

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



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

**POR
CLAUDIO COELLO FLORES
TESIS**

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

TORREÓN, COAHUILA.

FEBRERO DE 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

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

POR

CLAUDIO COELLO FLORES

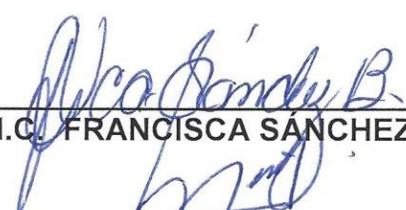
TESIS

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:


M.C. FRANCISCA SANCHEZ BERNAL

VOCAL:


ING. JUAN MANUEL NAVA SANTOS

VOCAL:


DR. ALFREDO OGAZ

VOCAL SUPLENTE:


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO


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



TORREÓN, COAHUILA

FEBRERO, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

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

POR

CLAUDIO COELLO FLORES

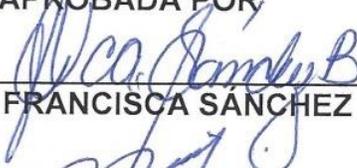
TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:


M.C. FRANCISCA SÁNCHEZ BERNAL

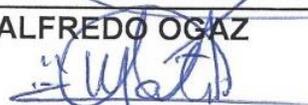
ASESOR:

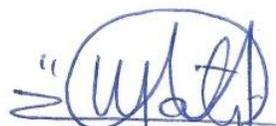

ING. JUAN MANUEL NAVA SANTOS

ASESOR:


DR. ALFREDO OCAZ

ASESOR:


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO


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



TORREÓN, COAHUILA

FEBRERO, 2018

AGRADECIMIENTO

A Dios

Gracias a mi dios padre por haberme ayudado y fortalecido durante este periodo de cuatro años de sacrificio y trabajo, pero tú siempre estuviste en el momento y me diste la fuerza necesaria para continuar, lograrlo mis objetivos y metas: en mi carrera profesional, usted bien sabe cuánto me costó; fueron momentos de sufrimiento pero también momentos de felicidad que serán marcadas en toda mi vida. Gracias dios.

A mis maestros

Ing. Juan Manuel Nava Santos, por el gran apoyo brindado durante este periodo de formación académica, por su paciencia, comprensión y consejo para que esta meta se cumpliera, muchísimas gracias.

M.C. Francisca Sánchez Bernal, por todo su apoyo y paciencia para que este trabajo concluyera siempre estaré agradecido; también porque influyo en mi formación académica, muchas gracias.

Dr. Alfredo Ogaz, Por apoyarme en este trabajo, por los conocimientos, consejos y palabras de motivación de seguir adelante traspasando los retos y obstáculos que la vida nos pone, a ellos muchas gracias.

M.E. Víctor Martínez Cueto, por su paciencia, por haberme apoyado en el desarrollo del trabajo realizado.

A mis amigos

Facundo, Adelina, Jorge, Felipe, Jocelyn, Rut, Perla, por el apoyo incondicional, cariño y porque estuvieron en todo momento conmigo, nunca me dejaron solo, los amigos nunca se olvidan y todos ustedes siempre los llevare en mi corazón, porque ocupan un lugar muy importante en mi trayectoria, gracias.

DEDICATORIA

A mis padres

Querido padre Agustín Vega García aunque estés en el cielo te doy las gracias a ti por darme la vida y guiarme en mi camino, dándome fuerzas para salir adelante con mis estudios gracias papá abuelito, aunque ya no estés conmigo pero siempre estarás en mi corazón y este logro es por ti. Y ustedes mis dos mamas, Micaela Flores Rivera y María Inés Coello flores. Por la vida, cariño, apoyo moral y económico que siempre recibí, con el cual logre culminar mis estudios, gracias mamas las quiero mucho.

A mi hermana Leobarda Gonzales Coello: muchas gracias hermana por enseñarme a salir adelante, cuidarme y protegerme de los peligros. Por guiarme a un buen camino por apoyarme todo momento durante estos cuatro años. Este logro también es tuyo.

A mis tíos Cirila, Jorge, Juan. Gracias por tanto apoyo, por los consejos que me dieron y porque siempre creyeron en mí, nunca me dejaron solo en los momentos más difíciles. Ustedes también son parte de este logro.

A mis hermanos Víctor González Coello, Emanuel González Coello. Gracias hermanos por estar conmigo durante estos cuatro años, por darme sus apoyos y consejos de seguir adelante. Este logro es también de ustedes.

A mi novia Tania Centeno Torres: Gracias mi amor, ya que en todo momento estuviste conmigo tanto en las malas y en las buenas. Y por tu apoyo, comprensión, honestidad y felicidad. Porque desde que apareciste en mi vida y cruzaste en mi camino todo cambió y me diste más fuerzas de seguir adelante con mis estudios.

RESUMEN

La producción orgánica de alimentos es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas y fertilizantes sintéticos, inocuos y con un alto valor nutricional. La utilización de compost de residuos orgánicos se ha incrementado en diferentes partes del mundo como abono para las plantas. Una alternativa en la agricultura orgánica es la utilización de sustratos orgánicos. El objetivo de esta investigación fue Incrementar la productividad de tomate tipo saladette, variedad "Rio grande" en invernadero utilizando diferentes porcentajes de compost en el sustrato. Los tratamientos evaluados fueron, T₁ (compost 40% + arena 50% + perlita 10%); T₂ (compost 30% + arena 60% + perlita 10%), T₃ (compost 20% + arena 70% + perlita 10%) y T₄ (compost 10% + arena 80%, perlita 10%), los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar.

Un mayor porcentaje de compost en el sustrato, da como resultado una mejor producción y un mayor número de frutos en la planta del tomate, así lo indican los resultados estadísticos, ya que el T₂ (30% de compost en el sustrato) sobresalió en las variables: número de frutos, peso total de fruto, rendimiento.

De la misma manera la biomasa (PSH+PST) y la materia verde se incrementó, con el tratamiento de mayor porcentaje de compost T₁ (40% de compost en el sustrato).

Tanto el diámetro polar, ecuatorial, grosor de pulpa, peso por fruto y grados Brix son características del fruto que no mejoraron con el mayor porcentaje de compost en el sustrato.

PALABRAS CLAVE: Compost, Sustrato, Jitomate, Rendimiento, Invernadero.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
APÉNDICE.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
II. Revisión de literatura.....	4
2.1. Generalidades.....	4
2.2. Origen del tomate.....	4
2.3. Clasificación taxonómica.....	5
2.4. Importancia a nivel regional.....	5
2.5.1. Planta.....	6
2.5.2. Raíz.....	7
2.5.3. Tallo.....	7
2.5.4. Hoja.....	7
2.5.5. Flor.....	8
2.5.6. Fruto.....	8
2.5.6. Semilla.....	8
2.6. Invernadero.....	9
2.6.1. Ventajas.....	10
2.6.2. Desventajas.....	10
2.7. Requerimientos climáticos.....	11
2.7.1. Requerimientos Edáficos.....	11
2.8.2. Humedad Relativa.....	12
2.9.3. Luminosidad.....	12
2.10.4. Bióxido de carbono.....	13

2.11.1. Labores Culturales.....	13
2.11.2. Trasplante.....	13
2.11.3. Densidad de población.....	14
2.11.4. Riego.....	14
2.11.5. Fertilización.....	15
2.11.6. Tutorado.....	16
2.11.7. Poda.....	17
2.11.8. Polinización.....	17
2.11.9. Cosecha.....	18
2.12. Plagas y enfermedades.....	18
2.12.1. Plagas.....	18
2.12.2. La Mosquita blanca (<i>Bemisia tabaci</i>).....	18
2.12.3. Los Ácaros (<i>Tetranychus urticae</i>).....	19
2.12.4. Enfermedades.....	19
2.12.4.1. Ahogamiento de cuello (Damping off).....	19
2.12.4.2. Marchitez Vascular (<i>Fusarium oxysporum</i>).....	20
2.13. Sustratos.....	20
2.13.1. Sustrato.....	20
2.13.2. Sustratos orgánicos.....	21
2.13.3. El compost.....	22
2.13.4. Importancia de la materia orgánica.....	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1. Localización geográfica.....	23
3.2. Localización del experimento.....	23
3.3. Características del invernadero.....	23
3.4. Diseño experimental.....	23
3.5. Material genético.....	24
3.6. Siembra.....	24
3.6.1. Llenado de bolsas.....	24
3.6.2. Trasplante.....	24
3.6.3. Riego.....	25

3.7. Manejo de la planta.....	25
3.7.1. Poda.....	25
3.7.2. Tutorado.....	25
3.7.3. Deshojado.....	26
3.7.4. Fertilización orgánica.....	26
3.7.5. Plagas.....	26
3.7.6. Enfermedades.....	27
3.7.7. Cosecha.....	27
3.8. Variables evaluadas.....	27
3.8.1. Diámetro polar.....	27
3.8.2. Diámetro ecuatorial.....	27
3.8.3. Grosor de pulpa.....	27
3.8.4. Número de frutos por planta.....	28
3.8.5. Peso de fruto.....	28
3.8.6. Peso total de los fruto.....	28
3.8.7. Rendimiento kg/m ²	28
3.8.8. Biomasa [Peso Seco Hoja (PSH)+ Peso Seco Tallo (PST)].....	28
IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	29
4.1. Altura de la planta.....	29
4.3. Grados Brix.....	30
4.4. Diámetro polar.....	31
4.5. Diámetro ecuatorial.....	32
4.6. Grosor de pulpa.....	33
4.7. Materia seca.....	34
4.8. Materia verde.....	35
4.8. Variable de producción.....	36
4.9. Peso de fruto.....	37
4.10. Número de frutos.....	38
4.11. Peso total de fruto.....	39
4.12. Rendimiento por kg/m ²	40
V. CONCLUSIONES.....	41

VI. BIBLIOGRAFIA.....	42
VII. APÉNDICE.....	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados en base a porcentajes de compost.....	24
Cuadro 2. Producto agroquímico utilizado para el control de plagas durante el desarrollo del cultivo de tomate saladette “Rio Grande”	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Altura de la planta (cm), de tomate (<i>Solanum lycopersicum L.</i>) resultados de la evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. Ciclo primavera-verano UAAAN-UL. 2016.....	29
Figura 2. Grados Brix (cm), de tomate (<i>Solanum lycopersicum L.</i>) resultados de la evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL. 2016.....	30
Figura 3. Diámetro polar (cm), de tomate (<i>Solanum lycopersicum L.</i>) resultados de la evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL. 2016.....	31
Figura 4. Diámetro ecuatorial del fruto (cm), de tomate (<i>Solanum lycopersicum L.</i>) resultados de la evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL. 2016.....	32
Figura 5. Grosor de la pulpa (mm), de tomate (<i>Solanum lycopersicum L.</i>) resultados de evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL. 2016.....	33
Figura 6. Peso fruto (g), de tomate (<i>Solanum lycopersicum L.</i>) resultados de la evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL. 2016.....	34
Figura 7. Número de frutos, de tomate (<i>Solanum lycopersicum L.</i>) resultados de la evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL. 2016.....	35
Figura 8. Peso total de fruto (g), de tomate (<i>Solanum lycopersicum L.</i>) resultados de la evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL. 2016.....	36
Figura 9. Rendimiento (kg/m ²), de tomate (<i>Solanum lycopersicum L.</i>) resultados de la evaluación de porcentajes de compost en el sustrato invernadero. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL. 2016.....	37
Figura 10. Materia verde de la planta (g), de tomate (<i>Solanum lycopersicum L.</i>) resultados de la evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL. 2016.....	38
Figura 11. Materia seca de la planta (g), de tomate (<i>Solanum lycopersicum L.</i>) resultados de la evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL. 2016.....	39

ÍNDICE DE APÉNDICE

- Cuadro A 1.** Análisis de varianza para la variable altura de planta, resultado de la evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum L.*) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.....48
- Cuadro A 2.** Análisis de varianza para la variable grados °Brix, resultado de la evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum L.*) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.....48
- Cuadro A 3.** Análisis de varianza para la variable Diámetro polar del fruto, resultado de la evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum L.*) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.....49
- Cuadro A 4.** Análisis de varianza para la variable Diámetro ecuatorial, resultado de la evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum L.*) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.....49
- Cuadro A 5.** Análisis de varianza para la variable grosor de pulpa resultado, evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum L.*) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.....50
- Cuadro A 6.** Análisis de varianza para la variable número de frutos, resultado de la evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum L.*) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.....50
- Cuadro A 7.** Análisis de varianza para la variable número de frutos, resultado de la evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum L.*) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.....51
- Cuadro A 8.** Análisis de varianza para la variable peso total de frutos, resultado de la evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum L.*) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.....51
- Cuadro A 9.** Análisis de varianza para la variable rendimiento total por hectárea resultado de la evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum L.*) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.....52

Cuadro A 10 Análisis de varianza de Biomasa total de (PSH-PST) (g) resultado de la evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum L.*) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.....52

Cuadro A 11 Análisis de varianza de materia verde (g) resultado de la evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum L.*) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.....53

I. INTRODUCCIÓN

Los sustratos son los medios sólidos inertes y orgánicos que tiene la función de anclar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles la respiración, cambiar el agua y captar los nutrimentos que la planta necesita(López *et al.*, 2015).

El uso de sustratos orgánicos ha cobrado gran importancia por diversas razones. Desde el punto de vista económico, su uso se ha fomentado por la agricultura orgánica, ya que es una respuesta a la mejora en las prácticas agrícolas (Cruz *et al.*, 2009).

Las compostas y vermicompostas 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 (Cruz *et al.*, 2010).

De los elementos nutritivos contenidos en la composta, del 70 al 80 % de fósforo y del 80 al 90 % de potasio están disponibles el primer año, mientras que todo el nitrógeno (N) es orgánico, lo cual lo constituye en un elemento problema, dado que debe mineralizarse para ser absorbido por las plantas (Márquez *et al.*, 2006).

Los abonos orgánicos son de gran importancia en la fertilización del suelo, esto dependiendo de la naturaleza del abono, características del suelo, tipo de cultivo, periodicidad de la aplicación y cantidad aplicada del abono. Los abonos orgánicos proporcionan nutrientes, corrigen deficiencias porque contienen nutrientes de lenta liberación y mejoran las condiciones físico-químicas y biológicas del suelo, así ayudan al desarrollo y crecimiento de las plantas (Astier, M. y J. Hollands, 2005).

La producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en condiciones protegidas incrementa el rendimiento y calidad del fruto. La superficie empleada para cultivos en invernadero en México asciende a 4900 ha y presenta una tasa de crecimiento anual de 25 %; de esta superficie, 3450 ha se destinan a la producción de tomate (Rodríguez *et al.*, 2008).

La producción mundial de tomate fresco en el año 2012 es de la siguiente manera: Asia 51.09%, América 19%, Europa 17.30%, África 12.21% y Oceanía 0.40%. La producción de China en ese año, fue de 616,407,878 toneladas; con una tendencia constante representando un 37% de la producción mundial, seguido de Estados Unidos de América con 14% y México con 3% de la producción mundial de tomates frescos. China ha liderado la producción desde hace casi ya veinte años, unos de las limitantes de este mercado productivo es concretar exportaciones de tomate fresco o procesado (UNAM. 2015).

A nivel nacional se siembran alrededor de 81,000 ha donde se obtienen cerca de 2 millones de toneladas, siendo los principales estados productores: Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí, Sonora, Nayarit, Morelos y Michoacán; y a menor escala: Jalisco, Guanajuato, Tamaulipas, Hidalgo y Puebla (Jiménez, 2003).

1.1. Objetivo

Incrementar la productividad de tomate en invernadero utilizando diferentes porcentajes de compost en el sustrato.

1.2. Hipótesis

El porcentaje más alto de compost en el sustrato incrementa la productividad de tomate en invernadero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades

El Tomate es una planta de clima cálido pero se adapta muy bien a climas templados; se puede sembrar en gran parte del territorio, prefiriéndose aquellos ubicados en alturas entre los 100 y 1500 m.s.n.m. En el período de lluvias la incidencia de enfermedades es mayor mientras que durante la época seca las plagas son el mayor problema. Sin embargo dichos problemas son superables mediante un conjunto de prácticas agrícolas que incluyan métodos de manejo y controles adecuados, los cuales tienen que ser realizados en el momento y la forma precisa en que se indican, ya que de éstas depende el éxito de una buena cosecha (Chemonics, 2008).

2.2. Origen del tomate

El jitomate es originario de la América del Sur, de la región andina, particularmente de Perú, Ecuador, Bolivia y Chile. Sin embargo, su domesticación fue llevada a cabo en México. El nombre de jitomate procede del náhuatl xictli, ombligo y tomatl, tomate, que Solanoideae significa tomate de ombligo (SAGARPA, 2010).

2.3. Clasificación taxonómica

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: Viridaeplantae

División: Traqueophyta

Subdivisión: Spermatophytina

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanácea

Género: Solanum

Especie: *Solanum lycopersicum* L.

2.4. Importancia a nivel regional

En la Región Lagunera de Coahuila y Durango, se tienen cuantificadas actualmente 600 ha bajo el concepto de agricultura protegida, principalmente para producción de tomate para exportación. De estas superficies, 430 ha se explotan con casa sombra o bioespacios y 170 ha con invernaderos; de estas últimas 15 ha se usan para la producción de plántula de tomate y chile para trasplante, las cuales se surten principalmente al sector privado y en menor medida al sector social, el cual ha tenido problema con enfermedades fungosas y virosis a nivel de semilla de origen y a nivel de cultivo de campo, como *Fusarium*, *Phytophthora*, mosaico del tabaco y mosaico del pepino. En esta región, el cultivo de chile tiene gran importancia en la economía, especialmente el chile jalapeño, ya que es uno de los principales cultivos hortícolas que se siembra en la región después de la sandía, tomate y melón durante el ciclo primavera-verano. La superficie producida en los últimos años fluctúa alrededor de las 1,074 ha, con un rendimiento

promedio de 15.6 Mg·ha⁻¹ (SIAP, 2010). En esta región existen productores de Chile con tendencia al uso de fuentes de materia orgánica (MO) como suministro de nutrientes vegetales, principalmente por la gran cantidad de estiércol –49 mil toneladas de estiércol seco mensuales, que en esta región se genera derivado de la producción lechera de cerca de 500 mil cabezas de bovino lechero (Salazar *et al.*, 2007).

2.5.1 Planta

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. La planta puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta, y el crecimiento es limitado en las variedades determinadas e ilimitadas en las variedades indeterminadas, pudiendo llegar en estas últimas, a 10m en un año. La ramificación es generalmente simpoidal, con lo que los ejes sucesivos se desarrollan a partir de la yema axilar del eje precedente y la yema terminal da lugar a la inflorescencia o ramas abortivas. Las hojas son compuestas, imparipinnadas con 7 a 9 folíolos y una filotaxia de 2/5. La inflorescencia es un dicasio compuesto generalmente por 4 a 12 flores. El fruto es una baya de forma globular, ovoide o aplastada cuyo peso oscila, según variedades, entre 5 y 500 g (Bolsamza, 2014).

El tomate o jitomate (*Solanum lycopersicum L.*) es una planta perenne en forma de arbusto que se cultiva anualmente y puede desarrollarse de forma rastrera, semi-erecta o erecta. Es uno de los frutos que contiene mayor cantidad de vitaminas y minerales, tiene bajo valor calórico y se caracteriza por un elevado contenido de agua, de 90 a 94%. Además, se reportan importantes contenidos de azúcares solubles (fructosa, glucosa y sacarosa), menor proporción de proteínas, fibra, ácidos orgánicos (cítrico y málico) y licopeno (Ruiz *et al.*, 2012).

2.5.2. Raíz

El sistema radical del tomate consta de una raíz principal y gran cantidad de ramificaciones secundarias. En los primeros 30 cm, de la capa de suelo se concentran el 70% de la biomasa radical. Bajo condiciones de suelo la raíz principal crece unos 2.5 cm diarios hasta llegar a los 60 cm de profundidad. Simultáneamente se producen ramificaciones y raíces. El sistema radical tiene como funciones la absorción y el transporte de agua y nutrientes, así como la sujeción o anclaje de la planta al suelo (Castellanos, 2009).

2.5.3. Tallo

El tallo es anguloso, alcanza 4 cm de diámetro en su base y está recubierto por tricomas, en su mayoría de origen glandular y que le otorgan el olor característico. En las primeras etapas es erguido, luego debido al peso, toma un hábito rastroero (Maroto, 1994).

2.5.4. Hoja

Las hojas del tomate son pinnadas compuestas de siete a 11 folíolos laterales y un gran folíolo terminal. Los folíolos laterales son usualmente peciolados, lobulados irregularmente y con bordes dentados. Las hojas de tomate son de tipo dorsiventral. El tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior y otra inferior, las cuales no contienen cloroplastos. Inmediatamente debajo y perpendicularmente a la epidermis superior se encuentra el parénquima en empalizada, que posee en el citoplasma numerosos cloroplastos. El mesófilo esponjoso se encuentra situado entre el mesófilo en empalizada y la epidermis inferior, y contiene un número de cloroplastos cercano al del parénquima en empalizada. Los nervios primarios y secundarios tienen una estructura similar al tallo y poseen un floema externo y un floema interno (Maroto, 1994).

2.5.5. Flor

La flor del tomate es perfecta. Los pétalos y los sépalos se encuentran dispuestos en forma helicoidal en un número de cinco o más. En cada inflorescencia se agrupan tres a diez flores formando el racimo floral (Rodríguez, 2012).

2.5.6. Fruto

La forma, el tamaño y el peso de los frutos, depende de la variedad y del manejo, aspectos importantes a considerar al momento de definir que variedad plantar. Normalmente los tomates tipo Beef, pesan de 180 a 260 gramos. No obstante, ciertos frutos de la variedad Caimán, excepcionalmente han llegado a alcanzar pesos de hasta 850 g. Una vez que las flores han sido polinizadas, los frutos tardan en madurar alrededor de 55 a 60 días, esto depende de la variedad y de las condiciones ambientales.

El fruto tiene dos o más lóculos, se desarrolla a partir de un ovario de cinco a diez miligramos y alcanza un peso final en la madurez que oscila entre los 5 y los 500g, en función de la variedad y las condiciones de desarrollo. A la cubierta se le llama cáscara, epidermis, piel o cutícula. Las semillas están en los lóculos (espacio gelatinosos del centro), pegados a la parte carnosa o pericarpio. El fruto está unido a la planta por un pedicelo (Castellanos, 2009).

2.5.7. Semilla

La semilla del tomate es de forma lenticular con dimensiones aproximadas de 5x4x2 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión lo forma una yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. La testa o cubierta seminal es de un tejido duro e impermeable (Castellanos, 2009).

La semilla del tomate tiene forma lenticular, con unas dimensiones de 5x4x2 mm y está constituida por el embrión, endospermo y la testa o cubierta seminal (Nuez, 1995).

2.6. Generalidades de invernaderos

Hay varias definiciones de invernadero, pero desde punto de vista proyecto y construcción, de acuerdo a la norma de la Unión Europea: UNE-EN-13031-1, “el invernadero es una estructura usada para el cultivo y/o protección de plantas y cosechas, el cual optimiza la transmisión de radiación solar bajo condiciones controladas, para mejorar el entorno del cultivo y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de las personas en su interior” (Castellanos, 2009).

La agricultura protegida (AP) es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, para proteger cultivos, al minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos. La agricultura, por su naturaleza, se encuentra asociada al riesgo, de ahí que este sistema tenga como característica básica la protección contra los riesgos inherentes a esta actividad. Los riesgos pueden ser: climatológicos, económicos (rentabilidad, mercado) o de limitaciones de recursos productivos (agua o de superficie). Adicionalmente, se establece que la AP ha modificado las formas de producir alimentos y genera múltiples ventajas para los productores (Moreno *et al.*, 2011).

En México el cultivo del tomate es sumamente importante, ya que de los principales cultivos que se producen en condiciones protegidas este ocupa 70%, seguido por pimiento (16%) y pepino (10%). Aunado a esto, México es el principal exportador a nivel internacional, enviando el producto a Estados Unidos de América, Canadá y El Salvador, tan sólo en 2011 se produjeron 1 872 000 toneladas (Juárez *et al.*, 2015).

2.6.1. Ventajas

Entre otras ventajas, permite el desarrollo de cultivos agrícolas fuera de su ciclo natural y en menor tiempo, se enfrenta con éxito plagas y enfermedades, con mejores rendimientos en menor espacio, sanos y con un mejor precio en los mercados. Generando, evidentemente, en un mejor ingreso para los productores (Moreno *et al.*, 2011).

La producción de cultivos en invernaderos es de suma importancia ya que nos da una ventaja sobre la producción a cielo abierto porque se establece una barrera entre el ambiente externo y el cultivo, creando un microclima interno que permite proteger el cultivo de condiciones adversas (viento, granizo, plagas, etc.) y controlar factores como la temperatura, radiación, concentración de CO₂, humedad relativa, etc. (Juárez *et al.*, 2015).

2.6.2. Desventajas

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2007). Cita algunas desventajas de los invernaderos:

Inversión inicial alta

Desconocimiento de las estructuras apropiadas para cada región

Alto nivel de especialización y necesidades de capacitación del personal

Altos costo de producción

Condiciones óptimas para el rápido ataque de plagas y enfermedades

Alta dependencia de las condiciones del mercado

2.7. Requerimientos climáticos

Las condiciones ideales para el cultivo de tomate se han descrito como: temperatura promedio de 24 a 25 grados Celsius, alta luminosidad y humedad relativa que oscile entre los 40 a 60 %, sin embargo esas condiciones no siempre se encuentran en el campo abierto, por lo que el sistema de cultivo protegido podría brindar tales condiciones al cultivo. Además de control del agua, nutrición vía fertirriego, manejo de la calefacción, enfriamiento o humificación a través del uso de dispositivos o equipo que permita modificar tales variables ambientales, es por eso, entre otras razones, que en Holanda, los cultivos de tomate en invernadero han alcanzado altas productividades, donde se ha determinado una estrecha relación de la temperatura con el número de frutos por racimo (Heuvelink 1996, Sandri *et al.* 2002).

Temperatura: el óptimo térmico para el desarrollo del tomate durante el día es de 23-25°C y de 15-17°C durante la noche; mientras que la humedad relativa apropiada es del orden de 70%. Las temperaturas por debajo de 8°C y por encima de 30°C, alteran el desarrollo del tomate y suele provocar una deficiencia de fructificación (Castellanos, 2009).

2.7.1. Requerimientos edáficos

El cultivo requiere suelos profundos, francos o franco-arcillosos, ricos en materia orgánica y suelos ligeramente ácidos, con pH entre 6 y 7. A pH menor de 5.5 o mayor de 7 se recomienda realizar las enmiendas necesarias al suelo, para aprovechar los nutrientes al máximo. Las variedades en producción en el país se adaptan mejor a altitudes entre 0 y 1,500 m sobre el nivel del mar. La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo se encuentra entre 16 y 25°C. (Villela, 1993).

Suelo: La planta de tomate se puede cultivar en cualquier tipo de suelo, pero se prefieren suelos profundos, mi gajosos y bien drenados. Lo ideal es un suelo ligeramente ácido, con un pH de 6.2 a 6.8 (SAGARPA, 2010).

2.8.2. Humedad relativa

Humedad: La humedad relativa oscila entre un 60 y 80%. Luminosidad: Niveles de radiación diaria alrededor de 0.85 Mega Joules por metro cuadrado, son los mínimos para la floración y cuajado (SAGARPA, 2010).

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 o 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. (Jaramillo, 2006).

2.9.3. Luminosidad

La planta de tomate como mínimo debe de recibir entre 8 y 16 horas de luz diariamente, el crecimiento y desarrollo de la planta está condicionado por la intensidad de la luz esto va a depender de la época y el lugar donde se produzca, si en verano será necesario la utilización de mallas sombras para evitar quemaduras en la hojas y frutos exceso de radiación. (Sánchez F. y Contreras E ,2000).

2.10.4. Bióxido de carbono

En condiciones de invernadero, el aire generalmente está más seco y en algunos casos la circulación no es correcta, así que las plantas en invernaderos requieren más de CO₂; de manera que a medida que se incrementa la luz, también se incrementa la demanda de CO₂. Al recibir CO₂ en una cantidad extra, las plantas responden sorprendentemente rápido en beneficio de la cosecha. La recomendación de CO₂ en el uso invernadero va de 800 a 1000ppm en el ambiente. El dióxido de carbono es el factor de producción que más limitaciones impone en los invernaderos. Es posible añadirlo gratuitamente a las plantas a partir del humo del calentador (Samperio, 1999).

2.11.1. Labores culturales

2.11.2. Trasplante

Es el paso de la planta desde el semillero al asiento definitivo del cultivo. El riego por goteo estará colocado según el marco, la densidad y la orientación de las plantas. El cultivo en el suelo, previo al trasplante se da un riego abundante (el número de horas necesarias para que la humedad llegue al pasillo) para humedecer el terreno, desplazara las sales y bajar la salinidad del suelo, la cual debe ser menor que la CE del medio de trasplante. Posteriormente se abren los hoyos, se depositan y se fijan las plantas.

Debe haber un buen contacto entre el suelo y el cepellón de la plántula. Posteriormente se da un riego de asiento para asegurar un buen contacto entre la humedad del suelo y el cepellón. Puede ayudar la aplicación vía riego o localizado de un enraizador y algún fungicida para la prevención de Damping-off (Castellanos, 2009).

2.11.3. Densidad de población

En condiciones de invernadero y sin despunte, las densidades comerciales fluctúan de 2 a 2.5 plantas/m²; con 2.27 plantas/m² el tomate produce hasta 24.5 kg de materia fresca por planta, con un rendimiento de fruto de 20.6 kg/planta que equivale a 46.8 kg m⁻² y representa 84 % del crecimiento total obtenido en 288 días después de siembra.

En campo y con cultivares de hábito de crecimiento indeterminado, las densidades más usadas en México por los productores son de 3 a 4 plantas por metro lineal, con separación entre surcos de 1.8 m, que equivalen a 1.66 y 2.22 plantas/m², con un rendimiento comercial de fruto de 4.54 a 5.11 kg m⁻². En este caso las plantas se podan a dos tallos cuando inicia la primera inflorescencia y se dejan crecer libremente hasta 1.9-2.0 m de altura y se eliminan las hojas inferiores (Villegas *et al.*, 2004).

2.11.4. Riego

Las necesidades hídricas de esta planta se presentan en tres periodos críticos: uno durante la emergencia de plántulas, otro al inicio de la floración y uno más durante el llenado de fruto. Si bien, la producción de hortalizas en invernadero es una de las alternativas que se llevan a cabo para alcanzar un uso sustentable del agua (Segura *et al.*, 2011).

La aplicación de agua a través del fertirriego en invernadero se basa en programas de riego fijo (cantidades de agua) a diferentes frecuencias durante el día y en distintos sustratos, mediante equipos automatizados de fertirriego. Generalmente, la demanda hídrica del cultivo se estima utilizando la evapotranspiración y radiación diaria o el volumen de lixiviados; además de, la disponibilidad de los nutrientes para el cultivo, condiciones específicas para el lugar donde se está cultivando. Por lo anterior, estos métodos requieren de evaluaciones y ajustes de calibración para las condiciones climatológicas

regionales y para las condiciones específicas de operación en cada invernadero. La falta de los ajustes y calibraciones provoca la subestimación de los efectos indeseables del sobre riego.

El sobre-riego genera pérdidas económicas por la lixiviación de la solución nutritiva, cambios drásticos en el pH y la conductividad eléctrica (CE) de la solución, saturación de agua en la zona radical del cultivo y reducción de la fotosíntesis; así como fisiopatías por desbalances nutrimentales, activación de microorganismos fitopatógenos y frutos de mala calidad, problemas que están vigentes Actualmente (Yescas *et al.*, 2011).

2.11.5. Fertilización

La producción comercial exitosa de tomate bajo invernadero requiere que el productor haga uso óptimo de los recursos disponibles. Uno de los recursos de mayor importancia es el fertilizante, orgánico e inorgánico, que proveen los nutrimentos necesarios para un adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate.

El tomate, necesitan 16 elementos en diferentes cantidades para obtener una producción adecuada. Estos nutrimentos están clasificados de acuerdo a las cantidades necesarias, tan sólo tres de estos 16 elementos (carbono, oxígeno e hidrógeno) acumulan el 95% del total requerido y afortunadamente son suministrados a través del aire y el agua. Los otros nutrimentos deberán ser suplementados a través de la fertilización, de éstos solamente el nitrógeno, fósforo y potasio requieren en altas cantidades. El resto de los nutrimentos son proporcionados por el suelo, el cual en bajas cantidades el cual posee suficiente cantidad. En ocasiones es necesario ministrarlos a través de aplicaciones foliares (zinc, boro, calcio, magnesio, manganeso, fierro azufre) o vienen mezclados con los fertilizantes que contienen macro nutrimentos (calcio y azufre). O vienen mezclados con los fertilizantes que contienen macro nutrimentos (calcio y zulfre). El conocimiento de la movilidad de los elementos en la solución del suelo y dentro

de planta es de gran relevancia, debido a que con este conocimiento determinamos el lugar en donde colocar el fertilizante y donde buscar la deficiencia.(SAGARPA, 2008).

Los fertilizantes orgánicos ejercen un efecto multilateral sobre las propiedades agronómicas de los suelos y, cuando se utilizan correctamente, elevan de manera adecuada la cosecha de los cultivos agrícolas. Por tales razones, se justifica la evaluación de alternativas naturales, tales como residuos de cosecha, estiércol, abonos verdes y composta, para incrementar tanto los rendimientos como los niveles de materia orgánica en el suelo (Vázquez *et al.*, 2015).

Se necesitan 3, 1, 5, 2.5 y 1 kg de N, P₂O₅, K₂O, Ca y Mg, respectivamente, por tonelada de tomate producida; así, para obtener 100 t·ha⁻¹ se requieren 300 kg de N (Márquez *et al.*, 2006).

2.11.6. Tutorado

En consecuencia con el crecimiento de los tallos, estos se van enredando con un hilo de rafia, o bien sujetándolos con clips específicos para esta tarea, los hay en diferentes modelos y precio. La rafia debe ser espacial para utilizarse en invernadero, es decir tratada contra radiación UV, pues de lo contrario se puede romper antes de concluir el ciclo de cultivo.

La rafia se enrolla en ganchos que existen para tal fin o bien en carretes unidos a ganchos para ir soltando la rafia. La longitud de la rafia varía, dependiendo de la altura del emparrillado para tutores y de longitud de entrenudos de la variedad.

Cuando las plantas incrementan su altura en 10 a 20 cm., se ata la rafia. Es fundamental hacerlo con oportunidad, antes de que las plantas se acamen, lo que ocurre de 7 a 10 días después del trasplante. La rafia se sujeta al tallo, ya sea

mediante un nudo no corredizo o un anillo de plástico, desarrollando para este fin. Al anudar la rafia al tallo, el ojal debe quedar colgado, para no ligar el tallo, o bien mediante anillos de plástico, todo depende de los costos de los mismos (Castellanos, 2009).

2.11.7. Poda

La poda es una práctica obligada en variedades de tomate de crecimiento indeterminado. En cada axila de las hojas aparece un brote y puede volver a reaparecer. Los cuales son eliminados en cuanto su tamaño lo permitan, es decir cuando tenga alrededor de 5 cm de largo. Para el caso de planta injertada, cuando se dejan dos tallos por planta, al inicio del cultivo se despunta el tallo principal por encima de las hojas de los cotiledones, para que de las axilas salgan los brotes que serán los tallos principales.

En la poda de hojas, se van eliminando todas aquellas inferiores senescentes, por debajo del último racimo que va madurando o pintando color y se deja un racimo adicional descubierto. El corte de la hoja debe ser limpio y al ras del tallo principal para evitar la entrada de patógenos (Botrytis). Evitar la poda severa de hojas para no desequilibrar la planta y causar agotamiento. La poda de hojas debe ser equilibrada, también esta práctica es útil para evitar el rajado de frutos en ciertas variedades. La poda de hojas se puede realizar con tijeras, si se hace de esa manera. Las tijeras deben desinfectarse después de podar cada sección de unos diez metros, o cuando menos cada surco (Castellanos, 2009).

2.11.8. Polinización

La polinización a través de medios mecánicos es eficiente, siempre y cuando las condiciones de humedad relativa y temperatura sean favorables, para que haya un mayor desprendimiento del polen. El movimiento de las inflorescencias puede ser con métodos variados, pero el que se ha impuesto es el movimiento de la planta con un chorro de aire con máquinas de motor, o

golpeando ligeramente el emparrillado para hacer vibrar las plantas. El uso de insectos básicamente concierne a la polinización con abejorros del género *Bombus*, es el que por su rusticidad se ha impuesto. El abejorro visita entre 6 y 10 flores por minuto, de manera que una colmena llega a visitar entre 20 y 50 mil flores diariamente. La vida útil de la colmena va de 8 a 12 semanas (Castellanos, 2009).

2.11.9. Cosecha

Los tomates destinados para el mercado de consumo fresco son cosechados a mano. La mayoría de los tomates son cosechados en el estado de maduración conocido como estrella o rayado (etapa de color 2), aunque algunos pocos son cosechados en el estado cambiante (etapa de color 3), o en estado rosa (etapa de color 4). Los tomates verdes inmaduros, presentan problemas en la maduración, la cual será muy irregular y serán de baja calidad, aunque los tomates cosechados en la etapa fisiológica de verde maduro, logran madurar adecuadamente.

Los indicadores extremos de la madurez de los frutos utilizados por los productores son la posición en la planta, el tamaño. La apariencia superficial (lisa, cerosa o brillante) y algunas veces la presencia de tejido café corchoso en la cicatriz peduncular.

Los tomates deben cortarse de la planta mediante un corte cuidadoso en la zona de abscisión evitando jalotearlo ya que esto causa daño y rasgaduras tanto al fruto como a la planta (Castellanos, 2009).

2.12. Plagas y enfermedades

2.12.1. Plagas

2.12.2. La Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*)

Los daños directos son ocasionados por las ninfas y adultos que absorben la savia de las hojas y ocasionan amarillamiento y debilitamiento de la planta que llegan a caer cuando el daño es severo. Los daños indirectos se deben a la gran secreción de mielecilla, en la cual se desarrolla el hongo *Cladosporium* sp., el cual cubre hojas y frutos que disminuye la calidad de la cosecha. Ambos tipos de daño se vuelven importantes cuando los niveles de población son altos (Davidson *et al.*, 1994).

2.12.3. Los Ácaros (*Tetranychus urticae*)

Los ácaros *Tetranychus evansi* y *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), son considerados plagas limitantes en los cultivos de tomate y de fresa, respectivamente, ocasionando pérdidas hasta del 80% de la producción, debido principalmente a su alto potencial reproductivo. Los daños causados por estos artrópodos son directos, ocasionando secamiento de las hojas, defoliación, disminución en el tamaño y número de frutos, además de inducción a la maduración precoz (Soto *et al.*, 2013).

2.12.4. Enfermedades

2.12.4.1. Ahogamiento (*Damping off*)

El tomate es una de las hortalizas de mayor problemática fitosanitaria, ya que las enfermedades constituyen un factor limitante en su producción. Las enfermedades patogénicas están presentes en plántulas (*damping off*), follaje (tizones temprano y tardío), en tallos (*Fusarium* spp.) y hasta en los frutos (pudrición apical y pudrición por alternaria). (Alvares .H. Juan. C., 2012).

2.12.4.2. Marchitez vascular (*Fusarium oxysporum*)

La marchitez vascular producida por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen es la principal enfermedad que causa problemas en el cultivo, disminuye en un 60% el rendimiento y afecta la calidad del producto. Esta enfermedad, la cual se ha reportado en por lo menos 32 países, prospera en una diversidad de condiciones ambientales desde trópicos secos hasta climas templados. Tres razas del hongo (Fol) se han reportado, las cuales se distinguen por su virulencia en materiales diferenciales de tomate que contienen diferentes genes de resistencia (Ascencio *et al.*, 2008).

2.13. Sustratos

2.13.1. Sustrato

Se entiende por sustrato al material sólido natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o mezclado, permite el anclaje del sistema radical, que desempeña así un papel de soporte para la planta, pudiendo intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la planta (Patrón, 2010).

Es por definición cualquier medio sólido (orgánico, inorgánico o mezcla) que se utilice para cultivar plantas en contenedores (con altura limitada y su base este a presión atmosférica), el cual le proporciona a las plantas las condiciones adecuadas para su desarrollo, además de permitir que la “solución nutritiva” se encuentre disponible para la planta (Patrón, 2010).

Es el material que permite un óptimo desarrollo de las plantas, al darle a la raíz la suficiente aireación, disponibilidad de agua y sanidad (es biológicamente estéril en un inicio y el mantener esta característica depende del manejo del

cultivar que en él se desarrolle), así como facilitar la acción y efecto de la solución nutritiva, ya que el sustrato es químicamente inerte. Existe una gran cantidad de sustratos. Entre los más utilizados están los siguientes: arena, grava, tezontle, ladrillo quebrado y/o molido, agrolita, vermiculita, turba vegetal (Peat Moss), aserrín, resinas sintéticas (poliuretano) y cascarilla de arroz, entre otros. Estos materiales se pueden utilizar en forma individual o en mezclas de dos o más de ellos de acuerdo a su compatibilidad y disponibilidad. A continuación se presentan las principales características de algunos de ellos (SAGARPA, 2010).

En la actualidad, existe una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos, su elección depende de la especie vegetal a propagar, del tipo de propágulo, de la época de siembra, del sistema de propagación, del costo, de la disponibilidad y de las características propias del sustrato (Beltrán *et al.*, 2016).

2.13.2. Sustratos orgánicos

En México, el sustrato más utilizado para la producción de plantas es el estiércol de bovino, debido a que sus características físicas, químicas y biológicas permiten una excelente germinación y crecimiento (Ocampo *et al.* 2005), el cual se utiliza de forma solarizado para disminuir la cantidad de microorganismos patógenos (Beltrán *et al.*, 2016).

La materia orgánica es uno de los componentes fundamentales de los sustratos, cuya finalidad básica es aumentar la capacidad de retención de agua y nutrientes para las plantas. Por eso los estiércoles de bovinos y de otros animales son muy utilizados como fuente orgánica en la composición de los sustratos para diversos tipos de cultivo (Abanto *et al.*, 216).

2.13.3. El compost

El compost es uno de los mejores abonos orgánicos que se puede obtener en forma fácil y que permite mantener la fertilidad de los suelos con excelentes resultados en el rendimiento de los cultivos; porque aparte de ser natural es un excelente fijador del nitrógeno, ayudando al mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Arango *et al.*, 2014)

La composta es un compuesto o la mezcla de materiales orgánicos como hojas, plantas muertas y residuos de animales, etc., estos son degradados por microorganismos incluyendo hongos y bacterias, que reducen la materia orgánica a sustancias más simples en un tiempo de al menos tres meses produciendo un material estable denominado humus. El compostaje como una transformación microbiana de los residuos orgánicos en condiciones controladas que reduce costos de producción (Cruz *et al.*, 2016).

2.13.4. Importancia de la materia orgánica

La importancia de la materia orgánica en los suelos es grande, y no solo mejora las propiedades físicas y químicas de la tierra, sino también el desarrollo de los cultivos. Los aportes de materia orgánica de plantas y animales están sometidos a un continuo ataque por parte de los organismos vivos, microbios y animales, que los utilizan como fuente de energía y de materiales de recuperación frente a su propio desgaste. La materia orgánica incorporada al suelo es la responsable de los cambios físicos que se dan en este, particularmente en la estructura, aumento de la porosidad y permeabilidad y por ende de la retención de agua. Sin embargo, los efectos de la materia orgánica sobre las propiedades físicas y biológicas de los suelos son debidos principalmente a la actividad de los organismos (fauna y microbiota) que están presentes en esta, y también a la de las poblaciones de organismos en el suelo que se ven afectadas por dicha materia orgánica (Fortis *et al.*, 2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización geografía

La comarca lagunera se localiza en la parte central de la zona del norte México. Se encuentra ubicada entre las coordenadas 25° 32' 40'' Latitud norte 103° 23' 30'' Longitud oeste. La altitud de esta región es de 1, 140 msnm, la región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localiza las tres áreas agrícolas, así como las áreas urbanas.

3.2. Localización del experimento

El experimento se estableció en el ciclo primavera verano 2016, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro- Unidad Laguna, ubicada en Periférico y carretera Santa Fe km 1.5 en la ciudad de Torreón Coahuila México.

3.3. Características del invernadero

La investigación de desarrollo en el invernadero número tres ubicado en el departamento de horticultura, él cuenta con los siguientes dimensiones: 23 metros de largo, 9 metros de ancho y 4.75 metros de altura, cuenta con un piso de grava , con una cubierta plástica transparente calibre 600 y una malla sombra de 50%. Para el manejo de una temperatura adecuada en el mismo, se cuenta con dos extractores, una pared húmeda y el control automático de estos aparatos se utilizó un termostato.

3.4. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos y diez repeticiones (la unidad experimental consistió en una maceta con una planta). Los tratamientos evaluados fueron diferentes % de (compost, arena y perlita que es constante), el testigo es el T4, con el menor porcentaje de compost (10%) como se describe en el cuadro No 1.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados en base a porcentajes de compost

T1	T2	T3	T4
Compost 40%	Compost 30%	Compost 20%	Compost 10%
Arena 50%	Arena 60%	Arena 70%	Arena 80%
Perlita 10%	Perlita 10%	Perlita 10%	Perlita 10%

3.5. Material genético

Para el experimento se utilizó el siguiente material, tomate tipo saladette, variedad "Rio grande" de porte alto, habito de crecimiento indeterminado.

3.6. Siembra

La siembra se realizó el 28 de febrero del 2016 en charolas o contenedores de unicel de 200 celdillas cavidades, el sustrato para la germinación, se utilizó peat moss, depositando una semilla por cavidad, la charola se colocó dentro de una bolsa de plástico color negro para conservar la humedad y una temperatura más uniforme; para la germinación de la semilla.

3.6.1. Llenado de bolsas

Se utilizaron bolsas tipo vivero color negro con capacidad de 10 kg calibre 200, como sustrato se utilizó arena de rio, perlita y compost, en porcentajes de 100% y 10%.

3.6.2. Trasplante

El trasplante se llevó a cabo el 27 de marzo de 2016 (30 DDS), cuando la planta tenía 2 hojas verdaderas, colocando una planta por maceta.

3.6.3. Riego

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

3.7. Manejo de la planta

3.7.1 Poda

La poda se inició a los 28 días (DDT), se eliminaron los brotes laterales, dejando el brote apical de la planta, realizándolo cada semana o cada ocho días la misma práctica. Después de que los frutos alcanzaron su madurez fisiológica se realizó la poda de hojas viejas para estimular el desarrollo de la planta y fruto.

3.7.2 Tutorado

El tutorado se realizó a los 60 días (DDT), es una práctica importante que consistió en colocar hilo rafia desde el tallos de la planta; posteriormente se fue en redando la rafia en sentido inverso de las manecillas del reloj, de tal manera que la misma pasara por debajo de los racimos, hasta enganchar la misma rafia en un alambre que se encuentra en la parte de arriba, después se hizo un nudo para evitar que deslice la rafia; para mantener la planta erguida evitando que las hojas y los frutos toque el suelo, y así mantener la sanidad de la planta y la calidad de los frutos. Esta práctica se realizaba cada ocho días.

3.7.3. Deshojado

Esta práctica consiste en la eliminación de hojas senescentes y hojas sanas con el objetivo de facilitar la aireación y mejorar la maduración homogénea del fruto, así mismo las hojas enfermas se deben de sacar inmediatamente del invernadero para evitar la presencia de fuentes de inóculo, esta práctica se hace manualmente y a diario.

3.7.4. Plagas

Durante el desarrollo del cultivo se presentaron las siguientes plagas, mosquita blanca (*Bemisia tabaci*).

Cuadro 1. Productos agroquímicos utilizados para el control de plagas durante el desarrollo del cultivo de tomate saladette “Rio Grande”.

Dosis/ha	Ingrediente activo	Para control de	Forma de aplicación
1-1.5 lts/ha	dietil 0-(2 isopropil-4metil-6 Pirimidinil) fosforotioato, no más del 25% en peso equivalente a 267 gr de I.A/kg.	Chicharrita Pulgón Chinche Mosquita blanca Minador Pulga saltona Barrenador del fruto Gusano del fruto	Con una aspersor manual.

3.7.5.- Enfermedades

Durante el desarrollo del trabajo de tesis, no se presentaron problemas de incidencia de enfermedades típicas de este cultivo, motivo por el cual, no se aplicaron productos químicos.

3.7.6. Cosecha

Se realizaron tres cosechas, la primera cosecha fue el día 11 de junio del 2016, para esta fecha los frutos ya tenían entre un 70 a 80 % de maduración. La segunda cosecha se realizó el 15 de junio y la tercera cosecha fue 19 junio del mismo año.

3.8. Variables evaluadas

3.8.1. Diámetro polar

Para esta variable se utilizó un vernier, se midió la distancia de polo a polo del fruto, en centímetros (cm).

3.8.2. Diámetro ecuatorial

Para esta variable se colocó el fruto en forma transversal y se utilizó un vernier para obtener el diámetro ecuatorial en centímetros (cm).

3.8.3. Grosor de pulpa

Para obtener esta variable se partió el fruto por la mitad con el uso de una navaja y usando una regla milimétrica, se registró el grosor o espesor del pericarpio en centímetros (cm).

3.8.4. Número de frutos por planta

Para el número de frutos se hizo un conteo de frutos por planta y por tratamiento en cada fecha de cosecha y al finalizar el último corte se sumó el total de frutos por planta.

3.8.5. Peso de fruto

Se tomó el peso por fruto de las repeticiones elegidas para evaluarse, utilizando en una balanza analítica y registrando el valor en gramos.

3.8.6. Peso total de los frutos

Para este valor se realizó la suma del peso de frutos de todos los cortes de cada tratamiento, al final se dividió entre el número de repeticiones evaluadas y obtener un resultado en el peso total de frutos.

3.8.7. Rendimiento kg/m^2

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

3.8.8. Biomasa [Peso Seco Hoja (PSH) + Peso Seco Tallo (PST)]

Las plantas seleccionadas se secaron naturalmente durante un periodo de 24 días para obtener la biomasa de tallo, hoja y raíz en una balanza digital, en gramos (g).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Altura de planta

El análisis estadístico para la variable altura de planta no mostró diferencia estadística significativa entre los tratamientos. El promedio general fue 71.22 cm.

Sin embargo se puede apreciar que el mayor valor numérico lo obtuvo el T₁ (compost: 40%) con 75.25 cm siendo el más alto, mientras que el menor valor numérico lo obtuvo el T₄, testigo (compost: 10%) con 67.65 cm, como puede observarse en la figura 1.

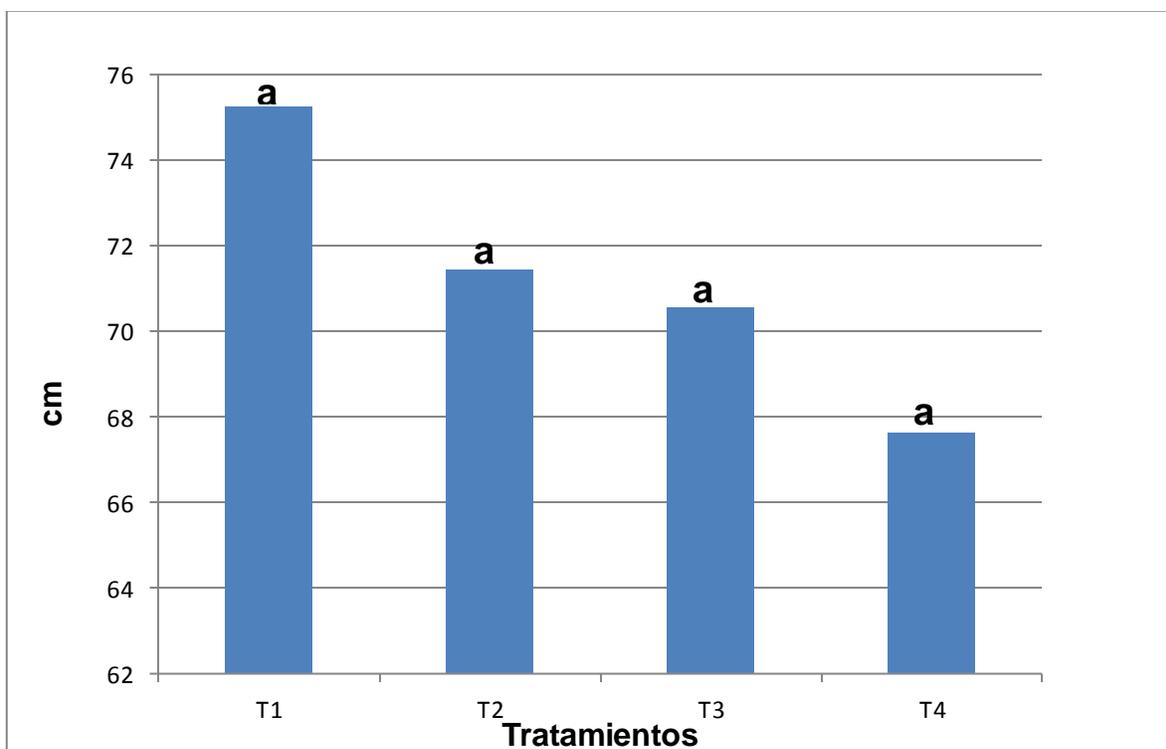


Figura1. Altura de planta (cm), de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) resultado de la evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. UAAAN-UL.

De acuerdo al reporte de (López *et al.*, 2015), al evaluar lombricomposta y tezontle bajo condiciones de invernadero, utilizo tomate tipo saladette. el tratamiento que sobre salió fue el tratamiento 3 tezontle+ vermicomposta + carbón (67.5%+27.5%+5%). Obtuvo un valor más alto de 95 cm de altura de planta en

superando el valor numérico obtenido en este experimento, el cual fue de 75.25 cm correspondiente al tratamiento T₁ (40%compost).

4.2. Grados Brix

El análisis estadístico para el variable grados Brix no mostró diferencia significativa entre los tratamientos. El promedio general fue de 4.00 grados Brix.

Sin embargo el que mostró un superioridad numérica fue el T₃ (20%compost) con 4,06 grados Brix, mientras que el menor valor lo obtuvo el T₁ (40%compost) con 3,98 grados Brix, como puede observarse en la figura 2.

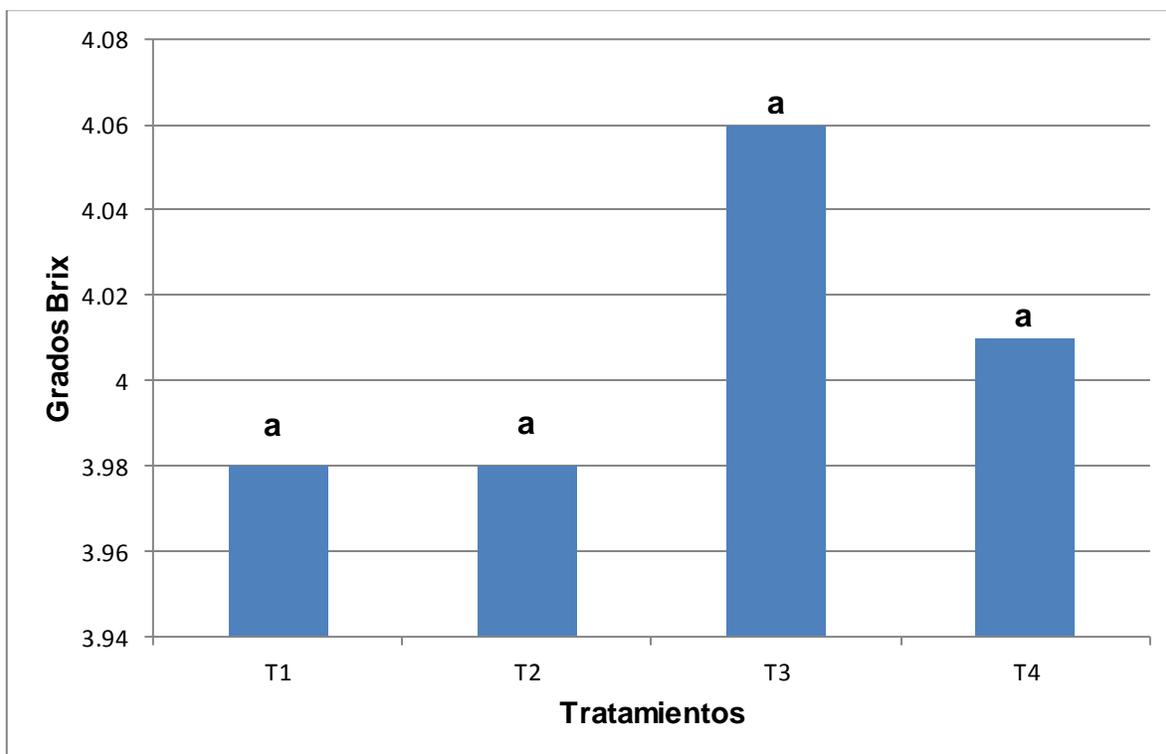


Figura 2. Grados Brix (cm), de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) resultado de la evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. UAAAN-UL.

De acuerdo al reporte de (Cruz *et al.*, 2010), al evaluar Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero, se utilizó el híbrido SUN- 7705. El tratamiento que sobresalió fue vermicomposta de estiércol de ganado vacuno + rastrojo de maíz + tierra negra (VEMT) 75% + arena. Obtuvo el valor más alto de 4,99 grados Brix en comparación con el mayor valor numérico obtenido en este experimento, el cual fue de 4,06 grados Brix correspondiente al tratamiento (20% de compost).

4.3. Diámetro polar

El análisis estadístico para el variable diámetro polar no mostró diferencia significativa entre los tratamientos. El promedio general fue de 5.31 cm. Sin embargo el que mostró un mayor valor numérico fue el T₁ (compost: 40%) con 5,59 cm el más alto, mientras que el menor valor lo obtuvo el T₃ (compost: 20%) con 5,15 cm, como puede observarse en la figura 3.

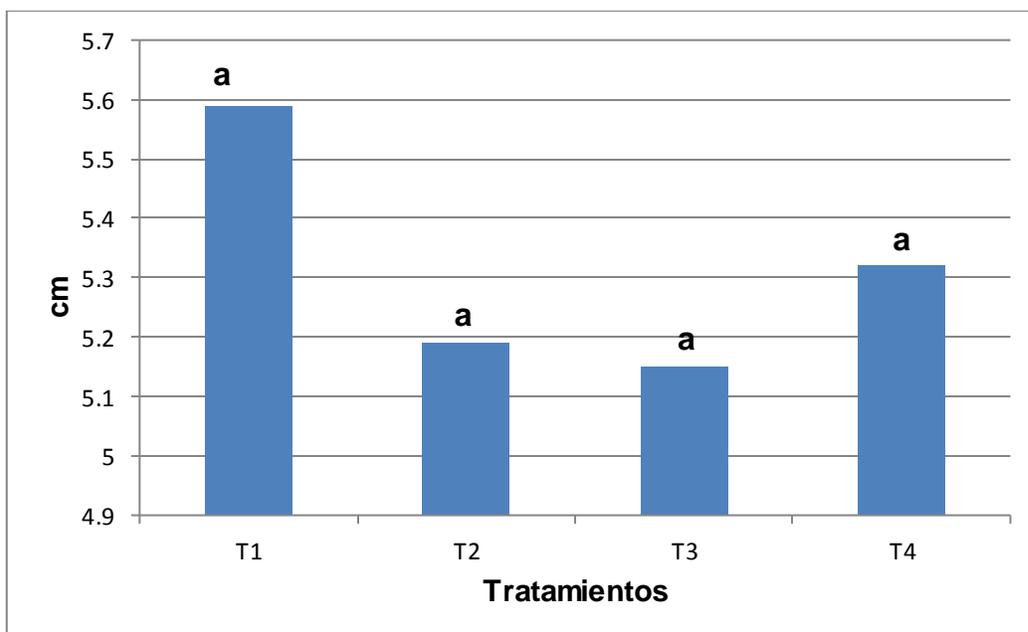


Figura 3. Diámetro polar (cm), de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) resultados de la evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. UAAAN-UL.

De acuerdo al reporte de (Vázquez *et al.*, 2015), al evaluar efecto de la composta y té de composta en el crecimiento y producción de tomate en invernadero. Se evaluó el efecto de dos abonos orgánicos, composta a concentraciones de 3, 4, 5

y 6 toneladas por hectárea y té de composta a concentraciones de 10, 20, 30, 40 y 50 % v/v, para la producción de tomate variedad Hermosa saladette. Obtuvo un valor más alto de 7.19 cm de diámetro polar en comparación con el valor numérico obtenido en este experimento, el cual fue de 5.59 cm correspondiente al T₁ (40% compost).

4.4. Diámetro ecuatorial

El análisis estadístico para el variable diámetro ecuatorial no mostró diferencia significativa entre los tratamientos. El promedio general fue de 4.28 cm. Sin embargo el que mostró un mayor valor numérico fue el T₄, testigo (10%compost) con 4.43, el más alto, mientras que el menor valor lo obtuvo el T₂ (30%compost) con 4.31, como puede observarse en la figura 4.

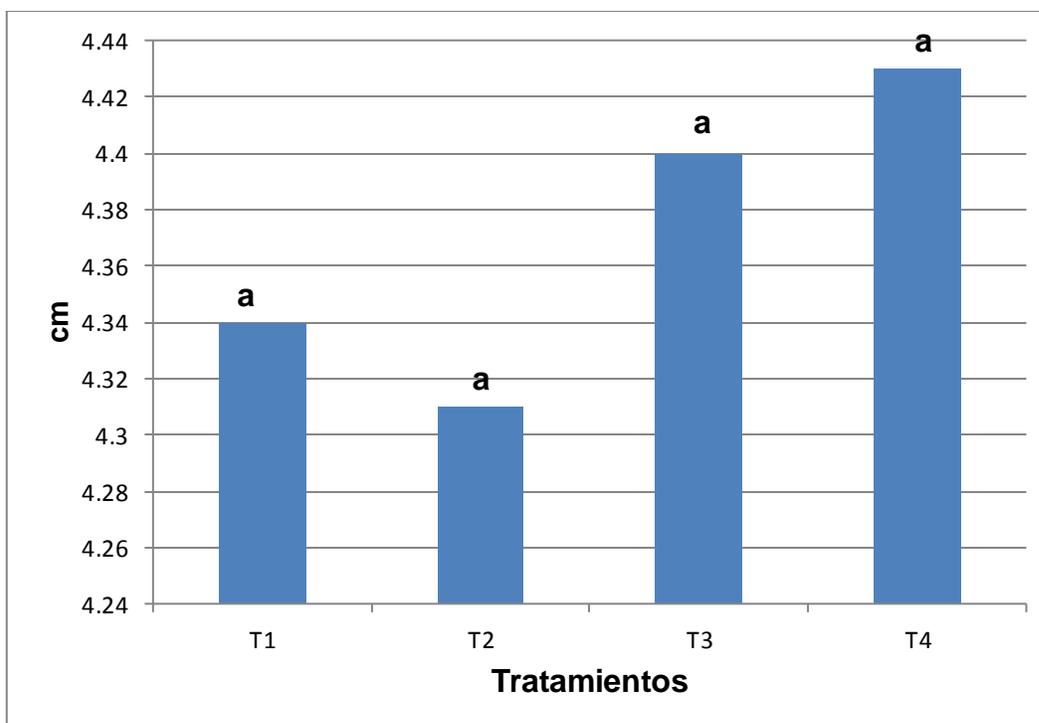


Figura 4. Diámetro ecuatorial (cm), de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) resultado de la evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. UAAAN-UL.

De acuerdo al reporte de (Vázquez *et al.*, 2015), al evaluar efecto de la composta y té de composta en el crecimiento y producción de tomate (*lycopersicon*

esculentum mill.) en invernadero. Se evaluó el efecto de dos abonos orgánicos, composta a concentraciones de 3, 4, 5 y 6 toneladas por hectárea y té de composta a concentraciones de 10, 20, 30, 40 y 50 % v/v, para la producción de tomate variedad Hermosa saladette. Obtuvo un valor más alto de 5,62 cm para diámetro ecuatorial en comparación con el valor numérico obtenido en este experimento, el cual fue de 4,43 cm correspondiente al T₄, testigo (10% de compost).

4.5. Grosor de la pulpa

El análisis estadístico para el variable grosor de pulpa no mostró diferencia significativa entre los tratamientos. El promedio general fue de 0.66 mm. Sin embargo el que mostró mayor valor numérico fue el T₄, testigo (compost: 10) con 0,69 mm el más alto, mientras que el menor valor lo obtuvo el T₁ (compost: 40%) con 0,64 mm como puede observarse en la figura 5.

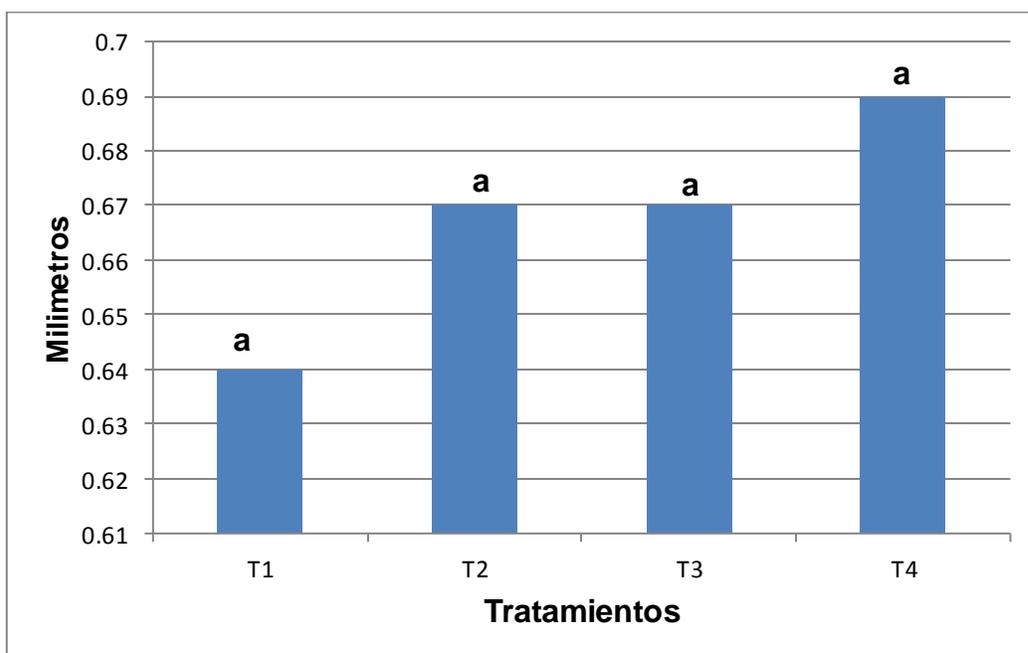


Figura 5. Grosor de la pulpa (mm), de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) resultados de la evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. UAAAN-UL.

De acuerdo al reporte de (Morales, 2015), al evaluar el comportamiento del tomate saladette producido en sustratos orgánicos en mezclas de 30, 20, y 10 % de vermicompost bajo condiciones de invernadero. Obtuvo un promedio general de 0.58 mm en comparación con el valor numérico obtenido en este experimento, el cual fue de 0.69 mm correspondiente al T₄, testigo (10% de compost).

4.6. Variables de producción

4.7. Peso por fruto

El análisis estadístico para el variable peso de fruto no mostró diferencia significativa entre los tratamientos. El promedio general fue de 70.70 gramos. Como se observa en la figura 8.

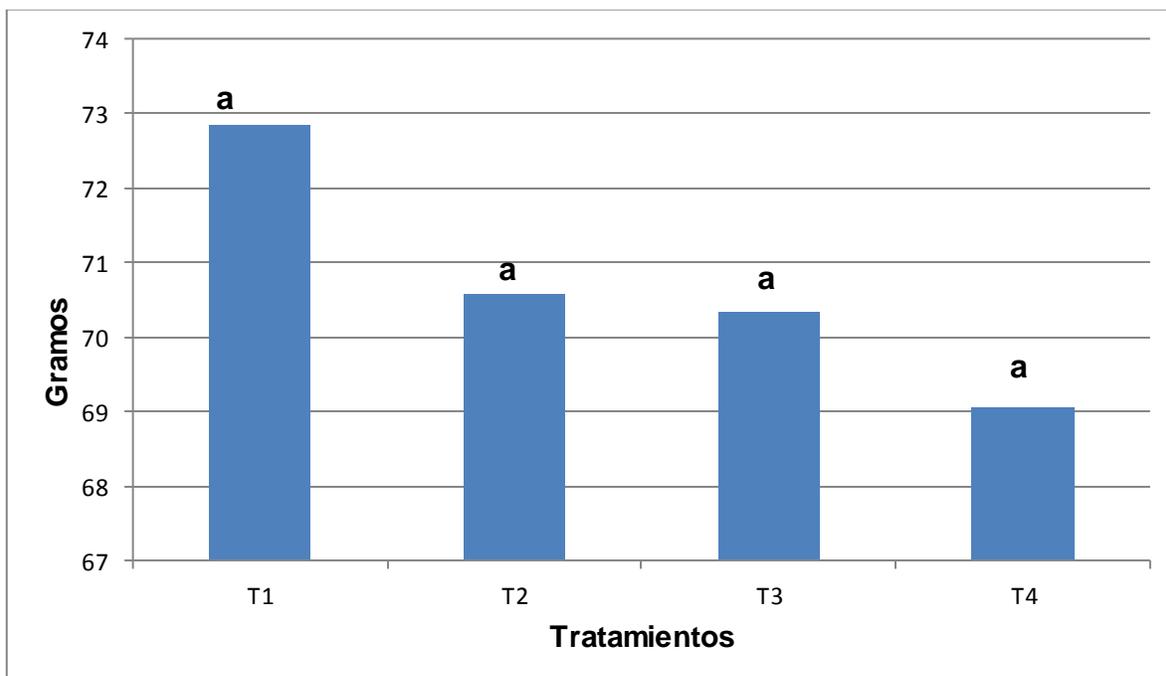
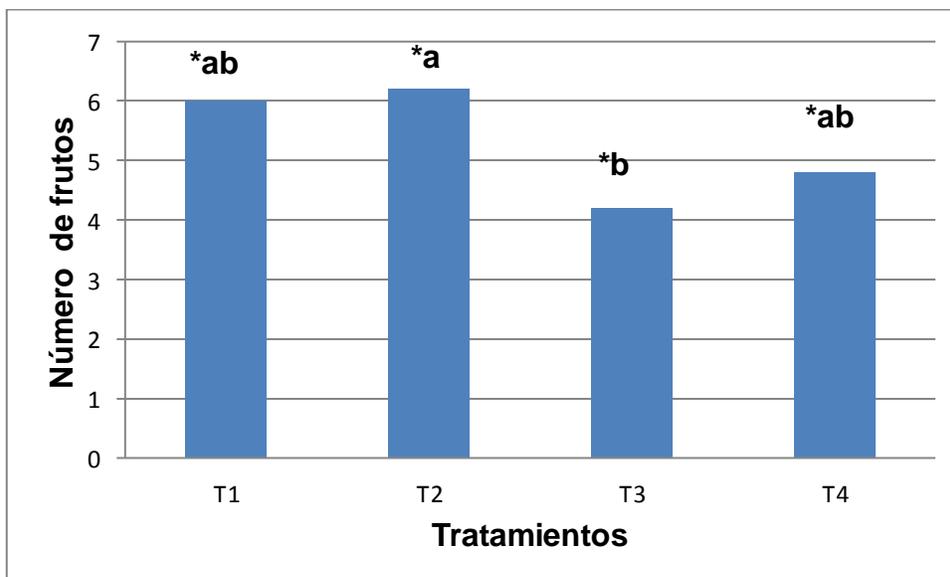


Figura 8. Peso de fruto (g) de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) resultado de la evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. UAAAN-UL.

De acuerdo al reporte de (Márquez *et al.*, 2013), al evaluar rendimiento y calidad de tomate con fuentes orgánicas de fertilización en invernadero, el tratamiento que sobresalió fue T₁ (Compost 50% + arena35% + perlita15% + Steiner). Obtuvo un valor más alto de 96.1 gramos en comparación con el valor obtenido en este experimento, el cual fue de 72,84 gramos correspondiente al tratamiento T₁ (40% de compost). Esta diferencia pudo deberse a que en el presente trabajo solo se evaluaron tres cortes y no se fertilizo con Steiner.

4.8. Número de Frutos

El análisis estadístico para la variable número de frutos, mostró diferencia significativa entre los tratamientos, el tratamiento que presento una mayor número de frutos fue el T₂ (30%compost) 6.2 frutos, el cual es estadísticamente igual al T₁ (40%compost), el menor número de frutos lo obtuvo el T₃ (20%compost) con 4.1 frutos. Como puede observarse en la figura 9.



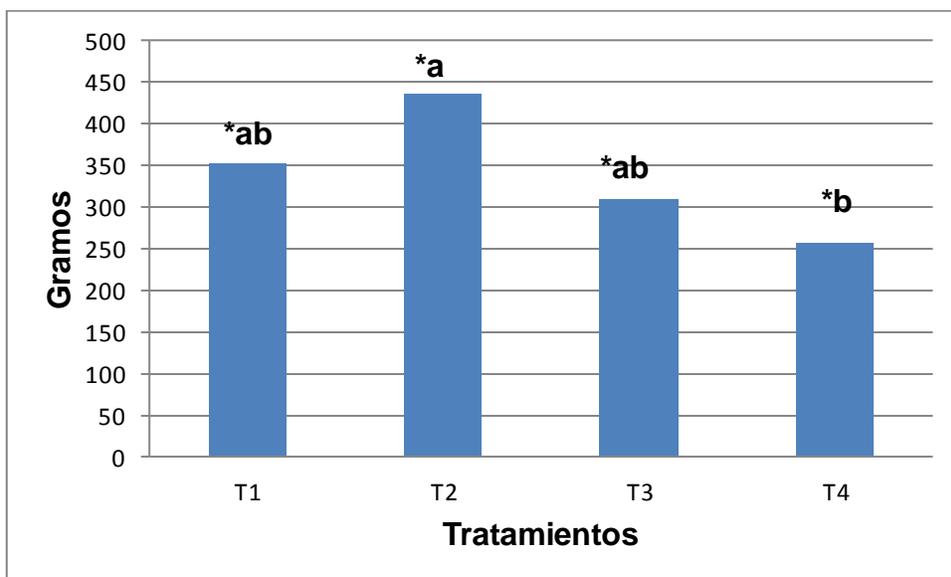
*Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa entre tratamientos

Figura 9. Número de frutos, de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) resultado de evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. UAAAN-UL.

De acuerdo al reporte (Rodríguez *et al* 2012), obtuvieron 37 y 33 frutos por planta al evaluar tomate saladette bajo diferentes porcentajes en sustratos orgánicos. En la fuente de variación sustrato se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), el Vermicomposta al 12.5% + arena y biocomposta al 25% + perlita). Obtuvo el mayor valor con 37.91 frutos por planta. Este resultado difiere del obtenido en el experimento presente ya el T₂ (compost 40%) obtuvo el número máximo de 6.2 frutos, esto pudo ser, debido a que solo se evaluaron tres cortes.

4.9. Peso total del fruto

El análisis estadístico para la variable peso total de fruto, mostró diferencia significativa entre tratamientos, el que obtuvo el mayor peso total de fruto fue el T₂ (30%compost) con 436.4 g, el cual es estadísticamente igual al T₁ (40%compost). Mientras que el T₄ (10%compost) obtuvo el menor peso total de frutos con 250 g. Como se muestra en la figura 10.



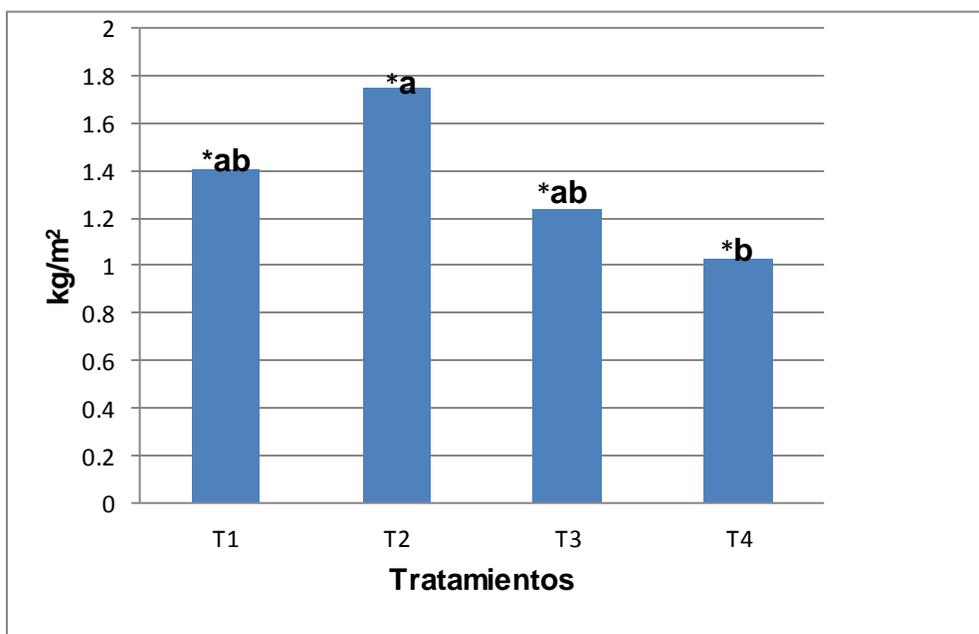
*Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa entre tratamientos

Figura 10. Peso total del fruto (g), de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) resultado de evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. UAAAN-UL.

De acuerdo al reporte de (Márquez *et al.*, 2008), reporta 238.4 g de la media de peso total del fruto al evaluar uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero, utilizando el genotipo Bosky tipo uva. El tratamiento que sobresalió fue vermicomposta al 50% + perlita al 37 y biocomposta al 37.5%. Este resultado difiere del valor obtenido en este experimento, ya que el mayor peso total de fruto fue de 436.4 g, correspondiente al T₂ (30% de compost). Esta diferencia se puede deber a que se evaluaron diferentes tipos de tomate.

4.10. Rendimiento kg/m^2

El análisis estadístico mostró diferencia significativa entre tratamientos para la variable Rendimiento kg/m^2 , el T₂ (30% compost) presentó el mayor rendimiento con 1.7 kg/m^2 . El cual es estadísticamente igual T₁ (40% compost). Mientras que el menor rendimiento lo obtuvo el T₄ (10% compost) con un kg/m^2 como se muestra en la figura 11.



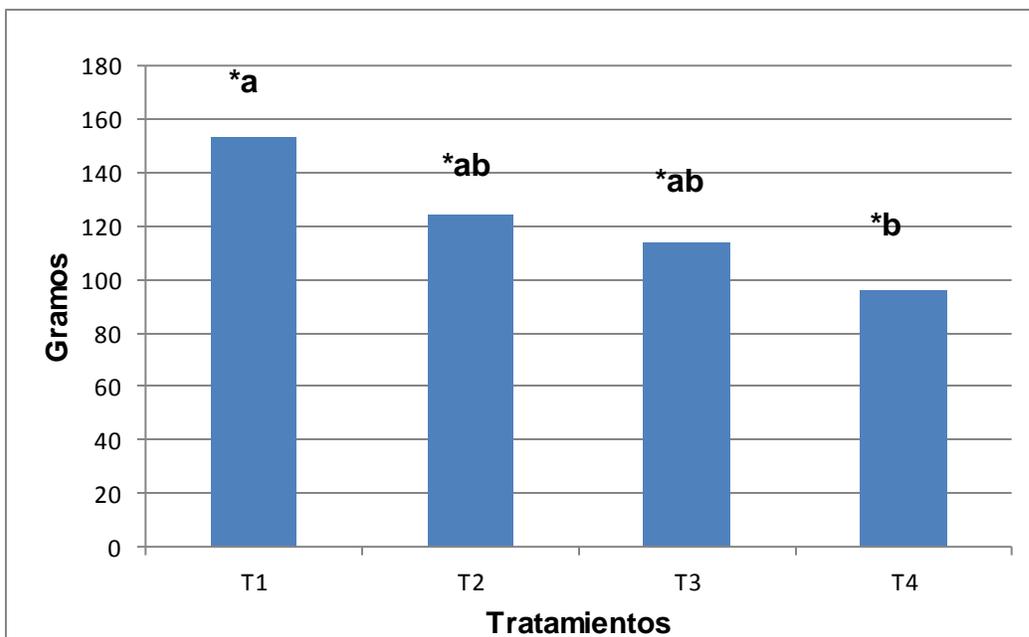
*Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa entre tratamientos

Figura 11. Rendimiento (kg), de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) resultado de evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. UAAAN-UL.

De acuerdo al reporte de (Ortega *et al.*, 2010) al evaluar diferentes sustratos bajo condiciones de invernadero, utilizo tomate tipo saladette, genotipo SUN 7705, obtuvo un valor más alto de 25 kg/m² en comparación con el valor obtenido en este experimento, el cual fue de 1.745 kg/m² correspondiente al T2 (30% de compost). Esta diferencia pudo deberse al material genético evaluado, ya que en este experimento se utilizó la variedad “Rio grande” y solo se evaluaron tres cortes.

4.11. Materia verde

El análisis estadístico para la variable materia verde, mostró diferencia significativa entre los tratamientos, el tratamiento que presento una mayor número de materia verde fue el T₁ (compost 40%) 13 g. Como puede observarse en la figura 7.



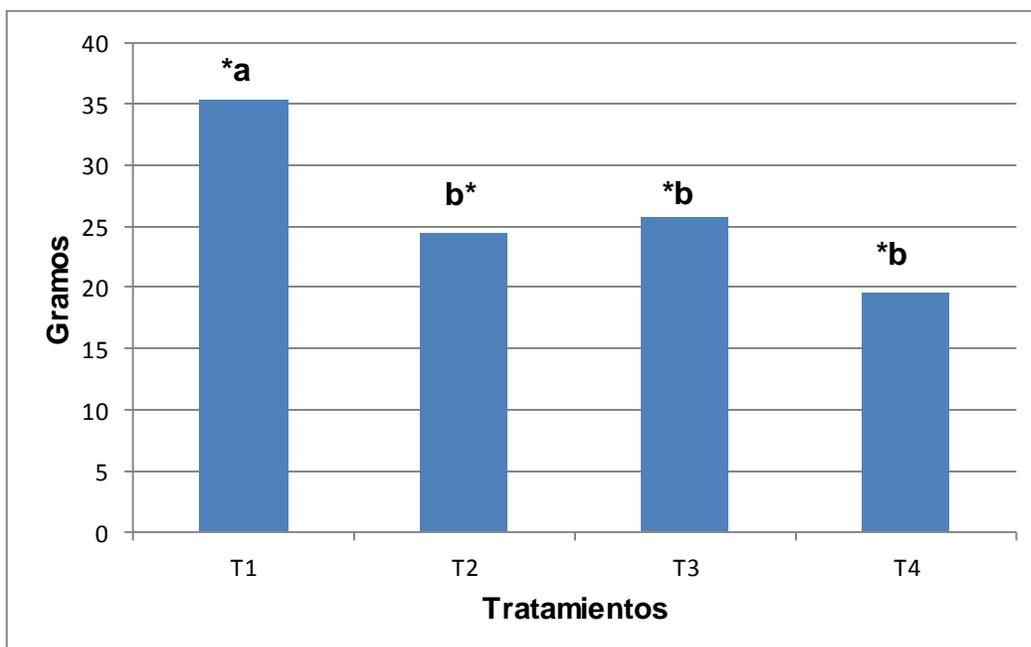
*Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa

Figura 7. Materia verde (g), de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) resultados de evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. UAAAN-UL.

De acuerdo al reporte de (Gandica *et al.*, 2005), al evaluar acumulación de materia seca y balance de nutrientes en tomate en la variable peso total de peso de materia verde, pertenecientes a cuatro cultivares: dos con hábito de crecimiento determinado: el Cid, Dominador, y dos de crecimiento indeterminado: L2 y L3, con fertilización NPK, obtuvo un valor más alto de 344 g, este resultado es diferente al obtenido en el presente trabajo, ya que el máximo valor fue de 156.4 g, T₁ (40% de compost), esta diferencia es quizás debida a la fertilización sintética y al uso de diferentes genotipos.

4.12. Biomasa

El análisis estadístico para la variable materia seca, mostró diferencia significativa entre los tratamientos, el tratamiento que presentó una mayor número de materia seca fue el T₁ (compost 30%) 35 g. Como puede observarse en la figura 6.



*Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa

Figura 6. Biomasa (g), de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) resultado de evaluación de porcentajes de compost en el sustrato en invernadero. UAAAN-UL.

De acuerdo al reporte de (Rodríguez *et al.*, 2007), al evaluar la vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero, utilizo genotipos Big Beef y Red Chief, tipo bola, en la variable peso seco total de hojas y tallo encontró diferencia estadística significativas sobresaliendo el T1 = mezcla de arena + vermicomposta (1:1 v:v) + Micronutrientes quelatizados obteniendo peso seco total de 202.8 g. Este resultado es diferente al obtenido en el presente trabajo, ya que el máximo valor fue de 35 g, esta diferencia es quizás debida a la utilización de Micronutrientes como complemento a los sustratos evaluados, así como a la evaluación de diferente material genético.

V. CONCLUSIONES

Un mayor porcentaje de compost en el sustrato, dan como resultado una mejor producción y un mayor número de frutos en la planta de jitomate, así lo indican los resultados estadísticos, ya que el T₂ (30% de compost en el sustrato) sobresalió en las variables: número de frutos, peso total de fruto y rendimiento.

De la misma manera la biomasa (PSH+PST) y la materia verde se incrementaron, con el tratamiento de mayor porcentaje de compost T₁ (40% de compost) en el sustrato.

Referente al diámetro polar, ecuatorial, grosor de pulpa, peso por fruto y grados Brix son características del fruto que no mejoraron con el mayor porcentaje de compost en el sustrato.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Abanto, R.C., García, S.D., Guerra, Á.W., Murga, O.H., Saldaña, R.G., Vázquez, R.D., y Tadashi, S.R. 2016. Sustratos orgánicos en la producción de plantas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Scientia Agropecuaria, Universidad Nacional de Trujillo Trujillo, Perú, vol. 7, núm. 3, pp. 341-347.
- Alicia Namesny. 2004. Tomates producción y comercio. Ediciones de Horticultura, S.L.Reus. Compendios de Horticultura 15. Imprenta; Novo Print, Barcelona, pp.35-36.
- Arango G., G. P., y Vásquez V., E.M. 2014. Los coleópteros y el compost. Corporación Universitaria Lasallista Antioquia, Colombia. Revista Lasallista de Investigación, vol. 1, núm. 1, pp. 93-95.
- Ascencio, Á. A., López, B. A., Borrego, E. F., Rodríguez H., S. A., Flores., O. A., Jiménez, D. F., y Gámez V., A. J. 2008. Marchitez vascular del tomate: I. Presencia de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en Culiacán, Sinaloa, México, Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. Texcoco, México, vol. 26, núm. 2, pp. 114-120.
- Astier, M. and J. Hollands. 2005. La evaluación de la sustentabilidad de experiencias agroecológicas en Latinoamérica. Ediciones Sustentabilidad y campesinado. Seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica. GIRA A.C. Mundiprensa. D. F. México. p 262
- Álvarez H., J. C. 2012. Comportamiento agronómico e incidencia de enfermedades en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) injertadas, Universidad Nacional de Colombia Palmira, Colombia, vol. 61, núm. 2, pp. 117-125.
- Beltrán M., F. A., García H., J.L., Ruiz E., F.H., Valdez C., R. D., Preciado, R. P., Fortis, H. M., y González, Z. A. 2016. Efecto de sustratos orgánicos en el crecimiento de seis variedades de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Villahermosa, México, Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, vol. 3, núm. 7, pp. 143-149.
- Bolsamzar. 2014. Producción vegetal tomate, pp.2-3, (Fecha de consulta; 18 de Octubre de 2016). Disponible en: www.bolsamza.ar.
- Casanueva, M. K., Fernández, G. E., y Gandarilla, B. H. 2015. *Xiphinema basiri* Siddiqi, un peligro potencial para el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en sistemas de cultivos protegidos Fitosanidad, Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal La Habana, Cuba, vol. 19, núm. 1, enero-abril, pp. 65-68.
- Chemonics, 2008. Manual de cultivo de tomate Chemonics International Inc.p 2-5.

- Cruz C., J. M., Álvarez S., J. M., Soria F., M. de J., y Candelaria, M.B. 2016. Producción de sustratos orgánicos para ornamentales a menor costo que los importados. Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez La Habana, Cuba. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 25, núm. 1, pp. 44-49.
- Cruz-Lázaro, E de la; Estrada B., M.A., Robledo, T. V., Osorio., S. R., Márquez, H. C., y Sánchez, H.R. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato, vol. 25, núm. 1, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Villahermosa, México, pp. 59-67.
- Cruz-Lázaro, Efraín de la; Osorio, O. R., Martínez, M. E., Lozano del Río, Alejandro J.; Gómez, V. A., y Sánchez, H. R. 2010. Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero, vol. 35, núm. 5, Asociación Interciencia Caracas, Venezuela, pp. 363-368.
- Davidson, E. W., B. J. Segura, T. Steele and D. L. Hendrix. 1994. Microorganisms influence the composition of honeydew produced by silverleaf whitefly *Bemisia argentifolii*. J. Insect. Physiol. 40: 1069-1076.
- Fernando Nuez. 2001. El cultivo de tomate. 1ª Edición 1995, reimpresión 2001. Ediciones Mandí-Prensa. Madrid Barcelona México, pp.45-213.
- Fortis, H.M., Preciado, R. P., García H., J. L., Navarro, B.A., González, J. A., y Omaña S., J. M. 2012. Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 3, núm. 6, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México. pp. 1203-1216.
- Gandica, O. H., y Peña, H. 2005. Acumulación de materia seca y balance de nutrientes en tomate (*Solanum Lycopersicum L.*) cultivado en ambiente protegido. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado Barquisimeto, Venezuela. Bioagro, vol. 27, núm. 2, pp. 111-120.
- Guzmán P., R. A., Fajardo F., M. L. García, E. R., y Cadena H., M. A. 2011. desarrollo epidémico de la cenicilla y rendimiento de tres cultivares de tomate en la comarca lagunera, Coahuila, México Agrociencia, Colegio de Postgraduados Texcoco, México, vol. 45, núm. 3, abril-mayo, 2011, pp. 363-378.
- González, A. 2013. Virus emergentes en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*) no presentes en Cuba Fitosanidad, Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal La Habana, Cuba, vol. 17, núm. 3, pp. 167-169.

- Heuvelink, E. 1996. Dry matter partitioning in tomato: validation of dynamic simulation model. *Annals of botany*. pp 77: 71-80.
- Holguín P., R. J. Hernández M., L. G., y Latisnere, B. H. 2010. Identificación y Distribución Geográfica de *Bemisia tabaci* Gennadius y su relación con enfermedades Begomovirales en Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de Baja California, México, Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. Texcoco, México, vol. 28, núm. 1, pp. 58-60.
- ITIS, 2014 Integrated Taxonomic Information System.(Fecha de consulta 10/oct /2016). Disponible en línea <http://www.itis.gov>.
- Jaramillo, N. J., Rodríguez, V., P., Guzmán M., A., Zapata M., A. 2006. El Cultivo de Tomate Bajo Invernadero (*Lycopersicon Esculentum*. Mill) Boletín Técnico 21 (C R P O I C A) Centro De Investigación La Selva Rionegro, Paginas 48, Antioquia, Colombia. Pág. Consultada 27 y 30.
- Castellanos, Z. J. 2009. Manual de producción de tomate en invernadero. Primera reimpresión julio de 2011, impreso en México, pp.34-42. Editado por: intagri, S.C.
- Jiménez, D.F. 2003. Enfermedades del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Ed. Limusa. México, D.F. 102 p.
- Juárez, M. A., de Alba, R. K., Zermeño, G. A., Ramírez H., y Benavides, M. A. 2015. Análisis de crecimiento del cultivo de tomate en invernadero, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México, vol. 6, núm. 5, pp. 943-954.
- López, A. A., López C., C. J., Barois, B. I., Palafox, C. A., y Quiñones, M.E. 2015. Evaluación de lombricomposta y tezontle en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero, vol. 6, núm. 5, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México, pp. 967-975.
- Ortega M., L.A., Sánchez, O.J., Ocampo, M. J., Sandoval, C.E., Salcido R., B.A., y Manzo, R.F. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Universidad Autónoma Indígena de México Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. Ra Ximhai, Vol. 6, Número 3. pp. 339-346.
- Maroto, J. 1994. Horticultura Herbácea Especial. 4ª. Ed. Madrid Ediciones Mundi-Prensa. p 611.
- Márquez, H. C., Cano, R. P., Chew M., Y. I., Moreno, R. A., y Rodríguez, D. N. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero, vol. 12, núm. 2, Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, México, pp. 183-188.
- Moreno, R. A., Aguilar, D. J., y Luévano, G. A. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México, vol. XV, núm. 29, Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C. Torreón, México, pp. 763-774.

- Morales I. 2015. Producción de tomate saladette (*Lycopersicon esculentum Mill.*) con diferentes porcentajes de vermicompost en invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila México.
- Nuez, Fernando. 1995. El Cultivo del Tomate. Ediciones Mundi-Prensa, España, Barcelona: pp 15-41, 45-87.
- Ortego, J. 2006. Actualización de la lista de pulgones (hemiptera: aphididae) de jujuy y salta. Registro de cinara cupressi (buckton) RIA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Buenos Aires, Argentina, vol. 35, núm. 1, pp. 107-120.
- Patrón, I. J-C. 2010. Sustratos Orgánicos: Elaboración, manejo y principales usos. Colegio de posgraduados, Texcoco, México. Fecha de consulta: 1 Octubre de 2016.
- Ramírez, G.M., Santamaria, C. E., Mendez R., J. S., Rios F., J. L., Hernandez S., J. R., y Pedro M., J. G. 2008. Evaluación de insecticidas alternativos para el control de paratrioza (*Bactericera cockerelli B.y L.*) (homoptera: trioziidae) en el cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annum L.*). Universidad Autónoma Chapingo Durango, México, vol. VII, núm. 1, pp. 47-56.
- Rodríguez E., C. A. 2012. Impacto de Tres Frecuencias de Riego Sobre el Comportamiento del Tomate Desarrollado en Sustratos Orgánicos. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila. p 41.
- Rodríguez, D. N., Cano, R. P., Figueroa, V.U., Palomo, G. A., Favela, C. E., Álvarez R., V. de P., Márquez, H. C., y Moreno, R. A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato, vol. 31, núm. 3, Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México, pp. 265-272.
- Rodríguez, D. N. Cano, R. P., Figueroa, V. U., Favela, C. E., Moreno, R. A., Márquez, H. C., Ochoa, M. E., y Preciado, R. P. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero, vol. 27, núm. 4, 327 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México, pp. 319-327.
- Rodríguez, D. N., Cano, R. P., Figueroa, V. U., Palomo, G.A., Favela, C. E., Álvarez R., V. de P., Márquez, H. C., y Moreno, R. A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 31, núm. 3, pp. 265-272.
- Ruiz, M. J., Vicente, A.A., Montáñez S., J.C., Rodríguez, H.R. y Aguilar G., C.N. 2012. Un tesoro percedero en México: el tomate, tecnologías para prolongar su vida de anaquel, Número 54, pp.42-48.

- Rodríguez-Dimas, N.; Cano-Ríos, P.; Favela-Chávez, E.; Figueroa-Viramontes, U.; Paul-Álvarez, V. de; Palomo-Gil, A.; Márquez-Hernández, C.; y Moreno-Reséndez, A. 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, México. Revista Chapingo serie horticultura, vol. 13, núm. 2, pp. 185-192.
- Salazar-Sosa., E.; Trejo-Escañero., H. I.; Vázquez-Vázquez, C.; López-Martínez, J. 2007. Producción de maíz bajo riego por cintilla con aplicaciones de estiércol bovino. Revista Internacional de Botánica Experimental 76: pp 169-185.
- Samperio, R. G. 1999. Hidroponía básica. El cultivo fácil y rentable de las plantas sin tierra. Pp 35, 38 y 45.
- Sánchez F.Y Contreras E. 2000. El cultivo hidropónico de jitomate bajo invernadero, Chapingo, México. Páginas p 20.
- SAGARPA. 2007. Producción de hortalizas a cielo abierto y bajo condiciones protegidas, pag.-16. (Fecha de consulta: 19 de octubre de 2016). Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx>.
- SAGARPA. 2010. Hidroponía rustica. Subsecretaria de desarrollo rural, dirección general de apoyos para el desarrollo rural, pag-5, (fecha de consulta: 14/12/2017). Disponible en: sagarpa.gob.mx.
- SAGARPA. 2010. Monografía de cultivos, pag.-3, (Fecha de consulta: 18 de Octubre de 2016). Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx>.
- Segura-Castruita, Miguel Ángel; Ramírez S., A.R., García, L. G., Preciado, R. P., García H., J. L., Yescas, C. P., Fortis, H.M., Orozco V., J. A., y Montemayor T., J. A. 2011. Desarrollo de plantas de tomate en un sustrato de arena-pómez con tres diferentes frecuencias de riego, vol. 17, núm. 1, Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, México, pp. 25-31.
- SEMARNAT. 2015. Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Región de la Comarca Lagunera 2010-2015, pp. 10-13. (Fecha de consulta: 16 de octubre de 2016). Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx>.
- Soto, G.A., Pallini, A., y Venzon. 2013. Madelaine eficacia del caldo sulfocálcico EN el control de los ácaros Tetranychus evansi Baker & Pritchard Y Tetranychus urticae Koch (Acari: tetranychidae), Universidad de Caldas Manizales, Colombi, núm. 37, pp. 63-73.
- Vázquez, V.P., García L., M. Z., Navarro C., M.C., y García, H. D. 2015. Efecto de la composta y té de composta en el crecimiento y producción de tomate (lycopersicon esculentum mill.) en invernadero, vol. XIX, núm. 36, Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C. Torreón, México, pp. 1351-

- Villegas C., J.R., González H., V.A., Carrillo S., J.A., Manuel Livera, M.M., Sánchez del C.F., y Osuna, E.T. 2004. Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a densidades de población en dos sistemas de producción, 4, Rev. Fitotec. Mex. Vol. 27, Pag.-334.
- Villela, J. D. 1993. El cultivo del tomate. PDA (MAGA-AID), Guatemala. 143 p.<http://www.bolsamza.com.ar/english/mercados/horticola/tomatetriturado/plan.pdf>
- Velásquez, V. R., y Amador, R. 2007. Mario Domingo Pronóstico Histórico de Tizón Tardío en Aguascalientes Investigación y Ciencia. Universidad Autónoma de Aguascalientes Aguascalientes, México, vol. 15, núm. 38, mayo-agosto, 2007, pp. 4-8.
- UNAM. 2015. XX congreso internacional de contaduría, administración e informática. Análisis de las cadenas globales de valor del producto tomate: el caso del sur del estado de sonora, México, pag-3, (Fecha de consulta: 03 de noviembre de 2016). Disponible en: <http://congreso.investiga.fca.unam.mx/>.
- Yescas, C. P., Segura C., M.A., Orozco V., J.A., Enríquez, S.M., Sánchez, S., J.L., Frías R., J. E., Montemayor T., J. A., y Preciado, R. P. 2011. Uso de diferentes sustratos y frecuencias de riego para disminuir lixiviados en la producción de tomate, vol. 29, núm. 4, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México, pp. 441-448.

VII. APENDICE

Cuadro A 1. Análisis de varianza para la variable altura de planta, resultado de la evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum L.*) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadros de medias	F cal.calculada	Pr>significancia
Modelo	3	294.875000	98.291667	1.50	0.2306
Error	36	2356.100000	65.447222		
Total	39	2650.975000			
	$R^2 = 0.111233$	C.V.=11.35830		Media=71.22500	

Tratamiento	Media	Significancia
1	75.25	a
2	71.45	a
3	70.55	a
4	69.65	a

Cuadro A 2. Análisis de varianza para la variable grados °Brix, resultado de la evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum L.*) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadros de medias	F cal.culculada	Pr>significancia
Modelo	3	0.04593000	0.01531000	1.06	0.3774
Error	36	0.51906000	0.01441833		
Total	39	0.56499000			
	$R^2 = 0.081293$	C.V.=2.994050		Media=4.010500	

Tratamiento	Media	Significancia
1	4.06	a
2	4.10	a
3	3.98	a
4	3.98	a

Cuadro A 3. Análisis de varianza para la variable Diámetro polar del fruto, resultado de la evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadros de medias	F.cal.culculada	Pr>significancia
Modelo	3	1.20092750	0.40030917	1.10	0.3604
Error	36	13.06217000	0.36283806		
Total	39	14.26309750			
	$R^2 = 0.084198$	C.V.=11.32735		Media=5.317750	

Tratamiento	Media	Significancia
1	5.59	a
2	5.32	a
3	5.19	a
4	5.15	a

Cuadro A 4. Análisis de varianza para la variable Diámetro ecuatorial, resultado de la evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadros de medias	F cal.culculada	Pr>significancia
Modelo	3	0.08888000	0.02962667	0.26	0.8521
Error	36	4.06676000	0.11296556		
Total	39	4.15564000			
	$R^2 = 0.021388$	C.V.=7.685879		Media=4.373000	

Tratamiento	Media	Significancia
1	4.34	a
2	4.31	a
3	4.40	a
4	4.43	a

Cuadro A 5. Análisis de varianza para la variable grosor de pulpa resultado, evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum L.*) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadros de medias	F calculada	Pr>significancia
Modelo	3	0.01202750	0.00400917	0.74	0.5326
Error	36	0.19385000	0.00538472		
Total	39	0.20587750			
	$R^2 = 0.058421$	C.V.=10.96461		Media=0.669250	

Tratamiento	Media	Significancia
1	0.6	a
2	0.6	a
3	0.6	a
4	0.6	a

Cuadro A 6. Análisis de varianza para la variable peso de fruto resultado, evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum L.*) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadros de medias	F calculada	Pr>significancia
Modelo	3	74.320130	24.773377	0.19	0.9006
Error	36	4624.540020	128.459445		
Total	39	4698.860150			
	$R^2=0.015817$	C.V.=16.02941		Media=70.70750	

Tratamiento	Media	Significancia
1	72.84	a
2	70.58	a
3	70.33	a
4	69.06	a

Cuadro A 7. Análisis de varianza para la variable número de frutos, resultado de la evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadros de medias	F cal. calculada	Pr>significancia
Modelo	3	22.55000000	7.51666667	4.23	0.0221
Error	16	28.40000000	1.77500000		
Total	19	50.95000000			
	$R^2 = 0.442591$	$C.V.=26.38201$		$Media=5.050000$	

Tratamiento	Media	Significancia
1	6.2	a
2	6.0	ba
3	4.2	b
4	3.8	b

Cuadro A 8. Análisis de varianza para la variable peso total de frutos, resultado de la evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadros de medias	F cal. calculada	Pr>significancia
Modelo	3	86429.4000	28809.8000	3.57	<0.0378
Error	16	129108.8000	8069.3000		
Total	19	215538.2000			
	$R^2=0.400993$	$C.V.=26.52178$		$Media=338.7000$	

Tratamiento	Media	Significancia
1	351.60	ab
2	436.40	a
3	310.40	ab
4	256.40	b

Cuadro A 9. Análisis de varianza para la variable rendimiento total por hectárea resultado de la evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum L.*) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadros de medias	F cal.culculada	Pr>significancia
Modelo	3	138287040.0	46095680.0	3.57	<.0378
Error	16	206574080.0	12910880.0		
Total	19	344861120.0			
	R ² =0.400993	C.V.=26.52178		Media=13548.00	

Tratamiento	Media	Significancia
1	21120	a
2	170440	b
3	13776	b
4	9504	c

Cuadro A 10 Análisis de varianza de Biomasa total de (PSH-PST) (g) resultado de la evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum L.*) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadros de medias	F cal.culculada	Pr>significancia
Modelo	3	657.8000000	219.2666667	11.23	<.0003
Error	16	312.4000000	19.5250000		
Total	19	970.2000000			
	R ² =0.678005	C.V.=16.80118		Media=26.30000	

Tratamiento	Media	Significancia
1	35.400	a
2	25.800	b
3	24.400	b
4	19.600	b

Cuadro A 11 Análisis de varianza de materia verde (g) resultado de la evaluación de la productividad de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero con porcentajes de compost en el sustrato. Ciclo primavera-verano. UAAAN-UL, 2016. Torreón Coahuila.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadros de medias	F cal.culculada	Pr>significancia
Modelo	3	8690.95000	2896.98333	5.25	<.0102
Error	16	8801.60000	550.10000		
Total	19	17492.55000			
	R²=0.496837	C.V.=19.24843		Media=121.8500	

Tratamiento	Media	Significancia
1	153.40	a
2	124.40	b
3	113.60	b
4	96.00	b