

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**EVALUACIÓN DE SUSTRATOS EN EL CULTIVO DE TOMATE BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO**

Por

MELCHOR DELGADO VILLANUEVA

T E S I S

**Presentada como requisito parcial
para obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Torreón, Coahuila, México

Diciembre del 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**EVALUACIÓN DE SUSTRATOS EN EL CULTIVO DE TOMATE BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO**

P o r

MELCHOR DELGADO VILLANUEVA

TESIS

**Que somete a la consideración del Comité asesor, como requisito parcial para
obtener el Título de**

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:

DR. ESTEBAN FAVELA CHÁVEZ

Asesor :

DR. PABLO PRECIADO RANGEL

Asesor :

M.E. FRANCISCA SANCHEZ BERNAL

Asesor:

M.C. LUCIO LEOS ESCOBEDO

**ING. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADO POR:

PRESIDENTE

DR. ESTEBAN FAVELA CHÁVEZ

VOCAL

DR. PABLO PRECIADO RANGEL

VOCAL

M.E. FRANCISCA SANCHEZ BERNAL

VOCAL SUPLENTE

ING. VICTOR MARTINEZ CUETO

**ING. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2007

DEDICATORIAS

Dedico el presente trabajo en honor y agradecimiento a mis padres, María Concepción Villanueva Hernández y Melchor Delgado Chávez; que hicieron para hacer de mí un hombre de bien. Quienes con toda su atención, amor y enorme sacrificio me han apoyado en todo momento en la vida y han dirigido con sabiduría mi formación moral y profesional. Muchas gracias por el amor y confianza que tuvieron en mí.

A mi esposa Celia Yederic Campos Suarez, gracias al amor, comprensión y su apoyo, en los momentos difíciles que pase durante mi etapa de profesionista gracias por todo su apoyo y motivación en ella evite la soledad y encontré una gran consejera.

A mi hija Diana Paola Delgado Campos quien forma gran parte de mi vida y gracias al amor que me da nunca me sentí derrotado su presencia siempre fue motivo para salir adelante.

A mis hermanas: Hermila Delgado Villanueva y Carolina Delgado Villanueva por su apoyo en esta etapa de mi vida, por sus buenos consejos y su gran amor que me han brindado durante toda mi vida.

A mis tíos María del Socorro Villanueva Hernández y Sergio Eliseo Segovia Sainz por el apoyo que me brindaron durante el transcurso de mi carrera profesional y gracias por sus buenos consejos y su cariño que me dieron.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la oportunidad de vivir, además de darme la dicha de compartir mi vida con seres humanos de gran corazón como lo es mi familia y mis amigos. Porque siempre ha estado a mi lado dándome salud y cuidando de las personas que más quiero.

A mi ALMA MATER, por darme la oportunidad de formarme profesionalmente y haberme adoptado durante cuatro años y medio en los cuales me brindo cobijo y me dio herramientas suficientes para a afrontar mi vida como profesionista.

Con admiración y respeto al Dr. Esteban Favela Chávez, por darme la oportunidad de ser uno más de las personas que tiene el privilegio de trabajar a su lado y poder aprender grandes cosas que me ayudaran para desarrollarme profesionalmente.

Al Dr. Pablo Preciado Rangel por su gran apoyo en la realización de este trabajo de investigación, sus sabios consejos y por la buena amistad que me brindo.

A la M.E. Francisca Sánchez Bernal por su apoyo y participación en la elaboración de este trabajo de investigación y su amistad brindada.

Al M.C. Lucio Leos Escobedo, por el apoyo que me brindo en la elaboración de este trabajo de investigación y los buenos consejos que recibí de su parte y gracias por permitirme ser uno más de sus amigos.

Al ING. Victor Martinez Cueto por su participación en el jurado del examen profesional y su amistad.

CONTENIDO DE INDICE

DEDICATORIAS	IV
AGRADECIMIENTOS	V
INDICE DE CUADROS	XI
INDICE DE FIGURAS	XII
I. INTRODUCCION	01
<i>1.1. Objetivo</i>	02
<i>1.2. Hipótesis</i>	02
<i>1.3. Metas</i>	02
II. REVISION DE LITERATURA	03
<i>2.1. Generalidades del tomate</i>	03
<i>2.2. Origen y clasificación del tomate</i>	03
<i>2.3. Descripción morfológica del tomate</i>	05
2.3.1. Raíz	05
2.3.2. Tallo	05
2.3.3. Hojas	05
2.3.4. Flores	05

2.3.5. Frutos	06
2.3.6. Semillas	06
<i>2.4. Generalidades de invernaderos</i>	07
2.4.1. Sistemas de producción de tomate en invernadero	08
2.4.2. Ventajas y desventajas de la producción en invernadero	09
2.4.3. Sistema de plantas en tutoradas	09
<i>2.5. Sustrato</i>	10
2.5.1 Poda de formación	11
2.5.2. Polinización	12
2.5.3 Fertirrigación	13
2.5.4. Cosecha	15
<i>2.6. Requerimientos climáticos del cultivo de tomate en invernadero</i>	16
2.6.1. Luminosidad	16
2.6.2 .Temperatura	17
2.6.3. Humedad relativa	17
<i>2.7. Requerimientos nutricionales del cultivo de tomate</i>	18
2.7.1. Nitrógeno	19

2.7.2. Fosforo	20
2.7.3. Potasio	21
2.7.4. Calcio	21
2.7.5. Magnesio	22
2.7.6. Hierro	22
2.7.7. Cobre	23
2.7.8. Zinc	23
2.7.9. Boro	24
III. MATERIALES Y METODOS	25
3.1. <i>Localización del experimento</i>	25
3.2. <i>Diseño experimental</i>	25
3.3. <i>Tamaño del área experimental</i>	25
3.4. <i>Variables a evaluar</i>	27
3.4.1. Sustratos	27
3.4.2. Rendimiento y sus componentes	29
3.4.3. Distancia entre racimos	29
3.4.4. Numero de racimos por planta	29
3.4.5. Altura de planta	29

3.4.6. Numero de flores amarradas	29
3.4.7. Numero de flores abortadas	30
3.4.8. Numero de frutos por planta	30
<i>3.5. Desarrollo del experimento</i>	30
3.5.1. Condición y tipo de invernadero	30
3.5.2. Establecimiento en charola	31
3.5.3. Llenado de bolsas	31
3.5.4. Trasplante	31
3.5.5. Riegos	31
3.5.6. Prácticas culturales	33
3.5.7. Control de plagas y enfermedades	34
3.5.8. Cosecha	34
3.5.9 Crecimiento y desarrollo	34
a) Materia seca de hojas	35
b) Materia fresca de tallo	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	36
4.1. Racimos por planta	36
4.2. Distancia entre racimos	37

4.3. Número de flores amarradas	38
4.4. Número de flore abortadas	39
4.5. Altura de planta	40
4.6. Frutos por planta	41
4.7. Peso de fruto	42
4.8. Peso por racimo	43
4.9. Rendimiento por planta	44
4.10 Rendimiento total	45
4.11 Materia seca de hojas	47
4.12 Peso fresco de tallo	48
4.13 Peso seco de tallo	49
V. CONCLUSIONES	50
VI. RESUMEN	51
VII. LITERATURA CITADA	52

INDICE DE CUADROS

1.- Análisis químico de la composta.

2.- Análisis químico de agua para riego utilizado en el experimento, UAAAN-UL.
Torreón, Coahuila. 2007.

3.- Solución nutritiva empleada en el cultivo de tomate bajo condiciones de
invernadero en el periodo febrero-agosto del año 2007.

INDICE DE FIGURAS

1.- Distribución de los tratamientos en el invernadero.

2.- Racimos por planta.

3.- Distancia entre racimos.

4.- Numero de flores amarradas.

5.- Numero de flores abortadas.

6.- Altura de planta.

7.- Frutos por planta.

8.- Peso de fruto.

9.- Peso por racimo.

10.- Rendimiento por planta.

11.- Rendimiento total en toneladas por hectárea.

12.- Materia seca de hojas.

13.- Peso fresco de tallo.

14.- Peso seco de tallo.

I. INTRODUCCION

El tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) es la hortaliza, cuya parte comestible es el fruto, es considerada la segunda especie hortícola más importante después de la papa por la superficie sembrada que abarca (3.6 millones de hectáreas) Ramírez (2002). Además de la alta remuneración económica, así como la generación de empleos, y sus propiedades nutricionales. La producción potencial de este cultivo bajo condiciones de invernadero rebasa las 400 toneladas por hectárea año Ramírez (2000) La producción hortícola en invernadero se ha incrementado gradualmente en la república Mexicana bajo la producción en invernadero requiere un menor uso de pesticidas, y de fertilizantes por lo que en estas condiciones la solución nutritiva es dosificada de acuerdo a las necesidades del cultivo. El cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero, es capaz de producir frutos de excelente calidad en más de 500 toneladas al año, producción que decrece a 300 toneladas al año cuando se usa un nivel tecnológico medio Sainz (2002).

En la Comarca Lagunera este cultivo se realiza durante el ciclo primavera-verano, durante los meses de abril-agosto, en este periodo los precios son bajos siendo esto una razón en que los productores tienen pocas ganancias.

Los sustratos orgánicos, son una alternativa en la producción de tomate en invernadero de estos existen de varios tipos, (estiércol de vaca, de oveja, de caballo, de composta, y mantillo, entre otros). El cultivo comercial hace uso intensivo de fertilizantes químicos para obtener una mayor producción.

1.1. Objetivo

Evaluar el rendimiento del híbrido Juan Pablo en cuatro sustratos.

1.2. Hipótesis

El híbrido Juan Pablo presenta diferente respuesta en el rendimiento por efecto de la relación Arena-Composta.

1.3. Metas

Encontrar los porcentajes de la mezcla Arena-Composta utilizados como sustrato óptimos que permita obtener los más altos rendimientos.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades del tomate.

El tomate es la hortaliza más importante, por su amplia adaptación y por constituir una fuente de ingresos en el comercio de productos comestibles frescos e industrializados: además, de contener un alto valor nutritivo (Cáceres, 1984).

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

2.2. Origen y Clasificación del tomate

El origen del género *Lycopersicon*, se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile. Fue en México donde se domesticó, porque crecería como mala hierba entre los huertos. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, que habían sido traídos a España y servían como alimento en España e Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron hasta comienzos del siglo XIX. (Nuez 1995).

De acuerdo con Pérez, (2002) establece la clasificación taxonómica del tomate de la siguiente manera:

Reino: Vegetal

División: Espermatofita

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Solanales

Familia: Solanáceas

Subfamilia: Solenoides

Tribu: Solaneae

Género: Lycopersicon

Especie: esculentum.Mill.

2.3. Descripción morfológica del tomate

2.3.1. Raíz

Considerada esta como raíz principal es corta y débil, sin embargo las raíces secundarias son numerosas y potentes. De fuera hacia dentro encontramos: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrimentos; cortex y cilindro central, donde se sitúa el xilema que se refiere a un conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrimentos.

2.3.2. Tallo

Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias. Su estructura, de fuera hacia dentro, consta de: epidermis, de la que parten hacia el exterior los pelos absorbentes.

2.3.3. Hojas

Son compuestas e imparipinadas, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alterna sobre el tallo.

2.3.4. Flores

Esta es perfecta, regular e hipogina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135°, de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bi o plurilocular.

Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso, generalmente en número de 3 a 10 en variedades comerciales de tomate calibre mediano y grande es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de la primera flor formada dando lugar a una inflorescencia compuesta, de forma que se han descrito algunas con más de 300 flores. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. La flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del cortex. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas.

2.3.5. Frutos

Baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto.

2.3.6. Semillas

La semilla del tomate tiene una forma lenticular con unas dimensiones aproximadas de 5x4x2 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión, cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, está constituido, a su vez, por la yema apical, dos cotiledones, el hipocotilo y la

radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión. La testa o cubierta seminal está constituida por un tejido duro e impermeable, recubierto de pelos, que envuelve y protege el embrión y el endospermo (Nuez, 2001).

2.4. Generalidades de invernadero

Nuez, (1995), señala que la Implementación de los invernaderos, ha impulsado el nuevo desarrollo de los cultivos especialmente adaptadas al cultivo protegido. Así entre la diversidad, se encuentran variedades de tomate recomendadas para el cultivo al aire libre, otras para cultivos protegidos y en algunos casos, para uso mixto.

Rodríguez, (2003), hace referencia que en México existían aproximadamente 1,300 hectáreas de invernadero pero en el año 2005, esta superficie se incremento a 3 mil hectáreas. Por que otorgan todas las ventajas de controlar los factores climáticos y ambientales y de reducir costos de insumos y mano de obra

Castaños, (1993), menciona que la siembra de hortalizas bajo sistemas controlados, es una de las formas más eficaces que el hombre ha encontrado para evitar los efectos adversos del medio ambiente. El cultivo de hortalizas en invernadero, es una alternativa viable si se desea producir en un medio desfavorable o bien cuando se necesitan rendimientos elevados, en determinadas épocas del año.

El invernadero es un recinto favorable en el que se consigue un medio favorable para las plantas cuando las condiciones climáticas exteriores no son suficientes para

su cultivo al aire libre. La estructura de un invernadero puede ser de madera o metal, y el recubrimiento de fibra de vidrio y plástico flexible (Gostingari, 1998).

Los principales objetivos del cultivo bajo invernadero son:

Según Torres y Roseta, (1998), definen al invernadero como estructuras especiales que permiten reproducir, simular y mejorar las condiciones necesarias para el desarrollo de los cultivos, mediante el control de factores como luz, la temperatura, el aire, la nutrición y la humedad.

2.4.1. Sistema de producción de tomate en invernadero

Cazares, (1984), define a la plántula como la planta pequeña producida por semilla, de pocas semanas de edad y que se utiliza para establecer el cultivo en el sitio definitivo ya sea en campo ó en invernaderos.

Castellanos y Muñoz, (2003), señalan que esta técnica se emplea por el elevado valor de las semillas y la necesidad de obtener un producto uniforme a un tiempo conocido y un comportamiento en cuanto a cultivo predecible. Menciona a su vez que la producción de plántulas ofrece múltiples beneficios tales como la uniformidad y el crecimiento predecible de las plantas, reducción del tiempo al transplante, la posibilidad de automatizar los procesos manuales y reducir las pérdidas, todo lo cual conlleva a mejorar la eficiencia y la competitividad en el mercado.

2.4.2. Ventajas y Desventajas en la producción en invernadero

De acuerdo con Robledo, (2002), las principales ventajas que aportan los invernaderos son:

- Precocidad de cosecha.
- Aumento de rendimiento (3 a 5 veces mayor que en campo abierto).
- Cosecha fuera de época.
- Frutos de mayor calidad.
- Ahorro de agua.
- Mejor control de plagas y enfermedades.
- Siembra de variedades selectas con rendimientos máximos.
- Balance adecuado de agua, aire y alimentos nutritivos.
- No se depende de fenómenos meteorológicos.

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

- Inversión inicial alta
- Alto nivel de especialización y capacitación
- Altos costos de producción
- Condiciones óptimas para el ataque de agentes patógenos

2.4.3. Sistema de plantas tutoradas

López, (1994), señala que algunas hortalizas y flores requieren de sostén para desarrollarse adecuadamente, por el peso del fruto y porque las raíces no crecen

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

2.5. Sustratos

López, (1994), señala que existen diversos sustratos en los que las plantas se desarrollan a partir de la germinación de la semilla. Entre los que se utilizan se encuentran la arena de río, suelo con estiércol, de vermiculita, perlita, paja, aserrín, grava, entre otros. Agrega que los sustratos deben contener una limpieza adecuada hasta esterilización si es necesaria.

Abad y Noguera, (2000), hacen referencia a que la arena, es aquel material cuyas partículas van de un diámetro de 0.02 a 2 mm. Donde la densidad aparente es superior a 1.5 g cm^{-3} . La arena es un sustrato económico cuando está disponible en una distancia cercana. Asimismo señala que las partículas con diámetro inferior de 0.5 mm presentan una buena capacidad de retención de agua, pero están pobremente aireadas, por el contrario con un diámetro mayor de 0.5 mm, presentan una mayor capacidad de aireación y una menor capacidad de retención de agua.

Según Samperio (1997), en un sustrato, las semillas germinan, crecen y se desarrolla hasta su producción, que puede ser de origen vegetal como las turbas, las virutas y el aserrín o de origen mineral como la arena de río, la grava y el fibracel entre otros.

2.5.1. Poda de formación

La poda, es la remoción de algunas partes de las plantas, como yemas, brotes desarrollados y raíces para una forma deseable, controlando con esto la dirección y el crecimiento. Esta puede influir en el número y la calidad de flores y frutos. Por ejemplo, si se permite que se desarrollen menos frutos, estos serán más grandes y de mayor calidad (Barden y Gordón, 1984).

García y Jaren, (1992). Mencionan que la poda consiste en la eliminación de los brotes laterales, que crecen entre el tallo principal y los pecíolos de las hojas, los que deben ser eliminados antes de que se desarrollen demasiado, ya que asimilan parte de los nutrimentos que son designados a los frutos.

Por su parte Castro y Pérez, (1999). Señalan que las podas causan heridas en el tallo principal y que estas deben realizarse cuando alcanzan una longitud máxima de 3 a 5 cm. Sin embargo si la poda se realiza cuando han alcanzado un mayor tamaño, se puede provocar en la planta una mayor susceptibilidad al ataque de enfermedades y al desequilibrio fisiológico.

La poda se aplica en genotipos de tomate de crecimiento indeterminado; donde hay que podar oportunamente el desbrote, ya que de no ser así esta se convierte en un problema que afecta el rendimiento. La poda de hojas, se realiza eliminando

todas aquellas hojas inferiores senescentes por debajo del último racimo que va madurando o pintando color, donde dicho corte de la hoja debe ser limpio y al ras del tallo principal para evitar entrada de patógenos (botritis). Agregan que la poda de hojas debe ser equilibrada, considerándose esta práctica de utilidad para evitar el rajado de frutos en ciertos genotipos. Sin embargo con el deshojado se consigue una mayor ventilación y una mejora en el color de los frutos (Castellanos y Muños, 2003).

2.5.2. Polinización

Jaren y García, (1992), refieren que los tomates son polinizados normalmente por el viento cuando crecen al aire libre, pero en invernaderos; el movimiento del aire es insuficiente para que las flores se polinicen por sí mismas, considerándose esencial la vibración de los racimos florales para obtener así una buena polinización. Los vibradores se acercan durante breves segundos a las ramas portadoras de los racimos florales.

La planta de tomate es autogama en un 95 – 99%, por lo que la polinización cruzada varia del 0.5 al 5% y es favorecida principalmente por los insectos. El estigma receptivo puede estar desde 1 a 2 días antes de que ocurra la dehiscencia y permanece así, hasta 8 días después donde las anteras se abren entre 1 a 2 días después de que ocurre la antesis, favoreciéndose la polinización mediante la caída directa de los granos de polen sobre el pistilo (Garza, 1985).

Según León, (2001) el uso de abejorros en la polinización del tomate, incrementa considerablemente el rendimiento y una mayor proporción de frutos

grandes comparados con los de polinización a mano o sopladores. Las colmenas deben instalarse al comienzo de la floración del primer ramillete.

Jaren y García, (1992), menciona que los trabajos sobre polinización han demostrado que una humedad relativa del 70%, es la mejor condición para la polinización y el cuajado de fruto; por su parte, una humedad más elevada genera un polen húmedo y pegadizo, con excepción del medio día, y disminuye la posibilidad de que exista transferencia suficiente de polen de las anteras a el estigma.

2.5.3. Fertirrigacion

La fertirrigacion, es la aplicación simultánea del agua de riego y los nutrimentos, generalmente de manera localizada y con elevada frecuencia. Con el riego localizado, se reducen las pérdidas de agua por evaporación directa y el volumen de suelo humedecido es relativamente bajo, asimismo se reduce la capacidad de almacenamiento de agua, de ahí la necesidad de aplicaciones frecuentes de un volumen bajo con esto se reducen las perdidas por escurrimiento y percolación (Castellanos y Muñoz, 2003).

Thompson, (1997), señala que la fertirrigacion, provee la frecuencia en la capacidad de nutrimentos utilizando una combinación de las necesidades de la planta, de una preferencia del productor y de las limitaciones de un sistema de riego por goteo individual.

La calidad del agua de riego es un aspecto importante, cuando se utiliza agua con exceso de sales que puede producir una mala disolución en las tuberías y emisores afectando la instalación. El análisis del agua de riego y la interpretación de

los resultados debe considerarse desde el inicio de la aplicación (Domínguez, 1996).

Así mismo señala que los principales parámetros a considerar son:

- Conductividad eléctrica
- pH
- Sulfatos, Cloruros, Carbonatos y Bicarbonatos.
- Calcio, Magnesio y Sodio

Peña, (1980), hace referencia a que la conductividad eléctrica (C.E.), es la facilidad que tienen algunos cuerpos sólidos o líquidos de transmitir la electricidad cuando se establece un circuito. En una solución el transporte de la electricidad se lleva a cabo en los iones de las sales disueltas, dado que los iones tienen capacidad para transmitir la corriente eléctrica. La conductividad eléctrica está íntimamente correlacionada con la suma de aniones o cationes que se determina químicamente y con los sólidos totales disueltos.

La planta de tomate crece bien en la solución suelo agua con un pH de 5.5 a 6.8, con valores óptimos entre 6.0 y 6.8. En cuanto a conductividad eléctrica (CE), en general, cuando el agua contiene una conductividad eléctrica superior a 2.5 dSm cm^{-1} empiezan los problemas en la planta por el exceso de sales (Martínez y García, 1993).

Sandoval y Amador, (2002), señalan que todos los fertilizantes utilizados en fertirrigación deben tener un grado de solubilidad que impidan las obturaciones con partículas sólidas sin disolverse. Para incorporar un fertilizante a un sistema de riego

por goteo, se necesita prepara previamente una disolución concentrada (disolución madre), que es al que se inyecta al sistema de riego. Agregan que es necesario conocer el grado de solubilidad del fertilizante, con el fin de conocer la cantidad máxima del mismo que se pueda añadir a una determinada cantidad de agua. Sigue citando que la solubilidad depende de la temperatura del agua donde a mayor temperatura una mayor solubilidad. Consideran tener en cuenta que al disolver un solidó en agua se produce una reacción endotérmica, con descenso de temperatura de la solución, lo que reduce la solubilidad.

Según Lomeli, (1999), en la fertirrigacion, la frecuencia de los ciclos de riego van en relación con la naturaleza de la planta, con su estado de desarrollo, con las condiciones climáticas, con la intensidad lumínica, con la longitud del día, la temperatura y el tipo de sustrato utilizado como medio de cultivo; en condiciones de invernadero de alta intensidad lumínica y de altas temperaturas, el porcentaje de evaporación de las plantas se incrementa y como resultado la absorción de agua aumenta significativamente.

2.5.4. Cosecha

Para el mercado local el tomate es cosechado cuando esta rosado, empezando a tomar una coloración o está parcialmente rojo, en este estado todavía debe estar firme, pero aun así es delicado, pues es susceptible a golpes que reducen su calidad (Cassares, 1984).

Según López, (1994) señala que para un mercado local el fruto de tomate se cosecha cuando esta rosado o parcialmente rojo. El tomate de exportación debe

cosecharse antes de que tome la coloración rosa. Esta operación debe realizarse de acuerdo a los requerimientos del mercado, y el tiempo que transcurría desde su cosecha hasta la comercialización.

Acosta, (2002), menciona algunas recomendaciones generales para la cosecha del tomate:

- a) *Cosechar en el momento oportuno de acuerdo al ciclo del cultivo tamaño y grado de madurez del fruto requerido por el mercado (color y firmeza).*
- b) *Separar los frutos de baja calidad (enfermos, deformes, podridos y muy pequeños).*

2.6. Requerimientos climáticos del cultivo de tomate en invernadero.

2.6.1. Luminosidad

Según García y Jaren (1992), en la época nublada las hojas de tomate presentan un bajo contenido en azúcares y tanto estas como los tallos se vuelven pálidas y delgadas, con racimos de frutos pequeños que en ocasiones no llegan a cuajar. Señalan que en días soleados la producción de azúcares en las hojas es elevada, siendo estas oscuras y gruesas, los tallos de color verde oscuro y robusto, los racimos con numerosos frutos bien cuajados y el sistema de raíz muy vigoroso. Agregan que cuando se presentan días nublados durante más de uno o dos días, es necesario reducir las temperaturas del día y de la noche en el invernadero (2 a 4 °C) así mismo utilizar una menor cantidad de agua para evitar el marchitamiento de las plantas.

2.6.2. Temperatura

La temperatura influye en la fotosíntesis, la respiración, las actividades enzimáticas de las células, la división y el crecimiento de las células, así como la capacidad de absorción de las raíces y la disponibilidad de elementos nutritivos. Al aumentar la temperatura, la fotosíntesis sigue la regla de Van Holf, es decir cada 10 °C de aumento dicha función se incrementa 2 ó 3 veces (Hernández y Miranda, 1999).

Castro y Pérez, (1991), señalan que el tomate es una planta termo periódica, que requiere una oscilación de formación de mayor número de flores. La temperatura óptima para el cultivo oscila entre 22 y 24 °C y varía en función de cada una de sus etapas fenológicas.

En la germinación se requieren 25 °C, en plántulas 20 °C y, después del trasplante a inicios del primer racimo, 24 °C. Posteriormente, la temperatura para crecimiento y maduración de fruto debe ser de 25 a 28 °C.

Según Ibarra y Rodríguez, (1991), mencionan que la temperatura es más baja de lo que necesitan las plantas, esta se ve afectada en la formación de carbohidratos iniciales y si es más alta, se favorece una transpiración elevada.

2.6.3. Humedad relativa

Dentro de los invernaderos, la humedad relativa, juega un papel muy importante ya que está relacionada directamente, con el desarrollo de enfermedades,

desordenes fisiológicos en los frutos y el déficit de presión de vapor (Castellanos y Muñoz, 2003).

Castro y Pérez, (1999), hacen referencia a que la humedad relativa óptima dentro del invernadero debe variar de 50 a 60 %, debido a que una alta humedad en el ambiente (mayor de 70 %) el cultivo será más susceptible a enfermedades foliares como el tizón temprano (*Alternaria solana*), el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y la Botritis (*Botrytis cinerea*), principalmente. Señalan, que también puede provocar una mala fecundación por la falta de polen debido a una nula dehiscencia de las anteras o por apelmazamiento de los granos de polen, además de coadyuvar a posibles daños fisiológicos como la pudrición apical de los frutos por deficiencia de Calcio, ya que este elemento se absorbe mejor cuando hay una transpiración normal en la planta y cuando la absorción de calcio disminuye puede ser por un porcentaje alto de humedad relativa agregan que, la baja humedad relativa (menor de 40 %) provoca una mayor pérdida de agua por transpiración, requiriendo de riegos más frecuentes, o de lo contrario la planta se sometería a periodos de estrés que repercuten en el tamaño del fruto.

2.7. Requerimientos nutricionales del cultivo de tomate

Los elementos nutritivos de las plantas han concertado el interés de muchos investigadores desde los comienzos del siglo XIX, cuando se determino por primera vez, que el suelo aportaba elementos requeridos para el desarrollo vegetal. Se tiene conocimiento que los elementos que se requieren en cantidades grandes, son conocidos como macro elementos y micro elementos son los que se requieren en

cantidades pequeñas. Dentro de estos encontramos el Nitrógeno, el Fósforo, el Potasio, el Magnesio, el Calcio, el Cobre, el Boro, el Hierro y el Zinc (Barden y Gordón, 1984).

2.7.1. Nitrógeno

Barden y Gordon, (1984), mencionan de la gran importancia del Nitrógeno en el metabolismo vegetal señalan que el Nitrógeno es un componente vital del protoplasma, de las moléculas clorofílicas y de los aminoácidos de las cuales se derivan las proteínas, y los ácidos nucleicos. Hacen referencia, que el crecimiento de los cultivos se reduce drásticamente si no se encuentran presentes las cantidades que requieren las plantas de este elemento.

Según Samperio, (1997), el Nitrógeno interviene en la producción de clorofila y el fitoplasma vegetal y este permite que las plantas realicen de la mejor manera la fotosíntesis donde se elaboran las proteínas, las hormonas, las vitaminas y las enzimas.

Las deficiencias más frecuentes por la falta de Nitrógeno en la planta son: la atrofia del crecimiento y la coloración floral, que va de un verde pálido al amarillo en hojas, las que son más pequeñas que lo normal. Las hojas más viejas son las más afectadas, ya que el Nitrógeno es un elemento relativamente móvil y va extrayéndose de las hojas viejas y trasladándose a las hojas jóvenes (Zárate, 2000).

2.7.2. Fósforo

El fósforo es vital en el crecimiento vegetal, también se encuentra en el almacenamiento y la transferencia de energía. Sin embargo la formación de adenosin trifosfato (ATP) que contiene uniones fosfato de “alta energía”, tiene una enorme importancia en el metabolismo vegetal. Otros compuestos de los cuales forma parte el Fósforo son los ácidos nucleicos, los fosfolípidos y las coenzimas NAD y NADP. El Fósforo es absolutamente esencial, aunque, en los tejidos vegetales se encuentra presente en cantidades mucho menores que los otros elementos como el Potasio el Nitrógeno (Sherman, 1997).

Según Rojas, (2000), el Fósforo está presente durante todo el ciclo del cultivo, ya que interviene en el crecimiento, en la formación de semillas, en la fotosíntesis, en la formación temprana de raíces e incrementa la eficiencia en el uso del agua. Es una parte esencial que constituye las nucleoproteínas, participa en la división celular, ayudando al metabolismo, y permite que las flores se transformen en frutos. Señala que los cultivos manifiestan elevadas exigencias de Fósforo al inicio del crecimiento y en las fases de brotación y floración.

Las plantas que crecen en arena y perlita, toleran altos niveles de fosfatos en la solución nutritiva, en comparación a los sistemas de cultivo en agua y en grava, esto se debe a que en la arena el exceso de fosfatos se precipitan en compuestos insolubles (Hernández y Miranda, 1999).

2.7.3. Potasio

Castaños, (1993), cita que el Potasio forma parte de los constituyentes de las plantas, tales como proteínas, clorofila, grasas y carbohidratos. Éste elemento proporciona un mayor vigor y resistencia a las enfermedades, regula las condiciones de agua dentro la célula de la planta y las pérdidas de agua por transpiración; actúa como acelerador de la acción de las enzimas.

Mengel y Kirby, (1987), mencionan que el Potasio (K^+) es un elemento nutritivo esencial para todos los organismos vivos y que los vegetales lo necesitan en cantidades elevadas, siendo semejante al requerimiento de Nitrógeno.

2.7.4. Calcio

El Calcio, es absorbido por la planta en forma de ion Calcio (Ca^{2+}), por ser un elemento de naturaleza estructural, constituye un componente de las paredes y las membranas celulares. Se ha encontrado en trabajos de investigación que contrarresta los efectos tóxicos del ácido oxálico al formar oxalato de Calcio en las vacuolas de las células. Este elemento una vez que se deposita en los tejidos de los vegetales, ya no es posible removerlo, por lo que los tejidos jóvenes son los primeros en ser afectados cuando existe deficiencias de este elemento (Etchevers, 2004).

Según Rojas, (2000), los síntomas más comunes que se presentan por la falta de calcio en la planta son:

- Una menor síntesis de proteínas en la planta
- Las raíces deficientes en Calcio con frecuencia se tornan negras y mohosas.

- Las hojas y otros tejidos manifiestan síntomas muy claros ya que el Calcio no es traslocado dentro de la planta.

2.7.5. Magnesio

Barden y Gordon, (1984), citan que el magnesio lo absorben las plantas en forma de ion Magnesio (Mg^{2+}) y se caracteriza por su posición central en la molécula clorofílica. Sin embargo gran parte de este elemento que se encuentra en los tejidos foliares no forma parte de las moléculas de clorofila. Se cree que el magnesio adicional actúa en los cloroplastos como un activador de las enzimas, permitiendo una gran diversidad de reacciones, especialmente las que se refieren a la transferencia de energía.

2.7.6. Hierro

Según López, (1994), el hierro se absorbe en forma ferroso (Fe^{2+}) y como quelatos, interviene en muchas proteínas como la Catalasa, en los Citocromos (a, b, c), en la Ferredoxina (fotosíntesis), en el Ferricromo y peroxidasa.

La deficiencia de hierro, se debe por lo regular a la presencia de un pH alto o una mínima aireación del suelo. (Etchevers y Guzmán, 1995).

Rojas, (2000), señala que las causas de deficiencia de hierro en las plantas son varias y estas son causadas por un desbalance de metales, (molibdeno, cobre o magnesio) y por otros factores como el exceso de fósforo en el suelo y una combinación de un pH alto en los suelos, con altos contenidos de carbonatos.

Según Miranda y Hernández, (1999), los síntomas de deficiencia de hierro en la planta se muestra como una clorosis entre las nervaduras muy pronunciadas parecida a la deficiencia de magnesio con la diferencia de estar situada en las hojas jóvenes.

2.7.7. Cobre

Según López, (1994), este micro elemento es absorbido por las plantas como catión (Cu^{2+}), y desempeña acciones catalíticas en las plantas en diversas enzimas (poli fenol oxidasa y ácido ascórbico oxidasa).

Las causas de deficiencia del cobre están determinadas por las cantidades en el suelo y por las condiciones del mismo en cuanto a pH y materia orgánica. Los síntomas de deficiencia son: frutos de forma irregular, manchas pardas o rojizos en la superficie de los frutos y aspecto clorótico y marchites de las plantas (Rodríguez, 1996).

2.7.8. Zinc

López, (1994), hace referencia que el Zinc es absorbido en forma catiónica (Zn^{2+}) y en cantidades pequeñas. Y menciona que la planta lo utiliza en muchas enzimas como: Deshidrogenada, Peptidasas y Proteínas. Una deficiencia del Zinc posiblemente repercute en el ARN y en los ribosomas.

Las lechugas y tomates son muy susceptibles a la deficiencia de zinc. Otros de los síntomas de deficiencia más notorios son: entre nudos cortos, hojas terminales pequeñas y yemas con escaso vigor vegetativo (Rodríguez, 1996).

2.7.9. Boro

El Boro, es absorbido en forma de borato y suele estar en una concentración de 0.1 a 2.5 ppm en el suelo. La cantidad de Boro en las plantas es variable y puede ser toxico en exceso. El Boro facilita el transporte de azucares a través de la membrana; también se afirma que este elemento involucrado en la síntesis de auxinas y una deficiencia las hojas tienden a engrosar y oscurecerse, los meristemas de vástagos y raíces mueren (López, 1994).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó durante el periodo Enero – Agosto del año 2007 en el invernadero # 1 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Ubicada en Periférico y Carretera a Santa Fe Km. 1.5. Torreón Coahuila, México. La región Lagunera se localiza en la parte suroeste del estado de Coahuila en la parte baja y se ubica entre las coordenadas geográficas: 103° 25' 57" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich y 25° 31' 11" de latitud Norte con una altura de 1123 msnm (CNA, 2002).

3.2. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y 30 repeticiones donde la unidad experimental la conforma una planta. Los tratamientos de estudio fueron: el T1 (testigo) con el 100% arena, como sustrato, el T2 con un 50% de composta y un 50% de arena, el T3 con un 75% de composta y un 25% de arena, el T4 con un 25% de composta y un 75% de arena.

3.3. Tamaño del área experimental

El tamaño del área experimental fue de 38.42 m², ubicando cuatro hileras a una distancia de 80 cm, 60 cm entre macetas experimentales (Figura 1)

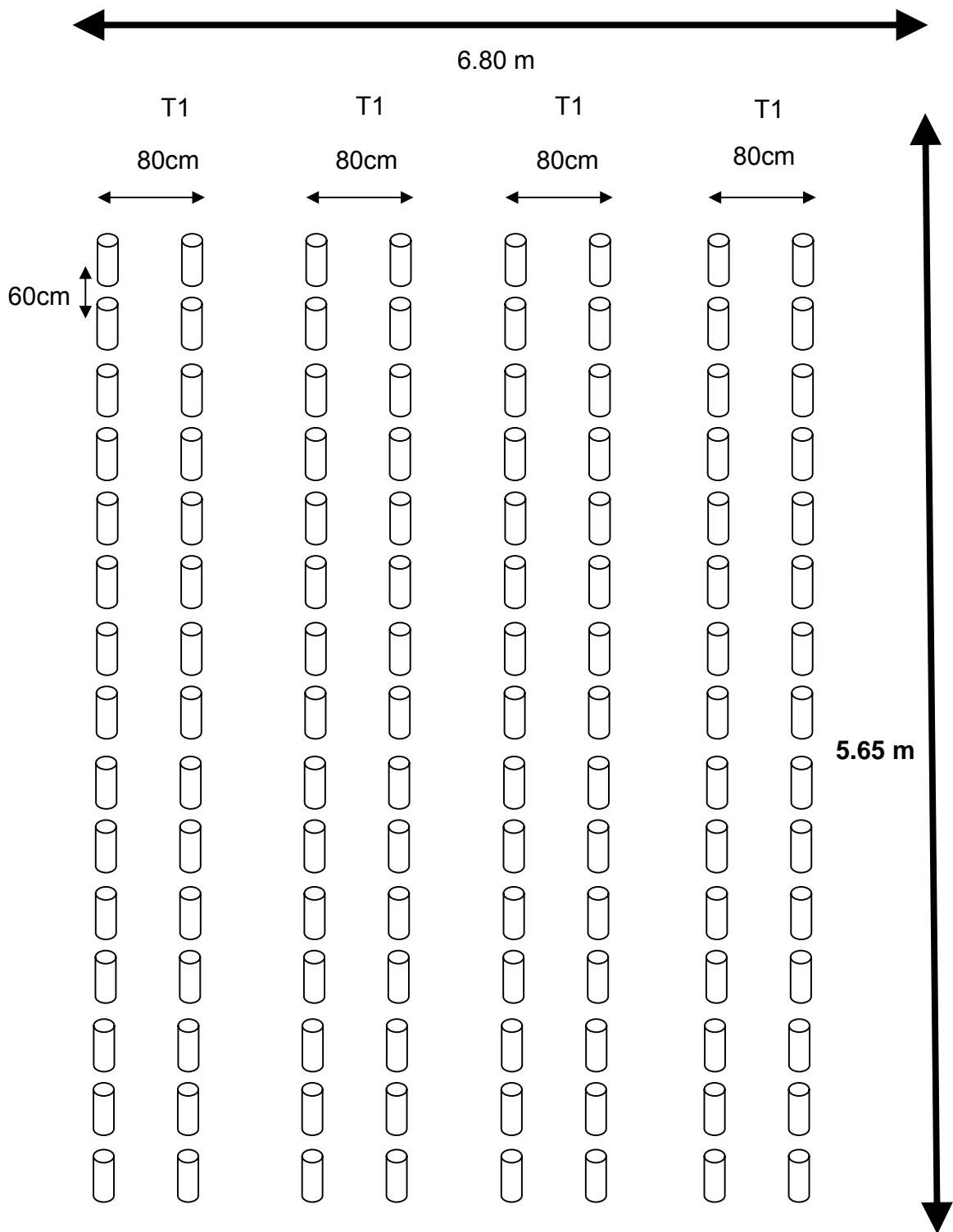


Figura 1, Distribución de los tratamientos en el invernadero.

3.4. Variables a evaluar

3.4.1. Sustrato

Se evaluaron cuatro tratamientos con diferentes porcentajes de sustrato (composta-arena), en el cultivo del tomate bajo un sistema de fertirriego en cuanto a los porcentajes utilizados, estos fueron: el T1 que fue el testigo con el 100% de arena de río, el T2 fue de un 50% composta y 50% de arena de río, el T3 fue de un 75% de composta y un 25% de arena de río, el T4 fue de un 25% de composta y un 75% de arena de río respectivamente. La composta se obtuvo del rancho Ana. El análisis químico de la composta se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis químico de la composta.

Materia Orgánica %	28.93
Nitratos (NO ₃) mg kg ⁻¹	118.28
Fósforo total (P) mg kg ⁻¹	42.00
Potasio (K) mg kg ⁻¹	614.6
Fierro (Fe) mg kg ⁻¹	7.79
Cobre (Cu) mg kg ⁻¹	4.93
Zinc (Zn) mg kg ⁻¹	5.12
Manganeso (Mn) mg kg ⁻¹	4.29
Magnesio (Mg) mg kg ⁻¹	7.03
Calcio me/L ⁻¹	33.21
Conductividad eléctrica	6.71
dSm	
pH	8.56
Carbonatos totales. %	26.50
Sulfatos me L ⁻¹	36.53
Bicarbonatos me L ⁻¹	8.78

3.4.2. Rendimiento y sus componentes.

Los datos de rendimiento se tomaron pesando cada uno de los frutos que fueron cosechados de las plantas utilizando una báscula digital.

3.4.3. Distancia entre racimos florales.

Estos datos se obtuvieron seleccionando el 10 % del total de repeticiones que fueron 3 plantas por tratamiento y se tomo la distancia entre racimos florales con una cinta métrica.

3.4.4. Número de racimos por planta

Estos datos se determinaron al cortar la punta apical de la planta y hasta el final del cultivo ya que se definió el total de racimos amarrados.

3.4.5. Altura de planta

La altura de la planta se realizó cuando apareció el noveno racimo floral, fue cortada la punta de crecimiento de la planta la medición se llevo a cabo con una cinta métrica tomando de referencia la base del tallo pegado al sustrato hasta la punta de la planta, en la parte superior.

3.4.6. Número de flores amarradas

Este dato se obtuvo de manera en que las flores abrían y se contabilizaron el número de flores por racimo.

3.4.7. Numero de flores abortadas

Esta variable se obtuvo cuando los frutos ya se veían amarrados y se compararon con el número de flores amarradas la diferencia proporcionó las flores abortadas.

3.4.8. Número de frutos amarrados

Este dato se determinó conforme se llevaba a cabo la actividad de cosechar se contaban los frutos por racimo.

3.4.9. Número de frutos por planta

El número total de frutos por planta se determinó al final del ciclo de la planta ya que se contaron los frutos cosechados en total.

3.5. Desarrollo del experimento

3.5.1. Condición y tipo de invernadero

Las medidas del invernadero son de 23 m de largo, 10 m de ancho y 4.5 m de altura. El tipo de invernadero es semicircular, cubierto con plástico transparente con estructura metálica, cuenta con dos extractores, pared húmeda que regula la temperatura de la misma, piso de grava, bomba de riego con venturi, no cuenta con calefactores y en el periodo otoño-invierno las plantas son afectadas por las bajas temperaturas, causando daños fisiológicos en frutos recién formados.

3.5.2. Establecimiento en charola

La siembra del genotipo se realizó en una charola de unicel de 200 cavidades, donde antes de sembrar se humedeció el sustrato (peat most), depositándolo en las cavidades de la charola. La siembra se realizó el día siete de enero del año 2007, depositando una semilla por celdilla, agregando una pequeña capa de sustrato para tapar la semilla, esta se colocó dentro de una bolsa de plástico color negro para conservar la humedad, luego se pasó al interior del invernadero # 1. Las semillas germinaron a los 7 días después de la siembra y posteriormente se les aplicó un riego ligero todos los días hasta el trasplante.

3.5.3. Llenado de bolsas

Se realizó el llenado de bolsas con los diferentes porcentajes de sustrato, se realizaron 3 mezclas de arena-composta y una con arena de río.

3.5.4. Trasplante

El trasplante se realizó el día 23 de febrero del año 2007. Cuando la planta alcanzó una altura media de 12 cm. Se utilizaron bolsas con capacidad de 10 kg de color negro; se aplicó un riego pesado de 3 L. Para mojar el sustrato y de esa manera realizar el trasplante, colocando una plántula en cada maceta de estudio.

3.5.5. Riegos

La aplicación de riego inicial se realizó diariamente con un caudal de 255 mL de solución (arrancador) para los cuatro tratamientos para el cultivo del tomate, el contenido era de Nitrato de Amonio al (33%-00-00) a razón de 214 g en 200 Lit. De

agua esta dosis al 30%. A los treinta días del trasplante se realizo una solución nutritiva a base de 60 mL de Acido Fosfórico, 22.8 g de Nitrato de Calcio, 108.40 g de Nitrato de Magnesio, 141.80 g de nitrato de Potasio, 3.5 g de Maxiquel (elementos menores), esta solución nutritiva se manejo para los cuatro tratamientos hasta el final del ciclo del cultivo de tomate. A los 30 días del trasplante el volumen de solución nutritiva para cada planta fue de 500 mL a los 60 días del trasplante el volumen se incremento a 1L De solución por planta, a los 75 días de trasplante el volumen de solución nutritiva se aumento a 2 L Diarios. Se realizo un análisis de agua de riego los resultados se muestran en el cuadro 2

Cuadro 2. Análisis químico del agua para riego utilizada en el experimento UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2007.

CE	pH	K	Ca	Mg	Na	HCO ₃	Cl	SO ₄
dSm ⁻¹					Me L ⁻¹			
1.05	8.75	1.4	4.7	0.80	3.63	0.55	2.3	4.1

Cuadro 2.1. Solución nutritiva empleada en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en el periodo Febrero-Agosta del año 2007.

Ac. Fosfórico	41.2 mL*
KNO ₃	22.8 g
Ca(NO ₃) ₂	141.80 g
Mg(NO ₃) ₂	108.40 g
Maxiquel	3.5 g

- Estos fertilizantes se disolvían en 200 L de agua.

3.5.6. Prácticas culturales

Se acomodaron los alambres en la estructura del invernadero la que va a sostener toda la unidad experimental, se colocaron los hilos de plástico (rafia de polipropileno) para sostener la planta. se acomodaron las guías, se les practico la poda de formación que consistió en eliminar las yemas axilares dejando a un solo tallo; el deshoje consistió en eliminar las hojas senescentes en la parte inferior de la planta. También se eliminaron malezas que aparecieron dentro del área experimental, así mismo se realizó el aporque con el fin de aumentar la mayor formación del número de raíces cubriendo la parte inferior de la planta con arena.

3.5.7. Control de plagas y enfermedades

En el ciclo fenológico del cultivo de tomate se presentó la Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), y para el control de la misma se utilizaron insecticidas químicos, Thiodan (endosulfan) $1-1.5 \text{ L ha}^{-1}$, el thiodan se preparo con la dosis de 100 mL en 20 L de agua.

En cuanto a enfermedades se refiere, no se presento ningún caso, sin embargo, se aplicaron fungicidas y bactericidas preventivos; los fungicidas aplicados fueron Cupravid 200g 20L^{-1} de agua, Ridomil Bravo 50g 20L^{-1} . de agua.

3.5.8. Cosecha

La recolección de frutos se inicio cuando presentaron un color rosado en el ápice del fruto o rojo promedio de entre el 30% pero no más del 60% la cosecha se hizo cada tercer día. Otras de las características que se debe considerar en la cosecha, si es para mercado local, se pueden cosechar parcial o totalmente rojo y para exportación un color verde rosado.

3.5.9. Crecimiento y desarrollo

Los valores de crecimiento y desarrollo, se determinaron al final del ciclo del cultivo, excepto las hojas; estas se determinaron durante todo el ciclo. Las hojas eliminadas se colocaron en una bolsa de papel. Los valores de crecimiento de la planta se hizo cada siete días y se utilizo una cinta métrica. Los tallos se obtuvieron hasta al final del ciclo, esta se fracciono y se puso en una bolsa de papel, separando. La raíz se hizo de igual manera, con sus respectivos tratamientos y repeticiones.

a) Materia seca de hoja

Para determinar el peso seco de hojas; se realizó la poda y se eliminaron las hojas senescentes, ya que estas pueden ser fuente de inóculos y enfermedades. Las hojas de las plantas se colocaron en una bolsa de papel, colocando el número de tratamiento y su repetición, después de realizar esta actividad se llevaron al laboratorio y se pusieron a secar en la estufa a una temperatura de 75°C durante veinticuatro horas. Finalmente se pesó, para ello se utilizó una báscula digital esto se hizo tal como se colocaron en la bolsa.

b) Materia seca de tallo

La biomasa del tallo, se hizo al final del ciclo después de haber eliminado las hojas; el tallo se corta al ras de la superficie radical. Después se fraccionaron cada una de ellas y, luego se colocaron en las bolsas de papel con sus respectivos tratamientos y repeticiones. Por último se llevaron al laboratorio para poner a secar en la estufa a una temperatura de 75°C en 24 horas. Finalmente se pesó cada una de las bolsas utilizando una báscula digital con capacidad de 500 g y esto se hizo tal como se colocaron en la bolsa.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Racimos por planta

En la Figura 2, se observa que el mayor número de racimos por planta correspondió al T1 sin diferencia significativa entre el T2 y T4, el T3 presentó el menor número de racimos por planta. Lo anterior fue debido a que este tratamiento se presentó problemas de desarrollo al inicio del ciclo, ya que el sustrato utilizado era una mezcla de 25% de arena de río y 75% de composta. La composta retiene mucha humedad y presenta una alta conductividad eléctrica de 6.71 dSm, por lo cual el cultivo estuvo estresado, manifestándose en problemas para amarrar el primer racimo floral.

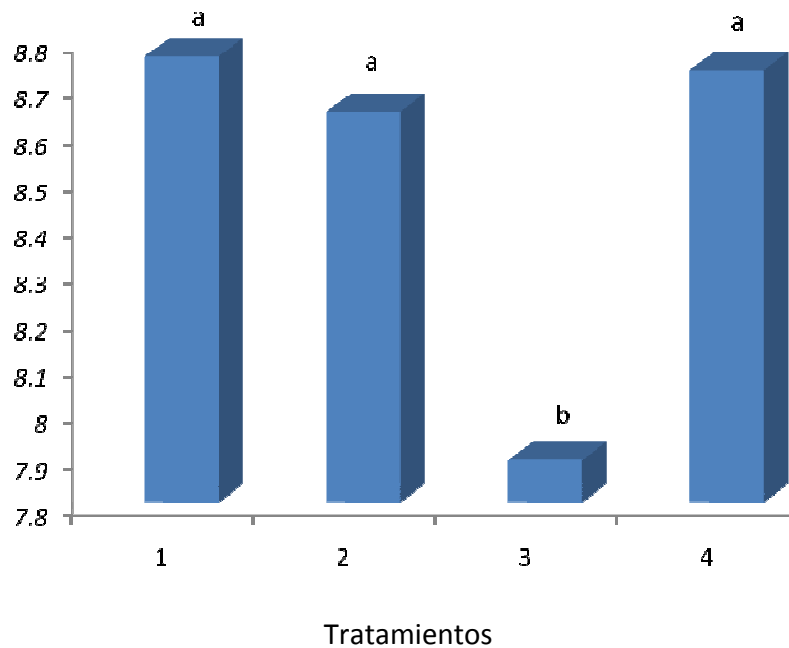


Figura 2. Racimos por planta, letras iguales son estadísticamente similares. Tukey (≤ 0.05)

4.2. Distancia entre racimos

En la Figura 3 se aprecia como el T3 es el que presenta una distancia de 25.70 cm siendo estadísticamente diferente al T1, T2, Y T4.

Esta diferencia que se muestra en la figura 10 es significativa ya que el T3 presento una distancia de 25.70 cm entre racimos y en comparación con el T1 que presento una distancia más corta de 21.55 cm entre racimos florales el T3 fue el de mayor distancia y por lo tanto el peor porque en las plantas se necesita que la distancia entre racimo sea corta no tan prolongada y esto fue provocado por el contenido de nitrógeno de $118.28 \text{ mg kg}^{-1}$ que contenía la composta la composta que era un sustrato de 25% arena y 75% composta y complementado con la solución nutricional provoco que la planta alargara la distancia de racimos por el crecimiento vigoroso provocado por el nitrógeno aportado por el sustrato y la solución.

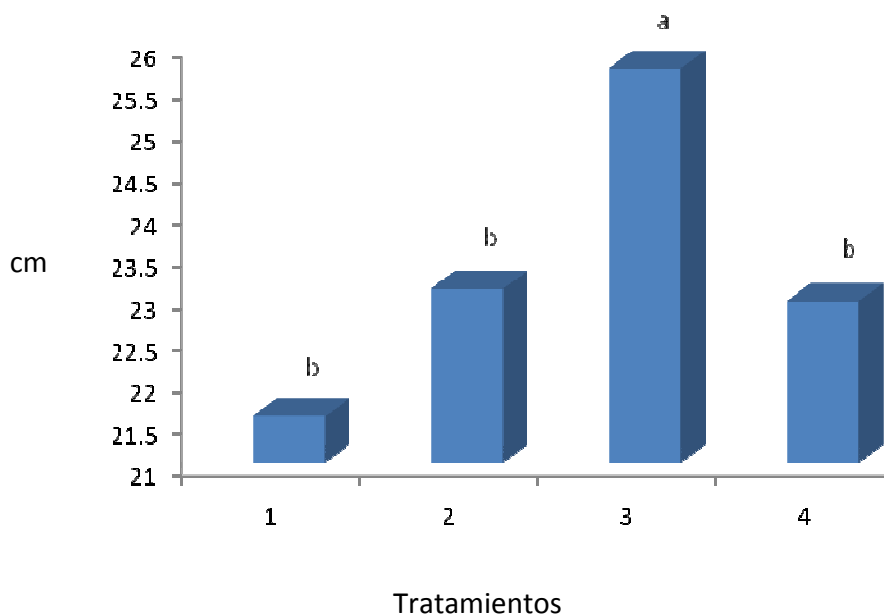


Figura 3. Distancia entre racimos, letras iguales por columnas son estadísticamente similares. Tukey (≤ 0.05).

4.3. Número de flores amarradas

Se observa que el T3 obtuvo el mayor número de flores amarradas, pero estadísticamente es similar a los T1, T2, T4,

Los resultados obtenidos en esta variable de flores amarradas muestra que los cuatro tratamientos tuvieron el mismo número de flores amarradas, durante el proceso de amarre de flores mostraba mayor número de flores el T3 pero en el amarre de flores definitivo no mostro gran diferencia debido a que este tratamiento contenía un sustrato a base de 25% de arena y 75% de composta, la composta contenía una alta conductividad eléctrica de 6.71 dSm y este factor influye en el aborto de flores.

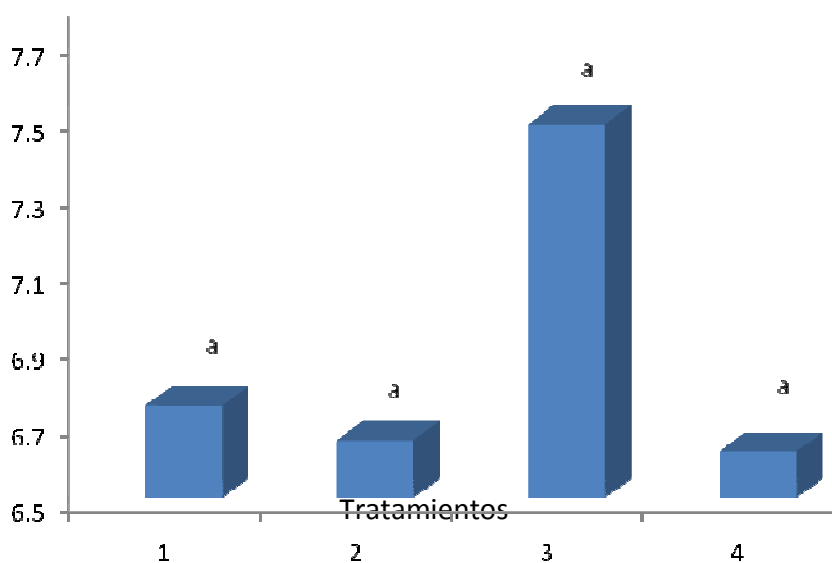


Figura 4 números de flores amarradas, letras iguales son estadísticamente similares. Tukey (≤ 0.05).

4.4. Número de flores abortadas

La figura 5 muestra que el T4 presento mayor número de flores abortadas pero estadísticamente es similar a los T1, T2, T3,

El T4 fue el que presento un valor de 2.42 flore abortadas este factor pudo ser provocado por la altura de la planta ya que fueron las más altas y estaban pegadas a la orilla del invernadero que es la parte más baja y las altas temperaturas y la conductividad eléctrica alta de 6.71 dSm influyeron para que fuera el peor tratamiento en el amarre de flores aunque estadísticamente no hay diferencia con los T1, T2, T3.

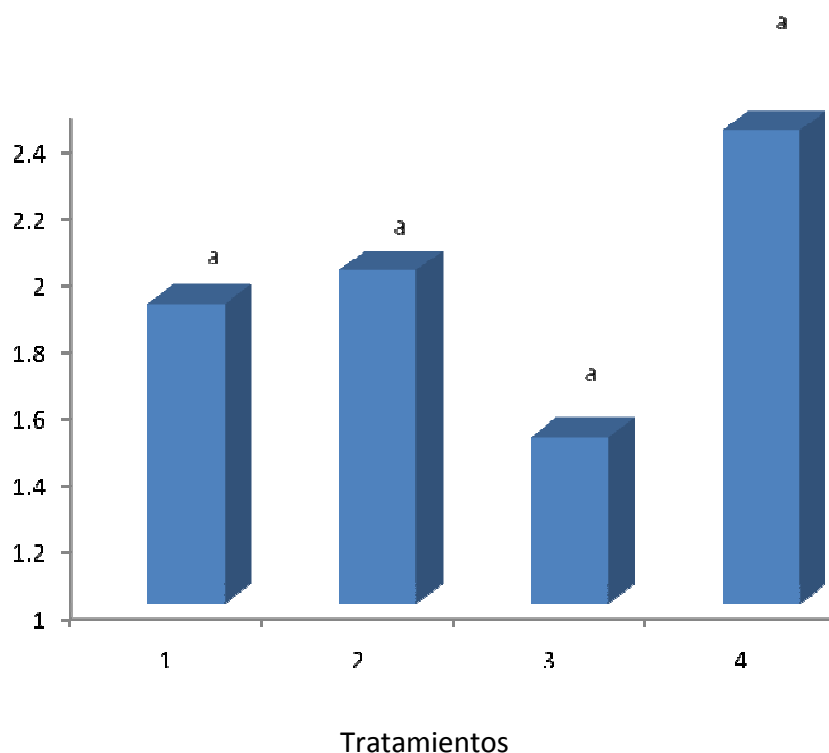


Figura 5 números de flores abortadas, letras iguales son estadísticamente similares. Tukey (≤ 0.05).

4.5. Altura de planta

La figura 6 muestra que el T4 fue el que tiene mayor altura de plantas con un promedio de 155.13 cm de altura. Pero estadísticamente es similar al T1. La diferencia entre estos dos tratamientos fue que el T1 era un sustrato compuesto de 100% arena pero se fertilizaba con una solución nutritiva, y el tratamiento cuatro estaba conformado por 75% arena y 25% composta y también se le aplicaba la misma solución que al tratamiento uno, la composta aportó nutrientes a la planta y esto fue lo que influyó en que el tratamiento 4 presentara mayor altura que el tratamiento uno. Solís (2007), evaluando tomate de crecimiento indeterminado bajo condiciones de invernadero plástico con calefacción y sistema de control de temperatura, reporta alturas que van de 145.5 cm de altura lo cual concuerda con el presente estudio.

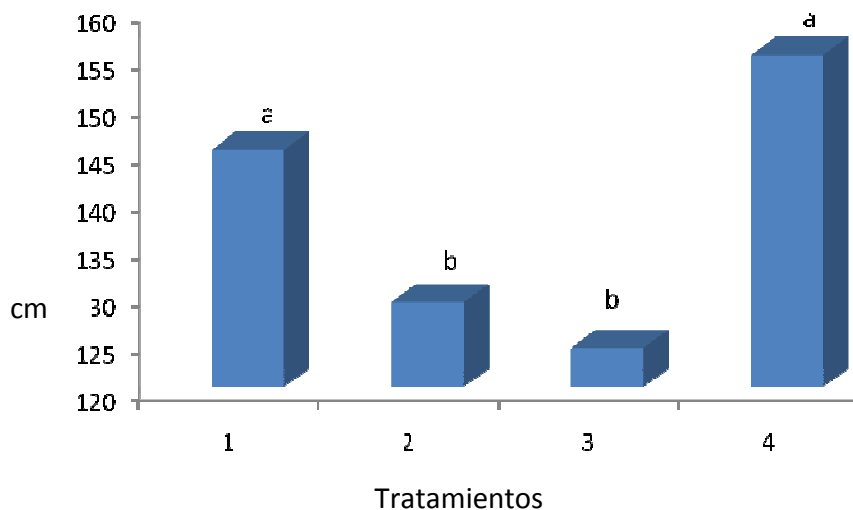


Figura 6. Altura de planta, letras iguales en las columnas son estadísticamente similares. Tukey (≤ 0.05).

4.6. Frutos por planta

La figura 7 muestra que el T1 fue el portador de un mayor número de frutos por planta con 49.23 frutos por planta. Estadísticamente existieron diferencia con los Tratamientos 2 y 4, el T1 fue el mejor porque presento un mayor número de racimos y los frutos del racimo eran de tamaño más uniformes en tamaño en comparación con los T2, T3, T4, el T1 fue el mejor porque tuvo mayor número de frutos amarrados. Este tratamiento no presento ningún retraso en su etapa reproductiva. En comparación con el T3 el cual la figura muestra como el peor este tratamiento lo anterior fue debido a que el sustrato por el que estaba compuesto era de 25% de arena de rio y 75% de composta la composta es un sustrato que retiene mucha humedad y presenta una conductividad eléctrica alta, por lo cual en este tratamiento se presento un estrés, lo que provoco un menor amarre de frutos.

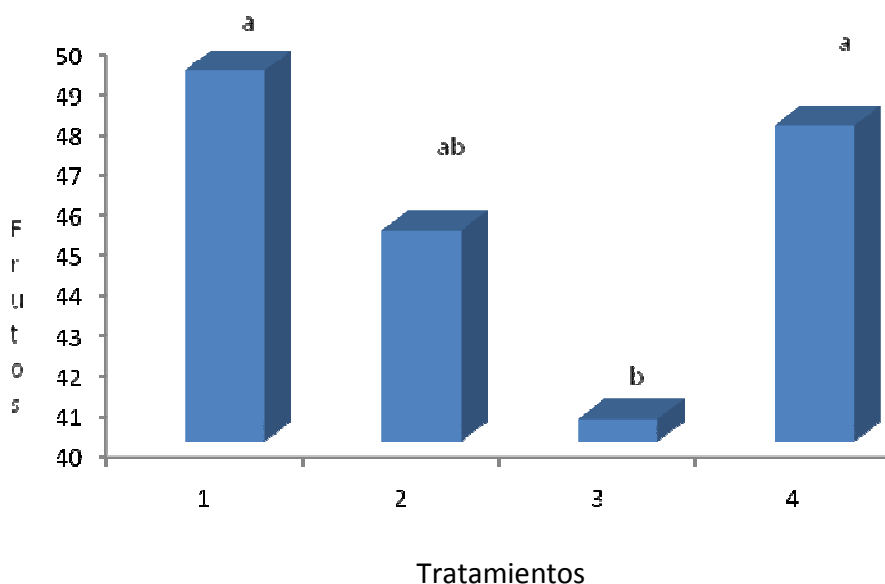


Figura 7. Frutos por planta, letras iguales en las columnas son estadísticamente similares. Tukey (≤ 0.05).

4.7. Peso de fruto

En la Figura 8 se aprecia el T2 como el que mejor resultado tuvo en el peso de fruto el cual fue un promedio de 82 g aunque estadísticamente es similar al T1, T4,

En este resultado del T2 influyo los nutrimentos de la composta y la solución nutritiva, la cantidad de composta de este tratamiento era de 50% de arena y 50% composta complementado con la solución antes mencionada. Hernández (2003) evaluando tomate de crecimiento indeterminado bajo condiciones de invernadero cubierto con fibra de vidrio y una estructura totalmente metálica. La ventilación y calefacción es automatizada, reporta un peso promedio de fruto con 90 g lo cual esto no concuerda con los resultados obtenidos en el presente trabajo.

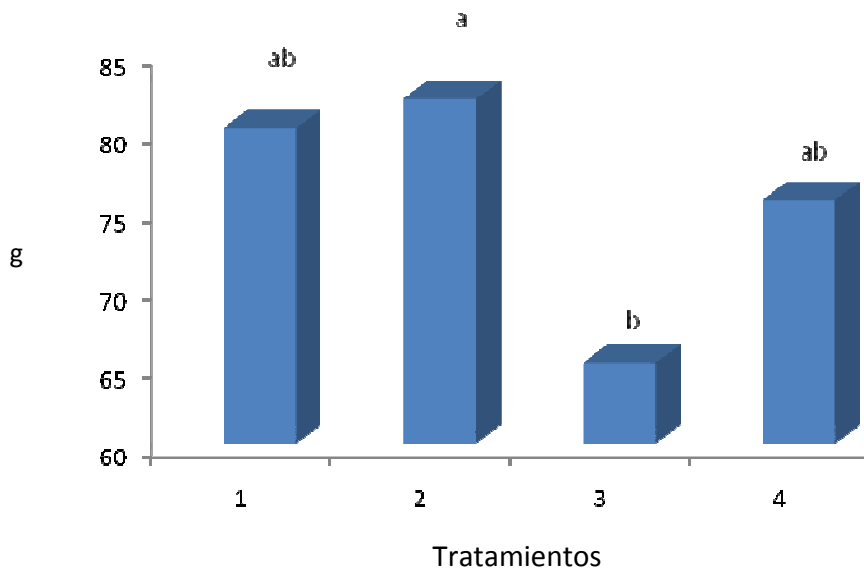


Figura 8. Peso de fruto, letras iguales en las columnas son estadísticamente similares. Tukey (≤ 0.05).

4.8. Peso por racimo

En la Figura 9 se muestra que el T1 fue el que tuvo mayor peso por racimo estadísticamente es similar a el T4. En esta variable el T1 fue el que mayor peso por racimo obtuvo debido a que presento un mayor número de frutos amarrados y mayor tamaño de los frutos a diferencia de los T2, T3 que presentaron frutos medianos y con un menor número de frutos por racimo debido a que este tratamiento fue el mejor fue que nunca tuvo problemas de estrés que hayan podido ocasionar algún problema en el amarre de frutos y crecimiento de los mismos como ocurrió con los T2, T3 que se estresara por la alta conductividad eléctrica y el exceso de humedad del sustrato de composta ya que estos tratamientos eran los de mayor contenido de composta en el sustrato y provocaba que la planta amarrara todos los frutos.

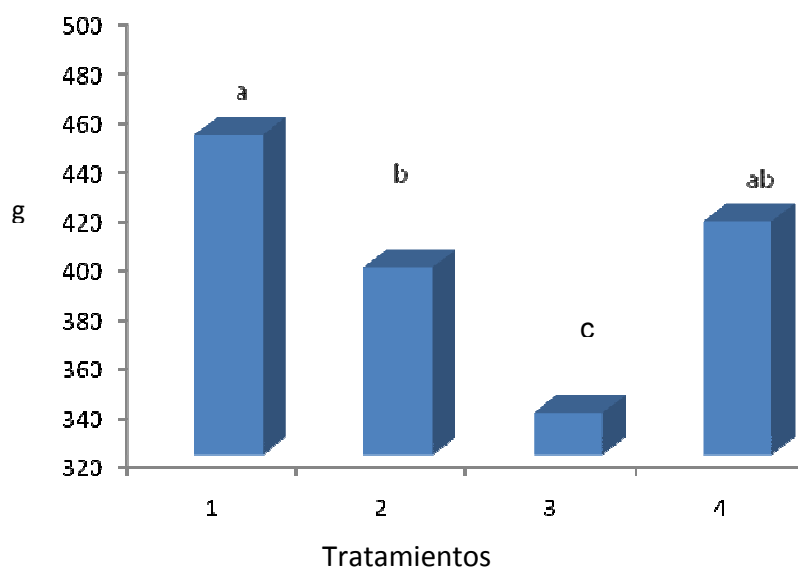


Figura 9. Peso por racimo, letras iguales en las columnas son estadísticamente similares. Tukey (≤ 0.05).

4.9. Rendimiento por planta

En la Figura 10 de rendimiento por planta muestra que el T1 fue el de mayor rendimiento por planta de 3.94 kg. Estadísticamente es similar al T4, el T1 destaca por que tuvo mayor número de frutos amarrados y los frutos tenía un tamaño uniforme en comparación con el T3 ya que el tamaño de sus frutos eran de menor tamaño. El T1 amarro más números de frutos que él, T3, por estos factores fue por lo que el tratamiento ya mencionado fue el mejor en rendimiento por planta.

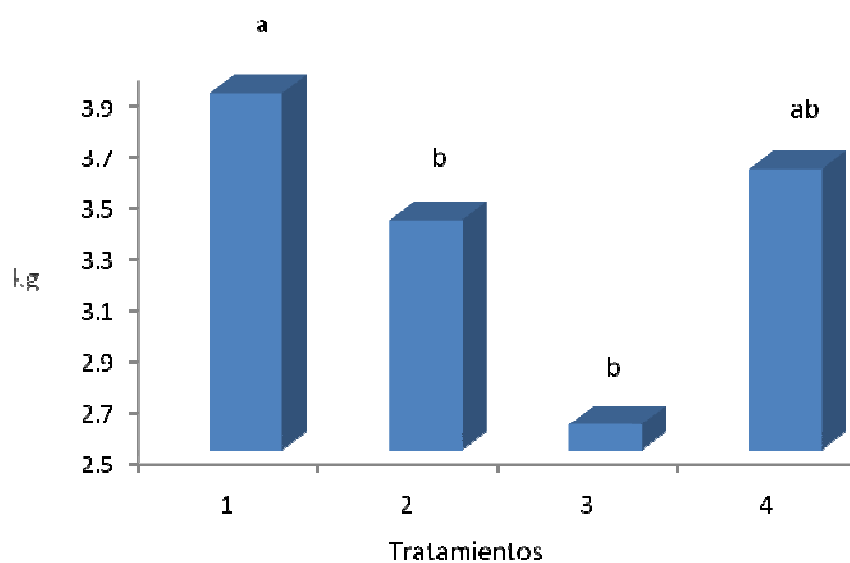


Figura 10. Rendimiento por planta, letras iguales en cada columna son estadísticamente similares. Tukey (≤ 0.05).

4.10. Rendimiento total

En la figura 11 se observa que el T1 obtuvo el mayor rendimiento con 157.7 ton ha⁻¹ aunque estadísticamente muestra similitud con los T2, T4, en comparación con el T3 muestra estadísticamente una diferencia significativa.

El T1 destaca con 157.7 ton ha⁻¹ siendo este el mejor tratamiento, este tratamiento fue mejor porque tuvo un buen porcentaje de flore amarradas y fue el que mayor numero de frutos por planta presento y mayor numero de racimos por planta, esto fue provocado por que este T1 estaba conformado con un sustrato de 100% de arena de rio y se aplicaba una solución nutritiva completa no presentaron estrés por exceso de humedad o de conductividad eléctrica ya que no contaba con composta, tampoco manifestaron deficiencia nutrimentales debido a que la solución aplicada era completa y bien balanceada. Estos factores ya mencionados fueron los que influyeron en el buen rendimiento obtenido en este tratamiento. Los resultados obtenidos en este trabajo no superan a los reportados por Solís (2007), quien evaluando un tomate hibrido de crecimiento indeterminado de nombre Marissa reporta un rendimiento de 158 ton ha⁻¹. En cambio si superan los resultados reportados por López (2003), quien evaluó un genotipo hibrido de crecimiento indeterminado y reporta un rendimiento de 153.7 ton ha⁻¹ ambos con aplicación de solución nutritiva.

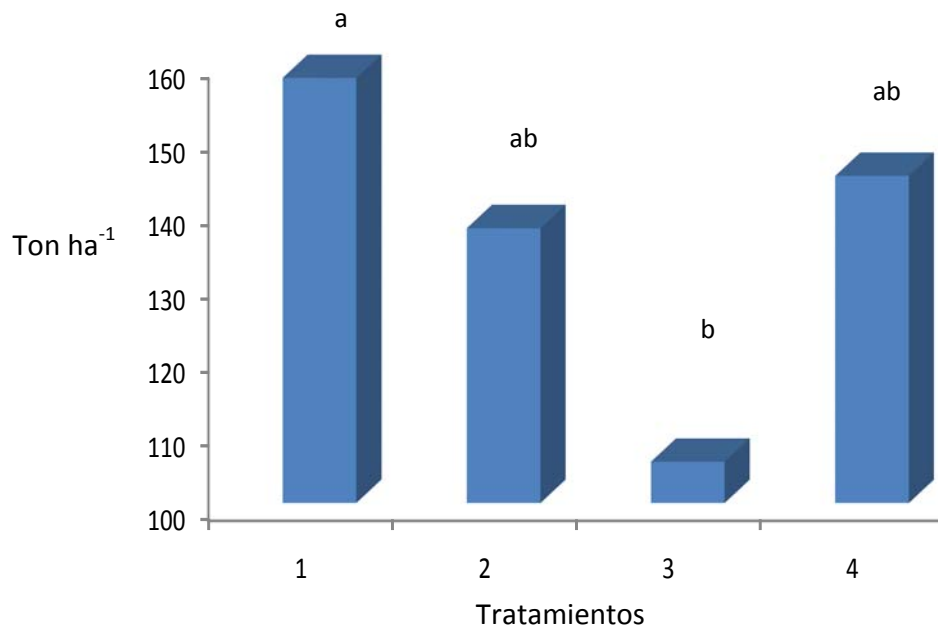


Figura 11. Rendimiento en ton ha⁻¹, letras iguales son estadísticamente similares. Tukey (≤ 0.05).

4.11. Materia seca de hojas

La Figura 12 muestra que el T3 obtuvo un mayor peso de materia seca de hojas con 163.51 g. Estadísticamente es similar al T1, T2. El T3 obtuvo un mayor peso de materia seca de hojas debido a que este tratamiento contenía un porcentaje de sustrato de 25% arena y 75% composta y se fertilizaba con una solución nutritiva, por estos dos factores mencionados el tratamiento tres tenía una mayor aportación de nutrientes a la planta de los cuatro tratamientos este era el de mayor contenido de composta las hojas de las plantas eran más grandes que la de los otros tratamientos. Estos resultados superan a los obtenidos por Álvaro (2004) evaluando un genotipo de tomate de crecimiento indeterminado bajo condiciones de invernadero.

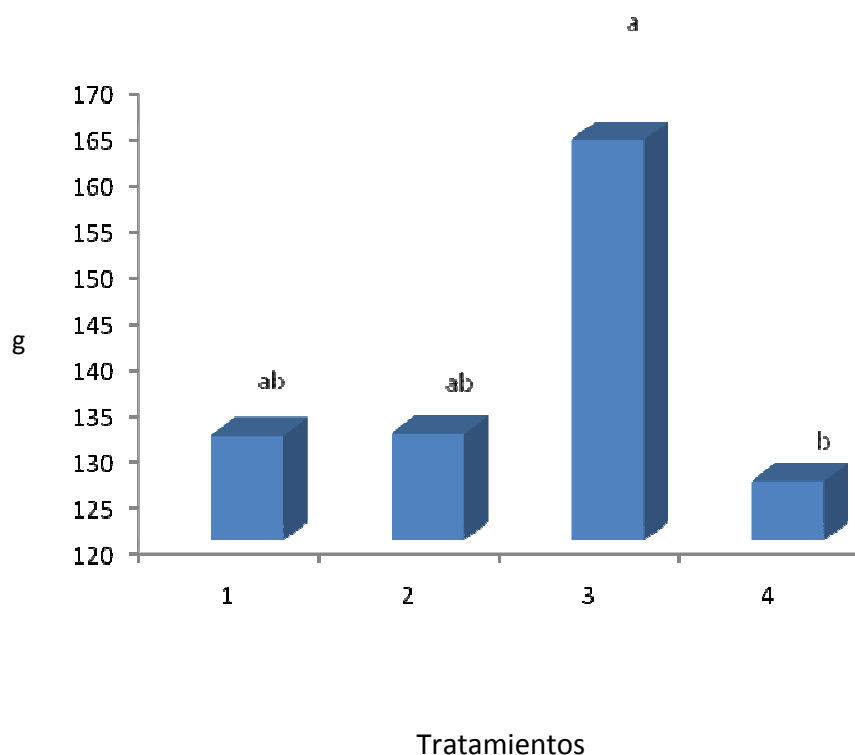


Figura 12. Materia seca de hojas, letras iguales en cada columna son estadísticamente similares. Tukey (≤ 0.05).

4.12. Peso fresco de tallo

En la Figura 13 muestra que el T3 obtuvo el mayor peso fresco de tallo con un promedio de 185.59 g estadísticamente es similar al T2.

El T3 marco diferencia en la variable de peso fresco de tallo, debido a que este tratamiento era el que contenía una mayor cantidad de composta y se aplicaba una solución nutritiva estos factores influyeron para que la planta tuviera mayor vigor en el tallo ocasionado por el aporte de nutrimentos por la composta y la solución nutritiva.

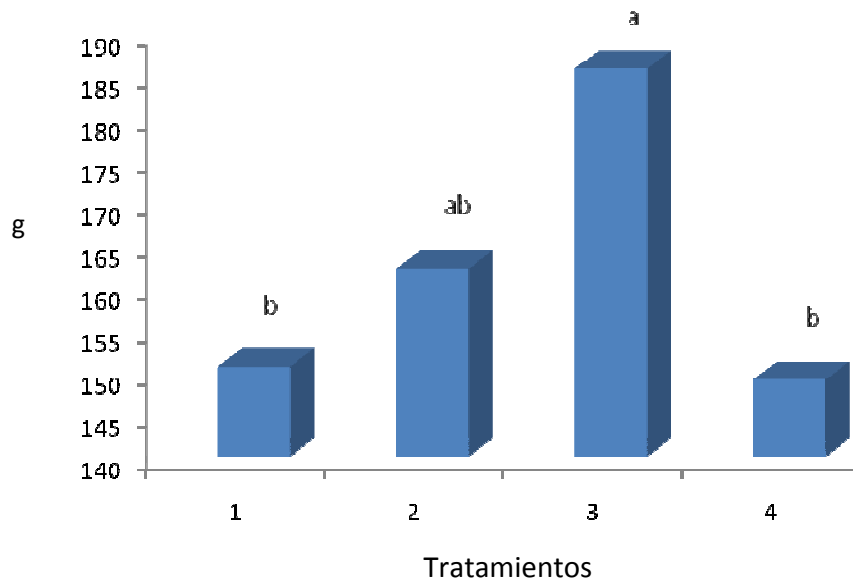


Figura 13. Peso fresco de tallo, letras iguales en cada columna son estadísticamente similares. Tukey (≤ 0.05).

4.13. Peso seco de tallo

En la Figura 14 se aprecia que el T3 fue el de mayor peso seco de tallo, pero estadísticamente es similar al T2, T4. El T3 fue el de mayor peso por el vigor que tenía el tallo provocado por los nutrientes aportados por la composta y la solución nutritiva, el T2, T3, T4, tenían un mayor contenido de composta y eso influyó para que estadísticamente fueran similares, no así en el T1 que era un sustrato de 100% de arena y solo se le aplicaba solución nutritiva por eso la diferencia con los demás tratamientos por los nutrientes aportados a las plantas de cada tratamiento. Los resultados obtenidos son diferentes al resultado de Armenta (2004) quien evaluando tomate bajo condiciones de invernadero determinó un peso seco de tallo de 35.23 g en un tratamiento de 25% de arena de río y 75% de composta.

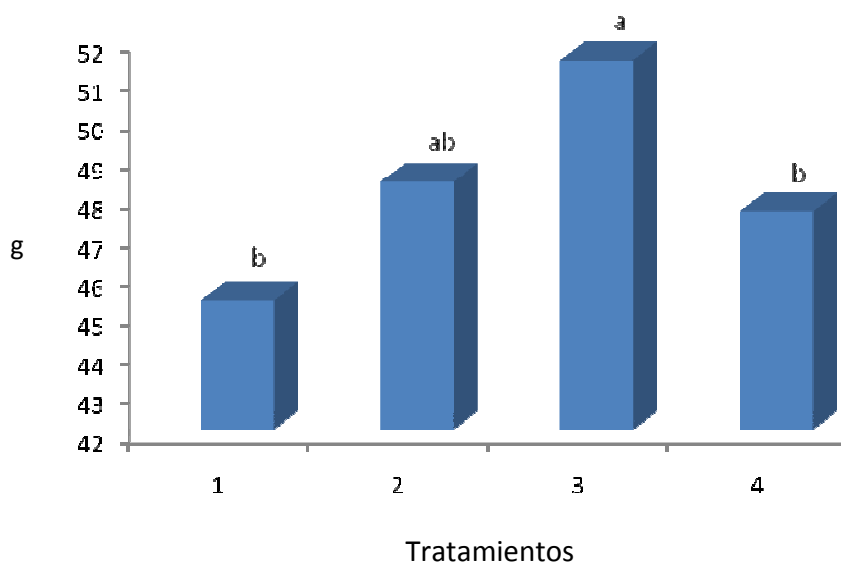


Figura 14. Peso seco de tallo, letras iguales en las columnas son estadísticamente similares. Tukey (≤ 0.05).

V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos, durante el desarrollo de este experimento y de la discusión e interpretación que de ellos se realizó, se pueden generar las siguientes conclusiones.

- a) El mayor número de racimos por planta, y la menor distancia entre racimos, frutos por planta, peso por racimo, rendimiento por planta, rendimiento total. El tratamiento 100% de arena con solución nutritiva fue el de mejor resultado y con un rendimiento de 157.7 t ha^{-1}
- b) El peso de fruto fue mayor con el T2 50% de arena y 50% de composta, con un promedio de 82 g.
- c) El mayor número de flores amarradas fue el T3 presentó mayor porcentaje, y presentó la mayor distancia entre racimos lo cual es un efecto indeseable en cuanto a materia seca de hojas y tallo presentó mayor peso que los T1,2,4.
- d) La mayor altura de planta fue para el T4 75% de arena y 25% de composta con un promedio de 155.13 cm.

VI. RESUMEN

La producción de tomate en invernadero con fertirriego y con sustrato de arena de río permite que el cultivo se desarrolle con mayor vigor incrementando el rendimiento. En el periodo Enero-Agosto del 2007 se estableció un experimento de tomate en invernadero con el objetivo de evaluar cuatro sustratos.

Se evaluó el genotipo Juan Pablo el cual es un tomate de crecimiento indeterminado de tipo saladette. El trasplante se realizó el día 23 de Febrero en bolsas de plástico negras de 10 kg usando como sustrato arena de río y composta, se realizó una mezcla de arena-composta para establecer los siguientes tratamientos. Tratamiento 1 (100% arena de río), tratamiento 2 (50% arena de río 50% de composta), tratamiento 3 (25% de arena de río 75% de composta), tratamiento 4 (75% de arena de río 25% de composta), el diseño experimental fue en bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y treinta repeticiones donde cada unidad experimental la forma una planta, el más alto rendimiento correspondió al tratamiento 1 (100% de arena de río), con 157.7 t ha^{-1} , con un promedio de fruto de 82g. El peor rendimiento fue presentado por el T3 25% de arena y 75% de composta con un rendimiento de 105.6 t ha^{-1} .

VII. LITERATURA CITADA

- Abad M. y Noguera P. 2000 Los Sustratos en cultivo sin suelo. En: Muñoz, R. J. Y Castellanos Z.). 2003. Manual de producción Hortícola. INCAPA.
- Acosta, R.G. 2002 Producción de Hortalizas de clima cálido en la Región sur Chihuahua. Folleto técnico No.9. INIFAF. Cd., Delicias chihuahua, México. Pp. 15.
- Barden, J.A y Gordon H.R. 1984 Horticultura. 1^{ra} Edición. A. G.T. Editorial, S.A. México, DF. Pp. 310, 324, 340 y 342.
- Casseres E. 1984 Producción de hortalizas. Tercera Edición. Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura. San José, costa Rica. Pp. 71-105.
- Castañón, C.M. 1993 Horticultura, Manejo simplificado. Primera Edición. Universidad Autónoma Chapingo, México. Pp. 235 y 237.
- Castellanos Muñoz-Ramos, 2003 Análisis de costos de inversión y producción de tomate en invernadero. P. 321-332. En: J.J. Muñoz-Ramos y J.Z. Castellanos (Eds.) Manual de producción hortícola en invernadero. INACAPA. México.
- Castro B.R. Pérez. G.M 1999 Guía para la producción de jitomate en invernadero. Boletín de Divulgación No.3. Programa Universitario de investigación y servicio en olericultura. UACH, México. Pp. 27.
- Domínguez, V.A. 1996 Fertirriego. Pp. 47.
- Etchevers, B.J. Guzmán, O.M 1995 Manual de fertilizantes para horticultura Editorial Limaza S.A.de C.V. Grupo Noriega. Editores México D, F. pp. 93 y 95.

- García P.E. y Jaren C.C. 1992 Cultivos Hidropónicos. Nuevas técnicas de Producción. Ediciones. Mundi-prensa, Madrid. Pp. 317, 318,323, 326, y 327.
- Garza, I.J.1985 Las hortalizas cultivadas en México, Características botánicas. Departamento de fitotecnia, UACH. Chapingo, México.
- Gostincari, T.J.1998 Horticultura Cultivo en Invernadero. Biblioteca de la Agricultura IDEA BOOKS, S.A. pp. 336 y 337.
- Ibarra, J.L. y Rodríguez P.A.1991 Semiforzado de cultivos mediante, el uso de plásticos. Editorial Limaza, S.A. de C.V. México, D,F. pp. 15.
- León, G.H.2001 Manual para el cultivo de tomate en invernadero. Gobierno del Estado de Chihuahua. pp. 53.
- Lomeli,Z.H1999 Agricultura. Hidroponía. Ventajas y beneficios comerciales. Edición No. 60, Ocotlán Jalisco, México. p.26.
- López, T.M. 1994 Horticultura. Primera Edición. Editorial trillas S.A. de C.V. México DF. Pp.45, 47, 171,286, y 245.
- Martínez, C.E. y M García 1993 Cultivos sin suelo. Hortalizas en clima Mediterráneo. Pp. 43.
- Nuez F, 1995 El cultivo del tomate. Ediciones Mundi prensa. pp. 29 – 31, 388,391.
- Nuez F, 2001 Desarrollo de nuevos cultivares. Pp.626-669. En: F. Nuez (Ed.) El cultivo del tomate. Editorial Mundi prensa, México.

- Peña, E.L. 1980 Salinidad de los suelos Agrícolas. Su origen , clasificación-
prevención y rehabilitación UAAAN. Buena Vista Saltillo, coah. México. Pp.
18.
- Quintero, S.J. 1998 Invernaderos: Sistemas Agrícolas México.
- Ramírez Villapudua, J. 2002. Enfermedades y plagas del cultivo del tomate.
Agrobiologica, Culiacán, Sinaloa, México. Difusión. Pp.19 y 20.
- Ramírez Villapudua, J. 2000 Técnicas de plasticultura para el desarrollo de cultivos
hortícolas. SQM de México. Puerto Vallarta, Jalisco, mayo 18 de 2000.
- Robledo, T.2002 Producción de hortalizas en invernadero con enfoque
orgánico. Memorias de la XIV semana Internacional de Agronomía
FAZUJED. Pp. 47, 48.
- Rodríguez, S.F. 1996 Fertilizantes, Nutrición Vegetal. Tercera reimpresión. A.G.T.
Editor S.A. México DF. Pp. 95 y 97.
- Rodríguez, J.L. 2003 Productores de hortalizas. Especial en tomate. Publicación de
meister de publishin. Pp. 10 y 12.
- Rojas, P.L. 2000 El fertirriego y la praticultura. 1^{er} Edición Universidad Autónoma
Agraria Antonio Narro, Buena vista saltillo, Coahuila, México. Pp. 67, 68, 70.
- Sainz Rodríguez, R. A. 2002 Enfermedades y plagas del cultivo de tomate.
Agrobiologica, Culiacán, Sinaloa, México. Pp. 16 y 17.

Samperio, R.G. 1997 Hidroponía básica, el cultivo facial y rentable de plantas sin tierra. Editorial. Diana, México. Pp. 13.

Sandoval, V.M. y Amador P.B. 2002 Horticultura intensiva en invernaderos. Congreso Nacional de la ciencia del suelo. Montecillo. Texcoco. Edo, de Mexico. Pp. 43 y 46.

Sherman-Huntoon, R. 1997 Earthworm castings as plant growth media. Earthworms in waste and environmental management. C.E, a E.Neusher:1-3.

Valdez, 1990 L.A. 1990. Producción de hortalizas. Editorial Limusa, México DF. Pp. 198- 222.