

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE TOMATE TIPO SALADETTE
(*Solanum lycopersicum L.*) CON PORCENTAJES DE VERMICOMPOST EN EL
SUSTRATO.**

POR:

JOSÉ LUIS HERNÁNDEZ AGUILAR

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE TOMATE TIPO
SALADETTE (*Solanum lycopersicum* L.) CON PORCENTAJES DE
VERMICOMPOST EN EL SUSTRATO.

POR:
JOSÉ LUIS HERNÁNDEZ AGUILAR

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

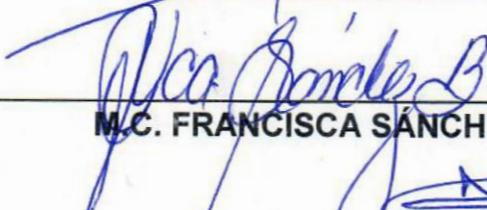
APROBADA POR:

PRESIDENTE:



ING. JUAN MANUEL NAVA SANTOS

VOCAL:



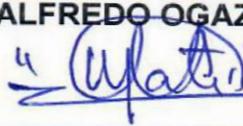
M.C. FRANCISCA SÁNCHEZ BERNAL

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

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE TOMATE TIPO
SALADETTE (*Solanum lycopersicum L.*) CON PORCENTAJES DE
VERMICOMPOST EN EL SUSTRATO.

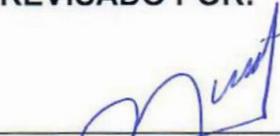
POR:
JOSÉ LUIS HERNÁNDEZ AGUILAR

TESIS
QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR, COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

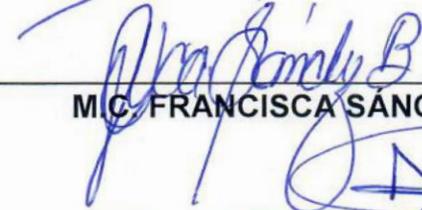
REVISADO POR:

ASESOR PRINCIPAL:



ING. JUAN MANUEL NAVA SANTOS

ASESOR:



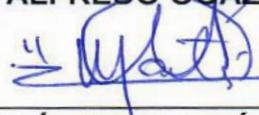
M.C. FRANCISCA SÁNCHEZ BERNAL

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 mostrarme el camino durante todo este recorrido, por dejarme vivir con lo justo para buscar la plenitud a toda costa, por las bendiciones que a mi vida han llegado, por la fuerza que me ha dado para poder cumplir con una meta más que me he propuesto para mi carrera profesional, por el bienestar de cada uno de mis seres queridos durante todo el tiempo distante de ellos.

A mi **Alma Mater** por el derroche de conocimientos brindados, por el tiempo de estancia en tus aulas y pasillos disfrutando de las excelentes personas que en ella se encuentran adquiriendo conocimientos nuevos de los mejores y por forjarme como profesionista.

A mi **hermano Francisco J. Hernández**, por ser pieza principal en mi desarrollo profesional, por todas las oportunidades que me has brindado y por ser la mejor persona que pueda tener a mi lado.

Al **Ing. Juan Manuel Nava Santos** por ser uno de mis docentes y por su ardua labor en el experimento realizado, por sus conocimientos compartidos y por la buena amistadada forjada.

A la **M.C. Francisca Sánchez Bernal** por la paciencia durante todo este desarrollo, por ser uno de mis docentes que comparten sus conocimientos y por todo lo aportado en mi formación profesional.

Al **Dr. Alfredo Ogaz** por todas sus aportaciones en el trabajo de investigación por su paciencia y su gran amistadada.

Al **M.E. Víctor Martínez Cueto** por su gran amistadada por ser un gran amigo y más por sus conocimientos compartidos durante este proceso.

A mis **compañeros de clase**, con que compartí durante estos años, por haberlos conocido juntos buscamos soluciones a los obstáculos que se nos presentaban durante toda esta etapa.

DEDICATORIAS

A mis padres **José Hernández y Marbey Aguilar** por la vida que me han regalado, por ver que a mí y mis hermanos nunca nos faltara nada, por la educación que nos han dado por los grandes ejemplos que son para mí y los consejos que siempre me dieron y por supuesto por darme la oportunidad de poder seguir con mi formación profesional son una parte fundamenta en esto nuevo logro al que he llegado sin ustedes esto no podría ser posible los amo.

A mis hermanos **Francisco J. Hernández y Juan Hernández** por ser la mejor compañía que puedo tener a mi lado en esta vida, por ser los mejores y estar siempre junto a mí, en especial a mi hermano mayor Francisco, por todo el apoyo brandado por ser una persona increíble de gran corazón gracias por todo no tengo como pagarte por todo lo que has hecho por mí. Los quiero.

A mis abuelos maternos **Juana y Jesús** por sus sabios y excelentes consejos que me sirvieron para ir en un camino de bien, son parte de esto siempre estuvieron ahí para decirme un hasta pronto cuando tenía que partir y por el gran cariño que me brindan los quiero mucho.

A mis abuelos paternos **Alicia y Mariano**, por los consejos que me dieron que al igual me sirvieron para ser mejor persona, forjándome el camino del bien. Gracias los quiero.

A **Melisa Silva** por ser compañera de vida, por su paciencia, cuidado y dedicación, por estar a mi lado y darme alegría en los momentos de decadencia en los cuales hizo que todo se viera de una manera más fácil de resolver, gracias te quiero.

RESUMEN

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 T₁ (40% vermicompost + 50% arena +10% perlita); T₂ (30% vermicompost + 60% arena + 10% perlita), T₃ (20% vermicompost + 70% arena + 10% perlita) y T₄ (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 T₄ (testigo) en altura de planta con 150.4 cm y el T₁ 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 T₁ con 8.006 cm, en grosor de pulpa el T₁ con 0.63 cm, en grados Brix el T₂ con 4.14 °B similar al T₁ con 4.12 °B, en peso total de racimo el T₂ con 696.4 g y rendimiento el T₂ con 27.856 t ha⁻¹. Siendo los mejores tratamientos el T₁ y T₂ excepto en altura de planta en la cual predomino el T₄ (testigo).

PALABRAS CLAVE

Vermicompost, tomate, sustrato, producción, invernadero.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN.....	iii
PALABRAS CLAVE	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVO.....	2
1.2 HIPOTESIS.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Generalidades del tomate.	3
2.1.1 Origen.....	3
2.1.2 Importancia del tomate	5
2.1.5 Taxonomía	6
2.2. Caracterización botánica del tomate	8
2.2.1. Planta.....	8
2.2.2. Indeterminadas	8
2.2.3. Determinadas.....	8
2.2.4. Semilla.....	9
2.2.5. Raíz.....	9
2.2.6. Tallo	10
2.2.7. Hojas.....	10
2.2.8. Flor.....	10
2.2.9. Fruto	11
2.3. Polinización.....	11
2.3.1. Requerimientos ambientales en el cultivo de tomate	12
2.3.2. Temperatura.....	12
2.3.3. Luz y fotoperiodo	13
2.3.4. Humedad del suelo y humedad relativa	15
2.3.5. Invernado	16

2.3.6.	Generalidades del invernadero	16
2.3.7.	La producción de tomate en invernadero y con sustratos orgánicos.....	17
2.3.8.	Ventajas de producción en invernadero.	18
2.3.9.	Desventajas de producción en un invernadero	19
2.4.	Exigencias de clima.....	20
2.4.1.	Temperatura.....	20
2.4.2.	Humedad relativa.....	21
2.4.3.	Luminosidad	21
2.4.4.	Sustratos en la horticultura protegida.....	22
2.4.5.	Criterios para la selección de sustratos.....	24
2.4.6.	Propiedades de los sustratos.....	24
2.4.7.	Propiedades físicas.....	25
2.4.8.	Espacio poroso total	25
2.4.9.	Capacidad de aire o porosidad de aire.....	26
2.5.	Capacidad de retención del agua.....	26
2.5.1.	Densidad aparente	27
2.5.2.	Densidad real	27
2.5.3.	Propiedades químicas	28
2.5.4.	PH	28
2.5.5.	Capacidad de intercambio catiónico	29
2.5.6.	Salinidad	29
2.5.7.	Conductividad eléctrica (C.E.).....	30
2.5.8.	Presión osmótica.....	30
2.5.9.	Propiedades biológicas	30
2.6.	Clasificación de los sustratos	32
2.6.1.	Sustratos orgánicos.....	33
2.6.2.	Sustratos inorgánicos o inertes.....	34
2.6.3.	La agricultura orgánica.....	35
2.6.4.	Ventajas y desventajas de la producción orgánica.....	36
2.6.5.	Desventaja	37
2.6.6.	Abonos orgánicos.....	37

2.6.7.	Compost.....	38
2.6.8.	Propiedades físicas y químicas del compost	39
2.6.9.	Vermicompost o humus de lombriz.....	40
2.7.	Características fisicoquímicas y microbiológicas del Vermicompost.....	41
2.7.1.	Sistema de plantas tutoradas.....	42
2.7.2.	Plagas.....	43
2.7.3.	Enfermedades.....	48
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	51
3.1.1.	Ubicación geográfica de la comarca lagunera.....	51
3.1.2.	Características del clima.	51
3.1.3.	Localización del experimento	52
3.1.4.	Características del invernadero	52
3.1.5.	Material genético	52
3.1.6.	Diseño experimental	53
3.1.7.	Sustratos.....	53
3.1.8.	Tratamientos.....	53
3.1.9.	Siembra en charola	53
3.2.	Llenado de bolsas.	54
3.2.1.	Trasplante	54
3.2.2.	Riego	55
3.2.3.	Contenido de elementos minerales en la Vermicompost	55
3.3.	Manejo del cultivo.....	55
3.3.1.	Tutorado.....	55
3.3.2.	Poda y desoje	56
3.3.3.	Polinización	56
3.3.4.	Control de plagas y enfermedades.....	56
3.3.5.	Cosecha	56
3.4.	VARIABLES EVALUADAS.....	57
3.4.1.	Altura de planta	57
3.4.2.	Diámetro ecuatorial.....	57
3.4.3.	Diámetro polar	57

3.4.4. Grosor de pulpa.....	57
3.4.5. Grados brix	58
3.4.6. Peso total de racimos	58
3.4.7. Rendimiento t ha ⁻¹	58
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
4.1. Altura de planta.....	59
4.2. Diámetro ecuatorial	61
4.3. Diámetro polar	62
4.4. Grosor de pulpa.....	63
4.5. Grados brix.....	65
4.6. Peso total de racimos.....	66
4.7. Rendimiento (t ha ⁻¹)	67
4.8. Cuadro comparativo	68
5. CONCLUSIONES	69
6. BIBLIOGRAFÍA	70
7. APÉNDICES	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Efecto de los porcentajes de vermicompost sobre altura de planta (cm) de tomate en invernadero.....	59
Figura 4.1.1. Ecuación de regresión altura de planta de tomate en diferentes concentraciones de Vermicompost en el sustrato.....	60
Figura 4.2. Efecto de los porcentajes de vermicompost sobre diámetro ecuatorial (cm) del fruto de tomate en invernadero.....	61
Figura 4.3. Efecto de los porcentajes de vermicompost sobre diámetro polar (cm) del fruto de tomate en invernadero.....	63
Figura 4.4. Efecto de los porcentajes de vermicompost en el sustrato sobre grosor de pulpa (mm) del fruto de tomate en invernadero.....	64
Figura 4.5. Efecto del porcentaje de Vermicompost en el sustrato sobre la acumulación de sólidos solubles (°Brix) del fruto de tomate en invernadero.....	65
Figura 4.6. Efecto de los porcentajes de vermicompost sobre el peso total de racimos (g) de tomate en invernadero.....	66
Figura 4.7. Efecto de los porcentajes de vermicompost sobre rendimiento ($t\ ha^{-1}$) de tomate en invernadero.....	67

ÍNDICE DE APÉNDICES

Cuadro A 1. Análisis de varianza para la variable peso total de racimos en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2016; Torreón Coahuila.....84

Cuadro A 2. Análisis de varianza para la variable diámetro polar en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2016; Torreón Coahuila.....84

Cuadro A 3. 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. 2016; Torreón Coahuila.....85

Cuadro A 4. Análisis de varianza para la variable espesor de pulpa en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2016; Torreón Coahuila.....85

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. 2016; Torreón Coahuila.....86

Cuadro A 6. 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. 2016; Torreón Coahuila.....86

Cuadro A 7. 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. 2016; Torreón Coahuila.....87

1. INTRODUCCIÓN

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, ya sea natural o de síntesis, residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desarrollando el papel de soporte para la planta. (Sánchez R. 2014)

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

Vermicompost son residuos orgánicos parcialmente degradados y estabilizados, ampliamente utilizados como sustratos en la producción de hortalizas, debido a que se ha reportado que la composta mejora la capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del N, P y K, regula favorablemente el pH y fomenta la actividad microbiana (Nieto-Garibay et al., 2002).

En tanto, la Vermicompost es un producto obtenido a partir de la materia orgánica enriquecida como resultado de una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas al pasar por el tracto digestivo de lombrices. Ambos sustratos orgánicos permiten satisfacer la demanda nutricional de los cultivos hortícolas en invernadero, y reducen significativamente el uso de fertilizantes sintéticos. Además, contienen sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tienen alto contenido de ácidos húmicos, y aumentan la

capacidad de retención de humedad y porosidad, facilitando la aireación y el drenaje (Uribe y Jesús, et al 2000).

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) es la hortaliza cuya parte comestible es el fruto, es considerada la segunda hortaliza de mayor producción y, por ende, de consumo en el mundo y en México, con consumo per cápita de 18.8 y 20.47 kg, respectivamente (Ramírez J. 2005).

La tendencia actual de producción de tomate, es realizarla bajo invernadero, dichas estructuras pretenden mejorar las condiciones ambientales para incrementar la bioproductividad, presentándose producciones de tomate de 300 a 500 t /ha/año, en función del nivel de tecnificación del invernadero, el cual garantiza que el producto cumpla con los estándares de calidad e inocuidad alimentaria que exigen los mercados internacionales (Muñoz, 2003); además, se habla ya de producciones de 1000 t/ha/año de tomate.

1.1 OBJETIVO

Determinar la proporción de Vermicompost en el sustrato con la cual se obtenga mayor y mejor producción de tomate.

1.2 HIPOTESIS

Uno de los tratamientos con Vermicompost supera en rendimiento y calidad al testigo Steiner.

2. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Generalidades del tomate.

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: además, de contener un alto valor nutritivo (Casseres, 1984).

El tomate es considerado, la segunda especie hortícola más importante por la superficie sembrada, esta hortaliza se encuentra en los mercados durante el año, y se consume tanto en fresco como procesado (puré), (Valdez, 1990).

2.1.1 Origen

El tomate, y las plantas más relacionadas con él, tienen su centro de origen en una región montañosa, estrecha y alargada de los Andes, Perú, Ecuador y Chile. Además, algunas plantas claramente emparentadas con el tomate cultivado son parte de la flora nativa de las Islas Galápagos. Estos parientes primitivos del tomate ocupan muchos diversos y distintos, y representan una fuente de genes casi inagotables para la mejora genéticas de la especie. (J.B. Jones, 2001).

La domesticación y el cultivo de tomate fuera de su centro de origen parece que tuvo lugar inicialmente en las primeras civilizaciones de México. El nombre de *tomate* deriva aparentemente de la lengua Náhuatl de México y variantes de este nombre han seguido al tomate en su distribución a través del mundo. Todavía puede encontrarse una gran

diversidad de formas cultivadas de tomate en dichos primeros centro de domesticación. La distribución, adaptación ecológica, taxonomía, y evolución del tomate y de sus parientes más próximos han sido el tema de un estudio pormenorizado por parte de T. M. Rick y sus estudiantes de la Universidad de California Davis. La significativa diversidad contenida en el género *Lycopersicon* y su significación potencial para la mejora futura del tomate cultivado han sido revisados recientemente desde varias perspectivas. (J.B. Jones, 2001).

El tomate o jitomate como se conoce en el centro de México, (*Lycopersicon esculentum* Mill.), pertenece a la familia de las Solanáceas. Se cree que es originario de la faja costera del oeste en América del Sur, cerca de los 30° latitud sur de la línea ecuatorial. En la región andina del Perú se encuentran, a lo largo y ancho, numerosos parientes silvestres y cultivados del tomate, también en Ecuador y Bolivia, así como en la Isla Galápagos. Estos parientes comestibles del tomate ocupan diversas condiciones ambientales basadas en altitud y latitud y representan un amplio grupo de genes para el mejoramiento de la especie (Alcazar- Esquinas, 1981).

Actualmente el tomate ocupa un papel en la economía agrícola mundial de muchos países, siendo la hortaliza más sembrada del mundo y un producto esencial en la alimentación de varias regiones cuyo consumo juega un papel importante en la gastronomía. (Noreña, *et al*, 2013)

2.1.2 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).

El consumo de tomate es muy importante porque constituye una parte esencial de la dieta del ser humano, por ello, a los consumidores les preocupa el uso excesivo de productos químicos en la agricultura debido al nivel de contaminantes que los frutos pudieran contener (Rodríguez N. et al., 2008; Velazco-Hernández et al., 2004). Por lo tanto, de la Cruz-Lázaro et al., (2009) mencionan que la producción orgánica de alimentos es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de pesticidas, fertilizantes sintéticos y con alto valor nutricional.

2.1.3 Importancia del tomate en México

En México el tomate es una de las especies hortícolas más importantes, está considerado como la segunda especie más destacada por superficie sembrada y como la primera por su valor de producción, es un cultivo importante generador de diversas y empleos para el país, ya que es el principal producto hortícola de exportación. La superficie sembrada durante el año agrícola 2009 fue de 54 626 ha, concentrándose 70%

de la producción en los estados de Sinaloa, Baja California Norte, San Luís Potosí y Michoacán con un rendimiento promedio de 42.4 t ha⁻¹. (Naveda *et al.*, 2011).

2.1.4 Valor nutricional

El jitomate es una fuente importante de carotenoides principalmente licopeno y B caroteno, los cuales pueden inhibir la reactividad de especies oxidantes responsables de muchas enfermedades. (Ilahy *et al.*, 2011).

La calidad del fruto se determina por su apariencia (color, tamaño, forma, ausencia de desórdenes fisiológicos y descomposición), firmeza, textura y materia seca, sus propiedades sensoriales (sabor) y nutracéuticas (beneficios para la salud). (López *et al.*, 2011).

2.1.5 Taxonomía

De acuerdo a 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: Viridiaeplantae

División: Traqueophyta

Subdivisión: Spermatophytina

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanáceae

Género: Solanum L.

Especie: *Solanum 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. La inflorescencia no es apical sino lateral. Este tipo de tomate tiene tallos axilares de gran desarrollo. Según las técnicas culturales, se eliminan todos o se dejan algunos de éstos. Para la producción mecanizada se prefieren las variedades de tipo determinado, que son bajos o arbustivos. 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. Caracterización botánica del tomate

Chamarro (2001) describe las principales características morfológicas de la planta de tomate como a continuación se indica:

2.2.1. Planta

Es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminado) y semi-indeterminado, las cuales requieren que su cultivo se realice en espalderas.

2.2.2. Indeterminadas

Los sucesivos tallos se desarrollan en forma similar, produciendo una inflorescencia cada 3 hojas. Cuando este proceso se repite indefinidamente los cultivares se nombran indeterminados.

2.2.3. Determinadas

Las plantas tienen un crecimiento limitado, puede extenderse a 2 m; los segmentos de eje principal soportan un número inferior de hojas y terminan en una inflorescencia, el

sistema de ramificación lateral experimenta un crecimiento limitado dando a la planta un aspecto arbustivo con simetría circular.

2.2.4. Semilla

La semilla del tomate tiene forma lenticular con unas dimensiones aproximadas de 5x4x2 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión, cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, está constituido, a su vez, por la yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión. La testa o cubierta seminal está constituida por un tejido duro e impermeable, recubierto de pelos, que envuelve y protege el embrión y el endospermo (Nuez F, 2001).

2.2.5. Raíz

El sistema radical del tomate está constituido por la raíz principal, las raíces secundarias y las raíces adventicias. Una sección transversal de la raíz principal pone de manifiesto la existencia de tres zonas claramente diferenciadas: la epidermis el córtex y el cilindro central o vascular. (Nuez, 1995).

la raíz principal puede alcanzar hasta 60 cm de profundidad, sin embargo, cuando la planta se proponga mediante trasplante, la raíz principal se ve principalmente detenida en su crecimiento en consecuencia se favorece el crecimiento de raíces secundarias

laterales las que, principalmente, se desenvuelven entre los 5 y 70 cm de la capa del suelo. (Grajales y Sánchez, 1997).

2.2.6. Tallo

Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm. En su base el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificaciones simpoidal) e inflorescencias. (Moreno R, 2007)

2.2.7. Hojas

Son compuestas imparipinadas con siete a nueve foliolos, los cuales generalmente son peciolados, lobulados y con borde dentado, y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo. (Jaramillo *et al.*, 2007).

2.2.8. Flor

La flor del tomate es perfecta. Consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo dispuestos de forma helicoidal y de igual número de estambres que se alternan con los pétalos. Los estambres están soldados por las anteras y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y evitan la polinización cruzada. El ovario es bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias denominadas comúnmente

como “racimos”, La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas (Escalona V., 2009)

2.2.9. Fruto

El fruto es una baya de color amarillo, rosado o rojo debido a la presencia de licopeno y caroteno; el más común es el rojo en la madurez, la pulpa contiene una proporción del 33% del peso fresco del fruto (Rodríguez *et al.*, 2001).

Botánicamente, un fruto de tomate es una baya compuesta de varios lóculos, consistente de semillas dentro de un pericarpio carnoso desarrollado de un ovario. Su forma puede ser redondeada, achatada o en forma de pera y su superficie lisa o asurcada; están compuestos de carne (paredes del pericarpio carnoso desarrollado de un ovario). Una variedad comercial contiene alrededor de 150-300 semillas por fruto (Desai *et al.*, 1997).

2.3. Polinización

La polinización se realiza para ayudar al cuajado de los frutos, esta práctica mejora la calidad y productividad. El cultivo de tomate bajo agricultura protegida se ve limitado por no tener las condiciones óptimas para que la fructificación se desarrolle sin problemas. Dentro de los invernaderos debe optarse por mecanismos que produzcan

movimiento de los racimos florales para obtener una buena polinización. Las plantas deben de polinizarse por lo menos tres veces a la semana, con el fin de lograr una óptima formación de los frutos. El mejor momento para realizar la polinización es en horas de la mañana, dado que el polen es más viable y su desprendimiento es fácil (Syngenta, 2010).

2.3.1. Requerimientos ambientales en el cultivo de tomate

2.3.2. Temperatura

La temperatura influye en todas las funciones vitales de la planta como la: transpiración, fotosíntesis, germinación, entre otras. Es una planta de clima cálido que requiere de mucho calor; para el tomate, las temperaturas óptimas según el ciclo de vida son las siguientes: temperaturas nocturnas entre 15 y 18 °C, temperaturas diurnas 24 a 25 °C, y temperatura ideal en la floración de 21 °C (Rodríguez *et al.*, 2001). El Estado de Sinaloa, se ha mantenido como el productor número uno de tomate en México. Lo anterior debido a su infraestructura, terrenos aptos para siembra y cosecha, condiciones climáticas favorables con temperaturas medias de 24 °C en el ciclo otoño-invierno que es cuando se cultiva esta hortaliza. El tomate es clasificado dentro de las hortalizas tolerantes al calor, como aquellas que a temperaturas menores de 8 °C detienen su crecimiento. La temperatura óptima es de 24 °C, la mínima de 10 °C y la máxima de 32 °C (Castaños, 1993). Los principales agentes del medio físico, como la temperatura, la luz y la humedad juegan un papel importante para que los procesos fisiológicos de “cuajado” y “amarre” de fruto se produzcan de forma normal (Maroto, 2002). Cuando se

presentan temperaturas altas (mayores de 38 °C) durante 5 a 10 días antes de la antesis, se reduce el “amarre” de fruto debido a que se destruyen los granos de polen (microsporositos) por deshidratación, interrumpiendo así el proceso de gametogénesis (formación de óvulos y polen); también se puede propiciar la formación de polen estéril. Si las temperaturas elevadas prevalecen durante 1-3 días después de la antesis, el embrión es destruido. Cuando las temperaturas nocturnas son altas (25 y 27 °C) antes y después de la antesis, el “amarre” de fruto también es bajo. A temperaturas de 10 °C o menores, un gran porcentaje de flores abortan y la producción de polen es afectada y después la microsporogenesis (Wien, 1997; Maroto, 2002).

La temperatura óptima para la maduración del fruto es entre 18-24 °C, al respecto Salunkhe y Kadam (1998), mencionan que el rango óptimo es entre 15-20 °C. Por otro lado, si la temperatura es menor a 13 °C, los frutos tienen una maduración muy pobre; situación similar sucede cuando la temperatura es mayor a 32 °C, debido a que la coloración roja (licopeno) es inhibida y los frutos se tornan amarillos (Valadéz, 1990). Al respecto, se ha observado que 19 para determinadas condiciones de iluminación, edad de la planta, entre otras, el mayor desarrollo vegetativo en el tomate se consigue con temperaturas diurnas de 23 °C y temperaturas nocturnas de 17 °C (Maroto, 2002).

2.3.3. Luz y fotoperiodo

La planta de tomate se desarrolla mejor con alta intensidad luminosa, cuando ésta es baja, se afecta la apertura de los estomas y disminuye el número de éstos por milímetro cuadrado. Investigaciones realizadas con cuatro variedades de tomate en

condiciones controladas aplicando 6,000 lux durante 12 h y 3,000-6,000 lux durante 9 h con temperatura nocturna de 14 °C y 18 °C de día, mostraron una mayor intensidad de la fotosíntesis en el rango de 3,000- 6,000 lux, y tuvieron el mayor crecimiento. Cuando se compararon las plantas expuestas a 6,000 lux con plantas a 8,000 lux, bajó la intensidad fotosintética en las últimas (Huerres y Caraballo, 1988). Al respecto, Guenkov (1966), menciona que el tomate es exigente en cuanto a la luz, que son necesarios 5,000 lux para que se formen buenos frutos de maduración precoz.

La luminosidad tiene gran influencia tanto en la fotosíntesis como en el fotoperiodismo, así como en el crecimiento de los tejidos, floración y maduración de los frutos; en virtud de que el rendimiento de fruto esta positivamente relacionado con la cantidad de radiación solar recibida por el cultivo y el ciclo del mismo (Wien, 1997; Rodríguez *et al.*, 2001). El desarrollo normal de los tomates se lleva a cabo con días entre 11-12 h, con días más largos las plantas tienen un fructificación precoz. Algunos autores plantean que el tomate es una planta de día corto, pero, la mayoría considera que es indiferente al fotoperiodo en lo que concierne a su floración, la longitud del día tiene bastante importancia en su crecimiento vegetativo. En Sinaloa, durante la temporada de cultivo, en los meses de octubre a diciembre tenemos días aproximadamente de 12 h luz, lo cual favorece al correcto crecimiento y desarrollo de la planta. Lo cierto es que las condiciones de duración del día imperantes por ejemplo en Cuba (10, 5-13, 5) no ha constituido un obstáculo para la floración y fructificación (Huerres y Caraballo, 1988; Maroto, 2002).

2.3.4. Humedad del suelo y humedad relativa

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). La disponibilidad de agua, también puede afectar la formación de flores y posteriormente la disminución de frutos.

La media del número de flores por racimo, decrece cuando disminuye el suministro de agua (Wien, 1997). Al reducirse el 25% de la disponibilidad de agua que el cultivo demanda por evapotranspiración, se llega a reducir en un 40% y hasta 90% el número de flores formadas dependiendo del cultivar, y se produce un estrés severo causando efectos negativos (Wien, 1997). Resh (1993), menciona que se ha demostrado que una humedad relativa del 70% es la mejor para la polinización, “cuajado” de fruto y posterior desarrollo de éste. Humedad del ambiente mayor de 70% disminuye la posibilidad de que se transfiera suficiente polen al estigma. Por otro lado, humedad demasiado seca (humedad relativa inferiores al 60 – 65%) causa la desecación del polen.

2.3.5. Invernado

Un invernadero es toda aquella estructura cerrada, cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima y, con ello, cultivar plantas en condiciones óptimas.

El invernadero es una estructura en que las partes correspondientes a las paredes y el techo están cubiertas con películas plásticas, con la finalidad de desarrollar cultivos en un ambiente controlado de temperatura y humedad. Se pueden tener construcciones simples, diseñadas por los agricultores a bajo costo, o sofisticadas, con instalaciones y equipos para un mejor control del ambiente, los invernaderos generalmente son utilizados para cultivos de porte alto, como tomate, pepino, pimentón, melón, flores y otros. (Jaramillo *et al*, 2007.)

2.3.6. Generalidades del invernadero

Las casas de cultivos son instalaciones que tienen por objetivo el de proteger a las plantas de la incidencia de la alta radiación solar de las fuertes lluvias propias de los países tropicales, proporcionando una máxima aireación al cultivo, teniendo como ventaja principal el hecho de ser operables por pequeños y medianos productores especializados en el cultivo de las hortalizas, así como por cooperativa y empresas interesadas en esta producción con un costo de inversión inicial.

Las casas de cultivo, constituyen una tecnología muy promisoras para extender el calendario de producción y lograr una alta productividad y calidad de las hortalizas

durante todo el año. Es una técnica que permite modificar, total o parcialmente las condiciones ambientales, para que las plantas se desarrollen en un medio más favorable que el existente al aire libre (Olimpia 2000.)

2.3.7. La producción de tomate en invernadero y con sustratos orgánicos

El cultivo del tomate de variedades mejoradas bajo la tecnología de túneles (invernaderos), permite obtener cosechas durante todo el año con altos niveles de productividad y mínimos riesgos de clima y plagas. Esta tecnología fue introducida al país alrededor del año 2000 a instancias de proyecto. La producción de tomate orgánico en México se lleva a cabo en baja california sur, pero si bien la cosecha es orgánica, los rendimientos son bajos, por lo que es conveniente producir en invernadero, garantizado rendimientos mucho más elevados, garantizado obviamente la aplicación de insumos orgánicos y prácticamente inocuos (Cano P. *et al.*, 2003).

La diferencia entre la producción en invernadero de tomate convencional contra la orgánica, varia en el tipo de sustrato, las prácticas de fertilización y el método de control de problemas fitosanitarios, la prevención es lo más importante, en caso de los sustratos, un periodo de transición, de tres a cinco años, sin aplicación de agroquímicos incluyendo fertilizantes, por la volatilización o transformación de los residuos persistentes en el suelo. (Hernández et al. 2005).

2.3.8. Ventajas de producción en invernadero.

Según Sganzerla, 1987, Wittwer y Castilla, 1995, Zeidan, 2005. Las ventajas de producción de un invernadero son:

- Protección contra condiciones climáticas extremas: permite un control contra las lluvias, granizadas, bajas temperaturas, vientos, tempestades, calentamiento, enfriamiento, sombrero y presencia de rocío en los cultivos.
- Obtención de cosechas fuera de época: cultivando bajo invernadero es posible producir durante todo el año, independientemente de las condiciones climáticas externas.
- Mejor calidad de la cosecha: dentro de un ambiente protegido, las condiciones de producción favorecen la obtención de productos sanos, similares en forma, tamaño y madurez, más gustosos y con excelente presentación, características que estimulan sensiblemente el consumo.
- Preservación de la estructura del suelo: en un ambiente protegido, el suelo permanece bien estructurado, firme y no sufre las consecuencias de la erosión a causa de las lluvias o el viento, disminuye el lavado de nutrientes dentro del perfil del suelo, por lo que las plantas obtienen mayor disponibilidad de los mismos, reflejándose en mayor productividad por unidad de área.
- Aumento considerable de la producción: es la que estimula a los productores a aplicar esta técnica de producción. Una planta expuesta a diferentes factores favorables bajo invernadero, produce de tres a cuatro veces más, aun en épocas críticas, que los cultivos desarrollados a campo abierto en condiciones normales.

- Ahorro en costo de producción: existe un ahorro en los costos de producción, pues se aumenta la producción por unidad de área, se produce un incremento en la eficiencia de los insumos agrícolas, disminuye el número de insumos aplicados y hay mayor comodidad en la realización oportuna de las labores.
- Disminución en la utilización de pesticidas: dentro del invernadero es posible la utilización de mallas y cubiertas para evitar la entrada de insectos, lo que permite un control más efectivo de las plagas, disminuyendo el uso de pesticidas.

2.3.9. Desventajas de producción en un invernadero

Quinteros, (1998), señala algunos inconvenientes antes de construir o comprar un invernadero y así estar preparados para enfrentar o minimizar los efectos negativos, estos son:

- Alta inversión inicial
- Alto costo de operación
- Requiere de personal especializado
- Requiere de monitoreo constante de las condiciones ambientales dentro del cultivo para un mejor control de plagas y enfermedades.

2.4. Exigencias de clima

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto de los factores involucrados en la producción agrícola (Sade, 1998).

Los principales factores climáticos para el manejo óptimo de un invernadero son los siguientes:

2.4.1. Temperatura

La temperatura es el principal factor climático que influencia la mayoría de los estados de desarrollo y procesos fisiológicos de la planta. El desarrollo satisfactorio de sus diferentes fases (germinación, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración de frutos) depende del valor térmico que la planta alcanza en el invernadero en cada periodo crítico. El tomate es una planta sensible a cambios extremos de temperaturas y/o humedades, siendo necesario mantener estas últimas dentro del rango óptimo para el desarrollo del cultivo. (Martínez, 2001).

Cuando las temperaturas son mayores de 25 °C y menores de 12 °C la fecundación no se da o es muy baja, ya que se disminuye la cantidad y calidad del polen produciendo caída de flores y deformación de frutos. Con temperaturas menores de 12

°C, se producen ramificaciones en las inflorescencias. A nivel del fruto, este se puede amarillear si se presentan temperaturas mayores de 30 °C y menores de 10 °C. En general, la diferencia de temperatura entre el día y la noche no debe ser mayor de 10 - 12 °C (Martínez, 2001).

2.4.2. Humedad relativa

La humedad relativa óptima para el desarrollo del cultivo de tomate debe estar entre un 60 y un 80%. Cuando la humedad relativa es alta, favorece el desarrollo de enfermedades, se presentan una serie de desórdenes que afectan la calidad de los frutos, como son: manchado, grietas, malformación del fruto y frutos huecos, se dificulta la fecundación por la compactación del polen y además las flores pueden caerse.

Cuando la humedad relativa es baja, aumenta la transpiración de la planta, se reduce la fotosíntesis y se seca el polen, produciéndose igualmente anomalías en la fecundación (Noreña y Rodríguez 2006).

2.4.3. Luminosidad

La cantidad de radiación global determina la cantidad de azúcares producida en las hojas durante la fotosíntesis.

El tomate es sensible a las condiciones de baja luminosidad, ya que el cultivo requiere un mínimo de 6 horas diarias de luz directa del sol para florecer. Sin embargo,

ya que el largo del día no es un factor crítico en la producción de tomate, los invernaderos se encuentran en un amplio rango de latitudes en el mundo.

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

2.4.4. Sustratos en la horticultura protegida

Sobre el término sustrato aplicado a la horticultura, existen diversas definiciones. Burés (1997) señala que sustrato es cualquier medio que se utilice para el cultivo de plantas en contenedores, donde se entiende por contenedor cualquier recipiente que tenga altura limitada. Por su parte, Abad *et al.*, (2004) señalan que sustrato es todo material sólido distinto del suelo in situ, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta y que este puede intervenir o no en la nutrición vegetal. Por otro lado, Röber (2000) señala que un sustrato hortícola es la tierra para las plantas, como las mezclas a base de turbas y otros materiales, que sirven de ambiente para las raíces. Kämpf *et al.*, (2006) definen como sustrato para plantas al medio poroso donde se desarrollan las raíces, relacionadas con el cultivo en recipientes fuera del suelo in situ.

En general, podemos resumir que un sustrato para el cultivo de plantas es todo material que puede proporcionar anclaje, oxígeno y agua suficiente para el óptimo desarrollo de las mismas, o en su caso nutrimentos, requerimientos que pueden cubrirse con un solo material o en combinación con otros, los cuales deberán ser colocados en un contenedor. (Cruz C. et al. 2013)

El termino sustrato en la agricultura se aplica a todo material sólido, natural o de síntesis, distinto del suelo in situ, que, colocado en un contenedor o bolsa, en forma pura o en mezcla, permite el desarrollo del sistema radical y el crecimiento del cultivo (Abad y Noguera, 2000).

Las técnicas culturales utilizadas en la producción vegetal han experimentado rápidos y notables cambios durante las tres últimas décadas, como son los diseños de invernaderos y el riego automatizado. Junto a estos cambios tecnológicos se ha producido una notable sustitución del cultivo tradicional en el suelo por el uso de otros soportes y sustratos, más o menos inertes, lo que brinda la posibilidad, con los conocimientos que existen sobre la nutrición vegetal y nuevos fertilizantes, de realizar un cultivo más ajustado a las necesidades específicas y estacionales, creando toda una técnica de cultivo forzado en la cual sustratos y fertilización tienen una gran importancia (Ballester – olmos, 1992).

2.4.5. Criterios para la selección de sustratos

Para elegir un material como sustrato se deben considerar varios aspectos para que el crecimiento de las plantas sea el óptimo. Dentro de los criterios más importantes se encuentran:

1. Que posea propiedades físicas, químicas y biológicas adecuadas para el crecimiento.
2. Se debe considerar la relación beneficio/costo.
3. Disponibilidad en la región o zona.
5. Evitar que causen daño al ambiente.
6. Que estén libres de patógenos.

Un material o sustrato que puede cumplir con estas características son los materiales compostados o vermicompostados, sin embargo, los resultados pueden variar de acuerdo a los materiales utilizados en su elaboración, así como del grado de descomposición y el cuidado durante el proceso. (Cruz C. *et al.* 2013).

2.4.6. Propiedades de los sustratos.

La planta de tomate puede ser sostenida y cultivada en diferentes tipos de materiales. De hecho, la planta puede ser cultivada y sobrevivir en cualquier medio de cultivo si las raíces pueden penetrar en el sustrato, pero la supervivencia no es un objetivo

fundamental, por lo que se debe continuar investigando a fin de encontrar sustratos y condiciones de cultivos optimas (Abad, 1995).

Los materiales que son utilizados como medios de crecimiento o sustratos para la producción de plantas en contenedores o macetas, tienen la función de servir de soporte a la planta, y proveer de agua, aire y nutrientes para el adecuado desarrollo de raíces y parte aérea (Burés, 1997). Para cumplir con estos aspectos, el sustrato debe cumplir con ciertos requerimientos en sus propiedades físicas y químicas, y biológicas si es el caso de materiales orgánicos.

Según Osvaldo (1999), para obtener buenos resultados en el crecimiento y desarrollo de las plantas de tomate, los sustratos requieren las siguientes propiedades.

2.4.7. Propiedades físicas

Las propiedades físicas que usualmente se determinan son el espacio poroso total, capacidad de aireación, capacidad de retención de agua, densidad aparente y densidad real (Baixauli *et al.*, 2002):

2.4.8. Espacio poroso total

Es el total de espacio que no está ocupado por el material solido que se agrega en la maceta o contenedor y que puede estar ocupado por agua y aire, denominado también

como capacidad de retención de agua y capacidad de aire, respectivamente. El espacio poroso total debe ser mayor a 85 %.

2.4.9. Capacidad de aire o porosidad de aire

Se refiere a la proporción de aire en el medio de crecimiento o sustrato y es importante conocerla, ya que las diferentes especies a cultivar tienen diferentes requerimientos o necesidades de aireación. Para algunos autores es la propiedad más importante a evaluar. Hasta el momento no existe consenso entre los autores de cuál es el valor óptimo; algunos autores aceptan que este debe estar comprendido entre 10 y 35 % para sustratos en maceta, mientras que otros señalan que debe situarse entre 20 y 30 %. Esta variable depende del tamaño de partícula utilizada en el medio de crecimiento, así como de la forma, naturaleza de los materiales y altura del contenedor. Por ejemplo, si el tamaño de partícula incrementa en el contenedor o maceta disminuye la cantidad de agua retenida e incrementa el espacio poroso total.

2.5. Capacidad de retención del agua

Es una propiedad importante a evaluar en los sustratos a utilizar y se refiere a la cantidad de agua retenida por el sustrato, y corresponde a la cantidad de agua en el sustrato después de haber drenado, después de que fue agregada al contenedor o maceta. Esta variable depende del tamaño de partícula utilizada en el medio de

crecimiento, así como de la naturaleza de los materiales empleados. Ansorena (1994) señala que tamaño de partícula menor a 0.5 mm, presenta la máxima influencia en la porosidad de aire y en la retención de agua, dado que la disminuye e incrementa, respectivamente. Así, partículas mayores a 0.5 mm incrementan la porosidad total y disminuyen la retención de agua. Por tanto, el tamaño de partícula se tendrá que modificar o seleccionar adecuadamente para obtener propiedades físicas óptimas.

2.5.1. Densidad aparente

Se define como la masa seca contenida en un centímetro cúbico de medio de cultivo, depende del grado de compactación y del tamaño de partícula. Es importante determinarla, ya que a través de esta se pueden evaluar volúmenes y costos de transporte por volumen de material.

2.5.2. Densidad real

Se define como el cociente entre la masa de las partículas del medio de cultivo y el volumen que ocupan, sin considerar los poros y huecos, no depende del grado de compactación, ni del tamaño de partícula.

2.5.3. Propiedades químicas

En lo que se refiere a las propiedades químicas, los sustratos orgánicos son los que contribuyen en mayor grado a estas propiedades. La capacidad de intercambio catiónico (CIC), disponibilidad de nutrientes, salinidad y la relación C/N son las más importantes. Alarcón (2000) señala que las propiedades químicas de un sustrato establecen la transferencia de materia entre el sustrato y la disolución, siendo de notable importancia en los materiales orgánicos.

La CIC es una medida de la capacidad de retención de nutrientes, que depende fundamentalmente del pH y del contenido y composición de la materia orgánica y arcilla de la fase sólida, la cual incrementa conforme lo hace el pH (Abad *et al.*, 2004).

2.5.4. 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 para el cultivo del tomate es de 5,5 a 7,5 (Ballester – Olmos, 1992).

2.5.5. Capacidad de intercambio catiónico

Según Nuez, (2001); se define como la suma de los cationes cambiabiles que pueden ser adsorbido por unidad de peso (o de volumen) del sustrato. Dichos cationes quedan así retenidos frente al efecto lixivante del agua y están usualmente disponibles para la planta.

2.5.6. Salinidad

La salinidad de una solución acuosa se mide por su contenido en sale disueltas (mg/l o ppm) o, más comúnmente, por su capacidad para conducir la corriente eléctrica o conductividad (en mili Siemens por cm, mS/cm, o micro Siemens por cm $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Gallo y Viana 2005).

Esta se refiere a la concentración de sales solubles en la solución del sustrato, la cual suele ser elevada en sustratos orgánicos. Además de que existen sustratos, principalmente los de tipo orgánico, con alguna concentración natural de sales como es el caso de la fibra de coco. Por tanto, en el cultivo en sustrato es mayor la probabilidad de acumulación de sales en comparación al suelo. (Cruz C. *et al.* 2013).

2.5.7. Conductividad eléctrica (C.E.)

El valor de la C.E. constituye un buen indicador de la salinidad de un sustrato, y depende de la concentración de iones en la disolución y de la temperatura, no influyendo en ella la urea ni otros compuestos orgánicos que no se ionizan. (Abad, 1995).

2.5.8. 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).

2.5.9. Propiedades biológicas

Se refiere a propiedades dadas por los materiales orgánicos, cuando éstos no son de síntesis son inestables termodinámicamente y, por lo tanto, susceptibles de degradación mediante reacciones químicas de hidrólisis, o bien, por la acción de microorganismos (Burés, 1999). Entre las características biológicas destacan:

- Contenido de materia orgánica
- Estado y velocidad de descomposición Una vez conocidos los principales parámetros que definen un sustrato, probablemente proceda hacer referencia al “sustrato ideal”.

Ante la reiterada pregunta, de si existe un sustrato ideal, la respuesta es “no”; el sustrato adecuado para cada caso concreto dependerá de numerosos factores: tipo de planta que se produce, fase del proceso productivo en el que se interviene (semillado, estaquillado, crecimiento, etc.), condiciones climatológicas, y lo que es fundamental, el manejo de ese sustrato. Por lo tanto, la imposibilidad de referenciar un sustrato ideal, pero sí que puede hacerse referencia a los requerimientos que un sustrato debe tener, como son:

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible
- Elevada aireación
- Baja densidad aparente
- Elevada porosidad
- Baja salinidad
- Elevada capacidad tampón
- Baja velocidad de descomposición
- Estabilidad estructural
- Reproductividad y disponibilidad
- Bajo costo
- Fácil manejo (mezclado, desinfección, etc.)

Todos los sustratos orgánicos, incluso los relativamente estables, son susceptibles a la degradación biológica continuas, viéndose favorecida en esta situación por las

condiciones ambientales que prevalecen en los invernaderos. La población microbiana es la responsable de dicho proceso, pudiendo resultar finalmente su actividad biológica en deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del sustrato. Así pues, la descomposición de la materia orgánica en los medios de cultivo, considerada de modo global, es de favorable desde el punto de vista hortícola (Osvaldo, 1999).

Pastor (2002) Algunas de las propiedades biológicas principales son:

- Actividad reguladora del crecimiento. Actividad hormonal que puede favorecer el desarrollo vegetal.
- Actividad enzimática. Favorece la disponibilidad de elementos nutritivos para las plantas.
- Micorrizas. la presencia de Rhizobium, Azotobacter, hongos vesículo-arbusculares 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.

2.6. Clasificación de los sustratos

Los sustratos pueden clasificarse en grupos de acuerdo a su origen y pueden ser: naturales, industriales y artificiales. El sustrato adecuado para el desarrollo de los cultivos, es aquel capaz de retener suficiente agua, aire y elementos nutritivos en forma

disponible para la planta (García, 1996).

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

2.6.1. Sustratos orgánicos

Los sustratos orgánicos se caracterizan por sus componentes principales como: materia orgánica, que la acompaña una serie de organismos y microorganismos activos que benefician a la planta, además de contar con una cantidad de nutrimentos muy elevada como: N, P, K, Ca, etc. Estos se encuentran libres de patógenos, sin mal olor y diferente material original, estos abonos se realizan por procesos aerobios y anaerobios, el proceso aerobio requiere oxígeno lo cual se proporciona por aireación y/o mezcla ya que los microorganismos presentes de este tipo de procesos son aerobios o anaerobios facultativos; mientras que en el proceso anaeróbico sus poblaciones son anaerobias o anaerobias facultativas (Melgarejo y Ballesteros, 1997). Entre los sustratos orgánicos destacan:

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

Turba: es el conjunto de materias orgánicas producidas por la descomposición lenta de vegetales en zonas con exceso de humedad y deficiente oxigenación (Ballester – Olmos, 1992).

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

2.6.2. 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).

Cruz E. *et al*. 2013 menciona que se subdividen en:

1. De origen natural. Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, como, por ejemplo: rocas de tipo volcánico como el jal, tezontle, piedra pómez, arena, grava.

2. Materiales transformados o tratados industrialmente. Son obtenidos a partir de rocas o minerales mediante tratamientos físicos y a veces químicos, que modifican las características de los materiales de partida. Algunos ejemplos de estos son la perlita, vermiculita, arcilla expandida y lana de roca.

3. Residuos y subproductos industriales, como las escorias de horno alto, estériles de carbón.

Arena: es un material de naturaleza silíceo y de composición variable, que depende de los constituyentes de la roca silicatada original, posee una fracción granulométrica comprendida entre 2.0 y 0.02 mm. La arena es el sustrato más utilizado, se estima que en el 60% de la superficie total bajo condiciones protegidas e hidroponía se emplea este material (Muñoz, 2003).

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

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

2.6.3. La agricultura orgánica

En México la superficie destinada al cultivo de alimentos orgánicos representa el 2.3 por ciento de los 21.7 millones de hectáreas que representan la frontera agrícola. Los productos orgánicos mexicanos son aceptados en el ámbito internacional por que cumplen con los estándares establecidos en materia de inocuidad y se obtiene bajo el método de la conservación del medio ambiente. El consumo de productos orgánicos en el mundo se encuentra principalmente en países como Alemania, Francia, reino unido, países bajos, suiza, Suecia, Dinamarca, Austria y estados unidos. México, agrego que tiene más de 70 millones de dólares anuales por concepto de exportaciones de dichos

productos. (SAGARPA, 2009).

El termino agricultura orgánica describe sistemas alternativos de producción agrícola, y es considerado sinónimo de agricultura biológica, ecológica, o alternativa, aunque los cuatro términos enfatizan aspectos diferentes. La agricultura orgánica es un sistema global de gestión de la producción que fomenta y realza la salud de los agroecosistemas, la diversidad biológica, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo. Esto se consigue aplicando, en forma armónica, métodos agronómicos, biológico y mecánicos, en contra posición a la utilización de materiales sintéticos, para desempeñar cualquier función específica dentro del sistema. (Céspedes, 2005).

2.6.4. Ventajas y desventajas de la producción orgánica

SAGARPA (2014), indica las ventajas y desventajas de la producción orgánica:

Ventajas

Producción sin utilización de agroquímicos

Conservación de la fertilidad del suelo.

Usos sostenibles del suelo y otros recursos

Amigable con el medio ambiente

Uso de conocimiento tradicionales

Uso de policultivos

Proceso productivo auto-sostenible.

2.6.5. Desventaja

Tecnología y asistencia técnica limitada

Baja disponibilidad de insumos orgánicos.

Dificultad en garantizar el cumplimiento de métodos orgánicos.

Mercados limitados con altas exigencias

Difícil renunciar a insumos químicos y la reducción del uso de maquinaria.

2.6.6. Abonos orgánicos

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

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos; el suelo, con la descomposición de estos abonos se va enriqueciendo con carbono orgánico y mejora sus características físicas, químicas y biológicas. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. (SAGARPA, 2008).

Dentro de los abonos orgánicos, sobresalen el compost y la vermicopost, debido a que sus procesos de elaboración son métodos biológicos que transforman restos

orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (De la Cruz *et al.*, 2009).

2.6.7. Compost

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

Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. (Torres C. 2007).

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

Los beneficios de los abonos orgánicos son evidentes, la composta ha mejorado las características de los suelos, tales como fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del nitrógeno, fósforo y potasio, mantiene valores de pH óptimos

para el crecimiento de las plantas y fomenta la actividad microbiana y como sustrato para cultivo en invernadero que no contamina el ambiente. (De la Cruz *et al*, 2009).

2.6.8. Propiedades físicas y químicas del compost

De acuerdo con Moreno y Morales (2007) las propiedades y químicas del compost:

Propiedades físicas.

Humedad: El contenido de humedad de un compost es función de su naturaleza, del proceso y las condiciones de almacenamiento. Se expresa como el contenido en agua con relación al peso seco (g de agua/100 g peso seco).

Densidad aparente: Describe un método experimental para propiedades físicas de mejoradores de suelos y los sustratos de cultivo. La densidad aparente compactada de elaboración es una determinación previa y necesaria de la muestra para realizar extractos acuosos volumen/volumen para la caracterización química de los materiales.

Granulometría: la granulometría o la distribución porcentual del tamaño de las partículas es de utilidad para conocer el grado de descomposición del material y determinar sus posibles usos en agricultura y jardinería.

incrementa la capacidad de retención del agua con la siguiente economía de la misma y regula permeabilidad y drenaje de los suelos.

Propiedades químicas

pH: este parámetro ha sido considerado en numerosas ocasiones como indicativo de la evolución del proceso de compostaje. desciende inicial mente como consecuencia de la formación de ácidos orgánicos de bajo peso molecular y a medida que el proceso avanza, el valor de pH va aumentando gradualmente hasta valores constantes.

Conductividad eléctrica: es un excelente indicador de la presencia de sales solubles que existen en el compost. Los altos contenidos de sales pueden repercutir directamente en la germinación de las semillas y en el desarrollo general del cultivo, todo dependiendo de la tolerancia de los cultivos a la salinidad, del tipo de suelo y de las pautas de riego.

Contenido de carbonos orgánico total y relación C/N: la concentración de carbono orgánico total de un compost es un indicador de su concentración en materia orgánica y por tanto un índice de calidad del compost. La relación C/N se usa tradicionalmente como índice para determinar la madurez y estabilidad de la materia orgánica.

2.6.9. Vermicompost o humus de lombriz

La vermicompost es un tipo de compost en la cual cierto tipo de lombrices de tierra, e.g., *Eiseniafoetida*, *Eiseniaandrei*, *Lumbricusrubellus*, transforman los residuos orgánicos en un subproducto estable denominado “vermicompost” o “*wormcasting*”. Los residuos de la ganadería son una fuente de alimento, común para las lombrices. La Vermicompost o humus de lombriz se genera en el tubo digestor de la lombriz, y de acuerdo al uso que se destine, se puede clasificar como: fertilizante orgánico, mejorador del suelo y medio de crecimiento para especies vegetales que se desarrollan en invernaderos. (Moreno A, 2006).

Característica del Vermicompost, material oscuro, su gran bioestabilidad evita su fermentación o putrefacción, contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos, facilita su asimilación por las raíces e impide que estos sean lixiviados con el agua de riego manteniéndolos disponibles por

más tiempos en el suelo y favorece la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas. Favorece e incrementa la actividad biótica del suelo. Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas en contra de plagas, enfermedades y organismos patógenos. Los ácidos húmicos y fúlvicos que contiene regeneran las características químicas del suelo y, al igual que cierto tipo de hormonas de crecimiento favorecen el desarrollo de las especies vegetales. Posee un pH neutro. Mejora las características estructurales del terreno, desliga suelos arcillosos y agrega suelos arenosos. (Moreno A, 2006).

2.7. Características fisicoquímicas y microbiológicas del Vermicompost

Las características finales que presenta la vermicomposta dependen del material con el cual fue elaborada. Dentro de las cuales, se puede mencionar que es un material de color, textura y olor característico, presentan bioestabilidad, contienen ácidos húmicos y fúlvicos, presenta un pH neutro, porosidad, capacidad de intercambio catiónico (CIC), así como drenaje y capacidad de retención de agua (4 – 27%), alta aireación debido a su elevada porosidad y otra característica importante es la presencia de sustancias activas que generan un mayor crecimiento de las plantas (Castillo *et al.*, 2000; Hernández *et al.*, 2008; Moreno y Cano, 2004).

Con respecto a sus características microbiológicas, las vermicompostas presentan una elevada carga enzimática y gran actividad bacteriana que permiten la liberación lenta de los nutrientes, facilitando la asimilación de estos por las plantas y mejorando así su crecimiento y desarrollo (Moreno y Cano, 2004).

De acuerdo a los estudios realizados por López-Hernández *et al.* (2007), la vermicomposta procesada con *Eisenia sp* contiene bacterias de los géneros *Branhamella*, *Streptococcus*, *Enterobacterias* así como bacterias proteolíticas que permiten degradar materiales orgánicos con alto contenido de proteína. Asimismo, contiene hongos, ácaros, nematodos, depredadores y entomapatógenos los cuales si se incrementan ejercen un control biológico sobre patógenos presentes en el suelo. Dentro de los hongos que se pueden encontrar son de los géneros *Geotrichum*, *Aspergillus* y *Mucor* (Elizondo, 2004; Magunacelaya, 2005).

2.7.1. Sistema de plantas tutoradas

López, (1994), señala que 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 día, pero varia 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.

2.7.2. Plagas

Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*)

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

Biología: la hembra deposita hasta 300 huevecillos en 10-40 días. La duración del ciclo biológico es de 17-35 días con varias generaciones anuales.

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

Control: Una primera etapa para implementar las medidas de manejo integrado, consiste en definir el método de monitoreo y el umbral económico en el cual se realizará el control. Para el monitoreo de la plaga, se puede implementar el conteo directo de individuos por planta, para lo cual se debe muestrear inicialmente las plantas que están expuestas a los vientos predominantes o bien identificar los focos de ingreso de la plaga al cultivo. En cuanto a la instalación de trampas adhesivas, se recomienda láminas de polietileno color amarillo con un adhesivo y estas deben ser instaladas bajo los mismos conceptos del muestreo y además se deben considerar como un mecanismo de control muy eficiente a inicios del proceso de colonización por parte de la plaga.

El control físico funciona bien en cultivos bajo invernaderos, mediante la instalación

de mallas antiáfidos (10 X 14) (Nuez F. 1995).

El control biológico es limitado a una especie entomófaga *Encarsia formosa*, la cual se encuentra en forma natural en el medio. Otro controlador, corresponde a un entomopatógeno *Verticillium lecanii*, el cual tiene un buen efecto supresor, sin embargo, se ve afectado por las aplicaciones normales de fungicidas.

El control químico, considera la implementación de aplicaciones vía riego a partir del trasplante, en el cual el Imidacloprid presenta un buen control, de largo efecto residual. En cuanto a las aplicaciones destinadas a adultos al follaje, existe una amplia oferta de productos que los controlan, siendo muy importante la eficiencia y la eficacia de las aplicaciones, en el sentido de llegar a los sitios donde está la plaga, volúmenes de agua, tipo de equipo de aplicación y uso de coadyuvantes (Nuez F. 1995).

Minador de la hoja (*Liriomyza spp.*)

Existen varias especies de minadores de hojas que pertenecen al orden Díptera de la familia Agromyzidae, entre las que se encuentran: *Liriomyza munda*, *L. trifoli*, *L. pictella* y *L. sativae*. Los adultos miden aproximadamente de 2 a 3 milímetros de longitud, son de color negro brillante y se distinguen porque la región posterior de la cabeza es de color negro, el tercer segmento de la antena es pequeño, redondo, amarillo y pubescente, la parte dorsal del protórax y mesotórax es de color negro, metotórax amarillo; el abdomen ventralmente es de color amarillo. El ciclo de vida de huevo a adulto requiere de tres semanas bajo condiciones favorables de temperatura y humedad. La larva nace a los 4 días después de haber sido depositado el huevo y completa su desarrollo en un lapso de 10 días (López y Gastélum, 2003).

Control. La eliminación programada del follaje mediante la poda del cultivo de tomate durante su desarrollo, disminuye significativamente la infestación de las larvas de minador de la hoja, pulgones y ninfas de mosca blanca, para ello las hojas eliminadas se colectan en bolsas de plástico y se destruyen. Se utilizan trampas amarillas para detectar la presencia de esta plaga. Para el control biológico se recomienda utilizar las avispas *Diglyphus* y *Ophiussp.* y *Chrysonotomyiasp.* Para el control químico se recomienda la aplicación de los insecticidas llamados de nueva generación: Cyromazina (Trigard) y la abaecina (Agrimec). La Cyromazina ha demostrado ser efectiva contra larvas de minador de la hoja y segura para la fauna benéfica. (López y Gastélum, 2003).

Gusano del fruto (*helicoverpazea*).

Las larvas de estas son plagas de importancia del jitomate, ya que dañan a los frutos desde la formación hasta la maduración; una vez afectados se pudren a consecuencia de la penetración de hongos, bacterias e insectos quedando inutilizados para el mercado (Pacheco, 1985).

Cuando hay frutos en la planta la larva al emerger inmediatamente penetra el fruto, son de hábitos canibalísticos, por lo que solo se encuentra una larva por fruto. Estas pasan por seis instares larvarios alcanzando un tamaño de 4 cm, generalmente el estado larvario lo completan en un solo fruto, a menos que sea muy pequeño, entonces puede dañar varios frutos; después se dirigen al suelo y se transforman en pupa (Morón y Terrón, 1988).

Paratrioza (*Bactericeracockerelli*).

Descripción: La paratrioza es un insecto picador chupador de savia, forma colonias en el reverso de las hojas. Adultos (1.6 mm) con dibujos en negro, blanco y ámbar, ojos rojos y alas transparentes en tejado. A diferencia de los pulgones carecen de “cuernitos” sobre el abdomen. Ninfas de forma oval (Rodeadas de filamentos cerosos cortos), móviles, primero amarillentas y luego verdes, con los ojos rojos. Pasan por tres estadios ninfales.

Biología: La hembra produce hasta 500 huevecillos de color naranja- brillante, con un pedicelo corto. La duración del ciclo biológico es de 27 días (356 UC = unidades de calor). Varias generaciones anuales.

Daños: además de la succión de savia, la paratrioza secreta una toxina. Afecta el rendimiento los tomates resultan pequeños. Además, produce una cera llamada *salerillo* que se deposita sobre las hojas y los frutos. Transmite el permanente del tomate (PT), que ocasiona aborto de flore, enchinamiento y además las hojas se doblan como “empanadas”; reduce en 60% o más el rendimiento. Hospederas en tomate, chile, papa, otros cultivos y malezas. (Bayer de México, 2012).

Trips (*Frankliniella occidentalis*)

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

Biología: la hembra inserta sus huevecillos en tejidos tiernos. Las ninfas pasan por 3 estadios ninfales; en el último, la ninfa permanece inactiva (*pseudopupa*). La duración del ciclo biológico es de 10 - 20 días con varias generaciones anuales.

Daños: deforma y deshidrata las hojas ocasionando el detenimiento de las plantas jóvenes. Afecta también la calidad de los frutos. Trasmite el virus de la marchitez manchada del tomate (TSWV), enfermedad muy grave. Hospederas en tomate, chile, berenjena, otros cultivos y malezas.

Araña roja (*Tetranychus spp.*)

Según Zapata (2004), la araña roja es una de las plagas más importantes en el invernadero. Se desarrolla en el envés de las hojas, causan decoloración o manchas amarillentas e incluso producen desecación y defoliación. La temperatura elevada y la baja humedad relativa favorecen el desarrollo de esta plaga. Esta plaga infesta a más de 100 hospedantes y se reconoce por su parecido con las arañas y por dos puntitos rojos a la altura del abdomen.

Control Cultural. Eliminación de maleza y restos de cultivo. Evitar excesos de nitrógeno.

Control Biológico: *Phytoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis*.

Control Químico: Abamectina, Acrinatrin, Dicofol, Fenbutestan, fenpiroximato, tebufenpirad, tetradifón.

2.7.3. Enfermedades

Cenicilla del tomate

Oidiopsisistaurica – fase asexual *Leveillulataurica* – fase sexual

El patógeno: este hongo produce una cenicilla (formada por conidióforos y conidios) en las hojas. Sobrevive como micelio, conidios y cleistoteios, tanto en el suelo como en los cultivos o en el resto de las cosechas.

La enfermedad: los conidios llegan con el viento a las plantaciones, infectando las hojas, primero las más viejas (sin que aparezcan síntomas por 18 -21 días). Después, aparecen en las hojas manchitas verde-amarillo de centro café y por el reverso una cenicilla muy poco perceptible. Las manchas se multiplican rápidamente ocasionando defoliación con daño a los frutos.

Condiciones que lo favorecen: temperatura (19-33° C) y humedad (53- 75%). los daños es la defoliación trae consigo pocos frutos, pequeños y con “quemaduras de sol” (Bayer de México, 2012).

Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)

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

Síntomas y daño al cultivo: puede afectar y destruir hojas, ramas, y frutos. Usualmente el primer síntoma es el doblamiento hacia abajo del peciolo de las hojas infectadas. Aparecen manchas irregulares verdosas y acuosas en hojas, peciolos y tallos, las cuales

se agrandan para formar lesiones rojizo- oscuras que pueden rodear los tallos y matar el follaje en el extremo de las ramas. Los síntomas aparecen en los frutos al caer las esporas del hongo en los hombros del mismo. Las lesiones del fruto tienen un aspecto grasoso. (Productores de hortalizas, 2006).

Tizón temprano

El hongo causante del tizón temprano es *alternaria solani* es una de la enfermedades más importantes del cultivo del tomate, debido a que puede afectarlo en cualquier etapa de su desarrollo, y es capaz de infectar cualquier órgano aéreo de la planta, desde la base del tallo, peciolas, hojas, flores y frutos; además, la enfermedad se encuentra tan bien establecida que su presencia y peligro potencial se puede manifestar prácticamente durante casi todo el ciclo de desarrollo en muchas regiones del país. (Castro, 2005).

Tiene características conidióforos café oscuros simples cortos o alargados; conidios café oscuros muriformes con pocas septas longitudinales, claviformes elípticos o cónico alargados con el pico o ápice (Célula apical) muy largo y filiforme simple o ramificado, no se forma cadena (Romero, 1998).

Control. Aunque algunas variedades son más tolerantes que otras, normalmente las que están disponibles no poseen resistencia genética aceptable. Actualmente el método de control más efectivo está basado en la aplicación oportuna de fungicidas preventivos (Castro, 2005).

Moho gris

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

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

Cáncer bacteriano

Clavibactermichiganensis subsp. *Michiganensis* (CMM), aunque relativamente esporádico en incidencia es de naturaleza tan destructiva que debe practicarse vigilancia en la selección y manejo de patrones de semilla, preparación y manejos de sustratos en invernadero, selección y preparación del suelo para producción en campo abierto. Es una enfermedad vascular (sistémica) y superficial con una amplia gama de síntomas que resultan en pérdida del área fotosintética, marchitez y muerte prematura, así como producción de frutos no comerciables. El organismo se trasmite por la semilla y puede sobrevivir durante periodos cortos en el suelo, estructura del invernadero y equipos, y por periodos más largos en residuos vegetales.

Los síntomas en el follaje aparecen primero en las hojas de la región del segundo o tercer racimo por encima del que se está cosechando. Los síntomas en la planta general en un determinado momento y sobre todo en plena cosecha las plantas se marchitan irreversiblemente, empezando por las hojas. Una vez que el sistema vascular es afectado, la planta muere. (Productores de hortalizas, 2006).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.1. Ubicación geográfica de la comarca lagunera

La comarca lagunera se localiza entre los paralelos ($25^{\circ} 05'$ y $26^{\circ} 54'$ N) y los meridianos ($101^{\circ} 40'$ y $104^{\circ} 45'$ O) teniendo una altura de 1,139 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).

3.1.2. Características del clima.

CNA (2002) define al clima de la comarca lagunera de tipo desértico con escasa humedad atmosférica. Una temperatura anual de 20°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%.

3.1.3. Localización del experimento

El presente trabajo se realizó, en el invernadero número tres de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL (UAAAN-UL); se encuentra ubicada en el Periférico y carretera a Santa Fe Km. 1.5, Torreón Coahuila.

3.1.4. Características del invernadero

El invernadero es semicircular con dimensiones de 9 m de ancho y 23 m de largo, con una superficie total de 207m², en la parte frontal está cubierto por policarbonato, con una cubierta de polietileno de calibre 600 transparente natural y con una malla sombra removible de 50%, cuenta con pared húmeda en la parte norte y un par de extractores en la parte sur como parte del sistema de ventilación y enfriamiento del invernadero, para el control climático.

3.1.5. Material genético

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

3.1.6. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos y 10 repeticiones (cada repetición lo conforma una maceta).

3.1.7. Sustratos

Se utilizaron 4 tipos de sustratos, que son, el peat moss (para la siembra en charola), Vermicompost, arena y perlita (para el desarrollo de la planta).

3.1.8. Tratamientos

Los tratamientos evaluados consistieron en la utilización de diferentes porcentajes de Vermicompost en combinación con otros sustratos, quedando como a continuación se describe, T1 (40% Vermicompost, 50% arena y 10% perlita); T2 (30% Vermicompost, 60% arena y 10%perlita), T3 (20% Vermicompost, 70% arena y un 10% de perlita) y T4 (90% arena y 10% perlita) riego con solución Steiner.

3.1.9. Siembra en charola

La siembra de la semilla se realizó en una charola de unigel de 200 cavidades, el sustrato para germinación que se utilizo fue Peatmoss, depositándolo en las cavidades

de la charola. La siembra se efectuó el día 12 de febrero del 2015, depositando una semilla por celdilla, agregando una pequeña capa de sustrato (peat moss) para tapar la semilla, esta se colocó dentro de una bolsa de plástico color negro para conservar la humedad, luego se pasó al interior del invernadero # 3.

3.2. 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.

3.2.1. Trasplante

El trasplante se realizó el día 31 de marzo de 2015, cuando la planta alcanzo una altura de 12 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.

3.2.2. 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.

3.2.3. Contenido de elementos minerales en la Vermicompost

	N	P ($Mg \cdot kg^{-1}$)	K	Ca	Mg ($meq \cdot l^{-1}$)	Na	<u>Fe</u> <u>Zn</u> <u>Mn</u> ($Mg \cdot kg^{-1}$)	pH	CE ($mg \cdot cm^{-1}$)
VC	294.2	42.6	611.8	48.6	5.6	22.6	4.2 4.8 2.9	7.1	294.2

3.3. Manejo del cultivo

3.3.1. 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.

3.3.2. Poda y desoje

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

3.3.3. Polinización

La polinización se realizó manualmente agitando la rafia de cada planta, todos los días, entre las 11:00 y las 13:00 h para tener buena disposición del polen.

3.3.4. 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 la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), Se controló con productos químicos que fueron Danapir y Horta 25 con una dosis de 1.5 ml/L de agua.

3.3.5. Cosecha

La cosecha se realizó cuando los frutos presentaban una coloración roja de 1/3 y hasta 2/3 de coloración.

3.4. VARIABLES EVALUADAS

3.4.1. Altura de planta

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

3.4.2. Diámetro ecuatorial

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

3.4.3. Diámetro polar

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

3.4.4. 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.

3.4.5. 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 °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.

3.4.6. 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 dos racimos de cuatro frutos por planta (repetición).

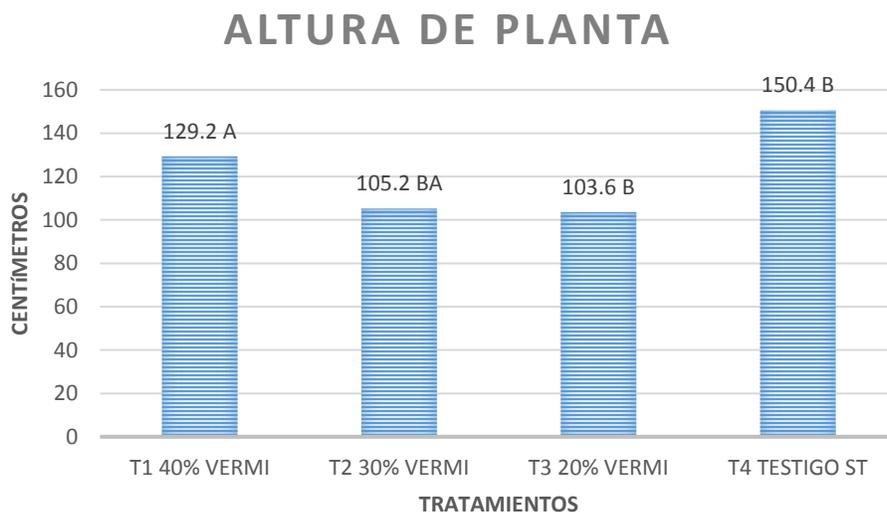
3.4.7. Rendimiento t ha⁻¹

Para esta variable se tomó en cuenta el peso de racimo de cada planta, se consideró la distribución de las macetas, teniendo en 1m² 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 Atura de Planta el análisis estadístico mostro diferencia estadística significativa entre los tratamientos, el tratamiento que presento una mayor altura fue el T₄ (Solución nutritiva Steiner) siendo este el testigo 150.4 cm, seguido del T₁ (40% Vermicompost + 50% arena + 10% perlita) 129.2 cm. El tratamiento que menor altura obtuvo fue el T₃ (20% Vermicompost + 70% arena + 10% perlita) 103.6, de acuerdo a 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.

Ecuación de regresión.

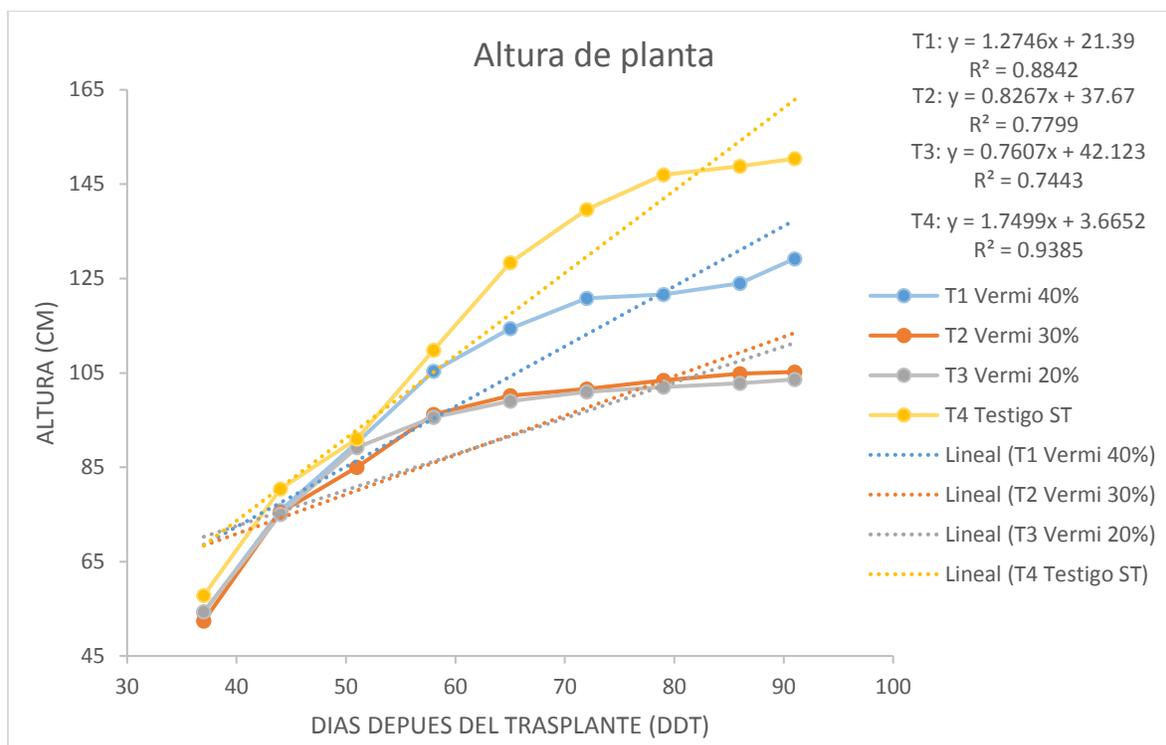


Figura 4.1.1. Ecuación de regresión para altura de planta de tomate en diferentes concentraciones de Vermicompost en el sustrato.

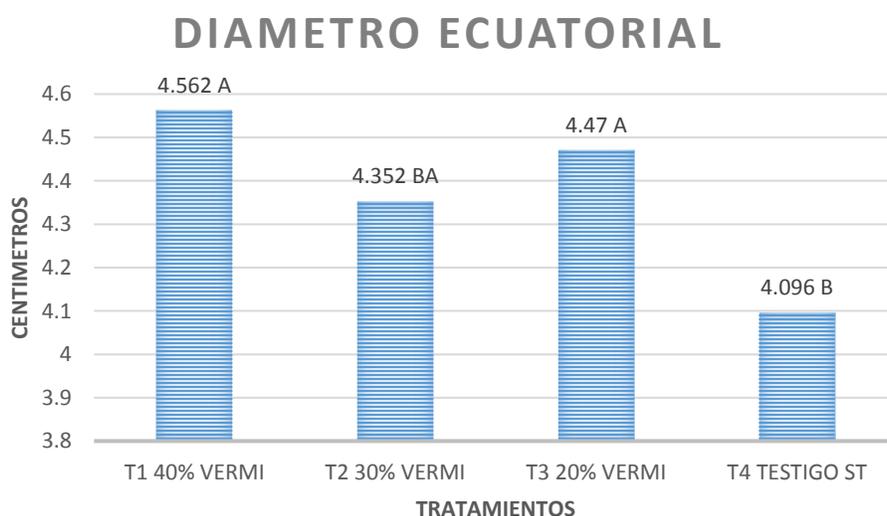
La dinámica de crecimiento longitudinal de las plantas de tomate en las diferentes mezclas evaluadas se muestra en las ecuaciones de regresión lineal (Figura 4.1.1.). El ajuste lineal de r^2 más bajo fue el T₃ (Vermicompost al 20% + arena 70% + perlita 10%) $r^2 = 0.7443$ y el más alto fue el T₄ (90% arena 10% perlita) testigo Steiner $r^2 = 0.9385$. El tratamiento de mayor altura a través del ciclo del cultivo fue el T₄ testigo Steiner en seguida del T₁ (Vermicompost al 40% + arena 50% + perlita 10%), mientras que el tratamiento de menor altura fue el T₃ (Vermicompost al 20% + arena 70% + perlita 10%) de acuerdo a la Figura 4.1.1.

Márquez C. *et al.*, 2008. Reporta la r^2 más baja en vermicomposta al 37.5% + arena, así como vermicomposta al 50% + perlita con 87% y el más alto fue el de biocomposta al

50% + perlita y el testigo con 98% datos que son similares al del presente trabajo teniendo como r^2 más baja de 74% en el T₃ (Vermicompost 20% + arena 70% + arena 10%) y el más alto de 93% en el T₄ (testigo Steiner).

4.2. Diámetro ecuatorial

Para la variable Diámetro Ecuatorial el análisis estadístico mostro diferencias estadística significativa entre los tratamientos, el tratamiento que presento un mayor diámetro ecuatorial fue el T₁ (40% Vermicompost + 50% arena + 10% perlita) con 4.56 cm, seguido de T₃ (20% Vermicompost + 70% arena + 10% perlita) con 4.47 cm. El tratamiento que obtuvo el menor diámetro ecuatorial obtuvo fue T₄ (90% arena 10%) perlita siendo este el testigo con la solución universal Steiner, con 4.09 cm de acuerdo a la Figura 4.2.



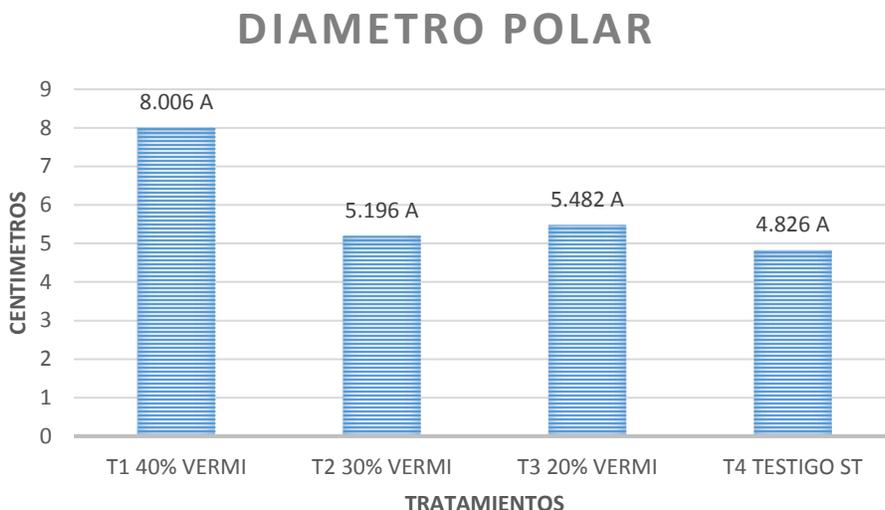
*Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa.

Figura 4.2. Efecto de los porcentajes de vermicompost sobre diámetro ecuatorial (cm) del fruto de tomate en invernadero.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Ordoñez (2012), que reporta una media de 4.5 cm de diámetro ecuatorial, Cruz (2013) evaluó el comportamiento de tomate con diferentes sustratos orgánicos con una media de 5.03 cm. Mientras que Hernández (2003) reporta en tomate saladette una media de 5 cm. Los valores obtenidos en los trabajos descritos anteriormente son similares al obtenido en el presente trabajo. Por otro lado, los resultados del presente trabajo difieren de los reportados por Moreno *et al*, (2008) que evaluó el genotipo de tomate en una mezcla de vermicompost más arena obteniendo 7.59 y 7.47cm de diámetro ecuatorial en los tratamientos de 50% y 12.5% de Vermicompost + arena, esto pudo ser debido a que en ese trabajo la aplicación de riego fue con una solución nutritiva universal de Hoagland y Arnon.

4.3. Diámetro polar

El análisis estadístico no mostro diferencia estadística significativa para la variable Diámetro Polar entre los tratamientos, el tratamiento que mayor valor numérico de diámetro polar obtuvo fue el T₁ (40% Vermicompost + 50% arena + 10% perlita) con 8 cm, seguido de T₃ (20% de Vermicompost + 70% arena + 10% perlita) con 5.48 cm. El tratamiento que menor diámetro polar obtuvo fue el T₄ (90% arena 10% perlita) siendo este el testigo con la solución universal Steiner con 4.82 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) del fruto de tomate en invernadero.

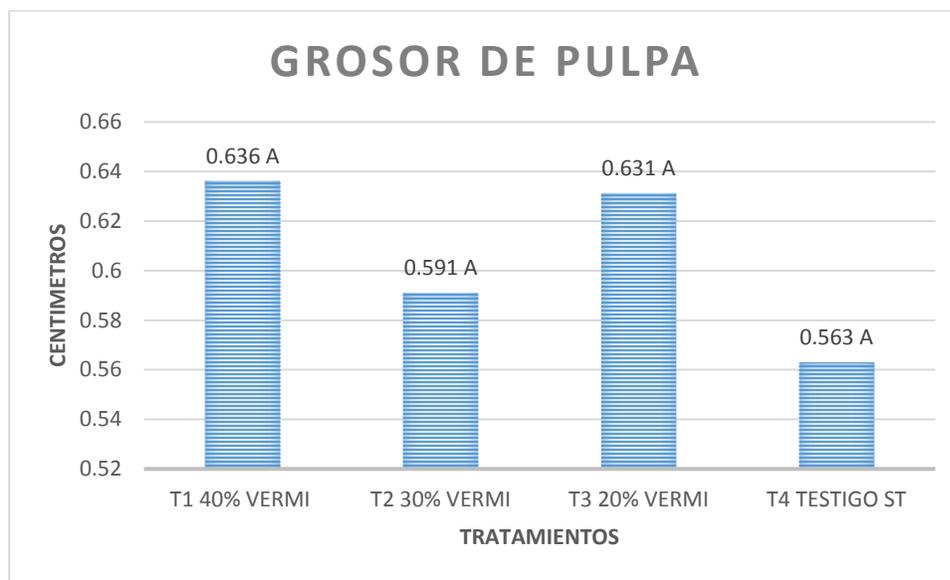
Estos resultados son superiores a Márquez *et al.* (2004) quien evaluó tomate con vermicompost en el sustrato y obtuvo una media de 5.8 cm. Esto pudo ser debido a la forma del llenado de las macetas ya que en la S1 se realizó gradualmente 50% al trasplante y 25% a los 79 días después de la siembra (dds) y 25% a los 134 dds y la S2 y S3 se llenó por completo desde un inicio.

Mientras que Moreno *et al.* (2012), mencionan que el diámetro polar en fruto de tomate al usar mezclas de humus de lombriz y arena fue de 5.9 a 6.1 cm.

4.4. Grosor de pulpa

El análisis estadístico no mostro diferencias estadística significativas para la variable Espesor de Pulpa entre los tratamientos, el tratamiento que mayor valor numérico de Espesor de Pulpa obtuvo fue el T₁ (40% Vermicompost + 50% arena + 10% perlita) con

0.63 cm, seguido del tratamiento T₃ (20% de Vermicompost + 70% arena + 10% perlita) con 0.63 cm. El tratamiento que menor diámetro polar obtuvo fue el T₄ (90% arena 10% perlita) siendo este el testigo con la solución universal Steiner con .56 cm de acuerdo al a Figura 4.4.



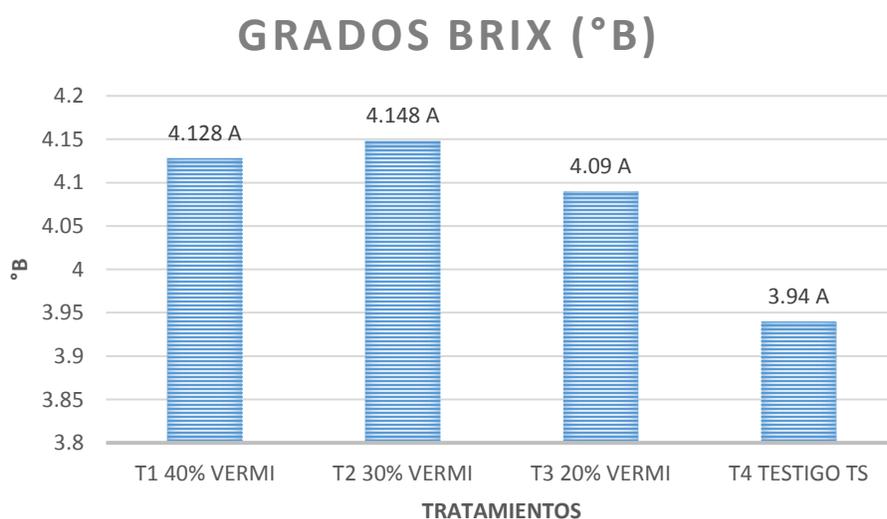
*Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa.

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

Rodríguez N. (2008) quien evaluó tomate con humos 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 0.84 cm en espesor de pulpa, este valor es mayor al obtenido en el presente trabajo. Esto pudo ser debido a la adición de componentes químicos al sustrato.

4.5. Grados brix

El análisis estadístico no mostro diferencias estadística significativa para la variable Grados °Brix entre los tratamientos, sin embargo, el tratamiento que mayor valor numérico obtuvo en Grados °Brix fue el T₂ (30% Vermicompost + 60% arena + 10% perlita) con 4.14 °Brix, seguido del tratamiento T₁ (40% de Vermicompost + 50% arena + 10% perlita) con 4.12 °Brix. El tratamiento que menor °Brix obtuvo fue el T₄ (90% arena + 10% perlita) siendo este el testigo con la solución universal Steiner con 3.94 °Brix de acuerdo a la Figura 4.5.



*Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa.

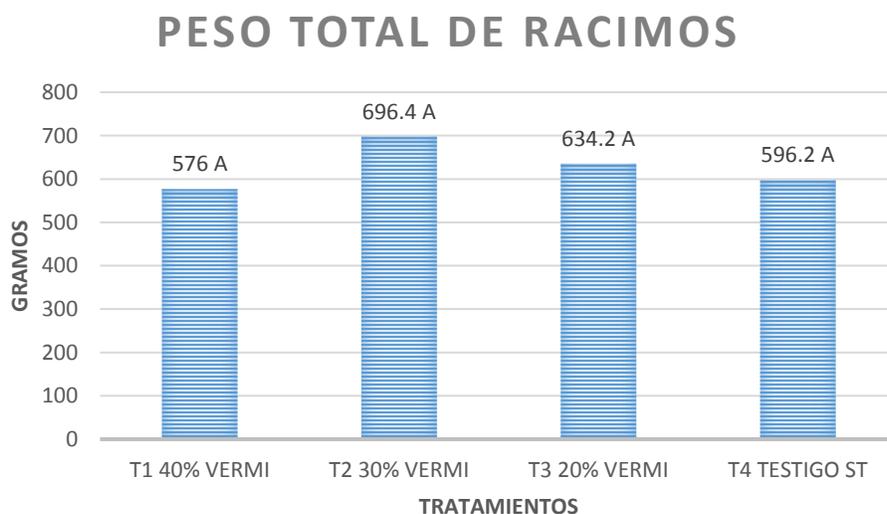
Figura 4.5. Efecto del porcentaje de Vermicompost en el sustrato sobre la acumulación de solidos solubles (°Brix) del fruto de tomate en invernadero.

Los resultados reportados por Rodríguez N. et al., (2007), obtienen una media de 5.3 en los tratamientos T₁ (mezcla de arena + vermicomposta (1:1 v:v) + micronutrientes quelatizados) y T₂ (arena + vermicomposta (1:1; v:v) sin micronutrientes), superando al presente trabajo, esto es debido a la conformación de las mezclas del sustrato utilizado

en ese trabajo. Barajas (2012) evaluando tomate obtuvo una media de 5.6 grados Brix. De acuerdo a lo anterior, la vermicomposta produjo tomates con más de 4 °Brix, los cuales son adecuados para consumo en fresco.

4.6. Peso total de racimos

El análisis estadístico no mostro diferencias estadística significativa para la variable Peso de Racimo entre los tratamientos, el tratamiento que mayor valor numérico obtuvo en peso de racimo fue el T₂ (30% de Vermicompost + 60% arena + 10% perlita) con 696.4 g, seguido del tratamiento T₃ (20% Vermicompost + 70% arena + 10% perlita) con 634.2 g. El tratamiento que menor valor numérico obtuvo en peso de racimo fue el T₁ (40% Vermicompost + 50% arena + 10% perlita) con 576 g de acuerdo a la Figura 4.6.



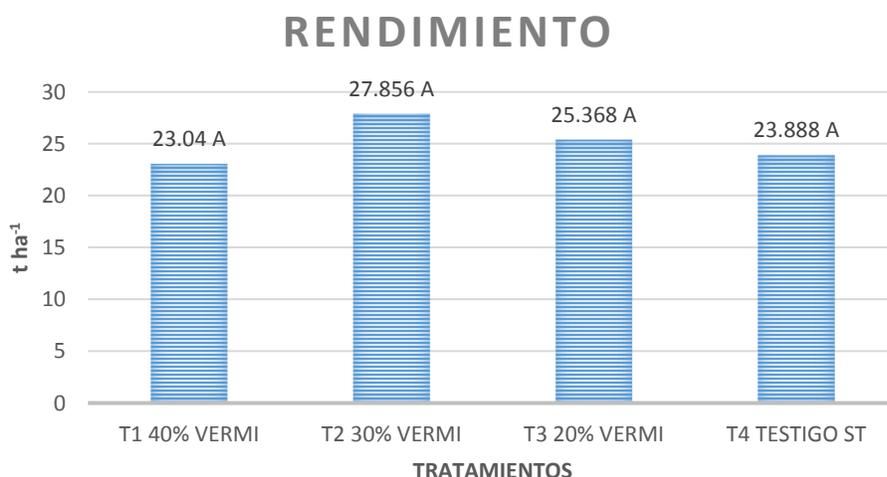
*Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa.

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

El peso por racimo obtenido en este trabajo supera al reportado por Morales I. (2015), con un peso de racimo promedio de 417.75 y 417.50 g, al evaluar el efecto de diferentes porcentajes de vermicompost en parámetro de calidad en jitomate tipo saladette en invernadero. Esto pudo deberse a que los tratamientos evaluados en ese trabajo fueron de menor concentración de Vermicompost en el sustrato, T1: 30%, T2: 20% y T3: 10%.

4.7. Rendimiento ($t\ ha^{-1}$)

El análisis estadístico no mostro diferencias estadística significativa para la variable Rendimiento $t\ ha^{-1}$, entre los tratamientos, el tratamiento que mayor valor numérico en rendimiento obtuvo fue el T₂ (30% de Vermicompost + 60% arena + 10% perlita) con 27.85 $t\ ha^{-1}$, seguido de T₃ (20% Vermicompost + 70% arena + 10% perlita) con 25.36 $t\ ha^{-1}$. El tratamiento que menor rendimiento obtuvo fue el T₁ (40% Vermicompost + 50% arena + 10% perlita) con 23.04 $t\ ha^{-1}$ de acuerdo a la Figura 4.7.



*Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa.

Figura 4.7. Efecto de los porcentajes de vermicompost sobre rendimiento ($t\ ha^{-1}$) de tomate en invernadero.

Rodríguez N. et al., (2007), al evaluar la producción de tomate con vermicompost bajo invernadero, con los tratamientos T1 = mezcla de arena + vermicomposta (1:1 v:v) + micronutrientes quelatizados; T2 = arena + vermicomposta (1:1; v:v) sin micronutrientes; T3 = arena + fertilizantes inorgánico (testigo) y T4 = arena + extracto de vermicomposta de estiércol de bovino, obtuvo un rendimiento de 26.3 kg m². Este resultado difiere del obtenido en el presente trabajo. Pues el mayor valor en rendimiento alcanzó 27.8 t ha⁻¹ con el tratamiento 2, esto pudo ser efecto de la aplicación de micronutrientes a la mezcla de sustratos, el cual pudo hacer que el rendimiento se elevara.

4.8. Cuadro comparativo

Tratamientos	Variables Evaluadas						
	Altura cm	DE cm	DP cm	GP cm	GB °B	PTR g	Rendimiento t ha ⁻¹
T1	129.2 A	4.562 A	8.006 A	6.364 A A	4.12 A	576 A	23.04 A
T2	105.2 BA	4.352 BA	5.196 A	5.912 A A	4.14 A	696.4 A	27.85 A
T3	103.6 B	4.47 A	5.482 A	6.312 A A	4.09 A	634.2 A	25.36 A
T4	150.4 B	4.096 B	4.826 A	5.632 A A	3.94 A	596.2 A	23.88 A

*DE = diámetro ecuatorial, DP = diámetro polar, GP = grosor de pulpa, GB = grados brix, PTR = peso total de racimos.

5. CONCLUSIONES

Las variables que presentaron diferencia estadística significativa entre tratamientos fueron altura de planta y diámetro ecuatorial. En altura de planta sobresale el testigo T₄ con solución nutritiva Steiner con una media de 150.4 cm y en diámetro ecuatorial sobresale el T₁ con el mayor porcentaje de Vermicompost (40% + 50% arena + 10% perlita) con una media de 4.562 cm.

Para el resto de las variables (peso de racimo, diámetro polar, grosor de pulpa, grados Brix y rendimiento) aunque no se determinó diferencia significativa entre tratamientos la tendencia es a favor de los tratamientos T₁ (40% vermicompost + 50% arena + 10% perlita) y T₂ (30% vermicompost + 60% arena + 10% perlita) siendo estos lo que desatacaron con el mayor valor numérico en estas variables.

6. BIBLIOGRAFÍA

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

Abad-Berjon M, Noguera-Murray P, Carrión-Benedito C. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. En: Urrestarazu-Gavilán. Cultivo sin suelo. Madrid: Mundi Prensa. 113-158.

Alarcón AL. 2000. Tecnología para cultivos de alto rendimiento. España: Novedades Agrícolas. 459.

Alcazar–Esquinas, J.T. 1981. Genetics Resources of Tomatoes and Wild Relatives. International Board for Plant Genetic Resources. Rome, Italy. p. 81.

Ansorena MJ 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización. Madrid: Mundi-Prensa. 171.

Ansorena, J. Batalla, E. y Merino D. 2010. Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. Laboratorio Agroambiental fraisoro. Zizurkil. P. 35.

Baixauli-Soria C, Aguilar-Oliver JM. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas. Serie de divulgación técnica no. 53. Generalitat Valenciana; 110.

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

Barajas E. F. 2012. Rendimiento y calidad de frutos de tres híbridos y tres portainjertos de tres tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila México. 35 p.

Bayer de México, S.A. de C.V. 2012. Guía de identificación de plagas y enfermedades tomate. México, D.F. pp. 1-25.

Burés S. 1997. Sustratos. Madrid: Ediciones Agrotécnicas, 342.

Cándido Márquez Hernández, Pedro Cano Ríos y Norma Rodríguez Dimas. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. Agricultura Técnica en México Vol. 34 Núm. 1. p. 69-74

Casseres E. 1984. Producción de hortaliza. Tercera edición. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura. San José, costa rica. Pp. 71-105.

Castaños, C. 1993. Horticultura. Manejo simplificado. Ed. UACH. Chapingo, México. Pp. 38- 227.

Castillo, A. E.; Quarín, S. H. e Iglesias, M. C. 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaboradas a partir de residuos orgánicos puros y combinados. Agri. Téc. (Chile). 60 (1):7-79.

Castro Sánchez M. 2005. Manejo de enfermedades del tomate. Curso INCAPA “manejo integrado de plagas y enfermedades en tomate, chile y papa. Disponible en: <http://www.funprover.org/formatos/manualTomate/Manejo%20de%20Enfermedades%20del%20Tomate.pdf> [citado 22 de septiembre de 2016].

Céspedes C. 2005. Agricultura orgánica principios y prácticas de producción. Centro regional de investigación Quilamapu. Chillán, Chile. P. (10, 11).

Chamarro, L. J. 2001. Anatomía y fisiología de la planta. En: F. Nuez (Ed) El cultivo del tomate. Editorial Mundi – Prensa- México. pp. 43-87.

Chávez Néstor y Wang Amy. 2004 combate del moho gris (*Botrytis cinérea*) de la fresa mediante *Gliocladiumroseum*. *Agronomía costarricense* 28(2): 73-85.

Chen, Y. 1996. Organic matter reactions involving micronutrients in soils and their effect on plants. pp. 507-530. In: A. Piccolo (ed.). *Humic substances in terrestrial ecosystems*. Elsevier Science B. V. Amsterdam, The Netherlands.

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

Cruz Solar E, P. 2013. Comportamiento del tomate en invernadero con diferentes sustratos orgánicos y frecuencias de riego. Torreón Coahuila México Tesis de licenciatura. UAAAN UL. División de carreras agronómicas.

Cruz-Crespo E, Can-Chulim A, Sandoval-Villa M, Bugarín-Montoya R, Robles-Bermúdez A, Juárez-López P. 2013. Sustratos en la horticultura. Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. *Bio Ciencias* 2 (2): 17-26.

De la cruz L. Botello E. torres R. Osorio O. Hernández M. Sánchez H. 2009. producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. Tabasco México. P. 59-67.

Desai, B. Kotecho, M. y Salunkhe, D. 1997. Seeds handbook. Biology, production, processing and storage. Ed Marcel Dekker. New York, U.S.A. the composition of nutrient solutions for hydroponic cropping: practical use. Acta Hort. 627 p.

Dimas J. López Mtz. Estrada A. Rubin E. cepeda R. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. P. 223.

Efraín de la Cruz-Lázaro, Rodolfo Osorio-Osorio, Eusebio Martínez-Moreno, Alejandro J. Lozano del Río, Armando Gómez-Vázquez y Rufo Sánchez-Hernández 2010. Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. Interciencia 35 (5): 363-364.

Elizondo, F. 2004. La lombricultura como modelo alternativo para el manejo de desechos sólidos orgánicos de una comunidad urbana en San Sebastián, San José. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Biología. Informe Final de Práctica de Especialidad. Cartago, Costa Rica. pp. 131.

Escalona Víctor, Pablo Alvarado V., Hernán Monardes M., Claudio Urbina Z. y Alejandra Martin B. 2009. Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Facultad de C.S. Agronómicas Universidad de Chile. Pp. 11.

Gallo, R; Viana, O. 2005. Evaluación agronómica de sustratos orgánicas en la producción de platines de tomate *Lycopersicum esculentum*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, UY, Universidad de la República, facultad de agronomía. P. 80.

García, C., R. 1996. Vermicomposta e inoculación micorrizica en maíz y cebolla cultivados en tepetate. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de suelos. Chapingo, México.

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

Grajales Pérez M. y Sánchez Márquez F. 1997. Mejoramiento genético de hortalizas. Segunda edición. Universidad autónoma de Chapingo. México. pp. 152.

Guenkov, G. 1966. Fundamentos de la horticultura cubana. Ediciones ciencia y técnica. Instituto del libro. La Habana, Cuba. 110-130 pp.

Hernández S. I. A. 2003. Evaluación de rendimiento y calidad de 18 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* mil). Bajo condiciones de invernadero en la comarca lagunera. P. 36

Hernández, M., C. Cano, R., P. y Cueto, M., V. 2005. Fertilización orgánica para la producción de tomate bajo invernadero. Universidad autónoma agraria Antonio narro unidad laguna. INIFAP-Laguna. Matamoros, Coahuila. México. P. 1,2.

Hernández, P. A. A. 2011. Producción de tomate orgánico con tutoreo en la comarca lagunera. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. P. 39.

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):

HolwerdaTjalling H. 2006. CropKit. Guía de manejo nutrición vegetal de especialidad tomate. university of Adelaide, Australia. P. 14. Disponible en:

http://www.sqm.com/Portals/0/pdf/cropKits/SQM-Crop_Kit_Tomato_L-ES.pdf [Citado 8 de agosto 2016]. Formato PDF.

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

Hunziker, A. T. 1979. South American Solanaceae: a synoptic survey. In: <<Hawwkes, J. G.; Lester, R. N.; Skelding, A. D. (Eds.). The biology and taxonomy of the Solanaceae. Academic Press, New York & London>>: 4985.

HYDRO ENVIRONMENT. 2015. Tipos de sustratos para hidroponía. Estado de México. Disponible en: www.hydroenv.com.mx [citado 15 de septiembre de 2016].

Infoagro. 2007. Tipos de sustratos de cultivo (en línea). Infoagro España. Disponible en: http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.htm [Citado 18 de septiembre 2016]

J. B. Jones. 2001. Plagas y enfermedades de tomate. Mundi-Prensa, American Phytopathological Society. Madrid, Barcelona, México. P.p. 2-34.

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

Jaramillo J. Rodriguez V.P., Guzmán M., zapata M.,Rengifo T. 2007. Manual Técnico Buenas Prácticas Agrícolas –Bpa En La producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. Corpoica – Mana – Gobernación de Antioquia – FAO. P. 331.

Jaramillo, J.; Rodríguez, V. P.; Guzmán, M.; Zapata, M.; Rengifo, T. 2007. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. Primera Edición. Colombia. P. 37.

Kämpf AN, Jun Takane R, Vital de Siqueira, PT., 2006. Floricultura, Técnicas de preparo de substratos. Brasilia: LK editora. 132.

López M., M. y R. Gastélum. 2003. La importancia del minador de la hoja *liriomyzaspp.* En los cultivos de tomate y chile y su manejo. Diagnóstico y manejo de las principales plagas de tomate y chile. Fundación produce Sinaloa A.C.

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

López-Hernández, J. A., Rivera-Hernández, L., Vázquez, E., Valenzuela, C., Marsch, R., Franco, M. O. y L. Dendooven. 2007. Aislamiento e identificación de algunos microorganismos del tracto digestivo de *Eisenia sp* por PCR. Departamento de Biotecnología y Bioingeniería. Centro de Investigación de Estudios Avanzados (CINVESTAV). In: XII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería.

Maroto, B. 2002. Horticultura herbácea especial. Ediciones Mundi-Prensa. 3ª edición. Madrid, España: p. 568.

Márquez H. C. y Cano R. P. 2003. Producción orgánica de tomate bajo invernadero. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila, México.

Márquez Hernandez, C., Y Cano Rios, P. 2004, Producción orgánica de tomate bajo invernadero. En: 2do. Simposium Internacional de Producción de Cultivos en Invernadero. Ch C Leal, J AG Garza (Eds) facultad de agronomía de UANL. Pp1-11.

Martínez, P.F. 2001. Cultivo del tomate en invernadero frío. Curso de formación de formadores en horticultura protegida y semiprotegida. Santa cruz de la sierra. Bolivia: Agencia española de cooperación internacional. P. 15.

Melgarejo R., M. y I. Ballesteros M., 1997. Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y nutricionales del humus de lombriz y composta. Derivados de diferentes sustratos. Universidad Nacional de Colombia. Revista colombiana de Química. 26(2): 3-7.

Moreno Casco J. y Morales Herrero R. 2007. Compostaje. Ed. Mundi-Prensa. Editorial Aedos, s. a. Barcelona. Pp. (292-295).

Moreno Nuño Raúl. 2007. Manual de producción de tomate rojo bajo condiciones de invernadero para el valle de Mexicali, baja california. P. 4.

Moreno Resendez, A., López, A, J., Figueroa, M, U., Rodríguez, Dimas, N., Vásquez, A. J., Reyes Carrillo, J, L., Cano, Ríos, P., and Reyes, V, M. 2012. Tomato production in sand: vermicompost mixtures compared with sand and nutritive solution. Basic Res. J. Agric. Sci. Rev. 1:19-26.

Moreno, A. y P. Cano. 2004. La vermicomposta y su potencial para el desarrollo de especies vegetales. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna. In: Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción Torreón, Coahuila, México.

Morón, M.A y R.A. Terrón. 1988. Entomología práctica. Una guía para el estudio de los insectos con importancia agropecuaria, medica, forestal, y ecológica de México. Instituto de ecología, A.C. México, D.F. pp. 417- 419.

Muñoz R.J.J. 2003. El cultivo de tomate en invernadero. INCAPA. México. pp. 226-262.

N. Rodríguez-Dimas, P. Cano-Ríos, E. Favela-Chávez, U. Figueroa-Viramontes, V. de Paul-Álvarez, A. Palomo-Gil, C. Márquez-Hernández; A. Moreno-Reséndez. 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. Revista Chapingo Serie Horticultura 13(2): 185-192.

Naveda Flores, A., Vázquez-Badillo, A., Borrego-Escalante F. y Sánchez – Aspeytia, D. 2011. Análisis de la homogeneidad, distinción y estabilidad de tres variedades sobresalientes de tomate Rev. Mex. Cienc. Agríc Pp 4-16.

Nicolás H. B. (2007). Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* mil.) hidropónico con sustratos, bajo invernadero. Tesis Maestría en ciencias en conservación y aprovechamiento de recursos naturales. Santa cruz xoxocotlán, Oaxaca, México. Instituto politécnico Nacional. P.176.

Nieto-Garibay A, Murillo-Amador B, Troyo-Diéguéz E, Larrinaga-Mayoral JA, García-Hernández JL 2002 El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annum* L.) en zonas áridas. Interciencia 27(8): 417-421.

Noreña, J. Rodríguez, V. vallejo, L. león G. 2013. Tecnología para el cultivo del tomate bajo condiciones protegidas. Edición corpoica. Colombia. P. 99, 94.

Noreña, J. y Rodríguez, V. 2006. El cultivo de tomate bajo invernadero (*Lycopersicon esculentum*. mill). Corpoica. Centro de investigación la selva Rio negro, Antioquia, Colombia. P.12.

Norma Rodríguez Dimas, Pedro Cano Ríos, Uriel Figueroa Viramontes, Arturo Palomo Gil, Esteban Favela Chávez, Vicente de Paul Álvarez Reyna, Cándido Márquez Hernández y Alejandro Moreno Reséndez. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 31 (3): 265 – 272

Nuez Fernando. (1995). El cultivo del tomate. 1er edición. España, Barcelona, México. pp. 47, 49, 387-432.

Nuez V, F. 2001. El cultivo de tomate. México, Ediciones Mundi prensa. P. 193.

Olimpia G.; casanova A.; Laterrot H.; G. 2000. Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el caribe. Instituto de investigaciones hortícolas “Liliana Dimitrova”. La Habana. P. 159.

Ordoñez, O. D. A. 2012. Aplicación de vermicomposta al cultivo de tomate bajo condiciones de campo III. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila México. 35

Ortega-Farias, S., Marquez J, H. 2001. Efecto de cuatro láminas de agua. Sobre el rendimiento y calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill) en invernadero producido en otoño agricultura técnica Pp.479-487.

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

Oswaldo Lara F. D. 1999. Evaluación de sustratos y biofertilizantes para cultivo del tomate (*lycopersicon esculentum* Mill.) utilizando la tecnología de cepellones. Tesis de

maestro en ciencias Nutrición de las plantas y Biofertilizantes. Instituto Nacional de ciencias agrícolas. Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las plantas. La Habana. P. 17.

Oswaldo Lara F. D. 1999. Evaluación de sustratos y biofertilizantes para cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) utilizando la tecnología de cepellones. Tesis de maestro en ciencias Nutrición de las plantas y Biofertilizantes. Instituto Nacional de ciencias agrícolas. Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las plantas. La Habana. P. 17.

Pacheco, M.F. 1985. Plagas de los cultivos agrícolas en sonora y baja california. 1ª Ed. Editorial CIANO. SARH.INIA. campo agrícola experimental valle del yaqui. Cd. Obregón, sonora, México. Pp. 222-223.

Pastor Burés S. 2002. Sustratos: propiedades físicas, químicas y biológicas. Ediciones Agrotecnicas. S.L. p. 78.

Pedro Cano R., Alejandro Moreno R., Cándido Márquez H., Norma Rodríguez D. y Víctor Martínez C. (2004). Producción Orgánica de Tomate bajo Invernadero en la Comarca Lagunera. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción Torreón, Coah, México. P.p 111 – 113.

Quintero, S.J. 1998 Invernaderos: sistemas agrícolas México.

Reséndez Moreno A. 2006 origen, importancia y aplicación de vermicomposta para el desarrollo de especies hortícolas y ornamentales. Departamento de suelos. Universidad autónoma agraria Antonio narro – unidad laguna. Coahuila de Zaragoza. P. (6-7).

Resh, H. 1993. Cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de producción. Trad. J. Santos Caffarena, José. Ed. Mundi-Prensa. 3ª edición. Madrid, España. 369 p.

Röber, R. Gärtnerische 2000. Substrate: Möglichkeiten und grenzen ihrer herstellung und verwendung; beispiele aus forschung, industrie und anwendung. En: AN Kämpf, & MH Fermino (eds). Substratos para plantas: a base da producto vegetal en recipientes. Porto Alegre: Genesis,,: 105-138.

Rodríguez M., N., G. Alcántar G., A. Aguilar S., J. D. Etchevers B. and J. A. Santizo R. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. Terra 16: 135-141.

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

Romero, C.S. 1988. Hongos Fitopatógenos. Patronato universitario. Universidad autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Sade A. 1998. Cultivosbajo condiciones forzadas. Nociones generales. Rejovot, Israel. P. 143.

SAGARPA. 2008. Abonos orgánicos. Disponible en:
<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20orgánicos.pdf> (consultado el 21 de septiembre del 2016).

SAGARPA. 2009. Estudio estadístico sobre cultivos orgánicos en baja california. Secretaria de fomento agropecuario oficina estatal de información para el desarrollo rural sustentable. Baja california. (P. 4,5).

SAGARPA. 2014. Ventajas y desventajas de la producción orgánica. México. P. 12.

Salunkhe, D. Kadam, S. 1998. Handbook of vegetable science and technology: production, composition, storage, and processing. Marcel Dekker. New York. 721 p.

Samperio-Ruiz, G. 2004. Un paso más en la hidroponía. Editorial Diana S. A. de C. V. México. Pp. 57-70.

Sánchez R., F.J., A. Moreno R., J.L. Puente M. y J. Araiza Ch. 2014. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero. Fidel René Díaz Serrano. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad de Guanajuato. A.P. 311. Irapuato, Gto. P. 45.

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

Sganzerla, E. 1987 Nova Agricultura: A facinante arte de cultivar com os plásticos. Brasil: porto alegre. Petroquímica triunfo. P. 297.

Syngenta. 2010. Boletín Técnico producción de tomate bajo invernadero. Segunda edición. P. 34, 35.

Torres cedillo 2007. L. 5 Elaboración de composta. SAGARPA. P. 1. Departamento de suelos, UACH. Chapingo, estado de México. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/documents/fichasaapt/elaboraci%C3%B3n%20de%20composta.pdf> [citado 21 de septiembre de 2016].

Uribe S. Jesús K. Melina U. 2000. Evaluación de lixiviados de composta y vermicomposta de residuos agropecuarios como mecanismo de fertilización y control de enfermedades en cultivos tropicales. Universidad politécnica del centro, tabasco.

Valadéz, L. 1990. Producción de hortalizas. Editorial Limusa. México. 248 p.

Vargas Tapia, P., Javier Z castellanos-Ramos, P Sánchez-García, L Tijerina-Chávez, R M López-Romero y J L ojodeagua-Arredondo 2008 Caracterización física, química y biológica de sustratos de polvo de coco Rev. Fitotec. Mex.3 (4): 375 - 381.

Velasco-Hernández, E., Miranda V. I., Nieto A. R., Villegas R. H., 2004. Evaluación de sustratos y variedades en la producción protegida de jitomate. Revista Chapingo Serie Horticultura. 10(2): 239-246.

Wien, H. 1997. The pysiology of vegetable crops. CAB International, London, UK. P. 651.

Wittwer S.H. y castilla, Nicolas. 1995. Protected Cultivation of Horticultural crops Worldwide.

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

Zeidan, O. 2005. Tomato production under protected conditions. Israel: Mas- hav, cinadco, Mynitry of Agriculture and rural Development Extension service. P. 99.

7. APÉNDICES

Cuadro A 1. Análisis de varianza para la variable peso total de racimos en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2016; Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F calculada	Pr > F	Significancia
Modelo	3	13921.3833	0.59	0.6278	0.6278	
Error	16	23425.55				
Total	19					
CV	25.45149					
Media	625.95					
DMS	276.95					

Cuadro A 2. Análisis de varianza para la variable diámetro polar en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2016; Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F calculada	Pr > F	Significancia
Modelo	3	31.285135	10.4283783	1.43	0.2705	
Error	16	116.55024	7.28439			
Total	19	147.835375				
CV	45.92022					
Media	5.8775					
DMS	4.8837					

Cuadro A 3. 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. 2016; Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F calculada	Pr > F	Significancia
Modelo	3	0.61132	0.20377333	8.57	0.0013	
Error	16	0.38028	0.0237675			
Total	19	0.9916				
CV	3.527852					
Media	4.37					
DMS	0.279					

Cuadro A 4. Análisis de varianza para la variable espesor de pulpa en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero, UAAAN-UL. 2016; Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F calculada	Pr > F	Significancia
Modelo	3	1.80454	0.60151333	1.33	0.2989	
Error	16	7.22416	0.45151			
Total	19	9.0287				
CV	11.09736					
Media	6.055					
DMS	1.2159					

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. 2016; Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F calculada	Pr > F	Significancia
Modelo	3	0.132895	0.04429833	1.52	0.2483	
Error	16	0.46716	0.0291975			
Total	19	0.600055				
CV	4.191654					
Media	4.0765					
DMS	0.3092					

Cuadro A 6. 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. 2016; Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F calculada	Pr > F	Significancia
Modelo	3	66822640	22274213.3	0.59	0.6278	
Error	16	599694080	37480880			
Total	19	666516720				
CV	24.45149					
Media	25038					
DMS	11078					

Cuadro A 7. 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. 2016; Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados de medias	F calculada	Pr > F	Significancia
Model	3	7395.8	2465.26667	5.55	0.0084	
Error	16	7112	444.5			
Total	19	14507.8				
CV	17.26713					
Media	122.1					
DMS	38.149					