

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación de Sustratos en el Comportamiento Agronómico y Rendimiento de
Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Condiciones de Invernadero

Por:

JOSÉ LUIS GUZMÁN DÍAZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre, 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación de Sustratos en el Comportamiento Agronómico y Rendimiento de
Tomate (*Solanum lycopersicum L.*) en Condiciones de Invernadero

Por:


JOSÉ LUIS GUZMÁN DÍAZ

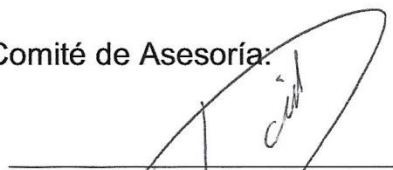
TESIS

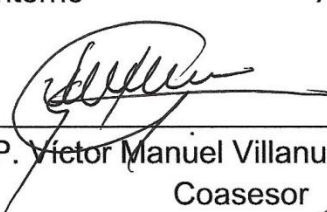
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Asesor Principal Interno


Dr. David Sánchez Aspeytia
Asesor Principal Externo


M.P. Victor Manuel Villanueva Coronado
Coasesor


Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México
Diciembre, 2017

INDICE DE CONTENIDO

Descripción	Pág.
INDICE DE CONTENIDO.....	I
INDICE DE CUADROS.....	II
INDICE DE FIGURAS.....	III
DEDICATORIAS.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	VI
RESUMEN	VII
INTRODUCCION	1
Objetivo.....	3
Hipótesis.....	4
REVISION DE LITERATURA	5
Sustratos de hortalizas.....	5
Sustratos.....	5
Clasificación de sustratos.....	6
Tipos de sustrato.....	8
Producción de tomate a cielo abierto e invernadero.....	14
Propiedades físicas.....	17
Propiedades químicas.....	19
Fertiriego.....	21
Macro elementos.....	22
Micro elementos.....	24
Tomate.....	25
Importancia mundial y nacional.....	27
MATERIALES Y METODOS	31
Localización de las Áreas de Estudio.....	31
Material Genético.....	31
Producción de Plántula.....	32
Trasplante en condiciones de invernadero.....	32
Manejo agronómico.....	33
Parámetros evaluados.....	36
Diseño Experimental.....	38
Análisis estadístico.....	39
RESULTADOS Y DISCUSION	41
Comparación de medias y cuadrados medios del ANVA para la variable de clorofila.....	41
Comparación de medias y cuadrados medios del ANVA para la variable de altura de planta.....	44
Comparación de medias y cuadrados medios del ANVA para las variables agronómicas.....	48
CONCLUSIONES	52
LITERATURA CITADA	54

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Descripción	Página
2.1	Ventajas y desventajas de la fibra de coco.....	10
2.2	Ventaja y desventaja de los invernaderos.....	16
2.3	Función y deficiencia de los macro elementos en el desarrollo de la planta.....	22
2.4	Función y deficiencia de los micro elementos en el desarrollo de la planta.....	24
3.1	Arreglo de sustratos por tratamientos.....	32
3.2	Croquis de los tratamientos evaluados en el cultivo de tomate.....	40
4.1	Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable de clorofila en las 16 fechas para el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en el CESAL-INIFAP en 2016.....	42
4.2	Cuadrados medios del análisis de varianza para altura de planta en tomates producidos en diferentes sustratos bajo condiciones de invernadero en el CESAL-INIFAP en 2016.....	46
4.3	Cuadrados medios de los análisis de varianza para las variables agronómicas en la producción de tomate producidas en diferentes sustratos y condiciones de invernadero en el CESAL-INIFAP, en 2016.....	49

INDICE DE FIGURAS

Figura No.	Descripción	Página
2.1	Imágenes e sustratos de peat moss.....	11
2.2	Los principales estados productores de tomate en México.....	28
4.1	Dispersión de la variable de clorofila evaluada en el cultivo de tomate producido en cinco sustratos en condiciones de invernadero en el CESAL-INIFAP en 2016	45
4.2	Efecto de la altura de plantas en tomates producidos en diferentes sustratos bajo condiciones de invernadero en el CESAL-INIFAP en 2016	47
4.3	Comparación de medias de las variables agronómicas en frutos de tomate producidos en diferentes sustratos bajo condiciones de invernadero en el CESAL-INIFAP en 2016	51

DEDICATORIAS

A mis padres:

Sr. José Luis Guzmán Rivera

Sra. Onécima Díaz Santizo

Que orgulloso me siento de ser parte de ustedes, de llevar su sangre, sus genes, por ser mi motor, gracias a ambos, por darme la vida, el cariño, comprensión, por siempre estar conmigo cuando más los necesito y que a lo largo de este tiempo han sabido formarme con principios y valores de la manera más correcta posible, gracias a la educación ejemplar que me dieron se ve reflejado con la conclusión de mi carrera profesional, solo les digo que este es el principio de muchos logros que vendrán y que juntos llenos de satisfacción gozaremos.

“Gracias papas, dios los bendiga siempre, los amo infinitamente y este Logro lo dedico a ustedes”

A mis abuelitos:

Paternos

Sr. Dámaso Guzmán Roblero

Sra. Juana Rivera Bravo (+)

Maternos:

Sr. Blas Díaz Roblero

Sra. Leví Santizo Calderón

Mejores abuelos no podría tener, los amo y los llevo en lo más profundo de mi corazón, aunque con algunos no hemos compartido mucho tiempo de alegrías, siempre serán mi motor en mi vida, gracias por sus buenos consejos y apoyos motivacionales.

A mis hermanos:

Dámaso Francisco, Ronaldo Andrey, Carlos Emanuel y Blas Imanol:

Me siento muy contento de ser el hermano mayor y muy afortunado de tenerlos como parte de mi familia, nunca los cambiaría por nada, gracias por ser mi fuente de inspiración y quiero que sepan que por ustedes doy todo y sé que juntos saldremos adelante, venciendo las adversidades, en especial a la consentida de todos nosotros, nuestra hermanita **María de Jesús (Marichuy)** por la felicidad, bendición y alegría de tenerte entre nosotros, con mucho respeto para ustedes y sé que siempre estaremos unidos como ahora.

A mis tíos:

Manolo, Blas, Licho, Amadeo, Isabel, Abel, Timoteo, Isidro, Pablo, gracias por todo el cariño y buenos consejos motivacionales para seguir adelante, en especial a Eudulio (tío lulin) hasta el cielo viejón, con todo amor y cariño para ustedes.

A mis tías:

Mary, Aida Berta, Arny, Nayhelli, Idolina, Eloísa, Exolina, Magda, Cristobalina, Lucia, Salome (+), tía tolita) (+), gracias de todo corazón por sus muestras de amor y cariño que me demuestran.

A mis primos:

Uriber (macaco), Ligman, Cristian, Oneguer, Juanito, Alan, Eulmar (puma), Mashin, Carlos, Yener, Lizmar, Brandon, Elmer, Azael, Amadeo, Diego, a los gemelos, Evaristo, Moisés, Henry y en especial a Jordán amir (el cholo) con todo respeto y cariño para ustedes.

A mis primas:

Citlalli, Vanesa, Yadí, Roxana, Denise, Amparito, Lupita, Lulú, Erika, Paola, Damaris, Daniela (la obi), Janita, Yancí, Berenice, Juanita, Deysi, Yareni, May, Esperanza, Laura y Xiomara, gracias por las muestras de cariño hacia mí, las quiero mucho.

A mis compañeros que colaboraron en este trabajo: Nicolás, Andrés, Froilán, Elvis, Carmen y Rafael; por los buenos momentos compartidos, por brindarme su amistad en todo este proyecto en realidad muchas gracias que dios los bendiga siempre.

A mis amigos: Wilmar, Wilver, Diblain, Arael, Rebeca, Yuriana, Estanislao, Andrés (Ieshito), Mayo(mao), Genaro (quiri), Clisman, Abel, Rodrigo, Samuel y Vidal (las zarigüeyas) , a mis compas Los Galleros (Jilo, Aldrin, Adrian, Goyo, Saúl, Carlos, Soiver, Enrique y Chirris), a mis amigos de universidad: Dianer, Miguel, Los Campeche, Manzano, Eden, Isaac, Lenner, Alexis Albores, Edgar (Plan D), David Pasarán, Jonathan Sampayo, Edilvar y a mis amigos de la sociedad de alumnos 2016-2017 (Emilio, Bulmaro, Carlos, Micaela, Gaby, Nancy, Miriam y Soledad a todos ellos gracias por la amistad y el cariño brindado

Y a todas aquellas personas valientes que han muerto luchando por la justicia y la igualdad de su pueblo y sus familias

“Gracias a todos”

AGRADECIMIENTOS

A DIOS PADRE por darme la vida y siempre cuidar de mí y mi familia, agradecido por llegar a culminar una etapa muy especial en mi vida, por ser mi guía y siempre bendecirme.

A mis padres, hermanos y hermana por siempre apoyarme en todo y estar siempre deseándome lo mejor.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, mi “**Alma Terra Mater**” por cobijarme durante toda mi estancia, en especial al Departamento de Fitomejoramiento y maestros que lo componen, por la enseñanza recibida, gracias por formar personas comprometidas con el agro mexicano.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en especial al Dr. David Sánchez Aspeytia por su amabilidad y calidad de persona, el cual me permitió realizar este trabajo de investigación, aparte por las asesorías recibidas para la colaboración de este trabajo

Con mucha admiración y respeto para el Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo por asesorarme en mi tesis y confiar en mí, al igual por brindarme su amistad y compartir sus conocimientos, por la calidad de ser humano que dios siempre lo tenga fuerte y confortable de salud, a él y toda su apreciable familia.

Al M.P Víctor Villanueva Coronado por su colaboración en la revisión en este trabajo y por las asesorías brindadas.

Al Ing. Jorge Cansino e Ing. Denise R. Guzmán, orgulloso de que sean mis primos, estoy enteramente agradecido con ustedes, por los tantos momentos de apoyo incondicional, por los muchos ratos de convivencia familiar que pasamos y seguiremos pasando, saben que los estimo y quiero mucho.

Al Ing. Leonel Pérez Gómez mi paisano que desde mi llegada a Saltillo me recibió con mucho afecto como un hermano y buen ser humano, siempre estaré agradecido.

Los datos de la presente tesis son propiedad del campo experimental Saltillo (CESAL) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

RESUMEN

La producción de tomate bajo condiciones de invernadero genera divisas de mayor valor a las de producir a campo abierto, esto debido a que las plantas se adaptan mejor creando condiciones controladas y generando un mejor rendimiento. El presente trabajo se desarrolló en el CESAL-INIFAP en 2016, evaluando cinco sustratos en invernadero para conocer el comportamiento agronómico y el rendimiento en el cultivo de tomate, el genotipo evaluado fue el CESALDAVID de tipo saladette en nivel de endogamia C2 (F4). Los sustratos fueron: peat moss(T1), heno de mota normal (T2), tierra con vermiculita (T3), heno de mota con composta (T4) y fibra de coco (T5) cada uno de estos con tres repeticiones, las variables a evaluar fueron: clorofila (CL), altura de planta (AP), grados Brix(GB), número de racimos por planta (NRP), número de frutos por racimo (NFR), peso de fruto (PF) y rendimiento (R). Para determinar el análisis estadístico se empleó el paquete estadístico (SAS) versión 9.0. Los resultados mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en cada una de las variables evaluadas, estas diferencias se hicieron presentes en la clorofila en las fechas 1 y 5 resaltando a la fibra de coco al igual que en el rendimiento, seguidos del peat moss y al heno de mota con composta, sin embargo, estas no obtuvieron diferencias estadísticas para las otras variables.

Palabras claves: *Solanum lycopersicum* L., invernadero, sustrato, clorofila, INIFAP, rendimiento.

INTRODUCCION

El jitomate (*Solanum lycopersicum L.*) es uno de los cultivos más importantes de México y el mundo, es originario de América del sur, 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 significa tomate de ombligo. Esencial para la comida en el uso de salsas, bebidas y principalmente su consumo en fresco.

Unas de las mayores problemáticas en la producción de tomate es debido a problemas de plagas y enfermedades, altos costos de producción, fluctuaciones en precios internacionales, cambio de divisa desfavorable y disponibilidad de recursos hídricos limitada, afectando a pequeños productores, también se ha producido un cambio gradual pero intensivo de una producción en campo abierto a una producción de agricultura protegida.

Durante los últimos años, el cambio climático ha sido una problemática para los productores del campo sobre todo los cultivos de temporal por la presencia de alta y bajas temperaturas que en ciertas regiones no se daban, por lo que orientan al productor a usar tecnologías más avanzadas para evitar pérdidas en

su cultivo. El tomate a nivel mundial es considerado como la segunda hortaliza de mayor importancia, por su consumo, producción, valor comercial y fuente de empleo.

En México, el cultivo cobra relevancia económica y social generando divisas y empleos, los sistemas de producción de esta hortaliza se han ido diversificando con el fin de incrementar el rendimiento, incorporando tecnologías novedosas como cubiertas plásticas, riego por goteo e hidroponía, así como también el uso de sustratos.

Por lo anterior, los sustratos son uno de los principales factores que determinan el éxito del cultivo, pues constituyen el medio en que se desarrollan las raíces, las cuales tienen gran influencia en el crecimiento y desarrollo de las plántulas, esperando con ello optimizar la producción y reducción de costos bajo agricultura protegida o a campo abierto.

Por esta razón, los sustratos más utilizados en el cultivo de tomate y que han mostrado buenos resultados en el crecimiento, desarrollo y producción son muy costosos económicamente, por lo que es necesario la búsqueda de sustratos que proporcionen un adecuado rendimiento y de bajo costo para el cultivo bajo condiciones de invernadero y sean una alternativa de producción que sea igual o superior a los sustratos más benignos para el cultivo, generando así

beneficios para el agricultor al reducir sus costos y no afecten sus rendimientos y calidad del producto.

En este sentido, existen en el mercado diversos sustratos que se utilizan para la producción comercial de tomate, sin embargo en el noreste de México, y en las áreas de bosques, existe una plaga vegetal denominada heno de mota, la cual es considerada indeseable para los arboles forestales, motivo por el cual los agricultores y/o habitantes realizan actividades de descontaminación de árboles eliminando esta plaga llamada heno de mota, la cual es propagada abundantemente, sin embargo, desde hace pocos años, investigadores del CESAL-INIFAP en conjunto con los productores están buscando darle una utilidad a esta “plaga” mediante la formación de sustratos para especies hortícolas como el tomate. Por esta razón, el presente trabajo de investigación consiste en conocer el comportamiento del heno de mota de estas áreas boscosas y compararlo con otros sustratos en el desarrollo del cultivo de tomate, teniendo los siguientes:

Objetivos:

- Evaluar diversos sustratos en el cultivo de tomate y comparar el comportamiento de heno de mota como sustrato y determinar su eficiencia, desarrollo del cultivo, eficiencia fenológica y rendimiento del tomate.

- Determinar su eficiencia en la producción de clorofila y su correlación con el rendimiento de tomate en los sustratos evaluados.

Hipótesis:

- No existen diferencia en el comportamiento agronómico y de rendimiento de tomate evaluado en diferentes sustratos bajo condiciones de invernadero.
- No existe diferencias de clorofila en base a las etapas fenológicas del cultivo de tomate producido bajo diferentes sustratos bajo condiciones de invernadero.

REVISIÓN DE LITERATURA

Los Sustratos en Hortalizas

Actualmente en México se están extendiendo rápidamente los sistemas de producción de frutos o partes comestibles de hortalizas en condiciones de invernadero. El sistema más comúnmente utilizado es el producir utilizando sustratos con o sin recirculación de la solución nutritiva. Para ello es indispensable tener ciertos conocimientos de los sustratos, los cuales se están generalizando en los sistemas de agricultura protegida para la producción de las hortalizas.

Sustratos

Se define a los sustratos como aquellos materiales que son productos puros o mezclados que son empleados para reemplazar al suelo y proveer las condiciones más adecuadas a las plantas, varios autores han definido el término sustrato, algunas amplias y otras concretas, por ejemplo. Miranda (1999) define a un sustrato como aquel que actúa única y exclusivamente como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de absorción y fijación de los nutrientes. Mientras que Burés (1998) dice que un sustrato es todo aquel material sólido distinto del suelo, ya sea natural o de síntesis, residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor en forma pura o mezclada, permite el

anclaje del sistema radicular de la planta, desarrollando la función de soporte de la misma.

Desde el punto de vista hortícola, Abad *et al.* (2005) determinaron que la finalidad del sustrato en un cultivo es la de producir una planta con cosecha abundante y de buena calidad, en el período de tiempo más corto posible y con los menores costos de producción. Además, mencionan los mismos autores que el sustrato utilizado no debe provocar un impacto ambiental de importancia económica, sin mencionar la importancia ecológica y sanitaria,

La elección del tipo de sustrato a utilizar depende de las características del cultivo a implantar, de la instalación y de las variables ambientales que prevalezcan. Además, se deben tener en cuenta las prácticas de manejo agronómico, de tal forma que se obtengan los resultados esperados. Para ello debemos tener en cuenta otros aspectos, como pueden ser de diversas clasificaciones y/o tipos de sustratos.

Clasificación de sustratos

Según Ansorena (1994), Alarcón (2000) y Abad *et al.* (2005) se pueden establecer diferentes clasificaciones de sustratos:

Por su Origen:

Naturales: la gran mayoría de los sustratos son de origen natural y se pueden dividir en:

- **Orgánicos**: De procedencia animal o vegetal; por ejemplo, turbas, fibra de coco, corteza de pino, cascarilla de arroz, aserrín, paja, compost, entre otros.
- **Inorgánicos o minerales**: Generalmente son inertes desde el punto de vista químico y se dividen a su vez en:

A. Los que se usan sin ningún proceso previo, aparte de la homogenización, se obtienen a través de rocas o minerales. No son biodegradables y granulométrica: gravas, arenas, puzolana (piedra volcánica), picón (roca volcánica porosa del grupo de las pumitas (piedra pómez)), escoria de carbón, etc.

- **Sustratos para cultivos hortícolas y flores de corte**: Los que sufren algún tipo de tratamiento previo, generalmente a elevada temperatura, que modifica totalmente la estructura de la materia prima: Lana de roca, perlita, vermiculita, arcilla expandida.

- **Artificiales o Sintéticos**: Espumas de poliuretano y poli estireno expandido, entre otros.

B. Según el tamaño de las partículas (Granulometría).

- Partículas < 3 mm de diámetro: Arena, perlita, plásticos o lana de roca.

- Partículas > 3 mm de diámetro: Grava, basalto, piedra pómez o lavas.

C. Según su actividad química

- **Inertes:** Si no reaccionan químicamente con la solución nutritiva, presentan muy baja o nula capacidad de intercambio catiónico (CIC) y su misión es únicamente el anclaje de la planta y mantener una adecuada relación aire/agua, como lana de roca, perlita, arena silíceas, gravas, rocas volcánicas, etc.
- **Químicamente activos:** Cuando reaccionan con la solución nutritiva o reteniendo nutrientes. Presentan generalmente elevada CIC, como turbas, fibra de coco, compost o vermiculita.

Para esto es importante conocer los tipos de sustratos, como influyen en la capacidad de retención de nutrientes y que la planta pueda desarrollarse durante toda la etapa fenológica y por ende aumente su producción.

Tipos de sustratos para hortalizas

En la actualidad existe mucha variedad de sustratos que son esenciales para las plantas y que además aportan nutrientes que son de gran beneficio, la gran mayoría de los agricultores no están enterados de los beneficios que estos sustratos aportan, tales sustratos no están al alcance de muchos productores

del medio rural. Sin embargo, la elección de un sustrato es trascendental, permite proporcionar las condiciones apropiadas al cultivo para el crecimiento de sus raíces (Ocampo *et al.*, 2005). A continuación, se muestran los sustratos más utilizados que proporcionan los mayores rendimientos y son de gran beneficio a los cultivos.

a. Fibra de coco: Es un subproducto industrial de origen vegetal, presenta enormes ventajas para ser empleado como sustrato en cultivos sin suelo en hortalizas, Tiene una muy buena capacidad de retención de agua hasta tres o cuatro veces su peso, un pH ligeramente ácido (6.3 a 6.5) y a la vez buena capacidad de aireación. El polvo de coco llega a la fábrica prensado en grandes bloques, se suelta mediante una serie de lavados con aguas enriquecidas en nitratos de cal, una vez suelto el polvo se procede a su envasado en sacos o también llamadas tablas o bolis (Urrestarazu, 2000). El uso de este sustrato orgánico se ha extendido desde los Países Bajos, España, Israel, Japón, Turquía, Corea y México. Las ventajas de sus aplicaciones se relacionan con un ahorro del 30% en el consumo de agua y nutrientes, así como la facilidad de su manejo, Una ventaja adicional de estos materiales es la reutilización de los contenedores de siembra hasta por tres ciclos de producción. En el Cuadro 2.1 se presenta las ventajas y desventajas del sustrato a base de fibra de coco.

Cuadro 2.1 Ventajas y desventajas del sustrato de la fibra de coco.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Es un subproducto natural y orgánico procedente del coco. No contamina ni consume energía. • Tiene una gran capacidad de aireación y retención de agua. • Se puede escoger entre varias granulometrías, según lo que cultivemos. • Tiene un pH estable, entre 5.5 y 6.5. • Ofrece una rápida respuesta cuando se pretende corregir una carencia mineral. • Se rehidrata fácilmente, por lo que la respuesta al estrés hídrico es rápida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Solucionar el problema de la salinidad. puede ser más caro que otros sustratos (aunque con agua se expande y hay mucha superficie de cultivo). • Dependiendo de la calidad del agua, puede retener con facilidad sales. • No aporta tantos elementos minerales como otros sustratos.

b. Peat Moss: Es un musgo que pertenece al género *Sphagnum*, el cual cuenta con otras especies de musgos que van de las 150 a 350 diferentes, comúnmente conocidos como musgos de turbera (peat moss). Se forman en regiones nórdicas con pantanos, de una masa esponjosa y ligera en la que se pueden observar los componentes vegetales que la originaron. Debido a su estructura celular, retiene 20 veces su peso en agua debido a su buena capacidad de aireación en la raíz, el nivel de capacidad de aireación óptimo varía entre un 20% y un 30%, esto se define como la proporción del volumen de oxígeno que se encuentra

disponible en el sustrato, después de que éste se haya saturado de agua y haya terminado de drenar. Durante todo este proceso, la raíz de la planta tiene una respiración adecuada y por ello su importancia al tener una estructura estable.

Fernández *et al.*, (2006) mencionan que uno de los sustratos más utilizados para la producción de plántulas en el ámbito mundial es la turba de musgo; sus características físicas, químicas y biológicas permiten una excelente germinación y crecimiento de las plántulas, pero su costo elevado y explotación no sostenible han comenzado a restringir su uso.



Figura 2.1. Imágenes del sustrato peat moos.

c. Perlita. Material obtenido como consecuencia de un tratamiento térmico a unos 1000 - 1200°C de una roca silíceo volcánica del grupo de las riolitas. Se presenta en partículas blancas cuyas dimensiones varían entre 1.5 y 6 mm, con una densidad baja, en general inferior a los 100 kg m³. Posee una capacidad de retención de agua de hasta cinco veces su peso y una elevada porosidad; su Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es prácticamente nula (1.5 - 2.5 meq 100^{-1g}); su durabilidad está limitada al tipo

de cultivo, pudiendo llegar a los 5-6 años. Su pH está cercano a la neutralidad (7-7.5) y se utilizan a veces, mezclada con otros sustratos como turba, arena, etc. (Miranda, 1999).

d. Estiércol de bovino: El estiércol de bovino es uno de los más utilizados en México debido a que es de origen natural, muy conocido por los agricultores, ya que aporta nutrientes al suelo y por ende una buena capacidad de aireación a las plantas. Debido a sus características físicas, químicas y biológicas permiten una excelente germinación y crecimiento, el cual se utiliza de forma solarizada para disminuir la cantidad de microorganismos patógenos (Ocampo *et al.*, 2005).

e. Cascarilla de arroz: El grano de arroz (*Oryza sativa* L.) se encuentra dentro de una cascarilla. Formada por las glumillas adheridas al grano, en la obtención del arroz blanco, el grano se descascara, obteniendo como subproducto la cascarilla de arroz. Esta cascarilla puede utilizarse como sustrato directamente o tras sufrir un proceso de descomposición. Es un sustrato que aún no es muy empleado en México, sin embargo, en Colombia es uno de los más utilizados, se utiliza principalmente quemada o tostada. La cascarilla resulta un sustrato económico por ser un subproducto de la industria arrocera, su principal costo es el transporte debido a que es un desecho de esta industria (Quintero *et al.*, 2006). La cascarilla es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición por su alto contenido de sílice, es liviano (densidad aparente entre 0.090 y 0.22 g de masa seca por

cm), tiene alta porosidad y baja capacidad de retención de humedad, su conductividad hidráulica es elevada, su pH es neutro, mientras que su conductividad eléctrica (CE) y su capacidad de intercambio catiónico (CIC) son bajas. Es un material rico en potasio (3.000 a 3.500 mg. L) y fósforo (80 a 120 mg. L⁻¹) y pobre en nitrógeno (menos de 100 mg. L). La intensidad del quemado varía entre 50 y 100%, según el grado de carbonización que se requiera; en este proceso se libera manganeso disponible para el cultivo (Calderón, 2001).

- f. **Composta:** La palabra composta proviene del latín *componere*, juntar. Es el abono orgánico por excelencia y es lo más cercano en que la naturaleza fertiliza los bosques y los campos. Las ventajas de la composta son muchas, pero las que se derivan de su uso continuo son: retiene nutrientes evitando que se pierdan a través del perfil del suelo, mejora la estructura del suelo; retiene la humedad; limita la erosión; contiene micro y macronutrientes; estabiliza el pH del suelo y neutraliza las toxinas; sus ácidos disuelven los minerales del suelo haciéndolos disponibles; propicia, alimenta y sostiene la vida microbiana y no contamina el agua, el suelo el aire ni los cultivos (FIRA, 2003)

Muchos de estos sustratos se pueden establecer a campo abierto o en invernadero dependiendo de las condiciones ambientales, cada una de estas

alternativas tiene ventajas y desventajas que empeoran o favorecen la producción.

Producción de Tomate a Cielo Abierto e Invernadero

La producción de tomate a campo abierto por lo general es más utilizada por pequeños productores que no tienen los recursos suficientes para invertir en nuevas tecnologías y que se arriesgan a las condiciones ambientales, muchos productores siembran bajo temporal y algunos otros con sistema de riego.

Es recomendable considerar las ventajas y desventajas de las dos alternativas. Por recursos y pensando en tener una explotación pequeña, es evidente que es mucho más favorable sembrar a campo abierto, pero el riesgo es mayor y las productividades son menores. Por ventajas competitivas, lo mejor que se puede hacer es establecer y producir bajo condiciones protegidas o sea en invernaderos o con malla sombra.

Los cultivos protegidos han sufrido en los últimos años una profunda transformación, desde el punto de vista tecnológico, la climatización del invernadero consiste en la regularización de la temperatura y de otros parámetros ambientales como son; luz (iluminación), humedad relativa y CO₂,

para crearle un ambiente agradable a la planta y obtener como respuesta del cultivo una mayor productividad (Alpini, 1999).

Un cultivo bajo invernadero como el tomate se presenta mayor precocidad, ya que se mejoran las condiciones agroclimáticas óptimas para el cultivo. A campo abierto se puede acortar mucho su ciclo productivo debido a problemas de plagas, enfermedades o condiciones extremas como altas o bajas temperaturas, humedades relativas y lluvias intensas.

En clima frío, bajo invernadero, la floración inicia alrededor de los 25-30 días, después del trasplante; la primera cosecha se da a los 90 días en promedio después del trasplante. Dependiendo del número de racimos que se cosechen, se puede alargar o acortar el ciclo. Un cultivo llevado a 10 racimos tiene una duración entre 6 y 7 meses. Llevado a 14-16 racimos dura entre 9 y 10 meses. A campo abierto el ciclo del cultivo se acorta a cinco meses aproximadamente. Tal vez puedan verse más ventajas sin embargo va a depender de la economía en la que se encuentre el agricultor, por ello es importante tener conocimientos de los retos a los que implica, como por ejemplo que podemos sembrar en un invernadero, el tipo de suelo que presenta o ya sea con la implementación de algún sustrato como las que ya se mencionaron y las ventajas y desventajas que tengan.

Cuadro 2.2. Ventajas y desventajas de los invernaderos

Ventajas	Desventajas
1.- Intensificación de la producción	1.- Inversión inicial alta.
2.- Posibilidad de cultivar todo el año.	2.- Desconocimiento de estructuras apropiadas para la construcción.
3.- Obtención de productos fuera de temporada.	3.- Alto nivel de especialización y capacitación.
4.- Aumento de rendimiento por unidad de superficie.	4.- Altos costos de producción.
5.- Obtención de productos en regiones restringidas.	5.- Condiciones óptimas para el ataque de patógenos.
6.- Productos de alta calidad.	6.- Dependencia del mercado.
7.- Menor riesgo en la producción.	
8.- Uso eficiente de agua y otros insumos	
9.- Mayor control de plagas y enfermedades.	

Sustratos en Invernadero

Invernadero

La principal meta de producir bajo invernadero es que el sustrato les dé a las plantas las condiciones óptimas para su germinación y desarrollo y por ende obtener los mayores rendimientos. En el cultivo, las limitantes de productividad del cultivo están determinadas por la potencialidad genotípica y por las condiciones ambientales, la gran diferencia existente entre el rendimiento máximo y el medio de un cultivo indica que la variedad de plantas cultivadas poseen ya una potencialidad productiva muy alta y que muy raras veces logra expresarse de manera plena, entre las causas que lo impiden están las enfermedades y parásitos, que se desarrollan cuando las condiciones

predominantes climáticas les son favorables, en este sentido podemos afirmar que los invernaderos representan la tentativa de acercar o incrementar el rendimiento del cultivo de tomate al máximo dada por la expresión del genotipo, al eliminar la aleatoriedad del clima y acercar el ambiente a las condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas (Alpini, 1999).

Propiedades físicas y químicas de los sustratos

Propiedades físicas

Están directamente asociadas a la capacidad de proveer agua y aire al sistema de raíces. Un sustrato está constituido por partículas sólidas y espacios libres que dejan entre sí, denominados poros que conforman el espacio poroso total. Por lo que un buen sustrato desde un punto de vista físico debe ser liviano, esponjoso y con buena capacidad de almacenar agua. Dentro de estas características se encuentra la estructura, densidad aparente, porosidad, granulometría, agua fácilmente disponible, agua de reserva, capacidad de aireación.

Estructura: Puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilares. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras. Si son fijadas por algún tipo de material,

conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente, pero tienen cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de secas a mojadas (Terres *et al.*, 1997).

Granulometría: se refiere al tamaño y peso de las partículas que constituyen el sustrato, por el cual un sustrato se considera granulométricamente aceptable cuando sus partículas tienen una medida de gruesa a mediana, esto es de 8 a 10 mm. Aun cuando lo más usual es que midan de 3 a 5 mm. El peso de las partículas es considerado importante por consideraciones de comodidad, eficiencia y economía, es recomendable que oscile entre 0.5 y 7 g cm³ (Samperio, 2004).

Agua fácilmente disponible: Es la diferencia entre el volumen de agua retenida por el sustrato después de haber sido saturado con agua y dejado drenar a 10 cm de tensión matricial y el volumen de agua presente en dicho sustrato a una succión de 50 cm de capacidad de aireación (CA). El valor óptimo para el agua fácilmente disponible oscila entre el 20% y el 30%.

Agua de reserva: Es la cantidad de agua (% en volumen) que libera un sustrato al pasar de 50 a 100 cm de C.A., el nivel óptimo se sitúa entre el 4% y el 10% de volumen.

Capacidad de aireación: Es la proporción de aire que contiene después de haber sido inundado y drenado. Un buen nivel de aireación se encuentra entre el 25 y el 30 por ciento del volumen total del sustrato (Samperio, 2004).

Propiedades químicas

Aspectos químicos importantes de los sustratos son: el pH y el nivel de salinidad que se mide por la conductividad eléctrica, pero también hay otros aspectos que influyen en el sustrato como son la capacidad de intercambio catiónico y algunas exigencias bioquímicas. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes y puede ser debida a reacciones de distinta naturaleza

Capacidad de intercambio catiónico (CIC): Se define como la suma de cationes que pueden ser adsorbidos por unidad de peso (o de volumen) del sustrato. Dichos cationes quedan así retenidos frente al efecto lixiviante del agua y están disponibles para la planta. Los materiales orgánicos poseen una elevada CIC frente **PH:** Define la relativa condición básica o acida de una sustancia, en escala que cubre un rango de 0 a 14. Aunque las plantas se mantienen en un rango, con pH de 5.0 a 6.5, la mayoría de los nutrientes mantienen su máximo nivel de asimilabilidad. Por debajo de pH = 5.0 pueden presentarse deficiencias de N, K, Ca, Mg, B. mientras que por encima de pH = 6.5 puede disminuir la asimilabilidad de P, Fe, Mn, B, Zn, y Cu. Los óxidos

metálicos (Fe, Mn, Cu, y Zn) se hacen más solubles al bajar el pH por debajo de 5.0 pudiendo llegar a resultar Fito tóxicos (Cadahia, 2005)

Clasificación de una solución nutritiva en función del valor de pH: PH 4, muy acida. PH 5 moderadamente acida, pH 6 ligeramente acida, pH 7 neutra, pH 8 ligeramente alcalino, pH 9 moderadamente alcalinos y pH 10 Muy Alcalina

Bioquímicas: Son reacciones que producen la biodegradación de los materiales que componen el sustrato. Se producen sobre todo en materiales de origen orgánico, destruyendo la estructura y variando sus propiedades físicas.

Salinidad: Se refiere a la cantidad de sales solubles presentes en la solución del sustrato. Las causas que originan un incremento en la salinidad del sustrato, después de estar colocado en el contenedor, de acuerdo con Bunt (1998) son:

1. La presencia de fertilizantes insolubles, como los de liberación lenta, cuando se degradan para producir nitratos o bien, cuando se liberan sales mediante difusión.
2. Cuando la cantidad de sales aportadas con el agua de riego o la solución fertilizante es superior a las cantidades absorbidas por la planta o las pérdidas por lixiviación.

3. Cuando el sustrato presenta una elevada capacidad de intercambio catiónico y al mismo tiempo se descompone con el transcurso del cultivo liberando nutrientes.

Estas propiedades físico-químicas son muy importantes para mantener nuestro sistema de riego estable y no cree taponamientos por acidez o algún otro factor que impida el paso de nutrientes o fertilizantes disueltos en agua, como el fertiriego.

Fertiriego

El fertiriego consiste en la aplicación de fertilizantes sólidos (diluidos) o líquidos en los cultivos por los sistemas de riego presurizados o por goteo. La cantidad de este va estar asociada con la etapa fenológica de la planta, así como el ambiente en el que se desarrolla (tipo de suelo, condiciones climáticas, calidad del agua de riego etc. (Amílcar, 2008). Para ello es importante tener una óptima aplicación de fertilizantes basados en los requerimientos nutricionales exactos y así tener un uso racional de los insumos y recursos para evitar la contaminación de aguas y suelos. Para optimizar los beneficios y minimizar la pérdida de nutrientes, se debe determinar el momento de aplicación del fertilizante (Jaramillo y Rodríguez, 2007).

Es importante tener un buen sistema de filtrado para evitar taponeo de goteros, así como el uso de fertilizantes solubles. Es importante que antes del trasplante

se rieguen muy bien la superficie del suelo, hasta donde sea conveniente que llegaran las raíces. Una vez trasplantadas las plantas se riega por las mañanas y por las tardes durante un tiempo aproximado de 10 minutos dependiendo la superficie sembrada. Sin embargo, Berenguer (2003) menciona que para determinar las necesidades de riego, un método muy eficaz es con el uso de dos tensiómetros colocados a 10 cm y el otro a 30 cm, de profundidad, de esta manera se evalúa el movimiento del agua y se determina el balance hídrico y con ello los tensiómetros determinarían la frecuencia del riego.

Macro elementos y Micro elementos

Macro elementos

Son nombrados así debido a que son elementos esenciales y nutritivos muy bien absorbidos por las plantas, por ello necesitan en mayores cantidades. Estos son: Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K) llamados macro elementos primarios. Azufre (S), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), estos son llamados macro elementos secundarios (Espinoza, 2010).

Cuadro 2.3. Función y deficiencia de los macro elementos primarios y secundarios en las plantas.

Nitrógeno (N)	Su función es mejorar la absorción de los cationes de K, Ca y Mg por parte de la planta, fortalece la pared celular, tolerar mejor las infecciones de las enfermedades, mejora la vida de anaquel del fruto y mejora la estructura del suelo proporcionando un ambiente óptimo para el desarrollo radicular (De liñan, 2010).
----------------------	---

Fosforo (P)	Su función es durante la siembra y trasplante, o sea en las primeras etapas de crecimiento, obteniéndose plantas vigorosas. Aplicando con nitrógeno se consigue que el fosforo esté más disponible para la planta (De liñan, 2010).
Potasio (K)	Este fertilizante en su aplicación favorece el número de granos por espiga, ayudando en la formación del grano, influye en la resistencia de los cultivos al estrés hídrico, buena vida de anaquel en frutas y verduras. La carencia de K se observa en las hojas viejas, cuando es muy aguda afecta severamente secando la hoja, los brotes y puntas de las hojas, se reduce la floración y fructificación y desarrollo de la planta.
Azufre (S)	Este elemento es vital para el crecimiento de la planta y para el desarrollo de proteínas y semilla. Participa en la formación de ácidos amínicos, vitaminas y clorofila, facilita la asimilación de nitrógeno. El síntoma más visual es el amarillamiento intervenal de las hojas, se enrojecen los peciolo y tallos. No solo reduce el rendimiento de los frutos sino también la calidad.
Calcio (Ca)	Su función es imprescindible para el normal desarrollo de las raíces, ramas y brotes, en general de cualquier órgano de crecimiento, por su flexibilidad resistencia en la caída de frutos.
Magnesio (Mg)	Intervienen en su absorción, transporte y en la transferencia de fosfato de ATP, el cual es consumido en grandes cantidades por la planta. La carencia es la aparición de clorosis intervenal por lo que emigra de las hojas más viejas a los brotes nuevos.

Todos estos elementos realizan una función muy importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas, por lo que se debe estar al tanto en la coloración o cualquier síntoma de deficiencia para no afectar la calidad y desarrollo del fruto.

Micro elementos

Los micros elementos son muy nutritivos y necesarios para las plantas, aunque lo reciben en menores cantidades, estos son: Hierro (Fe), Cobre, Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo) y Boro (B). Para aplicar cada uno de estos nutrientes debemos conocer la planta, el tipo de cultivo, su etapa fenología, las necesidades a la que se enfrenta en el ambiente etc. Para ello, en este trabajo de investigación nos enfocamos en el tomate, ya que es una planta que es de consumo para las familias y que además ha tenido mucho auge en los últimos años y sigue en aumento.

Cuadro 2.4. Función de los micros elementos en el desarrollo de las plantas, así como la deficiencia que provocan en ellas.

Boro (B)	En la actualidad no se sabe exactamente el papel fundamental en el metabolismo celular, parece ser que facilita el transporte de azúcares a través de las membranas. En general estimula el crecimiento de tejidos del cambium y de los meristemos y favorece la producción de polen y la fecundación.
Manganeso (Mn)	Participa en los procesos metabólicos, en la fotosíntesis de la planta, actúa como activador enzimático, de las enzimas de los procesos de óxido reducción de la cadena respiratoria, descarboxilación e hidrólisis. Un déficit es que disminuye la fotosíntesis en la planta provocando la aparición de coloración amarillo-rojiza entre las nervaduras de las hojas.
Zinc (Zn)	El Zinc es un micro elemento esencial que presenta las siguientes funciones en las plantas: cofactor enzimático, con muchas funciones para actividad, regulación, y estabilización de la estructura proteica. Es un micronutriente activo en el desarrollo de cloroplastos, contenido de proteínas y ácidos nucleicos. En deficiencias ocurre clorosis y achaparramiento de las plantas.

Hierro (Fe)	Participa en la intervención en las reacciones de óxido reducción del metabolismo energético, respiratorio celular y en las reacciones de fosforilación oxidativa de la fotosíntesis, debido a su capacidad para cambiar electrones. El síntoma de deficiencia provoca la clorosis férrica, pérdida de coloración verde en la hoja, poniéndose amarillo pálido y a veces se torna blanca.
Cobre (Cu)	Es un constituyente de ciertas enzimas que participan en la oxido reducción, en resumen provee a la planta que enlaza y reduce el oxígeno. En las deficiencias, las hojas toman un color verde oscuro, se doblan y enrollan; mostrando manchas necróticas. En general, las plantas rara vez presentan esta deficiencia en cobre, ya que este elemento se encuentra disponible en casi todos los suelos.

El Tomate

Es el fruto de la planta conocida como tomatara, una especie herbácea que pertenece a la familia de las solanáceas y es nativa del continente americano. Los tomates son bayas de color rojizo que se caracterizan por su pulpa con múltiples semillas y por su jugo. El tomate es muy valorado en la alimentación. Su componente principal es el agua, seguido por carbohidratos. Debido a que tiene pocas calorías, es un alimento sugerido en las dietas destinadas a bajar de peso. Además, contiene vitaminas C, B5, B2 y B1 y varios minerales.

Origen e historia

León (1980) menciona que el tomate, es miembro de la familia de las solanáceas, es una planta nativa de la América tropical, cuyo centro de origen se localiza en la región de los andes, integrado por Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú, donde existe la mayor variabilidad genética y abundancia de

tipos silvestres. El mismo autor hace mención que la evidencia histórica favorece a México como el centro más importante de domesticación del tomate, ya que la utilización de formas domésticas en nuestro país, tiene bastante antigüedad y sus frutos ya eran conocidos y empleados como alimento por las culturas indígenas que habitaban la parte central y sur de México, antes de la llegada de los españoles. El tomate ya era un cultivo bien desarrollado en el nuevo mundo, durante el tiempo de la conquista española. Posteriormente fue llevado a Europa con otras plantas y frutos de origen americano, en el siglo XVI, conociéndose el fruto con el nombre de tomate en España y Portugal, posiblemente influenciado por el nombre que le daban los indígenas en México, que en la lengua náhuatl se le conoce como " tomalt " (León, 1980)

Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Subclase: Asteridae

Familia: Solanaceae.

Género: *Solanum*

Especie: *Lycopersicon.L*

Importancia Mundial

A nivel internacional, México se encuentra entre los principales países exportadores de esta hortaliza y tiene una participación estimada en el mercado internacional de 21 por ciento. Estadísticas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2016) reflejan que en el país son destinadas a la producción de tomate más de 51 mil hectáreas, con una producción estimada en 2.8 millones de toneladas. La generación de jitomate tienen un valor de alrededor de 15.7 mil millones de pesos, lo que sitúa a esta hortaliza en el segundo lugar nacional en términos de valor de producción. Es de resaltar que en los últimos 10 años se logró reducir en casi 20 mil hectáreas la superficie de esta hortaliza, pero se incrementó su producción en alrededor de 500 mil toneladas, lo que refleja una mayor productividad en este bien agrícola. En el país se tiene registro de 150 mil productores de tomate, quienes contribuyen a generar 70 mil empleos directos relacionados con esta actividad y las variedades cultivadas son saladette y bola, principalmente. La mayoría de los productores están integrados en el Sistema Producto Tomate Nacional, el cual es conformado por 14 comités estatales, los cuales operan en Baja California, Chiapas, Durango, Guanajuato, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Veracruz y Zacatecas.

Nacional (SAGARPA-SIAP, 2016)

Entre 2015 y 2016 se reportó un crecimiento en la producción de jitomate cercano a las 200 mil toneladas, lo que significa un aumento a tasa anual de 7.8 por ciento al pasar de dos millones 570 mil toneladas a dos millones 769 mil toneladas. El jitomate es un cultivo que se desarrolla en todas entidades del país; los cinco principales estados productores son: Sinaloa, con 551 mil toneladas; San Luis Potosí, 296.8 mil toneladas; Baja California; 225.9 mil toneladas; Zacatecas, 185.2 mil toneladas, y Michoacán, 178.2 mil toneladas. En conjunto, estos estados aportan el 52% del volumen nacional. En la Figura 2.2 se aprecia los estados con mayor producción de tomate, Conforme a su nivel de producción, Sinaloa aporta el 20 por ciento del volumen nacional; San Luis Potosí, 11 por ciento; Baja California, 8.2 por ciento; Zacatecas, 6.7 por ciento, y Michoacán, 6.4 por ciento.

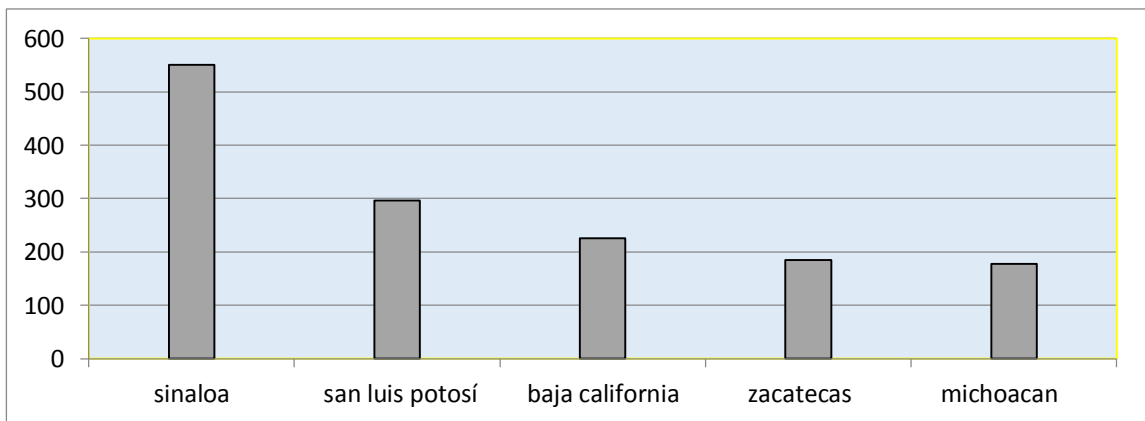


Figura 2.2. Principales estados en la producción de tomate

Importancia Económica, Nutricional y Situación Actual

El tomate rojo mexicano es una de las hortalizas que generan más divisas para el país, ya que cerca del 30% de la producción nacional se exporta principalmente a los Estados Unidos de Norteamérica (EE.UU.) y Canadá, por lo que su cultivo depende significativamente del comportamiento del mercado internacional (Hernández y García, 2004). La importancia del tomate mexicano en el mercado estadounidense se relaciona con la cercanía geográfica, competitividad en precio y calidad, buen sabor, larga vida de anaquel y con el descenso de la producción de esta hortaliza en Estados Unidos en el invierno. En lo que se refiere a comercio exterior, el jitomate ocupa el segundo lugar en importancia en el ámbito agroalimentario y el primero en el rubro agropecuario.

Con base en estadísticas del Sistema de Información Arancelaria de la Secretaría de Economía, la SAGARPA reportó que al onceavo mes de 2016, las exportaciones de esta hortaliza alcanzaron los mil 773 millones de dólares. Lo anterior representa un avance del 16.9 por ciento, en comparación con lo registrado en el mismo periodo del año anterior, cuando se obtuvieron mil 517 millones de dólares. El jitomate mexicano es exportado principalmente a Estados Unidos, Canadá y Japón, mientras que en México el consumo per cápita es de 13.8 kilogramos y en 2015 el valor de la producción se estimó en 20 mil 640 millones de pesos. El jitomate se encuentra disponible durante todo el año, con una mayor producción durante los meses de febrero, marzo y noviembre, cuando se cultiva el 33.7 por ciento del volumen anual.

(www.siap.gob.mx, 2016). Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente, al aumento en el rendimiento y, en menor proporción el tomate fresco se consume principalmente en ensaladas, cocido o frito (Linares, 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Área de Estudio

El presente experimento se realizó en el Campo Experimental Saltillo, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (CESAL-INIFAP) ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, se encuentra geográficamente en las coordenadas 101° 01' 59'' longitud oeste y 25° 20' 41'' latitud norte, a una altitud de 1792 msnm, con un clima seco BsoKW (e), con un verano cálido, presencia de lluvias y temperaturas extremosas (García, 1986).

Material Genético

El genotipo evaluado fue tomate tipo saladette línea 1N1-01-15 y de crecimiento indeterminado obtenido en el CESAL en el año 2015 y que tiene dos generaciones de selección (F4).

Producción de Plántula

La siembra de la semilla de tomate se realizó en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato peatmoss, en donde se sembraron 200 semillas, aplicando un riego al momento de la siembra y se colocaron en el invernadero para la germinación y desarrollo de las plántulas.

Tratamientos

En bolsas con capacidad de 3 kg, se desarrollaron los tratamientos que se muestran en el Cuadro 3.1 con tres repeticiones, cada repetición consto de 3 plantas cada una.

Cuadro 3.1 Tratamientos utilizados en el cultivo de tomate en el CESAL- 2016.

TRATAMIENTOS	SUSTRATOS
1	Peat moss
2	Heno de mota normal
3	Tierra con vermiculita
4	Heno de mota con composta
5	Fibra de coco (bolis)

Trasplante en condiciones de invernadero

El trasplante se llevó a cabo el 12 de mayo del 2016, el lote experimental constó de cuatro hileras de tres plantas por tratamiento (sustrato), las plántulas se colocaron en bolsas de tierra a 0.50 metros entre planta y 1.00 metros entre

hileras, teniendo 4 plantas /m². A partir de este momento se llevó a cabo el manejo del cultivo para realizar los riegos, fertilización, podas, deshierbe y la aplicación de productos químicos para disminuir la incidencia de plagas y enfermedades. El sistema de riego se realizó mediante sistema por goteo, proporcionado dos riegos por día, uno en la mañana y el otro por la tarde, equivalente a 600 ml d⁻¹. Cuando la planta alcanzo una altura de 70 cm se aplicaron tres riegos (día, tarde y noche)

Fertilización

La fertilización se realizó con la fórmula 196 N, 232 P, 174 K y 113 Ca, mediante una solución nutritiva correspondiente a 100 litros de agua con adición de 500 ml de solución A y 200 ml de solución B, más 50 ml de solución amortiguadora de pH. Para la preparación de la solución A se utilizaron los siguientes nutrientes:

- Fosfato mono amónico (MAP), 300 gr
- Nitrato de Calcio, 2080 gr
- Nitrato de Potasio, 1100 gr.

En un recipiente de plástico se midieron seis litros de agua, donde se disolvieron cada uno de los elementos, siguiendo el orden indicado, agitando constantemente, una vez disuelto los elementos se complementó con cuatro litros de agua para obtener 10 litros de la solución A concentrada.

La solución B concentrada se obtuvo de la siguiente manera:

- Sulfato de Magnesio, 492 gr.
- Sulfato de Cobre, 0.48 gr.
- Sulfato de Manganeso, 2.48 gr.
- Sulfato de Zinc, 1.2 gr.
- Bórax, 6.2 gr
- Molibdato de amonio, 0.02 gr.
- Sulfato de Hierro, 50 gr.

En un recipiente de plástico se midieron dos litros de agua y se disolvieron cada uno de las sustancias siguiendo el orden indicado, agitando constantemente y se complementó con dos litros de agua para obtener una solución concentrada B de cuatro litros. Con la solución preparada se aplicaron tres riegos por día de aproximadamente 330 ml por riego, dando en promedio un total de un litro por planta por día.

Tutorado

Se realizó 20 días después del trasplante, consistiendo en amarrar la planta con una rafia a la base del tallo a modo de no causar lesiones a la planta y enrollándola en zigzag, esto con el fin de darle estabilidad a la planta, los tutorados fueron en forma vertical y horizontal.

Poda

Se efectuó a los 15-20 días después del trasplante con la aparición de los primeros tallos laterales, denominados chupones y mamones, los cuales fueron eliminados, al igual que las hojas más viejas de la parte interior de la bolsa a medida que la planta crecía. Esto se realizó con la ayuda de pinzas para podar previamente desinfectadas.

Control de plagas y enfermedades

El control de plagas y enfermedades se realizó al momento de encontrar incidencia de plagas basándose en que está no rebase el umbral económico, que es de observar de tres a cinco ninfas por planta, para lograr un control oportuno y eficaz de nuestro cultivo. Entre las plagas y enfermedades sujetas a control se encontraron:

Mosquita blanca (bemicia tabaci). Esta plaga es un vector de enfermedades virosas, por lo cual se presentó al inicio de la floración en el envés de las hojas, por lo que se aplicó un producto sistémico de control químico (confidor) dosis de 5 ml por litro de agua y aplicado en forma de aspersion en toda la planta. Las aspersiones fueron en el día, pero era inmune, entonces se aplicó con más dosis durante la noche, esto durante varias semanas hasta disminuir la incidencia de la plaga.

Trips (*Frankliniella occidentalis*). Se presentó durante la etapa de floración, se usó el mismo método de control químico anterior, pero fue más fácil su eliminación.

Parámetros evaluados

Las variables evaluadas fueron: Clorofila (CL), Altura de planta (AP), Grados Brix(GB), Diámetro del fruto(DF), Números de frutos por racimo(NFR), Numero de frutos por planta(NFP) y Peso del fruto(PF). A continuación se describe cada una de los parámetros obtenidos.

Clorofila (CL). Se empezó a medir a los 20 días después del trasplante, tomando medición los miércoles de cada semana, el aparato utilizado fue spad 560. La medición consistió en tomar las hojas representativas de la parte intermedia de la planta, tres muestras por cada planta y se obtuvo la media de cada repetición en los diferentes sustratos, siendo en total 15 muestras, esto se realizó durante 16 semanas.

Altura de planta (AP). Este parámetro se empezó a medir el 16 de junio de 2016, 36 días después del trasplante, el cual consistió en medir con una cinta métrica desde la base del tallo, al ápice de la planta, se midieron cada semana,

se tomó como día de referencia cada viernes de la semana. durante siete semanas.

Grados Brix (GB): Esta variable se tomó el día 11 de agosto de 2016, el cual consistió en tomar tres muestras representativas de tomate de cada repetición con su tratamiento correspondiente. Se partió el fruto del tomate por la mitad, exprimiendo una gota y con el refractómetro se checó la cantidad de ° Brix, obteniendo el promedio de cada tratamiento.

Diámetro de fruto (DF) Esta variable se tomó el día 11 de agosto de 2016, consistió en medir el largo y ancho de cada fruto con un vernier de las muestras representativas de cada tratamiento.

Numero de frutos por racimo (NFR). En esta variable se contaron los frutos de cada racimo de las 15 unidades experimentales para conocer la cantidad de frutos por racimo que contenía cada planta, esto se realizó el 26 de julio de 2016.

Numero de racimos por planta (NRP). En esta variable se contaron los racimos por planta, igual que se hizo con las 15 unidades experimentales de la variable anterior.

Peso del fruto (PF). Esta variable se empezó a pesar durante la primera fecha de corte que fue el día 19 de julio de 2016, 69 días de después de trasplante, con el peso del fruto se sacó el rendimiento de cada sustrato.

Cosecha

Una vez que el fruto estuvo maduro y listo, la cosecha se llevó a cabo de manera manual, privándolos del peciolo, comprimiendo ligeramente si éste no está perfectamente maduro, o con una torcedura, igualmente ligera, para evitar daños mecánicos en su plena maduración. Sus recolecciones se llevaron a cabo cada tres días, separando los frutos de cada sustrato con su respectiva repetición para luego ser pesados y sacar el rendimiento por sustrato. Por su delicadez se conservaron en cajas en las que el total del producto no rebasó los 8-10 kilos de peso.

Diseño Experimental

Para las variables cuantitativas se utilizaron un diseño de bloques al azar, donde T corresponde a los tratamientos sustratos (5), y se consideró a cada hilera muestreada como una repetición o bloque (3), teniendo el siguiente modelo estadístico: $Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + \epsilon_{ij}$

Dónde:

Y_{ij} = Valor observado del j-ésimo tratamiento en el i-ésimo bloque

μ = Efecto de la media general

B_i = Efecto del i-ésimo bloque.

T_j = Efecto de j-ésimo sustrato

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental $i = 1, 2, 3$.

Repeticiones $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6 \dots$

Análisis Estadístico

Para el análisis de las variables se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9.0 (2002), donde se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias con la prueba de Tukey con una probabilidad de $p \leq 0.05$.

Cuadro 3.2. Croquis del experimento de sustratos evaluados en el cultivo de tomate en el CESAL-INIFAP, 2016

Peat Most	Eno de m. n	Tierra,vermi	Eno compost	Fibra de coco	peat most	Eno compos	Tierra vermi	Eno de m . N	Fibra de cocc	Peat most	Eno compost	Tierra vermi	Eno de M. N	Fibra de coco			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
T,1R,1	T,3R,1	T,2R,1	T,4R,1	T,5R,1	T,1R,2	T,4R,2	T,2 R,2	T,3 R,2	T,5R,2	T,1R,3	T,3 R,3	T,2 R,3	T,4 R,3	T,5 R,3			
(BLOQUE 1)	(BLOQUE 2)	(BLOQUE 3)

RESULTADOS Y DISCUSION

Clorofila

A continuación, se presenta la dispersión del parámetro de clorofila en los cinco tratamientos, lo que refleja la capacidad fotosintética en cada una de las etapas fenológicas del cultivo y de los sustratos en la planta. El Cuadro 4.1 nos muestra el análisis de varianza para la variable de clorofila evaluada en el cultivo de tomate producido bajo condiciones de invernadero en el CESAL-INIFAP en 2016. En dicho Cuadro se observa que en la fuente de variación de tratamientos (sustratos) no se encontraron diferencias en las 16 fechas en que se evaluó clorofila, con excepción de primera y quinta fecha (CL1 y CL5), quienes mostraron diferencias a una $P \geq 0.05$. En cuanto al coeficiente de variación este se mantuvo en un rango de 4 a 10%, por lo cual se considera un valor excelente y de confianza de que los datos obtenidos fueron confiables.

Con respecto a la comparación de medias de la variable de clorofila, esta se considera muy estable durante el desarrollo del trabajo, donde se aprecia que en la primera fecha que comenzó a los 20 días después del trasplante se observan valores que van en un rango de 30 a 38 unidades de clorofila (Figura 4.1), donde los tratamientos T3 = Tierra con vermiculita y T4 = Heno de mota con composta tuvieron los valores más altos en la CL.1 con 37.6 y 37.9 respectivamente. A medida que se iba tomando los datos de la etapa fenológica

de la planta en desarrollo, la clorofila iba en aumento constante, pero no había diferencias significativas entre sustratos, sin embargo, en la quinta fecha (CL.5) realizada el 6 de julio, el tratamiento (T5) que corresponde a la Fibra de coco mostro el valor más alto en comparación con los otros sustratos al registrar 51.8 unidades de clorofila, mientras que los demás sustratos se mantuvieron en un rango de 40 a 46 unidades de clorofila respectivamente. Solo por mencionar que, durante la etapa de floración y llenado de fruto, la clorofila se mantuvo casi estándar en los cinco sustratos con un rango de 46 y 52 unidades durante las muestras tomadas del 13 de julio al 24 de agosto del 2016, pero aun así no existieron diferencias significativas en el cultivo. En este sentido hay que resaltar que el tratamiento T1 a base de peat moos y T5 con fibra de coco presentaron los valores más altos de clorofila.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable de clorofila en 16 fechas para el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en el CESAL-INIFAP en 2016.

F.V	G.L	CL.1	CL.2	CL.3	CL.4	CL.5	CL.6	CL.7	CL.8
TRAT	4	14.41*	27.20	12.65	36.9	43.01*	38.5	18.4	23.7
E.E	8	2.63	13.11	4.32	9.14	9.03	20.8	7.4	7.4
C.V%		4.54	10.70	5.23	6.74	6.35	9.2	5.32	5.32
MEDIA		35.67	33.72	39.7	44.8	47.3	49.09	51.3	51.3
F.V	G.L	CL.9	CL.10	CL.11	CL.12	CL.13	CL.14	CL.15	CL.16
TRAT	4	14.1	10.03	51.70	14.53	10.35	8.53	13.3	21.92
E.E	8	11.5	5.72	15.01	3.9	4.12	5.75	6.42	15.08
C.V%		6.6	4.7	7.8	4.27	4.45	5.33	5.45	8.67
MEDIA		51.0	50.23	49.5	46.5	45.5	44.9	46.0	45.8

Nota: Poner leyenda de G.L. = grados de libertad; E.E. = error experimental; C.V. (%) Coeficiente de variación; CL.1 a CL.16 = valores de clorofila en las fechas 1 a fecha 16.

Durante la etapa de cosecha del tomate, la clorofila empezó a disminuir a medida que los frutos eran cosechados, sin embargo, la disminución de clorofila no fue significativa, pero si se observó la disminución a través de los muestreos, los cuales se mantuvieron entre 44 y 48 unidades SPAD respectivamente. Por lo anterior, podemos mencionar que la actividad fotosintética en el cultivo de tomate indica que los valores más altos de clorofila se obtuvieron en las plantas a los 40 días después del trasplante, estos resultados coinciden con lo reportado por Wilcox (1994) quien indica que conforme transcurren los días después del trasplante y se desarrolla la planta de tomate, el contenido de nitrógeno en las hojas disminuye para incrementarse y/o canalizarse en el fruto.

Cabe mencionar que el heno de mota normal no presento diferencias significativas en la clorofila, de tal manera que se comportó casi similar a los demás tratamientos aunque la planta no se vio con esa intensidad de coloración de las hojas en comparación con los otros sustratos sin embargo, el heno de mota con composta alcanzo mayores unidades de clorofila y se comportó mejor que los demás sustratos, solo fue menor que la fibra de coco a nivel de los demás, esto nos indica que el heno de mota tiene buena capacidad fotosintética por lo que es una buena opción para usarla como sustrato por la capacidad de asimilar los nutrientes y facilidad de retención de agua pero solo combinándolo con otro sustrato, como resultado el heno de mota normal por sí solo no tiene buena expresión en la fijación de clorofila por lo que no es muy recomendado para implementarla como sustrato ideal para el cultivo de tomate o bien hace

falta un poco más de investigación con otras formas de manejo, en riego , fertilización etc.

Altura de planta

En el Cuadro 4.2. Se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza para la altura de planta en tomate producido en cinco sustratos (tratamientos) bajo condiciones de invernadero, en el Cuadro se muestran que en la fuente de variación de tratamientos existen diferencias significativas al nivel de $P \leq 0.05$ para las fechas, 1, 2, 3, 4 y 5, mientras que en las fechas 6 y 7 no mostro diferencias significativas. En cuanto al coeficiente de variación (CV %) el valor máximo fue de 27%, 23%, 21% para las fechas 1, 2 y 3 respectivamente, sin embargo, los demás son inferiores a 19 %, por lo que estos valores son confiables para este experimento. Las variaciones entre los coeficientes de variación fueron debidas principalmente a los tipos de sustratos y el arreglo dentro del invernadero, ya que algunas áreas tuvieron variaciones en la temperatura interna del invernadero y repercutió en el desarrollo del cultivo.

En la comparación de medias para esta variable se muestran en la Figura.4.2 se aprecia la dinámica de crecimiento en pleno cultivo, en donde a partir de los 25 días después del trasplante, en las primeras cinco fechas donde se tomaron los valores de altura de planta, los tratamientos a base de fibra de coco, heno de mota composteado y peat moos mostraron las alturas de planta más altas, incluso llegando a la etapa fenología de la floración y la carga de fruto

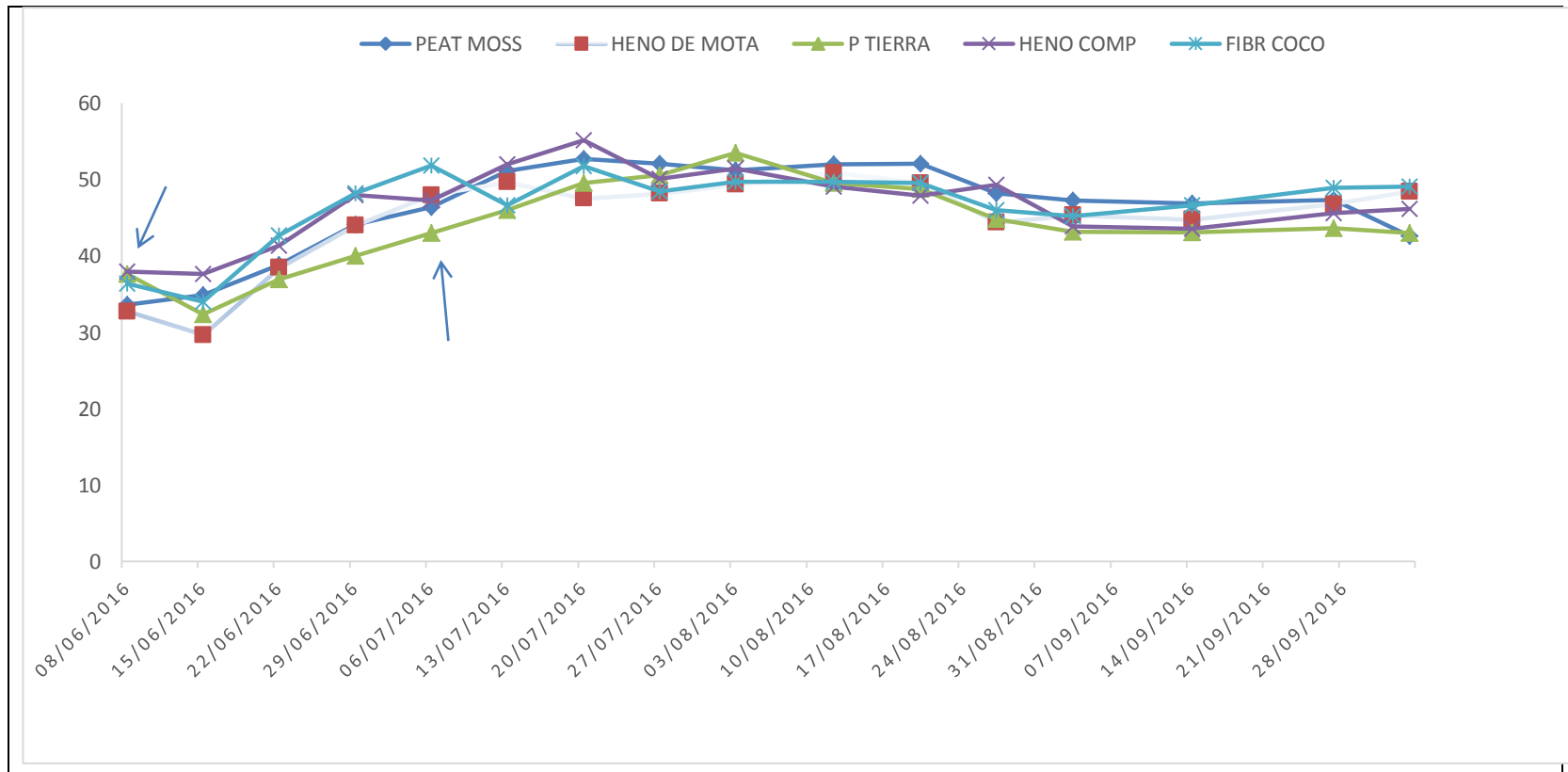


Figura 4.1. Dispersión de la variable de clorofila evaluada en el cultivo de tomate producido en cinco sustratos en condiciones de invernadero en el CESAL-INIFAP en 2016.

Cuadro.4.2. Cuadrados medios del análisis de varianza para la altura de planta producidos en diferentes sustratos y bajo condiciones de invernadero en CESAL-INIFAP, 2016.

FV	GL	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6	F 7
TRAT	4	1500.6*	2399.4*	3258.3*	2634.1*	2952.2*	3645.3	4390
E.E	38	252	302	437.2	733.4	570.5	1319.7	1164
C.V%		27%	23%	21.7%	19.08%	14.7%	19.3%	15.04%
MEDIA		58.40	72.6	95.5	141.9	161.5	188	226

F. V= Fuentes de variación; TRAT = Tratamientos; E. E= Error experimental;
 C. V. (%) = Coeficiente de variación; GL = Grados de libertad; F= Fechas

En este sentido, Salter (1958) menciona que una vez que los frutos empiezan a crecer el rango de crecimiento vegetativo disminuye. Sin embargo en la cuarta fecha peat moos mostro el valor mayor en altura de planta, mientras que en la quinta fecha el peat moss, la fibra de coco y heno de mota composteado volvieron a mostrar los valores más altos y similares entre sí, este cambio brusco en la altura de las plantas pudo ser debida a un disturbio, exceso o disminución de agua o algún efecto de los sustratos, mientras que en la sexta y séptima fecha todos los tratamientos no mostraron diferencias significancia entre sí, cabe resaltar que del día de trasplante a la última fecha fueron 94 días, las plantas alcanzaron un crecimiento promedio de 2.10 a 2.40 m, al respecto Gaona (2005) obtuvo resultados muy similares al obtener 2.34 m de altura máxima en variedades de tomate bola a los 80 días después del trasplante, mientras que en los resultados obtenidos por Moreno *et al.* (2005). no

encontraron diferencias en altura de planta al evaluar tomate en tratamientos de composta de diferentes fuentes y un testigo hidropónico, obteniendo una media de 131,68 cm., en cambio, Rodríguez *et al.*, (1998) mencionan que los incrementos en la altura repercuten en un mayor número de hojas y por tanto un mayor número de clorofila. Cabe mencionar que el heno de mota normal y tierra con perlita no mostraron diferencias estadísticas en el análisis de varianza en ninguna de las fechas, aunado a esto se podría decir que el heno de mota fue superior en crecimiento a perlita sin embargo fueron los dos sustratos con alturas de 2.10 y 2.20 m de altura que fueron los más bajos comparados con los otros sustratos, de igual manera el heno de mota combinado es una buena opción para integrarlo como sustrato.

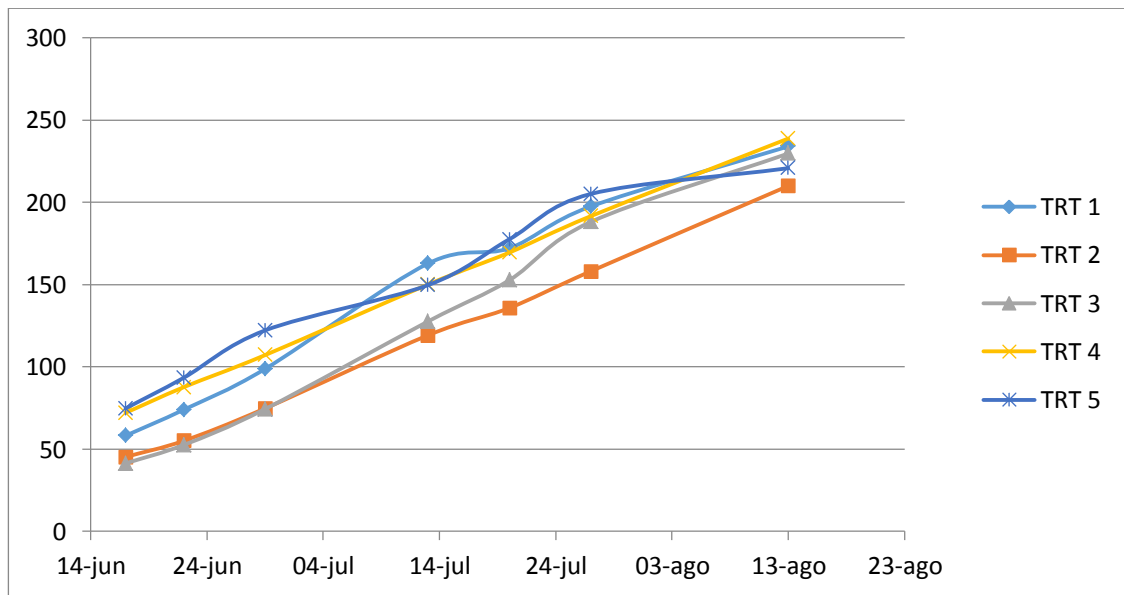


Figura 4.2. Efecto de la altura de plantas en tomate producidos en diferentes sustratos bajo condiciones de invernadero en el CESAL-INIFAP, 2016.

Nota: TRT- 1 = Peat moos; TRT 2 = Heno de mota normal; TRT 3 = Tierra con perlita; TRT 4 = Heno de mota con composta; TRT 5 = Fibra de coco. Escala de 0 – 250 cm altura de plantas y fechas.

Variables de fruto

En el Cuadro 4.3 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de fruto y rendimiento de tomate producidos en diferentes sustratos. En dicho Cuadro se aprecia que en la fuente de tratamientos se encontraron diferencias significativas a nivel de $P \leq 0.05$ para la variable de peso de fruto (PFR) y rendimiento (RDTO), mientras que en las variables de Largo de fruto (LFR), Ancho de fruto (AFR), Grados Brix (GBRIX), Número de racimos por planta (NRP), Número de frutos por racimo (NFR) no se presentaron diferencias significativas. Cabe resaltar que los valores de los coeficientes de variación reflejan un manejo confiable, tanto para las metodologías empleadas como para los procedimientos evaluados en el desarrollo del experimento, ya que el máximo valor del CV(%) se presentó en las variables de NRP y NFR con un valor de 21.44 y 21.46 respectivamente, sin embargo, para las otras variables, el CV fueron inferiores al 19%, por lo tanto, en este experimento los valores que se registran son muy estables y aceptables para este trabajo.

Las pruebas de comparación de medias realizada para estas variables reflejan que en el rendimiento (RDTO) como era de esperarse el tratamiento cinco que es a base de fibra de coco presento un rendimiento de 155.5 t ha^{-1} , quién fue superior al resto de los tratamientos (Figura 4.3), aunado a eso, Zarate (2007) obtuvo rendimientos más bajos al utilizar este tipo de sustrato.

Mientras que para diámetro de fruto (largo y ancho) al no resultar con diferencias estadísticas para ningún sustrato, el ancho de fruto se mantuvo con un rango de 5.0 a 5.5 cm de ancho y de 7.5 a 9.0 cm de largo, estos tamaños son debidos a que el tomate es un criollo y está en una etapa temprana de selección y evaluación, es por ello que el tamaño y forma de fruto fue muy diversificado, al presentar formas redondas, achatadas o en forma de pera y con superficie lisa, siendo el tamaño muy variable tal y como lo señala Rodríguez (1984). Mientras que García (2006) reporta una media de 6.5 para esta variable. Así mismo Rodríguez (2001) evaluando tomate en sustratos reporta una media de 5 cm de diámetro.

Cuadro 4.3. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables agronómicas en la producción de tomate producidas en diferentes sustratos y condiciones de invernadero en el CESAL-INIFAP, en 2016.

F.V	G.L	PLFR	PAFR	PFR	GBRIX	NRP	NFR	RDTO
TRAT	4	1.251	0.139	30.35*	0.304	1.143	40.24	3303.43*
E.E	8	1.630	0.110	7.35	0.284	0.794	17.120	734.705
C.V%		15.09	6.32	19.7	12.35	21.44	21.46	19.075
MEDIA		8.47	5.40	13.71	4.32	4.15	19.27	137.189

F. V= Fuentes de variación; TRAT= Tratamiento; E. E= Error experimental;
 C. V. (%) = Coeficiente de variación; MEDIA= Media; G. L= Grados de libertad;
 PLFR = Promedio largo de fruto; PAFR = Promedio ancho de fruto;
 PFR = Peso de fruto; GBRIX = Grados Brix; NRP = Número de racimos por planta;
 NFR = Número de frutos por racimo; RDTO = Rendimiento.

Para la variable de Grados Brix en fruto, al no registrar diferencias significativas para ningún sustrato, estos valores se mantuvieron en un rango de 4.1 a 4.4 ° Brix, resaltando al sustrato heno de mota con composta quién tuvo el valor más alto con 4.4°Brix, sin embargo para este experimento los grados Brix se consideraron frutos de regular calidad, ya que de acuerdo con Díez (2001) menciona que el tomate para el procesado y consumo en fresco debe tener un contenido de solidos solubles de 4.5° Brix, frutos en este rango de solidos solubles, también lo obtuvieron Márquez y Cano (2004) y Ortega *et al.* (2003).

Para el Número de racimos por planta (NRP) y número de frutos por racimo (NFR), estas variables están determinadas por el número de flores que son fecundadas y alcanzan a desarrollarse en el fruto. Dichas variables son componentes para el rendimiento, sin embargo estas variables no mostraron diferencias significativas en los sustratos evaluados, cabe resaltar que para NRP y NFR el sustrato de peat moss y fibra de coco mostraron superioridad numérica en la carga de frutos al presentar 25 y 21 frutos por racimos, estos resultados coinciden con lo obtenido por Zarate (2007) quién obtuvo resultados similares al cultivar tomate en sustratos a base de fibra de coco. Por su parte Sion (1979) señala que la competencia que se establece entre los frutos de un mismo racimo tiende a disminuir el tamaño del fruto por la inflorescencia, lo cual está relacionado con el peso de los frutos, siendo pequeños los frutos del extremo y más aún en los últimos racimos de la planta.

Cabe resaltar que el heno de mota normal no tuvo diferencias significativas según la prueba antes mencionada, sin embargo alcanzo un rendimiento que rebasó las 100 t ha⁻¹, manteniendo niveles similares al resto de los tratamientos, teniendo altas y bajas en cada una de las variables evaluadas, mientras que el heno de mota composteado estuvo compitiendo con el peat moss y la fibra de coco que fueron los tratamientos más sobresalientes, por lo que se considera de gran beneficio y mejor en mezclas con otros, para hacer de esta plaga forestal un sustrato ideal.

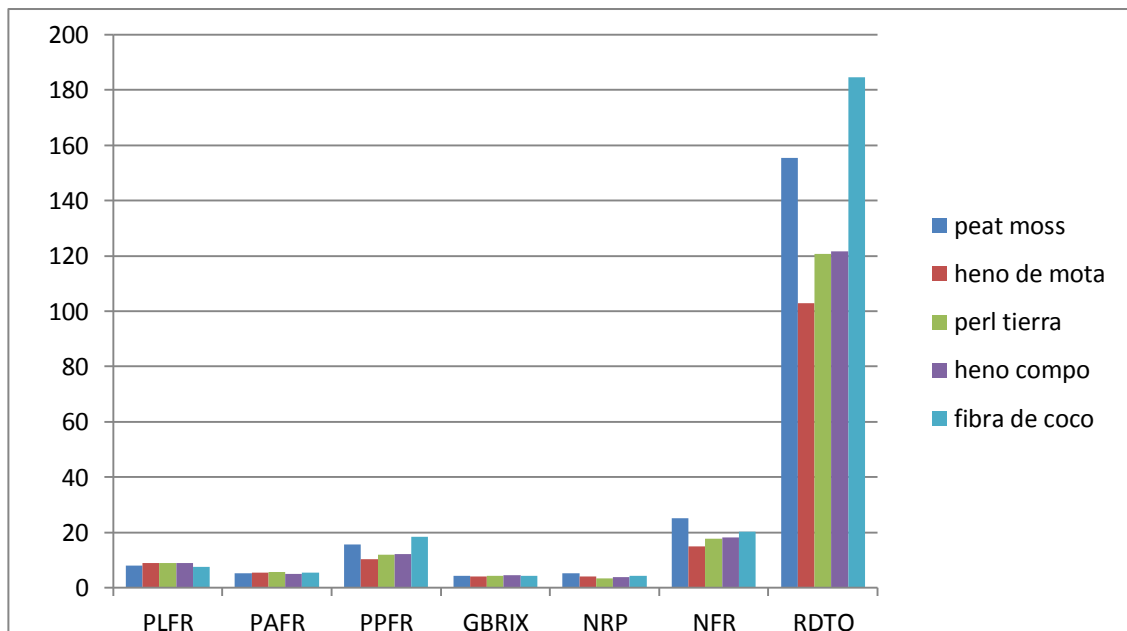


Figura 4.3. Comparación de medias de las variables agronómicas en frutos de tomate producidos en diferentes sustratos bajo condiciones de invernadero, CESAL-INIFAP, 2016.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados en el presente trabajo y en función de los resultados obtenidos se concluye que:

- El heno de mota al evaluarse con los diferentes sustratos no mostro diferencias significativas en la eficiencia, comportamiento y desarrollo de las etapas fenológicas del cultivo de tomate, se mantuvo estable en correlación con el rendimiento bajo condiciones de invernadero, por lo que se acepta la hipótesis planteada al no encontrar diferencias significativas en comparación con los otros sustratos.
- Sin embargo el heno de mota con composta se comportó a la altura de del peat moss y la fibra de coco por lo que se llega a la conclusión de que al emplearlo con otros sustratos mejora la calidad de la planta, mejora en el rendimiento y tiene mejor capacidad fotosintética, por ello se comprueba que es ideal mezclarlo con otro, para mejorar su acción.

- Se determinó que el heno de mota ante las variables evaluadas no mostro diferencias significativas en la producción de clorofila en todas las etapas fenológicas de la planta, sin embargo, se mantuvo estable con los demás tratamientos, cabe mencionar al heno de mota mezclado con composta mostro superioridad ante los demás sustratos.
- Sin embargo se llegó a la conclusión que a medida que la planta se desarrolla conforme a la etapa fenología, la producción de clorofila aumenta, mientras tanto en la etapa de floración la clorofila permanece estable para dar toda su energía al fruto después de eso la actividad fotosintética va disminuyendo considerablemente a medida que la planta se va secando.

LITERATURA CITADA

- Abad B., M., P. Noguera M. y C. Carrión B. 2005. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. En: Cadahía L., C. (Ed.) Fertirrigación, cultivos hortícolas frutales y ornamentales, 3ª ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. pp. 299-354.
- Alarcón V., A.L. 2000. Tecnología para cultivos de alto rendimiento. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena. 460p
- Alpini, A. 1999. Cultivo en invernadero. Editorial Mundi – Prensa. 3 edición, Madrid, España.
- Amílcar, D.R.C. 2008. Manejo agronómico del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en casa de malla, bajo las condiciones de monjas, jalapa. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía: pag.49.
- Ansorena M., J. 1994. Sustratos: propiedades y caracterización. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 172p.
- Berenguer, J. J. 2003. Manejo del cultivo de tomate en invernadero. Curso internacional de producción de hortalizas en invernadero. Torreón.Coah. p.22., editorial Mundi-Prensa México.
- Bunt, A. C. 1998. Media and Mixes for Container-Grown Plants 2a ed.Unwin Hyman Ltd. London, 309 pp.
- Bures, S.1998. Introducción a los sustratos. aspectos generales. **En:** Pastor S. N. (Comp.) Tecnología de sustratos. Aplicación a la producción viverística, ornamental, hortícola y forestal. Universidad de Lleida. p19.
- Cadahia, L. C. 2005. Fertirrigación, cultivos hortícolas y ornamentales. Ediciones Mundi Prensa. 3.a edición, España. Pp 150.
- Calderón S., F. 2001. El cultivo hidropónico de flores en Colombia. Disponible [106] en: <http://www.drcalderonlabs.com/Hidroponicos/HidroponiaColombia.htm>.

- De Liñán, C., ed. (2010). Agroquímicos de México 2010. México.pp. 671
- Diez, J. M. 2001. Tipos varietales. En: el cultivo de Tomate. F. Nuez (ed.) Editorial Mundi-Prensa Mexico.p.95-129.
- Espinoza, G. R. 2010. Uso de micro elementos en la producción de tomates. 6º Simposio Nacional de Horticultura, Producción de tomate en el Norte de México. Benavides-Mendoza (compiladores).UAAAN.PP.100-115 Saltillo, Coahuila.
- Fernández, B. C, N. Urdanet y W. Silva. 2006. Germinación de semillas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Cv Río Grande sembradas en bandejas plásticas, utilizando distintos sustratos. Rev. Fac. Agron. 23(2):188-196. ISSN 0378-7818.
- FIRA, 2003. Agricultura ecológica. Una oportunidad sustentable de negocios para el sector agroalimentario Mexicano. México, DF.
- Gaona, B. Juárez, L. 2005. Evaluación de variedades de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo invernadero en Aquixtla, Puebla. Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México. 68 p
- García, E. 1986. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen 1º Edición UNAM, México D.F. 246P
- García, V. G. 2006. Evaluación de genotipos de tomates con fertilización bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro unidad laguna. Torreón, Coach. Méx.
- Hernández Martínez, j., R. García Mata, 2004. Evolución de la competitividad y rentabilidad del cultivo de tomate rojo (*Lycopersicum esculentum* L.) en Sinaloa. México.” Pp.7. Reinar. Salud. Parte A. 67: 1095 - 1108.
- Jaramillo, J., V.P. Rodríguez. 2007. Manual técnico: buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. FAO. Colombia.pp.
- León. G. H. M. 1980. El cultivo del tomate para consumo fresco en el valle de Culiacán. Edición: INIA. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México. Pp. 11-134
- Linares, O. H. 2004. Manual del participante. “Cultivo de tomate en invernadero” pág. 47.pp

- Márquez H C, P Cano R (2004) Producción de tomate orgánico bajo invernadero. In: 2do. Simposium Internacional de Producción de Cultivos en Invernadero. C Leal Ch, J A G Garza (eds). 20 y 21 de mayo. Monterrey, NL, Fundación UANL y Facultad de Agronomía, UANL. pp:1-11.
- Miranda, I. 1999. Hidroponía. UACH. Preparatoria Agrícola. Editorial Agribot. Chapingo, México. Pp. 1 – 63.
- Moreno, A., M., T., Valdez y T, Zarate. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. Agricultura técnica 65: 26-34
- Ocampo, M. J., M.R. Caballero y M.A. Tornero C. 2005. Los sustratos en cultivos hortícolas y ornamentales. Pp.55-73
- Ortega F S, L Ben-Hur, H Valdez, H Paillan (2003) Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomate de invernadero producido en primavera verano. Agric. Téc. (Chile) 63:394-402.
- Quintero C., M.F., C.A. González M. and V.J. Flórez-Roncancio. 2006. Physical and hydraulic properties of four substrates used in the cutflower industry in Colombia. Acta Horticulturae. 718:499-506.
- Rodríguez, R. 1984. Cultivo moderno del tomate. Editorial mundi – prensa. Madrid. España. Pp 13 -170
- Rodríguez, G.G. Alcántar, S.A. Aguilar, B. Etchevers y R.J.A. Santizo. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. Terra 16: 135-141.
- Rodríguez, R del. A. 2001. Manejo del cultivo extensivo para industria, P. 255-309. En: F. Nuez (ed). Cultivo del Tomate. Editorial mundi-prensa, México. Reimpresión
- SAGARPA.gob.mx. Agro negocios e información agroalimentaria. Estadísticas de los cultivos de todo el país (2016).
- Salter, P. 1958. The effect of different water-regimes on the growth of plants under glass. IV. Vegetative growth and fruit development in the tomato. J. Hort.Sci. 33:1-12 p.
- Samperio, R. G. 2004. Un paso más de la hidroponía. 1a edición. Editorial Diana, México.
- Statistical Analysis Sistem SAS Institute (2002). *SAS/STAT software: Version 9.0 (TS M0)*. Cary, NC.

- SIAP, 2016. (Servicio de información agroalimentaria y pesquera). Productos alimentarios de exportación.
- Sion, M, 1979. Evaluación de rendimiento y calidad del fruto en cinco líneas de tomate. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo México.
- Terres, V.; A. Artetxe y A. Beunza. 1997. Caracterización física de los sustratos de cultivo. Revista Horticultura N° 125 - diciembre 1997.
- Urrestarazu, M. 2000. Manual de cultivo sin suelo. Editorial Mundi – Prensa. Almería España. Pp. 50 – 554.
- Wilcox, E.G. 1994. Tomato. pp. 127-141. In: N.F. Bennett (ed.). Nutrient deficiencies of toxicities in crop plants. APS Press. American Phytopathological Society. St. Paul Minnesota. USA.
- Zarate, B, 2007. Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* mil) hidropónico con sustratos bajo invernadero, tesis maestría, C.I.D.I.R Oaxaca. México.