017. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR35165.pdf>

SAGARPA. 2009. Tecnologías de mitigación. Consulta: 06/05/2017. Disponible en: [http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/cambioclimatico/Tecnologias\\_mitigacion.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/cambioclimatico/Tecnologias_mitigacion.pdf)

SAGARPA. 2007. Producción de hortalizas a cielo abierto y bajo condiciones protegidas. Consulta:03/05/2017. Disponible en: [www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/AsistenciaCapacitacion/.../invernaderos.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/AsistenciaCapacitacion/.../invernaderos.pdf)

SAGARPA. 2014. Ventajas y desventajas de la producción orgánica. Consulta:03/05/2017. Disponible en:

<http://www.mexicocalidadsuprema.org/archivos/senasica.pdf>

SAGARPA. 2014. Manejo integrado de la La paratrioza o pulgón saltador (Bactericera cockerelli Sulc.). Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de México Av. Independencia 1327 Ote. Toluca, México. Consulta:03/05/2017. Disponible en:

<http://www.cesavem.org/img/fitosanitariodeljitomate/jitomate2.pdf>

Segura M.–Castruita; Ramírez A.–Seañez<sup>2</sup>; García G.–Legaspi<sup>1</sup>; Preciado–Rangel P.<sup>1</sup>; García–Hernández J; Yescas–Coronado P.<sup>1</sup>; Fortis–Hernández M.; Jorge A. Orozco–Vidal<sup>1</sup>; Montemayor–Trejo J. 2011. Desarrollo de plantas de tomate en un sustrato de arena–pómez con tres diferentes frecuencias de riego. Revista. Chapingo. Serie horticultura. vol.17. *versión On-line* ISSN 2007-4034*versión impresa* ISSN 1027-152X

Santibáñez, E., 1992. La Comarca Lagunera, ensayo monográfico. Primera edición. Tipografía Reza. S.A. torreón, Coahuila, México. P.14.

Schuster J. 2017.Enfoque: Plantas y enfermedades. Extension de la uiversidad Illinois. en Urbana-Champaign. Consulta: 30/04/2017. Disponible en: [http://extension.illinois.edu/focus\\_sp/graymold.cfm](http://extension.illinois.edu/focus_sp/graymold.cfm)

Seminis. 2016. Polinización en la producción de hortalizas. Ficha técnica en producción se millas. Consulta: 30/04/2017. Disponible en:

[www.seminis.mx/blog-polinizacion-en-la-produccion-de-hortalizas/](http://www.seminis.mx/blog-polinizacion-en-la-produccion-de-hortalizas/)

Tébar M. 2012). Compost: fertilizante natural para las plantas. Consulta: 30/04/2017. Disponible en: <http://www.decoestilo.com/articulo/compost-tu-fertilizante-natural-para-las-plantas/>

Tortosa. 2009. El pH durante el compostaje. Consulta: 07/05/2017. Disponible en: <http://www.compostandociencia.com/2013/11/ph-en-el-compostaje-html/>

Tovar G. M. Cruz. 2004. La agricultura orgánica en México y en el mundo. CONABIO. Biodiversitas. 55: 13-15.

Universidad de Chile. 2000. Departamento de Ingeniería Mecánica. Propiedades del compost. Consulta: 07/05/2017. Disponible en: <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=644>

Uría. R. 2015. Sustratos orgánicos. Consulta: 06/05/2017. Disponible en: [plantasyjardin.com](http://plantasyjardin.com) › Destacados › Suelos › Trabajos del Jardín

Urrestarazu M. 2010. La salinidad en cultivos sobre sustratos. Rev. De la universidad de Almería. Consulta: 05/05/2017. Disponible en: [www.interempresas.net/Horticola/.../44049-La-salinidad-en-cultivos-sobre-sustratos.ht...](http://www.interempresas.net/Horticola/.../44049-La-salinidad-en-cultivos-sobre-sustratos.ht...)

Vázquez, G.V. 2014. Manejo del Clima en los Invernaderos. Curso de Capacitación Intagri. Consulta. 19/05/2017. Disponible en: [/www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/%20%20principios-basicos-para-el-manejo-climatico-de-invernaderos](http://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/%20%20principios-basicos-para-el-manejo-climatico-de-invernaderos)

Galindo F, M. Hernández, P. Preciado, R. Valencia , M. Segura y J. Orozco. 2014. Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema protegido. Rev. Mex. Cienc. Agríc vol.5 no.7 Texcoco. *versión impresa* ISSN 2007-0934

Valerio. M. 2012. Impacto de temperaturas extremas en el tomate. Consulta. : 02/05/2017. Disponible en: [www.hortalizas.com/horticultura.../impacto-de-temperaturas-extremas-en-el-tomate/](http://www.hortalizas.com/horticultura.../impacto-de-temperaturas-extremas-en-el-tomate/)

Zapata, E., C. 2004. Producción de tomate en invernadero. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Torreon, Coahuila, México p.34.

## 7. APENDICE

**Cuadro A 1.** Análisis de varianza para la variable altura de planta en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2017; Torreón Coahuila.

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadros</b>	<b>Cuadrados de medias</b>	<b>F Calculada</b>	<b>Pr &gt; F</b>	<b>Significancia</b>
<b>Modelo</b>	3	199.6306	66.5435	1.31	0.3058	
<b>Error</b>	16	813.0726	50.8170			
<b>Total</b>	19	1012.702				
<b>R<sup>2</sup>= 0.1971</b>		<b>C.V. = 13.8775</b>		<b>Media= 51.3680</b>		

**Cuadro A 2.** Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2017; Torreón Coahuila.

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados de medias</b>	<b>F Cal- Culada</b>	<b>Pr &gt;F</b>	<b>Significancia</b>
<b>Modelo</b>	7	0.5080	0.0725	0.65	0.7075	
<b>Error</b>	12	1.3358	0.1113			
<b>Total</b>	19	1.8438				
<b>R<sup>2</sup>= 0.2755</b>		<b>C.V. = 8.1666</b>		<b>Media= 4.0855</b>		

**Cuadro A 3.** Análisis de varianza para la variable peso diámetro polar en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2017; Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F		Significancia
				Cal- Culada	Pr >F	
Modelo	7	4.7027	0.6718	1.44	0.2750	
Error	12	5.5863	0.4655			
Total	19	10.2890				
<b>R<sup>2</sup>= 0.4570</b>		<b>C.V. = 11.5243</b>		<b>Media= 5.9205</b>		

**Cuadro A 4.** Análisis de varianza para la variable grosor de pulpa en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2017; Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F		Significancia
				Cal- Culada	Pr >F	
Modelo	7	0.1230	0.0175	2.16	0.1152	
Error	12	0.0976	0.0081			
Total	19	0.2206				
<b>R<sup>2</sup>= 0.5575</b>		<b>C.V. = 57.6321</b>		<b>Media= 0.1565</b>		

**Cuadro A 5.** Análisis de varianza para la variable grados Brix en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2017; Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F		Significancia
				Cal- Culada	Pr >F	
Modelo	7	0.1937	0.0276	0.18	0.9838	
Error	12	1.8152	0.1512			
Total	19	2.0089				
R <sup>2</sup> = 0.0964		C.V. = 8.4712		Media= 4.5910		

**Cuadro A 6.** Análisis de varianza para la variable peso de racimos en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2017; Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F		Significancia
				Cal- Culada	Pr >F	
Modelo	7	215.6637	30.91	0.68	0.6895	
Error	12	546.3801	45.5316			
Total	19	762.0439				
R <sup>2</sup> = 0.2830		C.V. = 12.1890		Media= 55.3590		

**Cuadro A 7.** Análisis de varianza para la variable rendimiento en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2017; Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F		Significancia
				Cal- Culada	Pr >F	
Modelo	7	0.3446	0.0493	0.67	0.6913	
Error	12	0.8762	0.0730			
Total	19	762.0439	1.2208			
R <sup>2</sup> = 0.2822		C.V. = 12.1942		Media= 2.2160		



