

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Comportamiento del Tomate (*Solanum lycopersicum*) Cultivado a Campo Abierto, Microtúnel y Macrotúnel en Suelo o en Bolsas con Sustrato de Fibra de Coco Tratada con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  o con  $\text{CaSO}_4$  a Diferentes Concentraciones.

Por:

**ALBERTO MARTÍN CUEVAS HERNÁNDEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México.

Septiembre, 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Comportamiento del Tomate (*Solanum lycopersicum*) Cultivado a Campo Abierto,  
Microtúnel y Macrotúnel en Suelo o en Bolsas con Sustrato de Fibra de Coco  
Tratada con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  o con  $\text{CaSO}_4$  a Diferentes Concentraciones.

Por:

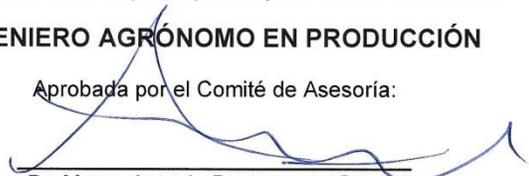
**ALBERTO MARTÍN CUEVAS HERNÁNDEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

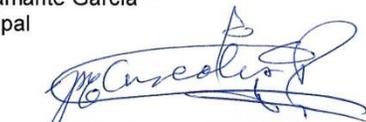
Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Marco Antonio Bustamante García  
Asesor Principal



Dr. Enrique Navarro Guerrero  
Coasesor



Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez  
Coasesor



Dr. Gabriel Callegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Septiembre, 2019

## AGRADECIMIENTOS

**A DIOS:** por ser el creador de la vida en el universo en el cual me encuentro y por ser el camino de la vida, que nos enseña a ser pacientes y tranquilos con la sociedad a la cual nos enfrentamos día a día y por haberme dado la oportunidad de alcanzar mis sueños con mucho sacrificio y que se a convertido en una parte primordial de mi vida después de todo lo sufrido.

Agradezco a **mis padres** quienes con esfuerzo y sacrificio, lucharon para darme lo mejor en principios, valores y tenacidad, convirtiéndome en la persona que soy hoy en día.

Agradezco a la **UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO** mi alma mater por que durante mi estancia me hizo sentirme como en casa cada día que pasaba dentro de sus instalaciones.

Agradezco también a **mi Asesor de Tesis el Dr. Marco Antonio Bustamante García** por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también la oportunidad que me dio de hacer el servicio social con él ya que desde ahí empezó el proyecto de tesis en el cual se trabajó.

Mi agradecimiento también va dirigido a **mis Coasesores al Dr. Enrique Navarro Guerrero, a la Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez.** Por el tiempo que se tomaron en cada asesoría para la revisión del presente trabajo.

## **DEDICATORIA**

### **A MI PADRE: MARTÍN CUEVAS PEREZ**

Por todos los consejos que me has brindado y sobre todo lo que me has enseñado de la vida, pero por lo que más te agradezco es por todos los regaños que me has dado y que gracias a eso ahora me he convertido en otra persona muchas gracias papa por todo lo brindado.

### **A MI MADRE: MARÍA DEL TRANSITO HERNANDEZ ZARAGOZA**

Eres la mujer que más quiero y admiro ya que gracias no deje de estudiar ya que por tus consejos y regaños y sobre todo tu apoyo es que ahora estoy concluyendo con mi tesis que no solo es mía sino de toda mi familia y sobre todo tuya también mama gracias por nunca abandonarme en mis sueños.

### **A MI PRADRINO: ROSALIO**

Gracias por todo el apoyo brindado durante mi estancia en fuera de casa y por los buenos consejos y vibras que me brindaba cada que nos veíamos.

### **A HERMANA: CLAUDIA**

Gracias por aguantarme y apoyarme las veces que te lo pedía y por todos tus regaños que me dabas cada vez que no entendía.

## **A FAMILIA**

Gracias a mis abuelita María, a mi abuelito Polo, a mi abuelita Luz, a mi abuelito Martin, gracias a todas mis tías y primos ya que de una forma u otra buscaron siempre como apoyarme durante mi estancia en la universidad simplemente gracias

## **A MIS AMIGOS**

Gracias a por esos momentos que pasábamos ya sea de una forma o de otra pero lo que importa es que estuvieron en las buenas y en las malas muchas gracias a Ángel, Heriberto, Octavio, Moisés, Miguel, Ulises, Fermín, Eduardo, Martin, Isaac, Bolívar, Emiliano.

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- valor nutricional del tomate.....	8
Cuadro 2.- clasificación taxonómica del tomate ( <i>Solanum Lycopersicum</i> ).....	9
Cuadro 3.- Características químicas de la fibra de coco. (Nichols, 2009).....	17

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
<b>FIGURA 1.-</b> Longitud de tallo del tomate cultivado a campo abierto en suelo y en bolsas con sustrato de fibra de coco tratadas con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y $\text{CaSO}_4$ en diferentes concentraciones.....	<b>30</b>
<b>FIGURA 2.-</b> Longitud de tallo del tomate cultivado en microtúnel en suelo y en bolsas con sustrato de fibra de coco tratadas con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y $\text{CaSO}_4$ en diferentes concentraciones.....	<b>31</b>
<b>FIGURA 3.-</b> Longitud de tallo del tomate cultivado en macrotúnel en bolsas con sustrato de fibra de coco tratadas con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y $\text{CaSO}_4$ en diferentes concentraciones.....	<b>31</b>
<b>FIGURA 4.-</b> Unidades spad (clorofila) en hojas de tomate cultivado a campo abierto en suelo y en bolsas con sustrato de fibra de coco tratada con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y $\text{CaSO}_4$ en diferentes concentraciones.....	<b>33</b>
<b>FIGURA 5.-</b> Unidades spad (clorofila) en hojas de tomate cultivado en microtúnel en suelo y en bolsas con sustrato de fibra de coco tratada con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y $\text{CaSO}_4$ en diferentes concentraciones.....	<b>35</b>
<b>FIGURA 6.-</b> Unidades spad (clorofila) en hojas de tomate cultivado en macrotúnel en bolsas con sustrato de fibra de coco tratada con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y $\text{CaSO}_4$ en diferentes concentraciones.....	<b>36</b>
<b>FIGURA 7.-</b> Peso fresco de follaje del tomate cultivado a campo abierto en suelo y en bolsas con sustrato de fibra de coco tratada con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y con $\text{CaSO}_4$ a diferentes concentraciones.....	<b>37</b>
<b>FIGURA 8.-</b> Peso fresco de follaje del tomate cultivado en microtúnel en suelo y en bolsas con sustrato de fibra de coco tratada con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y con $\text{CaSO}_4$ a diferentes concentraciones.....	<b>38</b>
<b>FIGURA 9.-</b> Peso fresco de follaje del tomate cultivado en macrotúnel en bolsas con sustrato de fibra de coco tratada con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y con $\text{CaSO}_4$ a diferentes concentraciones.....	<b>39</b>

## RESUMEN

Esta investigación se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Horticultura, en el ciclo verano-otoño del 2017. Las semillas del tomate c.v Rio Grande se germinó en charolas con peat moss y perlita, trasplantando posteriormente las plántulas al suelo en camas de 6 m de largo (testigo absoluto), o a bolsas con fibra de coco, lavada previamente con una solución de calcio, utilizando  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  y  $\text{CaSO}_4$  a las concentraciones de 0, 20, 40 y 80 mM. Las plántulas se desarrollaron a campo abierto, en microtúneles o bajo macrotúneles por un periodo de 28 días, para después medir la longitud del tallo, las Unidades SPAD en las hojas y el peso fresco del follaje. El desarrollo del tomate fue mejor en sustrato que en el suelo, observándose también mayor longitud de tallos y mayor peso fresco del follaje bajo condiciones de microtúnel y macrotúnel, comparadas con el cultivo a campo abierto, aunque las Unidades SPAD en las hojas fueron muy similares en tres condiciones del cultivo. Por lo general el crecimiento del tomate fue mejor cuando la fibra de coco fue lavada con 80 mM de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  o con 40 mM de  $\text{CaSO}_4$ .

## INDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>INDICE DE CUADROS.....</b>	<b>vi</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>viii</b>
<b>I INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo .....	3
1.2 Hipótesis.....	3
<b>II REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Importancia del cultivo .....	4
2.2 Cambios en superficie de producción.....	5
2.3 Calidad de plántula.....	6
2.4 Valor Nutritivo .....	6
2.5 Origen.....	7
2.6 Clasificación taxonómica .....	8
2.7 Características botánicas del tomate.....	8
2.8 Características morfológicas.....	8
2.8.1 Raíz.....	8
2.8.2 Tallo.....	9
2.8.3 Hojas .....	9
2.8.4 Flor .....	9
2.8.5 Fruto .....	10
2.8.6 Semilla.....	10
2.9 Condiciones agroecológicas del cultivo .....	10
2.9.1 Temperatura .....	10
2.9.2 Humedad relativa .....	11
2.9.3 Luminosidad .....	11
2.9.4 Altitud .....	12
2.9.5 Requerimientos de Suelo .....	12
2.9.6 Riego .....	13

2.10 Fibra de Coco .....	13
2.11 Microtúneles .....	16
2.12 Macrotúneles .....	17
2.13 El Nitrato de calcio.....	18
2.14 Aplicaciones agronómicas .....	19
2.15 Usos del Nitrato de calcio .....	19
2.16 Sulfato de Calcio.....	19
2.16.1 Uso del Sulfato de Calcio .....	20
2.17 Nitrógeno .....	21
2.18 Fosforo .....	21
2.19 Funciones del Calcio .....	21
<b>III MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
3.1 Localización del área de estudio.....	23
3.2 Características ambientales del área de estudio. ....	23
3.3 Establecimiento del experimento. ....	23
3.4 Tratamientos de lavado del sustrato lavado con calcio. ....	25
3.5 Tratamientos de condiciones del cultivo. ....	25
3.6 Diseño experimental .....	25
3.7 Manejo del cultivo .....	25
3.8 Variables evaluadas .....	26
3.8.1 Longitud del tallo .....	26
3.8.2 Unidades SPAD en las hojas.....	26
3.8.3 Peso fresco de follaje .....	26
<b>IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>27</b>
4.1 Longitud de tallos.....	27
4.2 Unidades SPAD en las hojas.....	30
4.3 Peso fresco del follaje.....	33
<b>V CONCLUSIÓN.....</b>	<b>36</b>
<b>VI LITERATURA CITADA .....</b>	<b>37</b>

## I INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la necesidad de producir más alimentos para satisfacer la demanda de una población en constante crecimiento ha motivado al uso de nuevas tecnologías con el afán de incrementar el rendimiento de la producción agrícola.

El jitomate ([Solanum lycopersicum](#)) es un cultivo de gran importancia en México, el cual se cultiva a campo abierto o en macrotúnel o en invernaderos, ya sea en suelo o en sustratos, buscando obtener los máximos rendimientos.

Los macrotúneles ofrecen a los productores hortalizas de alta calidad, ventajas competitivas de mercado y un uso más sustentable y eficiente de los insumos. Por estas razones los macrotúneles desempeñan un papel importante, ya que precisamente una de las numerosas ventajas de la producción en macrotúneles es su capacidad de producir cultivos durante todo el año, al reducir los efectos negativos de las condiciones ambientales adversas.

En nuestro país existen una serie de sustratos que pueden ser empleados para el desarrollo de [cultivos hidropónicos](#), los cuales se utilizan solos o en mezclas, buscando obtener las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas y asimilación de nutrientes. Un sustrato es un medio sólido e inerte, que protege y da soporte a la planta para el desarrollo de la raíz en las hortalizas y flores.

Hoy en día, la fibra de coco es un sustrato muy prometedor. Es sostenible, puede ser reutilizado con facilidad y numerosas investigaciones han demostrado que la fibra de coco tienen una capacidad natural para evitar enfermedades en las

plantas. El cultivo en fibra de coco favorece el desarrollo de raíces, tallos y flores. Al contrario de la tierra para macetas, la cual se compacta fácilmente, la estructura de la fibra de coco mantiene las cantidades de aire necesarias para un buen desarrollo del sistema radicular, lo cual da lugar a una saludable rizosfera aeróbica -esencial para una adecuada absorción de agua y nutrientes.

Uno de los problemas que puede presentar la fibra de coco es que puede contener altos nivel de Na, el cual puede afectar el desarrollo de los cultivos. Para evitar esto, se debe lavar con agua o con una solución de Ca para desaparecer y reducir el nivel de Na antes de realizar el trasplante de los cultivos.

El nitrato de calcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) es muy adecuado para prevenir y corregir las deficiencias de calcio en cítricos, frutales, lechuga, melón, pimiento, tomate y hortalizas en general, así como para disminuir los peligros de sodificación de los suelos no calizos cuando se riega con aguas salino-sódicas.

El sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ) ayuda a los suelos a que se renuevan gradualmente y no se degraden tan fácilmente con la utilización de los fertilizantes químicos y abuso de los cultivos no rotativos. Se aplica directamente a cualquier terreno permitiendo el mejoramiento de las condiciones de humedad y las propiedades fisicoquímicas del suelo. Desplaza sales y corrige las deficiencias de calcio en los cultivos.

Existen reportes donde la fibra de coco se ha lavado con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , pero no reportan la concentración y no sabemos si el  $\text{CaSO}_4$  pudiera tener el mismo efecto.

### **1.1 Objetivo**

Evaluar el desarrollo del tomate cultivado bajo diferentes condiciones ambientales, en suelo y en fibra de coco tratada con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  y  $\text{CaSO}_4$  a diferentes concentraciones.

### **1.2 Hipótesis**

El crecimiento del tomate, será influenciado por las diferentes condiciones del cultivo y por los diferentes tratamientos de lavado del sustrato con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  y  $\text{CaSO}_4$ .

## II REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Importancia del cultivo

El origen de la especie *Solanum lycopersicum* se ubica en la región Andina, desde el sur de Colombia hasta el norte de Chile. Posiblemente desde allí fue trasladada a América Central y México, donde se domesticó (Monardes, 2009).

La planta es cultivada en el mundo entero para su consumo tanto fresco como procesado de diferentes modos (salsa, puré, zumo, deshidratado, enlatado)

En México, el tomate es una de las principales hortalizas de exportación que se cultiva principalmente en grandes extensiones de los estados del Noroeste y Occidente, con rendimientos promedio superiores a las 40 ton/ha. Anualmente se siembran más de 52 mil hectáreas y se producen dos millones de toneladas (SIAP, 2010). Contradictoriamente, en los estados de mayor producción y exportación de tomate no se encuentra la mayor diversidad genética del cultivo, la que se concentra en el Centro y el Sureste (Chávez-Servia et al., 2011).

La superficie total sembrada de tomates en México ha mostrado una tendencia a decrecer año con año, desde 85,000 hectáreas en 1990 a 75,000 en el 2000, y unas 58,300 en 2010. A pesar de ello, los rendimientos promedio de producción se han incrementado debido a los avances tecnológicos y al uso de agricultura protegida, pasando de 23 t/ha en 1990 a 39 t/ha en 2010.

FAS/México estima una producción de 2.2 millones de toneladas para la temporada 2010/11, asumiendo condiciones meteorológicas favorables y buenos precios internacionales.

## **2.2 Cambios en superficie de producción**

La superficie dedicada a la producción de tomate ha ido decreciendo gradualmente debido a problemas de plagas, altos costos de producción, fluctuaciones en precios internacionales, cambio de divisa desfavorable y disponibilidad de recursos hídricos limitada. Pequeños productores en busca de mejores precios han comenzado a producir maíz y frijoles.

El 90 % de la producción se realiza a campo abierto (época seca) o en un ambiente semiprotegido (época lluviosa), mientras que el 10 % restante se efectúa en un ambiente protegido. En 2015 la actividad generó ganancias cercanas a los USD 37 millones y el consumo per cápita fue de 17,3 kg (López, 2016).

Sin embargo, también se ha producido un cambio gradual de producción a campo abierto a producción protegida de diversa tecnología. Las operaciones protegidas se concentran principalmente en los estados de Sinaloa, Baja California y Jalisco; aunque también han proliferado operaciones en Colima, México, Hidalgo, Michoacán, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, y Zacatecas.

Los tomates tipo roma representan un 54% de la superficie sembrada en México, ya que su demanda ha aumentado con respecto al tipo bola.

Durante la temporada de invierno (octubre-mayo), Sinaloa es el principal productor y exportador de tomate fresco. Otros importantes estados productores son Michoacán, Jalisco y BCS. Los productores de Sinaloa prevén que el uso de variedades de larga vida, riego por goteo, y acolchado plástico les ayudará a mantener sus altos niveles de rendimiento. Mientras que en la temporada de

verano (mayo-octubre), Baja California toma el relevo, seguido por los estados de Michoacán, Jalisco y Morelos.

Los rendimientos en condiciones protegidas varían significativamente entre productores, tipos de tomate y estado, oscilando entre 150 y 200 t/ha, según el nivel de tecnología utilizado.

### **2.3 Calidad de plántula**

Más del 90% de los cultivos agrícolas son propagados por semillas y ellas son los portadores primarios de los recursos genéticos y de los nutrientes para el primer estadio de crecimiento (Wageningen, 1994).

Las plántulas en sus primeros días desempeña un papel crucial en su desarrollo, el ambiente temprano que lo rodea al cultivo es de vital importancia y determinará si la planta habrá de desarrollarse en toda su potencialidad.

La efectividad del trasplante depende de varios factores, principalmente de las especies y del estado de desarrollo de la planta y específicamente de la relación entre el área foliar, longitud, grado de suberización de las raíces y las condiciones ambientales (Rosa, 1996).

### **2.4 Valor Nutritivo**

Las propiedades nutricionales del tomate tienen en especial importancia su elevado contenido en ácido ascórbico y pequeñas cantidades del complejo vitamínico B.

Cuadro 1.- valor nutricional del tomate.

Tomate rojo, crudo	
Valor nutricional por cada 100 g	
Energía 18 kcal 74 Kj	
Carbohidratos	3.9 g
• Azúcares	2.6 g
• Fibra alimentaria	1.2 g
Grasas	0.2 g
Proteínas	0.9 g
Agua	94.5 g
Retinol (vit. A)	42 µg (5%)
• β-caroteno	449 µg (4%)
Tiamina (vit. B1)	0.037 mg (3%)
Niacina (vit. B3)	0.594 mg (4%)
Vitamina B6	0.08 mg (6%)
Vitamina C	14 mg (23%)
Vitamina E	0.54 mg (4%)
Vitamina K	7.9 µg (8%)
Magnesio	11 mg (3%)
Manganeso	0.114 mg (6%)
Fósforo	24 mg (3%)
Potasio	237 mg (5%)

## 2.5 Origen

*Solanum lycopersicum*, conocido comúnmente como tomate, tomatara o jitomate, es una especie de planta herbácea del género *Solanum* de la familia Solanaceae; es nativa de Centro, del norte y noroeste de Sudamérica y su uso como comida se habría originado en México hace unos 2500 años. El nombre proviene de la palabra náhuatl *xītomatl*.

## 2.6 Clasificación taxonómica

Cuadro 2.- clasificación taxonómica del tomate (*Solanum Lycopersicum*)

REINO	Plantae
DIVISION	Magnoliophyta
CLASE	Magnoliopsida
SUBCLASE	Asteridae
ORDEN	Solanales
FAMILIA	Solanaceae
GENERO	<i>Solanum</i>
ESPECIE	<i>Lycopersicum</i>

Nombre común: tomate o jitomate

## 2.7 Características botánicas del tomate

El tomate pertenece a la familia Solanaceae. Es una planta dicotiledónea (Cestoni et al., 2006) y herbácea perenne, que se cultiva en forma anual para el consumo de sus frutos (Semillaria, 2015).

## 2.8 Características morfológicas

### 2.8.1 Raíz

Raíz principal corta y débil, raíces secundarias numerosas y potentes y raíces adventicias. Seccionando transversalmente la raíz principal y de fuera hacia dentro se encuentran: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, cortex y cilindro central, donde se sitúa el xilema conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes.

### **2.8.2 Tallo**

Es grueso, pubescente, anguloso y de color verde. Mide entre 2 y 4 cm de ancho y es más delgado en la parte superior. En el tallo principal se forman tallos secundarios, nuevas hojas y racimos florales, y en la porción distal se ubica el meristemo apical, de donde surgen nuevos primordios florales y foliares (Monardes, 2009). Inicialmente el tallo tiene una apariencia herbácea; está compuesto de epidermis con pelos glandulares, corteza, cilindro vascular y tejido medular (Escobar y Lee, 2009).

### **2.8.3 Hojas**

Es pinnada y compuesta. Presenta de siete a nueve foliolos peciolados que miden 4-60 mm x 3-40 mm, lobulados y con borde dentado, alternos, opuestos y, por lo general, de color verde, glanduloso-pubescente por el haz y ceniciento por el envés. Se encuentra recubierta de pelos glandulares y dispuestos en posición alternada sobre el tallo (Monardes, 2009). La posición de las hojas en el tallo puede ser semierecta, horizontal o inclinada. Puede ser de tipo enana, hoja de papa, estándar, peruvianum, pimpinellifolium o hirsutum (IPGRI, 1996).

### **2.8.4 Flor**

Es perfecta y regular. Los sépalos, los pétalos y los estambres se insertan en la base del ovario. El cáliz y la corola constan de cinco o más sépalos y de cinco pétalos de color amarillo, que se encuentran dispuestos de forma helicoidal. Poseen cinco o seis estambres que se alternan con los pétalos, formando los órganos reproductivos. El ovario tiene dos o más segmentos (Infoagro Systems S.L., 2016).

Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimo, en grupos de tres a diez en variedades comerciales de tomate medianas y grandes. Las inflorescencias se ubican en las axilas, cada dos o tres hojas (INTA, 2014). Es normal que se forme la primera flor en la yema apical, mientras que las demás aparecen en posición lateral y por debajo de la primera, siempre colocándose alrededor del eje principal, siendo el pedicelo el que une la flor al eje floral (Infoagro Systems S.L., 2016).

### **2.8.5 Fruto**

Es una baya bilocular o plurilocular, subesférica globosa o alargada, que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 g. El fruto está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. En estado inmaduro es verde y, cuando madura, es rojo (EDIFORM, 2006). Existen cultivares de tomate con frutos de color amarillo, rosado, morado, naranja y verde, entre otros.

### **2.8.6 Semilla**

El fruto contiene las semillas, que tienen un tamaño promedio de 5 x 4 x 2 mm. Son ovoides, comprimidas, lisas o muy velludas, parduzcas y están embebidas en una abundante masa mucilaginoso. Cada semilla está compuesta por el embrión, el endospermo y la cubierta seminal (Díaz y Hernández, 2003).

## **2.9 Condiciones agroecológicas del cultivo**

### **2.9.1 Temperatura**

La temperatura óptima de desarrollo del cultivo oscila entre 20 °C y 30 °C durante el día y entre 10 °C y 17 °C durante la noche. Temperaturas superiores a los 30 °C reducen la fructificación y la fecundación de los óvulos, afectan el desarrollo de los frutos y disminuyen el crecimiento y la biomasa de la planta. Las plantas de tomate

se desarrollan mejor con temperaturas de entre 18 °C y 24 °C (Díaz 2007). Temperaturas diurnas inferiores a 12-15 °C pueden originar problemas en el desarrollo de la planta, mientras que temperaturas diurnas superiores a 30 °C e inferiores a 12 °C afectan la fecundación (Díaz, 2007).

### **2.9.2 Humedad relativa**

La humedad relativa (HR) óptima, que se ubica entre 60 % y 80 %, favorece el desarrollo normal de la polinización y garantiza una buena producción. El exceso o déficit de HR produce desórdenes fisiológicos y favorece la presencia de enfermedades. Una humedad relativa superior al 80 % favorece la permanencia de enfermedades aéreas, el agrietamiento del fruto y dificulta la fecundación, ya que el polen se humedece y hay aborto floral. Una alta humedad relativa y una baja iluminación reducen la viabilidad del polen y pueden limitar la evapotranspiración, disminuir la absorción del agua y los nutrientes, generar déficit de elementos como el calcio e inducir desórdenes fisiológicos. Una humedad relativa menor al 60 % dificulta la polinización (Infoagro Systems S.L., 2016).

### **2.9.3 Luminosidad**

Cuando la luminosidad es reducida, ello puede afectar en forma negativa los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta. Durante los periodos críticos del desarrollo vegetativo de la planta la interrelación entre la temperatura diurna, nocturna y la luminosidad es fundamental (Infoagro Systems S.L., 2016). Por tal motivo se recomienda no cultivar tomate en sitios que permanecen nublados, ya que los rendimientos disminuyen considerablemente (INTA, 2014).

#### **2.9.4 Altitud**

Las principales áreas cultivadas comercialmente se concentran en el Valle Central; su altitud oscila entre los 700 y los 2000 m s. n. m. (Bertsch, 2006). En el ámbito mundial las zonas donde más se ha adaptado esta especie son las de clima templado, ubicadas entre 1000 y 2000 m s. n. m. en ambientes protegidos (Vallejo, 1999). En la actualidad se encuentran cultivares adaptados a rangos de altitudes más amplios.

#### **2.9.5 Requerimientos de Suelo**

La cultivo de tomate no es muy exigente en términos de suelo, excepto en lo que respecta al drenaje; no obstante, se obtienen mejores resultados en suelos profundos (de 1 m o más de profundidad), de texturas medias, permeables y sin impedimentos físicos en su perfil (Infoagro Systems S.L., 2016).

El tomate tolera la acidez y crece adecuadamente en pH de 5,0 a 6,8. Es medianamente tolerante a la salinidad, con valores máximos de 6400 ppm (10 mmho) (Infoagro Systems S.L., 2016).

El suelo es el medio ambiente en el cual se desarrollan las raíces y del cual extraen el agua y los elementos nutritivos que necesita la planta, además de servirle de sustento (Vivancos, 1997).

Es el lugar donde crecen las plantas, se almacena el agua, se localizan los nutrimentos y es el soporte mecánico del cultivo, contiene material mineral, material orgánico, agua y aire, las proporciones que existen en él, es por lo menos un 45 % de partículas minerales, 5 % de compuestos orgánicos, 25 % de agua y 25 % de aire (Rojas Peña, 2000).

### **2.9.6 Riego**

Comienza inmediatamente después de la siembra, con el fin de asegurar la germinación normal de las semillas, después de que empieza la floración y el fructificación, los riegos deben efectuarse cada 3 a 4 días, pero con poco agua.

### **2.10 Fibra de Coco**

La denominada “Fibra de coco” es un residuo orgánico agroindustrial de origen tropical, con una enorme potencialidad para ser utilizado como sustrato o componente de sustratos de cultivo. Se genera después de que el mesocarpio fibroso del fruto del coco (*Conos nucifera*) ha sido procesado para extraer las fibras más largas, las cuales se destinan a la fabricación de cuerdas, tapetes, cepillos, etc. Este manejo industrial de la fibra de coco genera cantidades elevadas de polvo y fibra cortas consideradas subproducto que suele emplearse como componente orgánico sustitutivo de la turba *Sphagnum* en los medios de cultivo de las plantas en contenedor.

La fibra de coco se introdujo como sustrato en sistemas de cultivo sin suelo, su presentación es de forma deshidratada, comprimida y en bolsa de polietileno que recibe el nombre de boli, se recomienda que antes de hacer uso de éste se realice un análisis del mismo para realizar ajustes en cuanto a las soluciones nutritivas, y realizar el lavado del sustrato para evitar excesos de sales que pudieran dañar a las plantas (Baixauli Soria & Aguilar Olivert, 2002).

Al igual que la turba, la fibra de coco, es un sustrato orgánico y biodegradable, aunque la velocidad de degradación es mucho menor que para la turba, por lo tanto es capaz de mantener sus características físicas iniciales durante más tiempo. Desde que comenzó su utilización está dando muy buenos resultados.

La fibra de coco es un sustrato orgánico, por lo tanto, se descompone con el tiempo debido a la actividad biológica que se desarrolla en su seno. Dicha degradación obliga a renovar el sustrato normalmente cada dos años con el fin de evitar problemas de encharcamiento (Cánovas, 1999).

El espacio poroso de la fibra de coco varía con la granulometría, pero en los tipos comerciales se sitúa al 94.05%. Posee una gran capacidad de retención de agua, llegando incluso al 800% de su peso seco. Por otro lado, el pH del material oscila entre 5 y 6 dependiendo de su origen (Cánovas, 1999). El parámetro clave en la calidad de la fibra de coco como sustrato para cultivo sin suelo es la conductividad eléctrica, pudiéndose encontrar muestras en todo el mundo que varíen desde 0.39 hasta 6.77 dS/m (Abad, 1997)

La fibra de coco es un material ligero y presenta una porosidad total muy elevada, por encima del 93%. Presenta cantidades aceptables de agua fácilmente disponible y está bien aireado. La fibra de coco se contrae poco cuando se deja secar (Abad, 1997).

Presenta muchas ventajas la fibra de coco es un sustrato orgánico, 100% natural y renovable. La fácil rehidratación del material permite su secado y prensado en origen lo que minimiza los gastos de transporte y facilita la manipulación por el

usuario final. Presenta una excelente capacidad de retención de agua y aireación. Permite un óptimo uso del agua y de los fertilizantes. Tiene una gran resistencia al estrés hídrico, lo que proporciona tranquilidad al horticultor ante posibles imprevistos. Tiene un pH y EC aceptables, promueve el crecimiento de la raíz. La fibra de coco es totalmente biodegradable. Tras su uso como sustrato, puede ser incorporada al suelo como compost. Su peso es más ligero y no trae pestes, hierbas, o enfermedades.

Aproximadamente 12,500 cáscaras de coco producirán 2.5 toneladas diarias de fibra de coco por turno de 8 horas diarias, con un peso de las cáscaras cercano a los 800 gramos (Fernández, 2014).

Cuadro 3.- Características químicas de la fibra de coco. (Nichols, 2009).

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
pH	5	
Conductividad eléctrica	2.15	mS/cm
Nitrógeno total	0.51	%
Fósforo total P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.20	%
Potasio total K <sub>2</sub> O	0.60	%
Calcio total CaO	1.40	%
Magnesio total MgO	0.20	%
Sodio total Na	0.187	%
Hierro total Fe	0.206	%

Algunas ventajas que proporciona este material es que presenta una elevada porosidad, retiene suficiente cantidad de agua y la hace disponible para estimular el crecimiento y desarrollo del cultivo (Rojas, 2013). Su espacio poroso es del 20%, generando un intensivo desarrollo de pelos absorbentes en las raíces de las plantas.

Anicua (2008), al utilizar una mezcla de sustrato con fibra de coco, encontró una respuesta positiva en espacio poroso del sustrato, así como en la cantidad de agua disponible para el cultivo de lisianthus, incrementando el crecimiento, y por ende generando mayor ingreso neto.

Para la producción de tomate cultivado en fibra de coco y bajo condiciones de invernadero aumenta el rendimiento en 13.2 kg/ m<sup>2</sup> representando incrementos del 7.3% comparado con el aserrín. En cambio con la mezcla de tezontle y 25% de fibra de coco, brinda mejores respuestas en altura de la planta, área foliar, así como peso fresco y seco de raíz, por lo tanto es recomendable para la producción de fresa en sistemas hidropónicos (López, 2005).

Por otra parte, Campoverde (2007), encontró los mejores resultados en índice de calidad en las plantas y biomasa de raíz, utilizando la fibra de coco y una adecuada fertilización en *Pinus patula* bajo un vivero.

### **2.11 Microtúneles**

Los microtúneles son estructuras construidas para la protección de las plantas de hortalizas desde sus primeros días de desarrollo hasta la etapa de floración, a fin de prevenir la transmisión de enfermedades como los virus que son transmitidos

por la mosca blanca. Posterior a la producción de los semilleros, las plantitas son protegidas con los microtúneles al campo abierto.

Para ello, se utiliza agril y el alambre N° 9 para formar los arcos que le dan forma a los túneles. Con esta tecnología se pretende que las plántulas estén libres de la transmisión de virus durante unos 30 a 40 días.

Algunas ventajas que tiene esta tecnología son que evita la transmisión temprana de virus a las plantitas, que tiene precio razonable en su implementación y permite una mejor calidad en las cosechas.

El aspecto que se destaca en estas estructuras es que permiten aumentar las temperaturas medias y máximas diarias durante la temporada de producción (septiembre a mayo), y evitan, además, que las temperaturas desciendan demasiado. Por consiguiente sería una herramienta de protección a las heladas.

En los microtúneles las variaciones de temperatura son altas por su baja relación entre el volumen de aire y la superficie de suelo. Por este motivo se requiere un adecuado manejo de la ventilación, es conveniente levantar la cobertura durante los días soleados y mantenerla cerrada en las noches o días nublados y frescos.

### **2.12 Macrotúneles**

Son túneles grandes, volumétricamente parecidos a un medio cilindro, cuyo frente puede presentar una forma parabólica. Las medidas más frecuentes son: 3 a 4m de ancho por 1,5 a 2 m de alto y su largo varía según las necesidades o espacio disponible.

Según Pérez (2007), los macrotúneles tendrán un gran uso en el futuro, por las siguientes razones: Es una construcción de baja inversión inicial (3 a 4 \$/m<sup>2</sup>), es muy fácil de construir, es resistente a condiciones climáticas extremas (nieve, vientos, entre otras), es sencillo el manejo de la ventilación, es excelente para el manejo familiar, es ideal para producir hortalizas de hoja, y/o raíz, las cuales son tolerantes a las bajas temperaturas, como así también, para la producción de plantas en el suelo, charolas o macetas para anticipar cosecha con respecto al campo, de hortalizas de fruto (tomate, pimiento, berenjena, etc.) y si a éste le agregamos las cubiertas de colores, puede ser una ventaja más; también puede ser usado para plantas ornamentales, forestales o aromáticas.

Las ventajas de producir en macrotúneles es que la producción de hortalizas presenta menos enfermedades, menos rajado del fruto y se obtiene una mejor calidad de verduras. El riego y las enfermedades pueden ser controlados, ya que se pueden colocar mayas para tapar la siembra y colocar un sistema de riego por goteo. Con el uso de esta técnica permite evitar los hongos como es el tizón tardío entre otros ya que la humedad se mantiene mejor controlada.

### **2.13 El Nitrato de calcio**

Es un cristal blanco, oxidante y muy estable y fuerte, soluble en agua, es usado desde la edad media se le denominaba anteriormente como plumb dulcisy se utilizaba como materia prima para la producción de numerosos pigmentos (Hernández, 2009).

### **2.14 Aplicaciones agronómicas**

Por su composición, sal doble de nitrato de calcio y nitrato amónico, aporta 14,5% de nitrógeno en forma nítrica, un pequeño porcentaje en forma amoniacal, y un 27% de óxido de calcio, totalmente soluble.

Es muy adecuado para prevenir y corregir las deficiencias de calcio en cítricos, frutales, lechuga, melón, pimiento, tomate y hortalizas en general, así como para disminuir los peligros de sodificación de los suelos no calizos cuando se riega con aguas salino-sódicas (Hernández, 2009).

### **2.15 Usos del Nitrato de calcio**

El fertilizante Nitrato de Calcio es ideal para fertirrigación y aplicación foliar por presentar un alto contenido de calcio soluble en agua. El producto es de alta pureza y contiene nitrógeno en forma nítrica y nitrógeno amoniacal, este último ayuda a estabilizar el pH en fertirriego y mejora la calidad del fruto en post-cosecha en todo tipo de cultivo hortícolas, fresas, frutales y cítricos. Igualmente el Nitrato de Calcio, en estado sólido, puede ser utilizado como explosivo, para la fabricación de fuegos artificiales, y en la producción de inhibidores de corrosión en combustibles diésel, entre otros (Villarreal Bernal & Capella Calderon, 2008).

### **2.16 Sulfato de Calcio**

El Sulfato de calcio, es un fertilizante natural de uso agrícola, su uso genera que los suelos se renueven gradualmente y no se degraden tan fácilmente con la utilización de los fertilizantes químicos y abuso de los cultivos no rotativos. Se aplica directamente a cualquier terreno permitiendo el mejoramiento de las condiciones de humedad y las propiedades fisicoquímicas del suelo. Desplaza sales y corrige las deficiencias de calcio en los cultivos, no permite que las plantas

a través de sus raíces se llenen de hongos y parásitos, teniendo así una planta vigorosa. No permite tener acopamiento de hojas, caída de flores, yemas y frutos, evita el color amarillento en el fruto del café, fortaleciendo así la estructura del tallo en las plantas.

El sulfato de calcio mejora el rendimiento de los cultivos y la calidad de sus productos, contribuye en la asimilación del nitrógeno, el metabolismo del fósforo y potasio provocando así, la mineralización más rápida de los recursos orgánicos del suelo.

#### **2.16.1 Uso del Sulfato de Calcio**

El Sulfato de Calcio es usado en los diferentes cultivos (Arroz, Maíz, Plátano, Papa, Frutales, Cacao, Algodón), además que se recomienda aplicar a los cultivos orgánicos; en costa, sierra y selva. Su dosificación es de 600 a 1000 kg/Ha, sin embargo, depende mucho de los análisis de suelos y del cultivo que se quiere fertilizar. Puede aplicarse sólo en suelos donde existe abundante materia orgánica o acompañado de una fuente nitrogenada (Urea, Guano de la Isla, entre otros).

Las plantas adquieren azufre del sustrato como sulfato ( $\text{SO}_4^{=}$ ). El sulfato es de por sí fácil de disolver y está sujeto a pérdidas por filtración. El metabolismo de la planta reduce el sulfato y el dióxido de sulfato a formas que puedan ser usadas para construir moléculas orgánicas. El azufre es una parte vital de todas las proteínas de las plantas y de ciertas hormonas de las plantas. También se usa en la formación de ciertos aceites y compuestos volátiles que se pueden encontrar en la familia de las cebollas y ajos.

### **2.17 Nitrógeno**

El nitrógeno, cuyas formas de asimilación son el ion nitrato ( $\text{NO}_3$ ) y el ion amonio ( $\text{NH}_4$ ), es el motor del crecimiento de la planta. Dentro de la planta se combina con componentes generados por el metabolismo de los hidratos de carbono o carbohidratos para formar aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos. Además, por ser un constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales del desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno en las plantas es importante también para la absorción de los demás elementos nutritivos. Así mismo, este elemento es parte esencial de la molécula de la clorofila (Alejandro, 2007).

Los conocimientos actuales del metabolismo vegetal permiten asegurar que el nitrógeno absorbido bajo la forma de nitratos no puede ser utilizado por la planta. Para que ello sea posible es necesaria previamente su reducción hasta la forma amónica. Es entonces cuando puede incorporarse como constituyente de los diversos compuestos nitrogenados que están presentes en las plantas (Simón & Navarro García, 2003).

### **2.18 Fosforo**

El fósforo únicamente puede ser asimilado por las plantas bajo las formas de iones fosfatos  $\text{H}_2\text{PO}_4$  (monovalente) y en menor proporción  $\text{HPO}_4$  (bivalente) presentes en la solución del suelo. La solubilidad de estos dos iones depende fundamentalmente del pH (Olivera et al., 2006).

### **2.19 Funciones del Calcio**

A diferencia de otros elementos, el Ca no tiene gran importancia como activador enzimático. Además, es un elemento de muy baja movilidad interna. Su papel más

importante es formar parte de la pared celular y mejorar la permeabilidad celular, las principales funciones del calcio dentro de la planta son:

- Forma parte del pectato de Ca que confiere rigidez y resistencia a las paredes celulares.

- Promueve la turgencia del plasma coloidal, en forma similar al K. Activa los meristemos de la raíz para su crecimiento radicular.

- Contribuye a la formación de nódulos de leguminosas.

- Contribuye a la germinación de los granos de polen y para que se desarrolle el tubo polínico.

- Es importante para la división y elongación celular (Kass, 1998)

## III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Localización del área de estudio.

El trabajo de investigación se realizó en el Centro de Entrenamiento sobre Agricultura Orgánica Biointensiva “Antonio Narro”, del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en Buenavista, Saltillo; Coahuila, México, cuyas coordenadas geográficas son: Latitud 25° 22' 41” N, longitud 101° 00' 00” W, y una altitud de 1743msnm.

### 3.2 Características ambientales del área de estudio.

El clima es seco y templado con lluvias en verano, principalmente. La temperatura media anual es de 17.8°C con una oscilación media anual de 10.4°C. Los meses más cálidos son Junio, Julio y Agosto con temperaturas máximas de hasta 37°C. Durante Diciembre y Enero se registran las temperaturas más bajas hasta -10°C, con heladas regulares en el periodo de diciembre a febrero. La precipitación media anual es de 370mm. Los meses más lluviosos son Julio, Agosto y Septiembre; las lluvias en invierno son moderadas. Lo anterior da como resultado un 64.8% de humedad relativa media anual que se distribuye desigualmente; el verano es la estación de mayor humedad relativa, el invierno y primavera de mayor sequía.

(<http://wwis.inm.es/179/c01296.htm>)

### 3.3 Establecimiento del experimento.

El presente trabajo de investigación fue realizado durante el ciclo agrícola verano-otoño del 2017. La siembra de semilla en charolas se hizo el día 30 de Agosto, la preparación del sustrato se realizó mezclando peat moss y perlita con una pala, al mismo tiempo se le fue agregando agua hasta darle el punto de humedad que

necesita para tener una mezcla homogénea. Se prosigue con el llenado de charola el cual consiste en agregar el sustrato previamente húmedo, la profundidad de la siembra se hizo tomando en cuenta dos veces el tamaño de la semilla, se va depositando una semilla por cavidad y se cubre con el sustrato, se le da un riego ligero. La charola se mantuvo bajo condiciones de invernadero para su germinación y crecimiento de plántula. El material vegetativo utilizado fue el cultivar Rio Grande, con el fin de contar con un testigo absoluto, el tomate también se estableció en suelo para compararlo con el cultivado en bolsas con sustrato de fibra de coco.

Antes de que se llevara el trasplante de plántula al suelo se hizo la preparación de las camas la cual se realizó de forma manual usando herramientas agrícolas. Se empieza removiendo el suelo para exponer posibles plagas y enfermedades al sol y romper capa arable del suelo. Después se determina las medidas de las camas, quedando de la siguiente manera: camas de 6m de largo con 0.4m de ancho. En el caso del cultivo en bolsas con sustrato, la fibra de coco se humedeció con agua revolviéndola con una pala, y después se relleno cada una de las bolsas con el sustrato previamente humedecido. Las bolsas se colocaron sobre camas cubiertas con un acolchado transparente, quedando a una distancia de 30 cm entre bolsa y bolsa

El trasplante de las plántulas al suelo y en bolsas con sustrato se realizó el día 04 de Octubre.

### **3.4 Tratamientos de lavado del sustrato lavado con calcio.**

Los tratamientos que se evaluaron fueron  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  y  $\text{CaSO}_4$  en diferentes concentraciones.

Se realizó la aplicación de los tratamientos al sustrato antes del trasplante en concentraciones de 0, 20, 40 y 80 mM, aplicándose un litro por bolsa. Después al siguiente día se aplicó un litro de agua por bolsa.

### **3.5 Tratamientos de condiciones del cultivo.**

El cultivo se estableció bajo cinco condiciones diferentes:

- Cultivo en suelo a campo abierto.
- Cultivo en suelo bajo microtúnel.
- Cultivo en sustrato a campo abierto.
- Cultivo en sustrato bajo microtúnel.
- Cultivo en sustrato bajo macrotúnel.

### **3.6 Diseño experimental**

En todos los tratamientos del lavado del sustrato con calcio así como el caso del cultivo en suelo se tuvieron 16 plantas (repeticiones) por tratamiento, en cada una de las cinco condiciones de cultivo, en un diseño completamente al azar, realizándose un análisis de varianza con el paquete estadístico de SAS (2000).

### **3.7 Manejo del cultivo**

Bajo las cinco condiciones de cultivo las plantas fueron fertilizadas con una solución nutritiva de Steiner diluida al 50%, 2 veces por semana y en ocasiones con pura agua según las condiciones de radiación y temperatura. Se estuvieron eliminando frecuentemente los brotes axilares para estimular el crecimiento vegetativo y las plantas fueron tutoradas con rafia para mantener un mejor

desarrollo del cultivo.

### **3.8 Variables evaluadas**

A los 28 días después del trasplante se determinó las siguientes variables

#### **3.8.1 Longitud del tallo**

Para esta actividad se utilizó una cinta métrica para medir la longitud del tallo en cm.

#### **3.8.2 Unidades SPAD en las hojas**

Esta variable se determinó al colocar hojas en la ventana del instrumento llamado SPAD-502 que sirvió para medir la cantidad de clorofila.

#### **3.8.3 Peso fresco de follaje**

Para esta variable se cortaron las plantas a raz del tallo y se registró el peso fresco del follaje en una báscula digital reportando el peso en gramos.

## IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

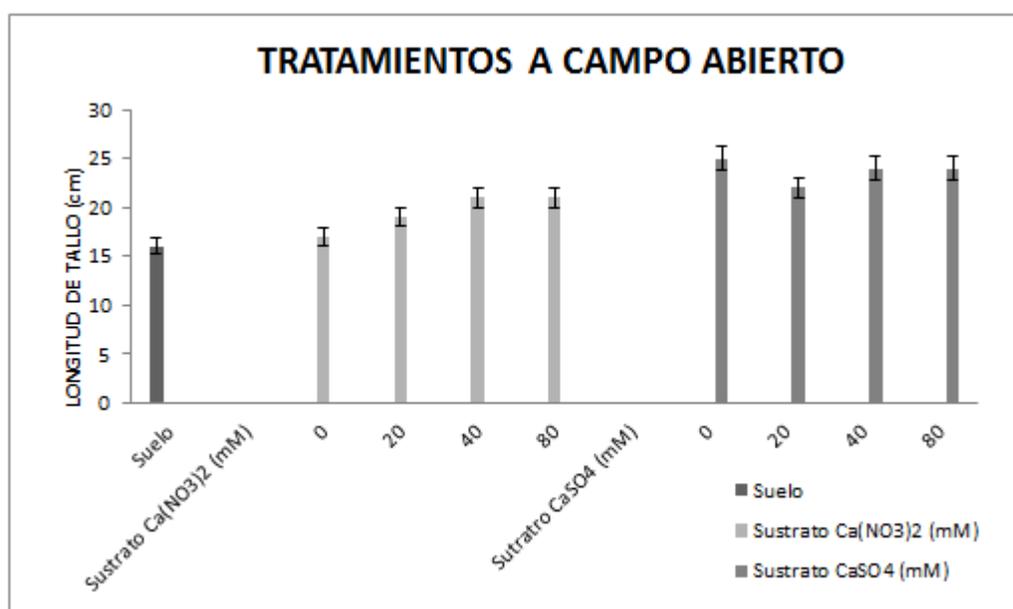
Al realizar los análisis estadísticos, encontramos que no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos, sin embargo, los resultados obtenidos nos permiten resaltar ciertas tendencias importantes.

### 4.1 Longitud de tallos

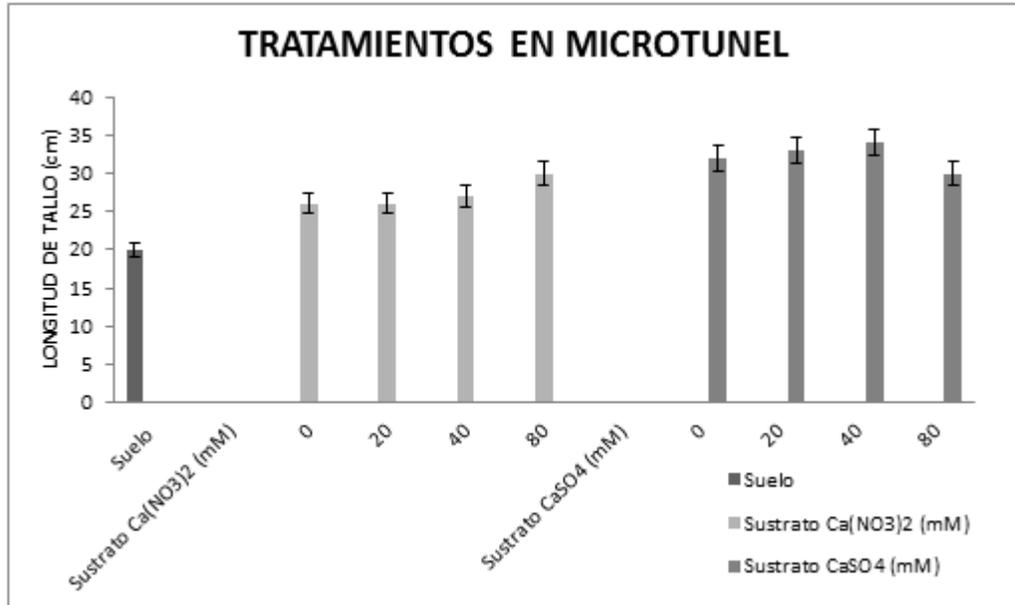
En la Figura 1 se puede ver la respuesta que se tuvieron en los tratamientos a campo abierto para la longitud de tallo en el cultivo del tomate. Se observa que tanto el  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  como el  $\text{CaSO}_4$  (ambos en sustrato de fibra de coco) tuvieron una respuesta superior de 17-24 cm al encontrado en el cultivo en suelo que fue de 16 cm. Es de interés resaltar que el tratamiento con  $\text{CaSO}_4$  tuvo una mejor respuesta para la longitud de tallo con un promedio de 23 cm en comparación con lo obtenido con el tratamiento de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  que fue más bajo con un promedio de 20 cm. Por otro lado, la máxima respuesta con ambos fertilizantes fue a la concentración de 40 y 80. Resultados de investigación en este sentido son reportados por Liandro (2011), quien evaluó diferentes híbridos de tomate con aplicaciones de nitrato de calcio y tuvo respuesta de 45 cm después de 22.

Por otro lado, en la Figura 2 se puede observar que bajo condiciones de microtúnel la respuesta promedio para las diferentes concentraciones de calcio, fue superior con el  $\text{CaSO}_4$  con un promedio de 32.25 cm y fue en la concentración de 40 mM donde se presentó la mejor respuesta con una longitud de 34 cm. En cambio con el  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  la respuesta fue menor con un promedio de 27.25 cm también el mejor resultado con la concentración de 80 mM con una longitud de tallo 30 cm. En suelo obtuvo una longitud de 20 cm.

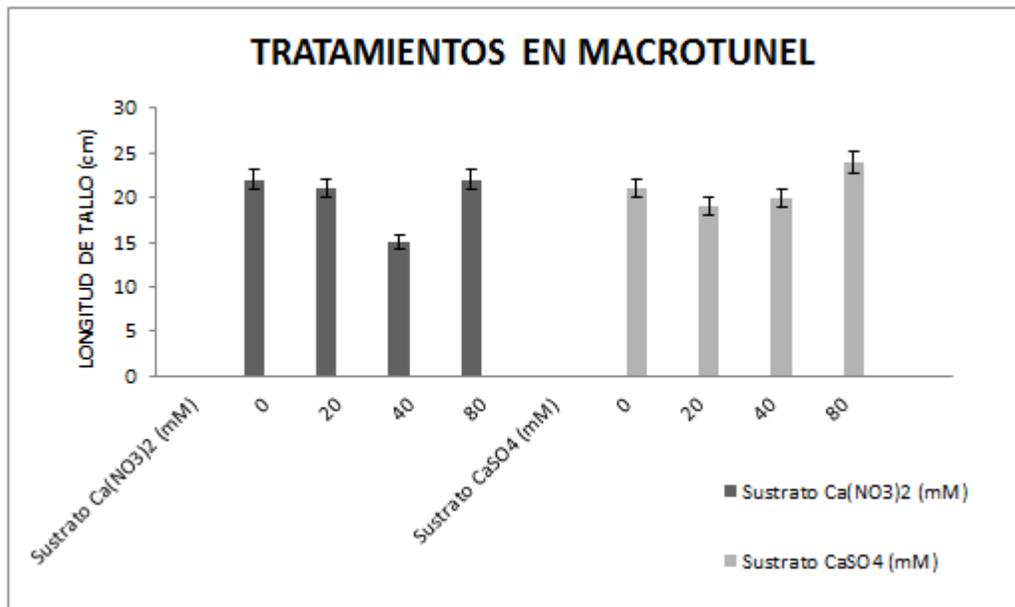
En la Figura 3 se puede observar que en condiciones de macrotúnel se obtuvieron resultados muy similar en todos los tratamientos tanto con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  con un promedio de 19 cm de longitud de tallo,  $\text{CaSO}_4$  con promedio 21 cm, notándose que estas longitudes de tallo fueron inferiores a las obtenidas en microtúnel, donde probablemente la mayor temperatura en estos fueron de un mayor rendimiento del tallo.



**FIGURA 1.-** Longitud de tallo del tomate cultivado a campo abierto en suelo y en bolsas con sustrato de fibra de coco tratadas con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  y  $\text{CaSO}_4$  en diferentes concentraciones. Error estándar = 5%



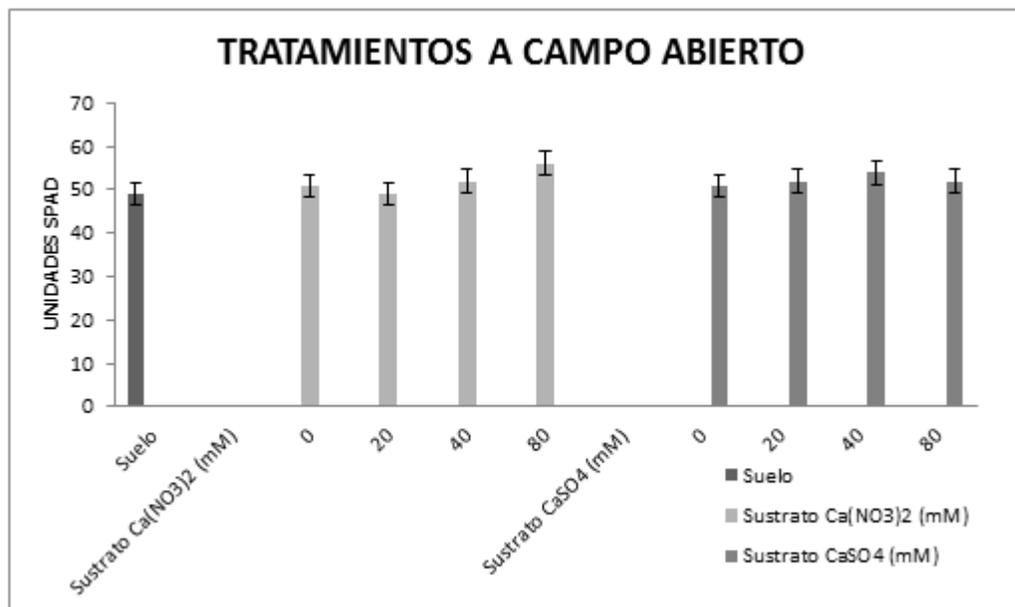
**FIGURA 2.-** Longitud de tallo del tomate cultivado en microtúnel en suelo y en bolsas con sustrato de fibra de coco tratadas con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  y  $\text{CaSO}_4$  en diferentes concentraciones. Error estándar = 5%



**FIGURA 3.-** Longitud de tallo del tomate cultivado en macrotúnel en bolsas con sustrato de fibra de coco tratadas con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  y  $\text{CaSO}_4$  en diferentes concentraciones. Error estándar = 5%

## 4.2 Unidades SPAD en las hojas

Por lo que respecta al contenido de clorofila o unidades SPAD en las hojas en respuesta a los tratamientos en campo abierto se puede ver en la Figura 4 que la mayor concentración de clorofila fue obtenida con la concentración de 80 mM de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (56 Unidades Spad). Por lo general las lecturas de clorofila en sustrato fueron mayores que las registradas en suelo (49 unidades SPAD) Robledo (2011) evaluó diferentes relaciones amonio/nitrato en frijol ejotero y observo que las mayores concentraciones de clorofila fueron en la relación 0/100.

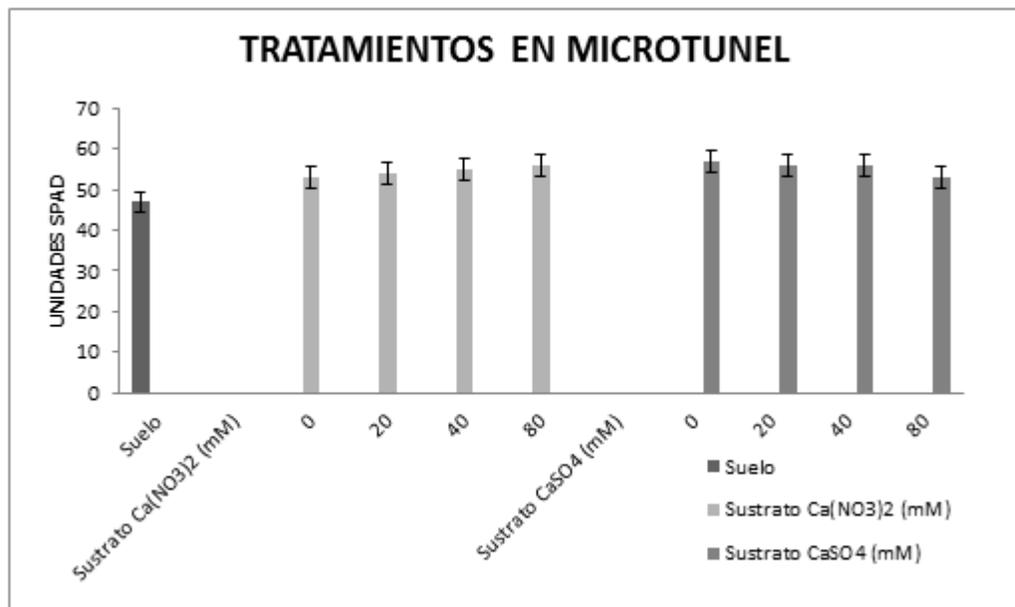


**FIGURA 4.-** Unidades spad (clorofila) en hojas de tomate cultivado a campo abierto en suelo y en bolsas con sustrato de fibra de coco tratada con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  y  $\text{CaSO}_4$  en diferentes concentraciones. Error estándar = 5%

Por lo que respecta a los contenidos de clorofila obtenidos en condiciones de microtúnel se observa en la figura que las lecturas fueron ligeramente superiores a aquellas que se obtuvieron a campo abierto, es sobresaliente las obtenidas con 80 mM de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (56 unidades SPAD) y las de 20 y 40 mM de  $\text{CaSO}_4$  también

con 56 unidades SPAD, aunque con este el testigo presento 57 unidades SPAD. En general se observó mayor concentración de clorofila en sustrato que en el suelo (47 unidades SPAD) Mares, y otros (2016), realizaron un trabajo con pimiento morrón utilizando diferentes concentraciones de nitrato de calcio y encontraron que para el contenido de clorofila las mejores lecturas fueron de 50 unidades SPAD.

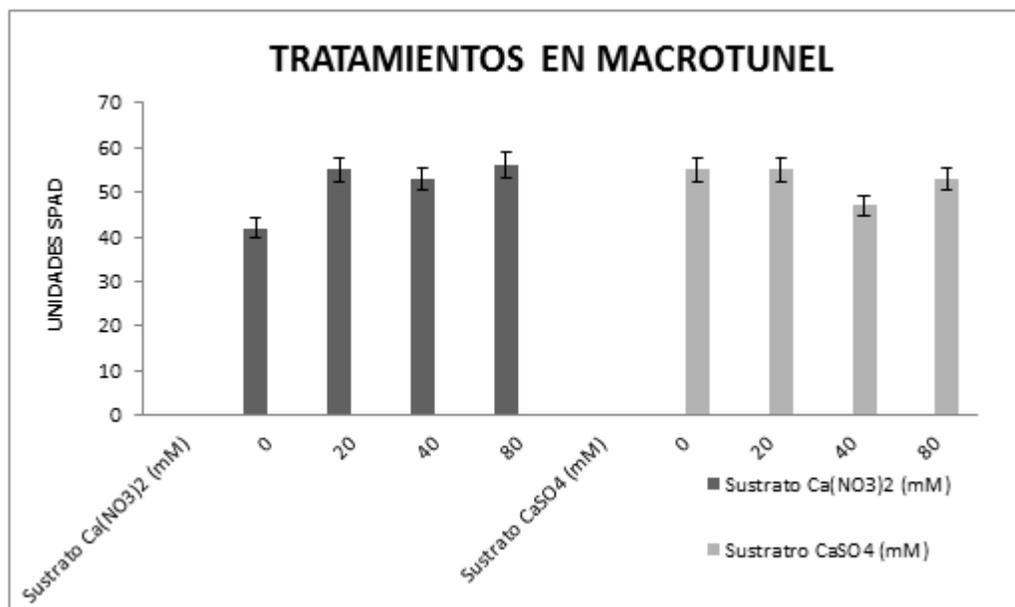
Es importante señalar que el tipo de material, el calibre y el color de la cubierta plástica en los túneles o invernaderos tienen influencia en la radiación que se transmiten en el rango de 400 a 700 nm (Espí, 2012). Lo anterior tiene una influencia en la producción de clorofila así como en la calidad y producción de los cultivo.



**FIGURA 5.-** Unidades spad (clorofila) en hojas de tomate cultivado en microtúnel en suelo y en bolsas con sustrato de fibra de coco tratada con Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> y CaSO<sub>4</sub> en diferentes concentraciones. Error estándar = 5%

Por otro lado en la Figura 6 se puede observar las Unidades Spad en condiciones de macrotunel en el cual se obtuvo un ligeramento mayor contenido de clorofila en los tratamientos de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  con un promedio de 54 Unidades Spad en comparación con el  $\text{CaSO}_4$  donde se obtuvo 51 Unidades Spad. El mayor contenido de clorofila que fue de 56 Unidades Spad se obtuvo con una concentración de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  de 80 mM, mientras que con el  $\text{CaSO}_4$  a una concentración de 20 mM se obtuvieron 55 Unidades Spad.

Diferente autores han reportado buenos resultados al utilizar herramientas ópticas como el medidor de clorofila SPAD mejores para conocer rápidamente el estado nutricional de las plantas adecuar la fertilización nitrogenada en cultivos como el tomate (Gianquito at al., 2011; Granados at al., 2013), melón (Gainquito at al., 2009; Gallardo at al., 2011; Padilla at al., 2014) y pepino (Padilla at al., 2017).

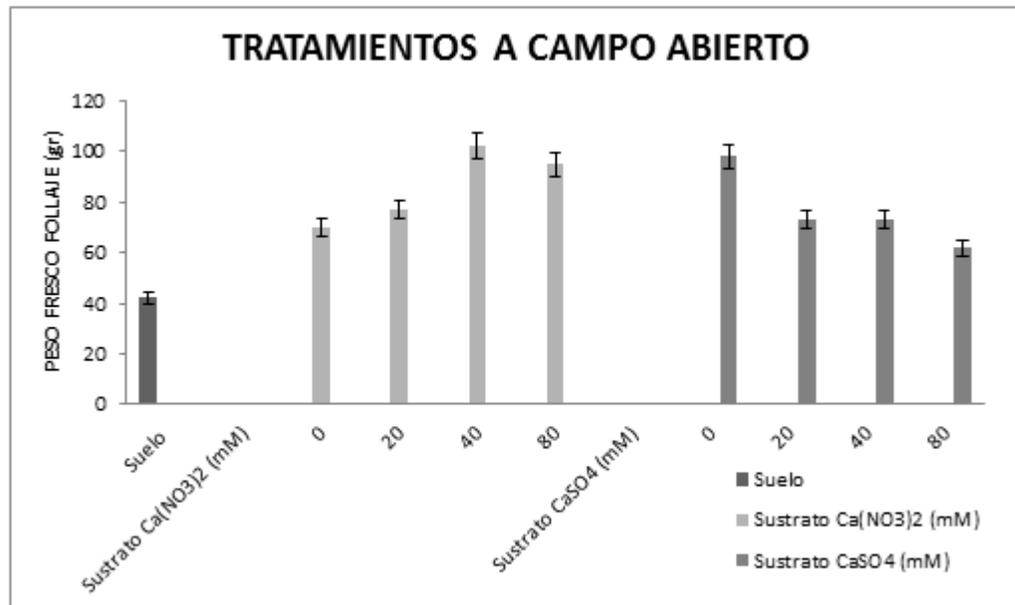


**FIGURA 6.-** Unidades spad (clorofila) en hojas de tomate cultivado en macrotunel en bolsas con sustrato de fibra de coco tratada con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  y  $\text{CaSO}_4$  en diferentes concentraciones. Error estándar = 5%

### 4.3 Peso fresco del follaje

En la Figura 7 se puede observar que a campo abierto el peso fresco del follaje fue mayor con la concentración de 40 mM, de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  con un peso de 102 gr, el cual fue muy superior al peso obtenido en el suelo que fue de 42 gr.

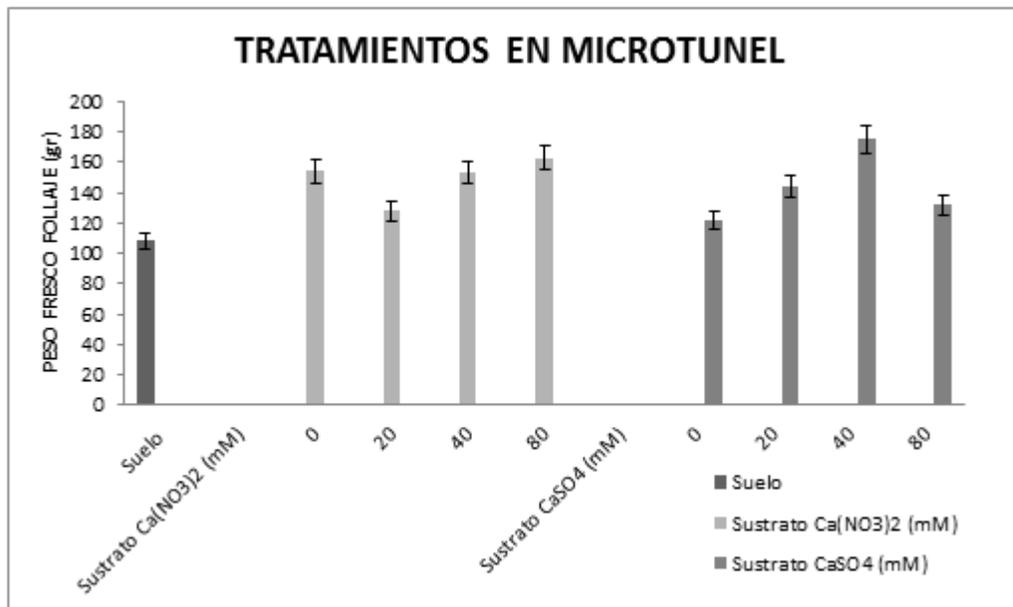
Con el  $\text{CaSO}_4$  los mayores resultados de (73 gr) se obtuvieron con las concentraciones de 20 y 40 mM, aunque en el testigo se obtuvo un peso de 98 gr.



**FIGURA 7.-** Peso fresco de follaje del tomate cultivado a campo abierto en suelo y en bolsas con sustrato de fibra de coco tratada con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  y con  $\text{CaSO}_4$  a diferentes concentraciones. Error estándar = 5%

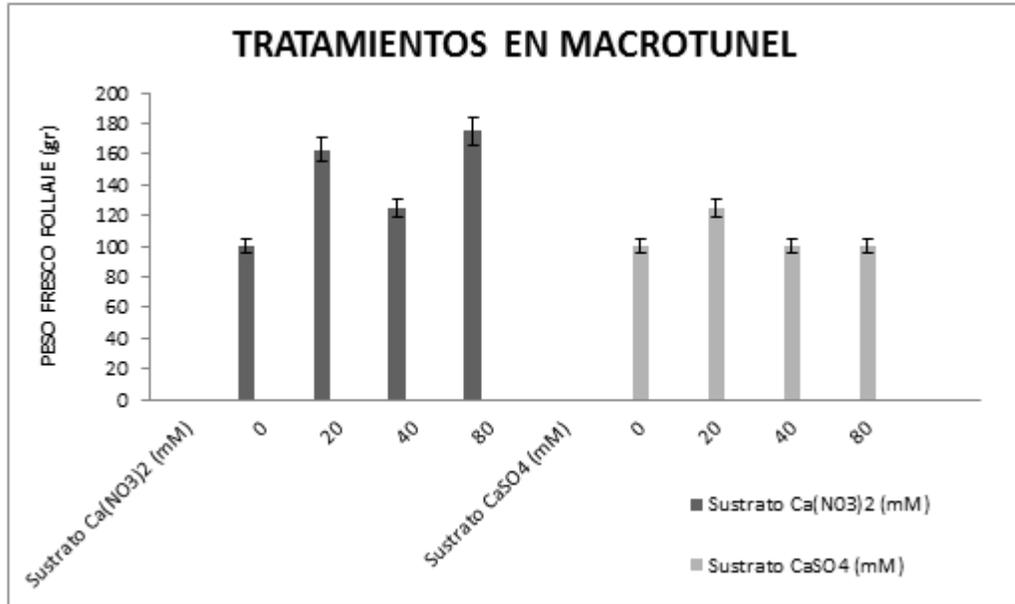
En la Figura 8 podemos notar que en microtunel el peso fresco del follaje presento un incremento considerable comparado al peso obtenido en campo abierto,

observándose que con el  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  a una concentración de 80 mM se obtuvieron 163 gr y que con el  $\text{CaSO}_4$  a una concentración de 40 mM se logró un peso de 175 gr. Por el contrario, en el suelo se obtuvieron 108 gr.



**FIGURA 8.-** Peso fresco de follaje del tomate cultivado en microtunel en suelo y en bolsas con sustrato de fibra de coco tratada con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  y con  $\text{CaSO}_4$  a diferentes concentraciones. Error estándar = 5%

En la Figura 9 se puede observar el peso del follaje obtenido bajo condiciones de macrotunel donde se presentó mayores valores con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  que con  $\text{CaSO}_4$ , obteniéndose 175 gr con 80 mM de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  y 125 gr con 20 mM de  $\text{CaSO}_4$ . Por otra parte, los pesos del follaje fueron respectivamente mayores en macrotunel que en microtunel, observándose los menores pesos a campo abierto, y sobre todo en el cultivo en suelo.



**FIGURA 9.-** Peso fresco de follaje del tomate cultivado en macrotunel en bolsas con sustrato de fibra de coco tratada con Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> y con CaSO<sub>4</sub> a diferentes concentraciones. Error estándar = 5%

## V CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo nos permiten concluir con lo siguiente:

- 1.- El desarrollo del tomate fue mejor en sustrato que en el suelo.
- 2.- La longitud de tallo fue mayor en microtúnel que en macrotúnel y que en campo abierto.
- 3.- La cantidad de clorofila o unidades SPAD en las hojas fue muy similar en las tres condiciones del cultivo.
- 4.- El peso fresco del follaje fue muy similar en microtúnel y en macrotúnel, siendo ambos muy superiores a los observados a campo abierto.
- 5.- Por lo general el mejor desarrollo del tomate se obtuvo cuando el sustrato de fibra de coco fue lavado con 80 mM de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  o con 40 mM de  $\text{CaSO}_4$ .

## VI LITERATURA CITADA

- Bertsch, F: 2006. El recurso tierra en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 30(1):133
- Díaz, C. 2007. Caracterización Agro cadena de Tomate. Dirección Regional Central Occidental. M.A.G. Grecia, Costa Rica. 46 p.
- Díaz, T. y Hernández, DA. 2003. Comportamiento de la germinación de las semillas tratadas con cloro (Cl) (en línea). Instituto de Investigaciones Hortícolas Lilibiana Dimitrova. Cuba. 63-66 p. Consultado 18 ene. 2016. Disponible en <http://www.utm.mx/temas/temas-docs/nota4t19.pdf>.
- Escobar, H; Lee, R. 2009. Manual de producción de tomate bajo invernadero (en línea). v.2. 2 ed. Bogotá, Colombia. 180 p. Consultado 22 de jul. 2016. Disponible en [pdf-manual\\_produccion\\_de\\_tomate\\_-\\_pag.\\_web-11-15.pdf](#)
- GAIN Report #MX0037 "Mexico Tomato Annual Area Planted Down But Production Up," por Flores, D. y Ford, M., aprobado por González, C. Junio 2010
- USDA/FAS, reporte de exportación de Mexico a EUA, detalle de tomate fresco para consumo, 2009-2010
- Infoagro Systems S.L. 2016. El cultivo de tomate: Parte I. (en línea). Madrid, España. s.p. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en [http://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_del\\_tomate\\_\\_parte\\_i\\_.asp](http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate__parte_i_.asp)
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2014. Manejo integrado de plagas. Cultivo de tomate: Guía MIP (en línea). Managua, Nicaragua. 66 p. Consultado 10 may. 2016. Disponible en <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/GUIA%20MIP%20tomate%202014.pdf>
- López, L. 2016. Rendición de cuentas de la agrocadena de tomate (Power point). (San José, Costa Rica). Programa Nacional Sectorial de tomate. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 16 p.
- Monardes, H. 2009. Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill): Características botánicas. Origen (en línea). Chile. Universidad de Chile 13 p. Consultado 8 oct. 2016. Disponible en [http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua\\_Cultivo\\_tomate.pdf](http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf)

- Monardes, H. 2009. Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill): Características botánicas. Origen (en línea). Chile. Universidad de Chile 13 p. Consultado 8 oct. 2016. Disponible en [http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua\\_Cultivo\\_tomate.pdf](http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf)
- Semillaria. 2015. Clasificación taxonómica de tomate (en línea). s.p. Consultado 10 may. 2016. Disponible en <http://semillaria.es/index.php/cultivos-ok/29-cultivos/94-taxonomia>
- Valdez L., A. (1998). Producción de Hortalizas. México D.F.: Limusa S.A. de C.V. Recuperado el 28 de 04 de 2018
- Vallejo, F. 1999. Mejoramiento genético y producción de tomate en Colombia (en línea). Palmira, Colombia. 216 p. Consultado 10 mar. 2016. Disponible en [http://www.uneditorial.net/uflip/Mejoramiento-genetico-y-produccion-de-tomate-en-Colombia/pubData/source/Mejoramientogenetico-y-produccion-de-tomate-en-Colombia.pdf//reportes.siap.gob.mx/Agricola\\_siap/ResumenProducto.do](http://www.uneditorial.net/uflip/Mejoramiento-genetico-y-produccion-de-tomate-en-Colombia/pubData/source/Mejoramientogenetico-y-produccion-de-tomate-en-Colombia.pdf//reportes.siap.gob.mx/Agricola_siap/ResumenProducto.do) 2018, de <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0046267.pdf>
- Abad, B. M. (1997). Los sustratos en el cultivo sin suelo. Tratado de cultivo sin suelo. (Mundi-Prensa, Ed.) Madrid, España.
- Alberto, A. V. (2012). Efecto del suministro de calcio en el desarrollo de la planta y calidad de la flor de *Lilium* ssp. Tipo asiático, cultivado en hidroponía. Torreón, Coahuila, México.
- Alejandro, M. R. (2007). Elementos nutritivos. Asimilación, funciones, toxicidad e indispensabilidad en los suelos.
- Anicua, S. R. (2008). Caracterización física y micromorfología de materiales orgánicos para la generación de mezclas de sustratos en la producción de *lilium* (*Eustoma grandiflorum*). Texcoco, México. Recuperado el 12 de julio de 2018
- Baixauli Soria, C., & Aguilar Olivert, J. M. (2002). Cultivo sin Suelo de Hortalizas. Aspectos Prácticos y Experiencias (Vol. Dibulgación Técnica). Generalitat Valenciana.
- Campoverde, M. J. (2007). Efecto del sustrato y la fertilización en el crecimiento de *pinus patula* Schl et cham en vivero. Texcoco, México.
- Cánovas, A. (1999). Tratado de Agricultura ecológica.
- EDIFORM. 2006. VADIAGRO: Principales problemas fitosanitarios. Tomo I. Curridabat, Costa Rica, Edifarm Internacional Costa Rica. 3 ed. 89-92, 193-212 p.

- Espi, E. (2012). Materiales de cubierta para invernaderos. Cuadernos de estudios agroalimentarios(2173-7568), 71-88.
- Fernández, M. V. (2014). Uso de la fibra de coco como sustrato en la producción de pascua (*Euphorbia pulcherrima*; Wild.ex klotscch) para Exportación. Escuintla. file:///t19005%20sanchez%20arrieta,%20guadalupe%20%20tesis.pdf
- Gallardo, M., Gimenez., C., Martinez-Gaitán, C., Stocklec, C., Thompson, R. B., and Granados, M.R. (2011). Evaluation of the VegSyst model with muskmelon to simulate crop growth, nitrogen uptake and evapotranspiration. *Agric. Water Mgt.* 101, 107-117.
- Gianquino, G., Fecondini, M., Mezzelti., M., and Orsini, F. (2009). Steering nitrogen fertilization by means of portable chlorophyll meter reduces nitrogen input and improves quality of fertigated cantaloupe (*cucumis melo L. var. Cantalupensis Naud.*). *J. Sci. Food Agric.* 90, 482-493
- Gianquino, G., Orsini, F., Fercondini, M., Mezzelti, M., Sambo, P., and Bona, S. (2011). A methodological approach for defining spectral índices for defining spectral índices for assessing tomato nitrogen status and yield. *Eur. J. Agron.* 35, 135-143.
- Granados. M.R., Thompson, R.B., Fernandez., M.D., Martinez-Gaitan, C., and Gallardo, M. (2013). Prescriptiv-corrective nitrogen and irrigation management of fertigated and drip-irrigated vegetable crops using modelling and monitoring approaches. *Agric. Water Mgt.* 119, 121-134.
- Hernández, M. I. (2009). Manejo de la nutrición mineral mediante el fertiriego en el cultivo protegido de tomate en condiciones de suelo Ferralítico. Recuperado el 13 de Julio de 2018
- Kass, D. C. (1998). Fertilidad de suelos (Primera ed.). San José , Costa Rica: EUNED.
- Liandro, E. G. (2011). Evaluacion de arios híbridos de tomate (*Lycopersicum esculentum mill*) con y sin aplicación de notrato de calcio a cielo abierto. Torreón, Coahuila, México. Recuperado el 03 de 12 de 2018.
- Mares, V. Á., Partida Ruvalcaba, L., Godoy Vega, F., Medina Montenegro, H. M., Millán Ocampo, S., Cárdenas Flores , A., & Cárdenas Cota, H. M. (2016). Eficacia de formulaciones de dosis de calcio en el rendimiento de pimiento morrón. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(7).

- Olivera Prendes , J. A., Afif Khouri, E., & Mayor López , M. (2006). Análisis del Suelo y Plantas y Recomendaciones de Abonado. España.
- Ortiz, W. N. (2011). Influencia de la salinidad y la relacion Calcio/Potasio sobre el crecimiento y desarrollo del tomate cv. Raf. Almería.
- Padilla, F.M Peña-Fleitas, M.T., Gallardo, M., and Thompson, R.B. (2014). Evaluation of optical sensor measurements of canopy reflectance and of leaf flavonols and chlorophyll contents to assess crop nitrogen status of muskmelon. Eur. J. Agron. 58, 39-52.
- Padilla, F.M., Peña-Fleitas, M.T., Gallardo, M., and Thompson, R.B. (2017). Determination of sufficiency values of canopy reflectance vegetation índices for máximo growth and yield of cucumber. Eur. J. Agron. 84, 1-15.
- Robledo, E. Y. (2011). Relación Nitrato/Amonio en la solución nutritiva en la producción de frijol ejotero. Torreón, Coahuila, México.
- Rojas Peña, L. (2000). El fertirriego y la Plasticultura . UAAAN.Saltillo, Coahuila, México.
- Rojas, S. (2013). Influencia de la intensidad de Radiación PAR en la fotosíntesis de Cultivos Hortícolas bajo invernadero. Caso de Estudio de Especialidad. Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA).
- SIAP. (2010). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. Recuperado el 27 de Mayo de 2018, de Sagarpa: [http:](http://)
- Simón, N. B., & Navarro García, G. (2003). Química Agrícola (2 ed.). España: Mundi Prensa.
- Villarreal Bernal, V., & Capella Calderon, J. d. (2008). Estudios de Inteligencia de Mercado del Nitrato de Calcio en España. España. Recuperado el 12 de 07 de
- Vivancos, A. D. (1997). Tratado de fertilización (3 ed.). Madrid España: Mundi-Prensa.