

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Producción de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con un Manejo Novedoso en Carrete con Sistema NFT Modificado.

Por:

**ANGELINO SOLIS MONTIEL**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México  
Marzo 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Producción de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con un Manejo Novedoso en Carrete con Sistema NFT Modificado.

Por:

**ANGELINO SOLIS MONTIEL**

TESIS

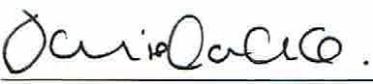
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. José Antonio González Fuentes  
Asesor Principal

  
Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar  
Coasesor

  
Dra. Daniela Alvarado Camarillo  
Coasesor

  
Dr. José Antonio González Fuentes  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México  
Marzo 2020



## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por estar conmigo en todo momento, cuidar de mí y guiarme a lo largo de mi camino.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme las puertas de su arco, cobijarme entre su grandeza y permitirme el privilegio de ser un BUITRE de la NARRO. Muchas gracias por brindarme la experiencia y conocimientos necesarios para ser un profesionista. Eternamente agradecido con la máxima casa de estudios de agronomía, por convertirse en mi segundo hogar.

A mi familia con quien siempre estaré agradecido, por creer en mí brindarme de su cariño, por alentarme a seguir adelante, por estar conmigo en todo momento y apoyarme no solo al entrar a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, si no en cada paso que doy.

Al Dr. José Antonio González Fuentes, por permitirme formar parte de este gran proyecto, facilitarme las herramientas, contar con su apoyo y brindarme asesorías además de uno que otro consejo.

Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar, por formar parte del comité asesor de este proyecto, por ser un catedrático que se esmera y da lo mejor de sí para impartir información de calidad en sus clases.

A la Dra. Daniela Alvarado Camarillo, por contar con su apoyo para formar parte del comité asesor de este proyecto.

Al Dr. Leobardo Bañuelos Herrera, al Dr. Armando Hernández Pérez y al M.C. Alfredo Sánchez López, por ser piezas fundamentales durante mi formación académica, por compartir su conocimiento experiencias y por brindarnos de sus consejos.

Al Departamento de Horticultura y todos aquellos que lo conforman, ya que siempre conté con su apoyo y disposición.

A todos los catedráticos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que participaron en mi formación académica, gracias por compartir sus conocimientos, experiencias y algunos de sus consejos.

A todos aquellos que hacen lo posible por que la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro sobresalga y sea una de las mejores instituciones del país.

A mis compañeros en la universidad, por compartir con ellos muchas experiencias, por haber convivido y apoyarnos los unos a los otros no solo dentro de la universidad si no también fuera de ella.

A Julio Maco Sena gracias, por brindarme su amistad y su apoyo durante mi estancia en Saltillo.

Al Ing. David Molina Solís y su empresa Flores y Follajes, por brindarme empleo y compartirme algunos de sus consejos.

A todas aquellas personas que aportaron su granito de arena para poder realizar y culminar este proyecto.

A aquellas personas que por despistado he olvidado sus nombres, pero que en algún momento me han brindado de su apoyo.

## DEDICATORIAS

A mis padres:

Guillermo Solís Molina y Alicia Montiel Marín

Por darme la vida, su amor y cariño, por creer en mí y gozar de su absoluta confianza. Por siempre apoyarme, por tener mi admiración y ser mi motivo para llegar a ser alguien en la vida. Por ser las personas a las que más amo y por estar conmigo incondicionalmente en cualquier situación.

A mis abuelos:

Angelino Solís Barreto y Bertha Molina Alonso

Aquilino Montiel Gonzales y María Reyes Marín Alonso

Por brindarme de su cariño y apoyo, por creer en mí, por brindarme sus sabios consejos, por inculcarme admiración y aprecio hacia el campo y la labor agrícola, por ser mi ejemplo de personas honrradas y trabajadoras.

A mis hermanos:

Bertha Alicia Solís Montiel, José Javier Solís Montiel y Leslie Samara Solís Montiel por ser unas maravillosas personas por apoyarme siempre, por tener mi admiración y respeto, además de tener muy buenos recuerdos juntos, los quiero.

A todos mis familiares y seres queridos, que en algún momento me brindaron su apoyo y con quienes he pasado momentos agradables.

A mi ALMA TERRA MATER por haberme permitido gozar de una estancia maravillosa en sus instalaciones y por facilitarme gran parte de los recursos para que yo pudiera culminar mis estudios.

# ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIAS</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>iv</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	<b>vii</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>x</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>4</b>
<b>General</b>	<b>4</b>
<b>Específico</b>	<b>4</b>
<b>HIPÓTESIS</b>	<b>4</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>5</b>
<b>Origen</b>	<b>5</b>
<b>Producción mundial y nacional.</b>	<b>5</b>
<b>Importancia mundial y nacional</b>	<b>7</b>
<b>Clasificación taxonómica</b>	<b>9</b>
<b>Características botánicas</b>	<b>9</b>
<b>Semilla</b>	<b>9</b>
<b>Raíz</b>	<b>10</b>
<b>Tallo</b>	<b>10</b>
<b>Hoja</b>	<b>11</b>
<b>Flor</b>	<b>11</b>

<b>Fruto</b> .....	11
<b>Importancia de la agricultura protegida e hidroponía</b> .....	12
<b>Sistema NFT (Nutrient Film Technique)</b> .....	13
<b>Ventajas del sistema NFT</b> .....	14
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>15</b>
<b>Lugar del experimento</b> .....	15
<b>Material vegetativo</b> .....	15
<b>Descripción de tratamientos y del sistema</b> .....	16
<b>Manejo del cultivo</b> .....	17
<b>Trasplante</b> .....	17
<b>Entutorado</b> .....	18
<b>Polinización</b> .....	18
<b>Fertilización</b> .....	18
<b>Podas</b> .....	19
<b>Bajado de planta</b> .....	20
<b>Cosecha</b> .....	20
<b>Variables evaluadas</b> .....	21
<b>Diseño experimental</b> .....	22
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>23</b>
<b>Crecimiento por semana</b> .....	23
<b>Diámetro de tallo</b> .....	24
<b>Longitud de hoja</b> .....	25
<b>Peso seco del tallo</b> .....	26
<b>Peso seco de hojas</b> .....	27
<b>Peso seco de raíz</b> .....	29

<b>Diámetro ecuatorial del fruto</b>	<b>-----30</b>
<b>Diámetro polar del fruto</b>	<b>-----31</b>
<b>Racimos por planta</b>	<b>-----32</b>
<b>Peso del fruto</b>	<b>-----33</b>
<b>Número de frutos por racimo</b>	<b>-----35</b>
<b>Peso por racimo</b>	<b>-----36</b>
<b>Rendimiento por planta y rendimiento estimado</b>	<b>-----37</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>-----39</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA</b>	<b>-----40</b>

## INDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el crecimiento por semana, (T0= testigo -sustrato- T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad. -----23

**Figura 2.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el diámetro de tallo, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad. -----24

**Figura 3.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en la longitud de hoja, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad. -----25

**Figura 4.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el peso seco del tallo, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad. -----26

**Figura 5.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el peso seco de las hojas, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad. -----27

**Figura 6.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el peso seco de la raíz, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad. -----29

**Figura 7.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el diámetro ecuatorial del fruto, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad. -----30

**Figura 8.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el diámetro polar del fruto, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad. -----31

**Figura 9.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en los racimos por planta, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad. -----32

**Figura 10.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el peso del fruto, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad. -----33

**Figura 11.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el número de frutos por racimo, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad. -----35

**Figura 12.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el peso de los racimos, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad. -----36

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Principales países productores de tomate (FAOSTAT, 2017). -----	6
<b>Cuadro 2.</b> Principales estados productores de tomate en México (SIAP, 2018). -----	7
<b>Cuadro 3.</b> Características del material utilizado como variedad. -----	15
<b>Cuadro 4.</b> Características del portainjerto Maxifort. -----	16
<b>Cuadro 5.</b> Concentración de iones en la solución nutritiva de acuerdo al número de racimos, datos en me/L. -----	19
<b>Cuadro 6.</b> Concentración de micronutrientes utilizados en la solución nutritiva, datos en miligramos. -----	19
<b>Cuadro 7.</b> Rendimiento por planta y rendimiento estimado. -----	37

## RESUMEN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es considerada una de las hortalizas más importantes del mundo, esto debido a que es uno de los componentes más frecuentes de la dieta humana, posee altos contenidos de licopeno, vitaminas C, A y flavonoides. Actualmente estos compuestos se encuentran asociados con la prevención de enfermedades de tipo carcinogénicas y cardiovasculares.

En este cultivo se ha encontrado una mayor aceptación y una rápida difusión en su producción en hidroponía, ya que la producción en hidroponía es una alternativa de producción y oportunidad de comercialización para el cultivo de tomate.

El presente trabajo se llevó a cabo en un invernadero ubicado dentro la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, durante el periodo del 29 de mayo del 2018 al 16 de noviembre del 2018.

El objetivo del proyecto fue evaluar el manejo de tallo de plantas de tomate cv. SUN 7705 en un sistema NFT modificado.

En un principio se tenía planeado evaluar el efecto de un corte de 15 cm en el tallo una vez que este hubiera dado una vuelta en el carrete, pero esto no fue posible debido a que cuando el tallo había dado la vuelta se presentó una helada (18 de noviembre del 2018) la cual termino con el cultivo.

Se estableció un testigo (T0: plantas colocadas en macetas con una mezcla de peat moss (relación 70:30) a una planta por sitio) y dos tratamientos, los cuales fueron: tratamiento uno (T1: plantas colocadas en carretes a una planta por sitio) y tratamiento dos (T2: plantas colocadas en carretes, a dos plantas por sitio). Estos tratamientos contaron con tres repeticiones al igual que el testigo.

Las variables evaluadas fueron: crecimiento por semana, grosor de tallo, longitud de hoja, peso seco del tallo, peso seco de hojas, peso seco de raíz, diámetro ecuatorial del fruto, diámetro polar del fruto, racimos por planta, peso del fruto, número de frutos por racimo, peso por racimo, rendimiento por planta y rendimiento estimado.

Para la variable peso seco de raíz ambos tratamientos presentaron diferencia significativa ante el testigo. En la variable racimos por planta, el testigo fue estadísticamente diferente ante los tratamientos. En cuanto a las variables peso del fruto, diámetro ecuatorial, el T1 fue estadísticamente igual al testigo pero diferente al T2 el cual si fue igual al testigo. Por otro lado, en las variables peso por racimo, crecimiento por semana, rendimiento por planta y rendimiento estimado, el T1 fue inferior al testigo y al T2 los cuales fueron estadísticamente iguales, lo que pudo ser debido a que el 16 de septiembre del 2018 una repetición del T1 presento un síntoma de estrés, sin embargo en las variables diámetro polar, peso seco de hoja, peso seco de tallo, longitud de hoja y grosor de tallo no hubo diferencia significativa.

**Palabras clave:** Tomate, hidroponía, tallo, modificado, NFT.

## I. INTRODUCCIÓN

El tomate es la hortaliza que se cultiva en mayor extensión en el mundo, tomando en cuenta la superficie dedicada a su cultivo y el valor de su producción es considerada la hortaliza número uno (Castellanos, 2009). La producción y el consumo mundial de tomate rojo registraron tendencia al alza durante la década reciente, siendo China el productor y consumidor más importante de tomate, mientras que Estados Unidos es el principal importador y México el principal exportador de esta hortaliza (FIRA, 2019).

En México los principales estados productores en el ciclo Primavera – Verano son: San Luis Potosí, Baja California, Michoacán, Zacatecas y Jalisco; mientras que en el Otoño – Invierno son: Sinaloa, Sonora, Michoacán y Jalisco (CIMA, 2019). En cuanto la producción de tomate rojo en el país, creció a una tasa promedio anual de 3.6 por ciento entre 2007 y 2017, para ubicarse en un máximo histórico de 3.47 millones de toneladas, esto gracias a la reducción de la superficie cultivada a campo abierto y al aumento de la superficie establecida con agricultura protegida (FIRA, 2019).

Casi toda la agricultura protegida se concentra en nueve estados (de un total de 31), y algo más de la mitad se da en solo cuatro estados: Sinaloa, Jalisco y los dos estados de Baja California, principalmente los productos cultivados bajo agricultura protegida son: 70% de tomate, 16% de pimientos, 10% de pepinos y menos de 2% de berrys (Pratt et al., 2019). Hoy en día la agricultura protegida nos ofrece beneficios como los son altos rendimientos, alta calidad, mayores niveles de sanidad e inocuidad de los productos, incremento de la eficiencia del agua, seguridad en la producción, independencia del clima, acceso a mejores mercados y alta rentabilidad económica (Torres, 2019), sin embargo; aun con estos beneficios que otorga la agricultura protegida se ha visto la necesidad de buscar mejoras y alternativas que lleven a un aumento en la producción de alimentos, ya que en los próximos 30 años las necesidades de alimentos se duplicarán y el desafío del

hombre será satisfacer las demandas de una mayor población con menos tierra agrícola y agua (Moreno et al., 2011), además del incremento de la demanda de alimentos otros problemas con los que se enfrenta hoy en día la agricultura, son, déficit de agua por la sobre explotación de los mantos acuíferos, sistemas agrícolas ineficientes, y la limitada disponibilidad de nutrientes del suelo (Hernández et al., 2019). Un asunto de gran importancia es la afectación por salinidad que es uno de los principales problemas que han reducido la productividad y el valor de los suelos en las regiones áridas. Dicho problema, se ha extendido y ha afectado también regiones tropicales semiáridas o sub-húmedas, adonde se ha extendido la agricultura bajo riego (Sentis, 1988). Otro inconveniente que está estrechamente ligado a la disminución de los rendimientos en los cultivos, es el aumento de la incidencia y severidad de enfermedades de raíz como *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, insectos plagas y nematodos agalladores (Encalada Ríos, 2016).

Una alternativa que existe y se ha venido desarrollando para estos problemas es la hidroponía, que surge gracias a la necesidad de incrementar la producción de alimentos de origen vegetal, la restricción de tierras aptas para la producción agrícola, la escasez de agua o la mala calidad de ésta para usarla en la agricultura (Herrera, 1999). La hidroponía es un conjunto de técnicas que permite el cultivo de plantas en un medio libre de suelo y permite en estructuras simples o complejas producir plantas principalmente de tipo herbáceo aprovechando sitios o áreas como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos e invernaderos climatizados o no. (Beltrano, 2010). Un cultivo hidropónico se refiere al cultivo de plantas sin usar tierra, nutridas por soluciones de agua y sales minerales en lugar de usar los métodos tradicionales de cultivo (Espinosa, 1994).

La mayoría de los cultivos en invernadero se han desarrollado utilizando hidroponía, debido a la producción en hidroponía se tiene una alternativa de producción y oportunidad de comercialización para el cultivo de tomate (De la Rosa., 2016). El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los cultivos donde se ha encontrado una mayor aceptación y más rápida difusión del cultivo sin suelo (Peña et al., 2013). El cultivo de tomate hidropónico se puede realizar en distintos sistemas: ya sea en

sistemas en los cuales la raíz esté sumergida o en sistemas con un flujo continuo de solución que bañe las raíces (Mata et al., 2010), principalmente el tipo de tomate que se utiliza en los sistemas hidropónicos son de hábito indeterminado, su principal característica es que son plantas cuyo tallo principal y lateral tienen un crecimiento continuo, siendo la yema terminal del tallo la que continúa creciendo, como consecuencia la floración, la fructificación y la cosecha se extienden por periodos muy largos (López, 2016). Sin embargo esto último no es aprovechado por los productores ya que entre más crece la planta el vigor disminuye dificultando el transporte de nutrientes hacia las zonas más altas de la planta y por lo tanto la calidad de los frutos que se encuentran en los racimos más altos es inferior a la de los frutos producidos en racimos cercanos al sistema radicular. Una labor que se realiza es la decapitación de la planta, de esta manera se obtiene más uniformidad en la calidad fruto, pero en consecuencia a esta práctica se sacrifica el hábito de crecimiento de la planta y un número desconocido de racimos que la planta pudiese producir.

Por lo anterior mencionado en este proyecto se plantea, hacer una modificación en el sistema hidropónico NFT y darle un manejo especial a las plantas de tomate eficientando su hábito de crecimiento y capacidad del tallo para generar raíz, y así evitar la decapitación de las plantas y alargar su ciclo de vida, obtener una mayor área de raíces y lograr que los racimos estén más cerca de esta, facilitando el transporte de nutrientes y agua hacia las zonas más altas de la planta para poder aumentar rendimientos y evitar una disminución en la calidad en los frutos producidos en zonas altas de la planta.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Evaluar el comportamiento del tomate cv. SUN 7705 cultivado en un sistema de carretes hidropónicos, promoviendo la aparición de raíces en el tallo.

### **Específico**

Evaluar el número adecuado de plantas por carrete para obtener mayor rendimiento.

## **HIPÓTESIS**

Mediante la producción de tomate en carretes hidropónicos, en al menos un tratamiento el rendimiento de tomate cv. SUN 7705 será igual o mayor al testigo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen

El origen del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) se encuentra en América del Sur, entre el área de Perú y Ecuador, de donde se distribuyó a diferentes partes de América tropical (Santiago y Borrego, 1998) sin embargo el origen exacto del tomate permanece sin resolverse. México también es considerado centro de origen y domesticación, Medina y Lobo (2001) reportan que en México fue domesticado por las poblaciones indígenas, dando origen a variedades tipo cereza, mediante un proceso de domesticación y selección, realizado inicialmente por las comunidades aborígenes y posteriormente por las comunidades locales. El tomate es considerado como uno de los primeros cultivos realizados por el hombre mesoamericano como parte de su dieta diaria junto con el maíz, frijol chile y calabaza. Su nombre se debe a la palabra Náhuatl *xiuhtomatl* (*xictli*, ombligo, y *tomatl*, tomate), que significa "jitomate de fuego", por su color rojo (Reyes y Sánchez, 2017). Después del descubrimiento de América, el tomate fue llevado a Europa desde donde se dispersó al resto del mundo con materiales marcadamente uniformes y por consiguiente con una base genética extremadamente reducida (Rodríguez et al., 2010)

### Producción mundial y nacional.

La superficie mundial en 2017, destinada para el cultivo de tomate fue de 4, 848,384 hectáreas con una producción de 182, 301,395 toneladas. Los principales países productores a nivel mundial son: China (59,626,900 toneladas) India (20,708,000 toneladas), Turquía (12,750,000 toneladas), Estados Unidos (10,910,990 toneladas) y Egipto (7,297,108 toneladas) México ocupa el noveno lugar con una producción de 4,243,058 toneladas (FAOSTAT, 2017).

**Cuadro 1.** Principales países productores de tomate (FAOSTAT, 2017).

País	SUPERFICIE SEMBRADA (ha)	PRODUCCION (t)
1. China	1,033,276.00	59,626,900.00
2. India	797,000.00	20,708,000.00
3. Turquía	187,070.00	12,750,000.00
4. Estados Unidos	126,070.00	10,910,990.00
5. Egipto	182,444.00	7,297,108.00
6. Irán	153,735.00	6,177,290.00
7. Italia	99,750.00	6,015,868.00
8. España	60,852.00	5,163,466.00
9. México	92,993.00	4,243,058.00
10. Brasil	61,534.00	4,230,150.00

En el año 2018 la superficie destinada al cultivo de tomate en México fue de 49,415.72 hectáreas con una producción de 3, 780,950.01 toneladas lo que equivalió a 31, 150,517.30 miles de pesos. Entre los principales estados productores que destacan están: Sinaloa (1, 088,251.51 toneladas), San Luis Potosí (393,581.64 toneladas), Michoacán (281,847.89 toneladas), Jalisco (189,847.96 toneladas), y Zacatecas (182,773.48 toneladas) (SIAP, 2018).

**Cuadro 2.** Principales estados productores de tomate en México (SIAP, 2018).

Estado	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)
1. Sinaloa	13,657.50	1,088,251.51
2. San Luis Potosí	3,121.05	393,581.64
3. Michoacán	5,964.70	281,847.89
4. Jalisco	2,123.72	189,847.96
5. Zacatecas	2,873.95	182,773.48
6. Baja California Sur	2,562.50	157,879.03
7. Puebla	926.08	149,456.10
8. Morelos	2,529.85	146,058.14
9. Baja California	1,812.58	139,311.57
10. Sonora	1,829.48	119,269.01

### **Importancia mundial y nacional**

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico, representando uno de los componentes más frecuentes de la dieta humana y su uso está generalizado en el arte culinario por su color, aroma y sabor (Luna et al., 2015). El reciente interés de los consumidores y de las organizaciones de la salud por mantener una dieta saludable, ha incrementado la demanda de frutas y hortalizas frescas que se consumen a diario, debido a que representan una fuente importante de compuestos antioxidantes que son benéficos contra enfermedades crónicas, incluyendo el cáncer y las enfermedades cardiovasculares (Nishiyama, 2004). El fruto de tomate es una buena fuente de vitaminas A y C (ácido ascórbico), así como carotenoides en la dieta humana, principalmente licopeno, por estas propiedades es esencial para mantener las funciones cardiovasculares del cuerpo humano, remover radicales libres y ejerciendo un efecto antioxidante preventivo contra enfermedades degenerativas relacionadas con la edad, el cáncer y cataratas (López et al., 2011). El tomate se puede consumir en fresco o transformado, ya sea como ingrediente de sopas,

pastas, salsas o condimentos; sin embargo, las características de color y sabor lo hacen mucho más atractivo para el consumo en fresco ( Jaramillo et al., 2012). Entre 2007 y 2017, el consumo aparente conjunto de los diez principales países consumidores de tomate (China, India, Estados Unidos, Turquía, Egipto, Italia, Irán, España, Brasil, Nigeria) creció a una tasa promedio anual de 3.2 por ciento, al ubicarse en 135.7 millones de toneladas. Alrededor de tres cuartas partes del consumo total de tomate en el mundo corresponde a tomate fresco y una cuarta parte a tomate procesado (FIRA, 2019).

En México el cultivo del tomate rojo es el cuarto en importancia por su contribución en el valor de la producción agrícola primaria. En el 2017, con 25,483 millones de pesos, participó con 4.3% del valor de la producción agrícola nacional, después del maíz grano (17.1%), el aguacate (6.8%) y la caña de azúcar (6.5 por ciento) (Carreón, 2019). Durante 2017, el consumo nacional de tomate rojo se ubicó en 1.88 millones de toneladas, volumen que representó el 54.2 por ciento de la producción nacional, por otra parte, el consumo per cápita anual de tomate en México se ubica en alrededor de 16 kilogramos por año, siendo inferior al consumo per cápita promedio mundial, de 19 kilogramos (FIRA, 2019). El cultivo de tomate es de gran importancia en México, siendo este uno de los principales exportadores de tomate, tiene grandes oportunidades de comercialización, como la que actualmente tiene con el mercado de Estados Unidos. Sin embargo debe procurar su inserción hacia otros países de Europa como Rusia y Alemania, o de Asia como Japón al ser también grandes importadores (Reyes y Sánchez, 2017). En México el tomate es el cultivo que predomina bajo agricultura protegida con un 68 % siguiéndole el cultivo de pepino con 15%, el cultivo de pimiento con un 14 % y otros cultivos con un 1% (AMHPAC, 2017).

### **Clasificación taxonómica**

El tomate es una hortaliza que se encuentra dentro del género *Solanum*, el mismo que cuenta con aproximadamente 1500 especies a nivel mundial y representa uno de los géneros más extendidos de las angiospermas y es el género más largo en las Solanaceae (Torrico et al., 2001).

Siguiendo a Benton, (2007). La clasificación científica para el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es:

- Reino: Plantae
- Subreino: Tracheobionta
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Asteridae
- Orden: Solanales
- Familia: Solanaceae
- Género: *Solanum*
- Especie: *Solanum lycopersicum*
- Nombre binomial: *Solanum lycopersicum*

### **Características botánicas**

El tomate es una planta dicotiledónea, herbácea y perenne (cultivada como anual) que pertenece a la familia botánica Solanaceae (Fornaris, 2007). Esta familia es una de las que más diversificación ha experimentado dentro del orden Solanales. Se estima que el número de especies de esta familia está en el rango de 9000- 10000 especies, y en el caso particular del género *Solanum* al que pertenece el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Campos, 2015).

### **Semilla**

Tiene un tamaño promedio de 3.5 milímetros de longitud, de forma ovalada y aplanada. Se encuentra envuelta por la testa, es de color café pálido y posee una

capa fina de falsos pelillos, que en realidad son reservas de células suberizadas, provenientes de la pared celular (León y Arosemena, 1980).

La semilla conserva su poder germinativo durante 4 años o más años si se le mantiene en condiciones adecuadas, siendo las temperaturas máximas y mínimas para la germinación 35° y 10° (Rodríguez et al., 1997).

### **Raíz**

La raíz tiene como funciones, la absorción y el transporte de nutrientes, así como el anclaje de la planta al suelo. El sistema radical del tomate está constituido por la raíz principal, las raíces secundarias y las raíces adventicias (Nuez et al., 1995). Aunque el sistema radicular puede alcanzar 1.5 metros de profundidad, puede estimarse que el 75% del mismo se encuentra en los primeros 45 cm superiores del terreno (Rodríguez et al., 1997).

### **Tallo**

Los tallos son ligeramente angulosos, semileñosos, de grosor mediano y con vellosoidad, simples y glandulares que salen de la epidermis. Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando las hojas, tallos secundarios e inflorescencias. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (Monardes, 2009). Debajo de la epidermis se encuentra el córtex o corteza cuyas células más externas tienen clorofila y son fotosintéticas, mientras las más internas son de tipo colenquimático y ayudan a soportar el tallo. La capa cortical más interna es la endodermis, que separa el córtex del cilindro vascular, toda la estructura vascular y las células parenquimatosas que rodean el periciclo, se disponen en forma de tubo cilíndrico de fibras de xilema (Nuez et al., 1995). Debajo de la El porte puede ser de crecimiento determinado o indeterminado, un tallo de crecimiento indeterminado en invernadero puede llegar a crecer hasta diez metros (Castellanos, 2009).

## **Hoja**

Principalmente son hojas compuestas, se insertan sobre los diversos nudos, en forma alterna. El limbo se encuentra fraccionado en siete, nueve y hasta once foliolos. Al igual que el tallo están provistas de glándulas secretoras de una sustancia aromática (Rodríguez et al., 1997). Las hojas de tomate son de tipo dorsiventral o bifacial. El tejido parenquimático o mesófilo está recubierto por una epidermis superior y otra inferior; ambas están constituidas por una sola capa de células y no contienen cloroplastos, la epidermis del envés contiene abundantes estomas que facilita el intercambio gaseoso con el exterior, mientras estos son escasos en la epidermis superior (Nuez et al., 1995).

## **Flor**

La flor de tomate es perfecta, regular e hipógina, consta de 5 o más sépalos, de 5 o más pétalos dispuestos de forma helicoidal, de un número igual de estambres que se alternan con los pétalos y de un ovario u o plurilocular, las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (Nuez et al., 1995). Las anteras que contienen polen se encuentran unidas formando un tubo de cuello angosto que rodea y cubre al estilo y estigma; dicho arreglo asegura al mecanismo de autofecundación, ya que el polen se libera de la parte interior de la antera (León y Arosemena, 1980).

## **Fruto**

El fruto de tomate es una baya es decir un fruto carnosos que encierra las semillas. Aunque hay tomates esféricos y rojos, también pueden tener distintos tamaños, colores y formas (Polese, 2007). El tamaño final de los frutos depende de la posición en la inflorescencia, siendo los proximales los frutos más grandes. A su vez, se encuentra estrechamente correlacionado con el número de semillas y lóculos, el tomate, es un fruto climatérico, esto es debido a que a pesar de haber sido recolectado de la planta, el fruto aumenta su tasa de respiración y su producción de etileno, principal hormona que se encarga de la maduración y envejecimiento de los frutos (SINAVIMO, 2017).

## **Importancia de la agricultura protegida e hidroponía**

La agricultura protegida es aquella que se realiza bajo condiciones en las que el agricultor puede controlar algunos factores del medio ambiente. Con lo cual, minimiza el impacto que los cambios de clima ocasionan a los cultivos. Las estructuras más utilizadas de la agricultura protegida son:

- Microtúnel
- Macrotúnel
- Mallas sombra
- Invernaderos

Bajo este sistema especializado los productores logran productos de excelente calidad, en cualquier época del año, sin daños por factores climáticos y mucho menos por plagas y enfermedades (SENASICA, 2016)

La agricultura protegida constituye en la actualidad una alternativa muy apreciada por su importancia económica, social y ambiental, que permite controlar los factores de la producción primaria, incrementar los niveles de productividad y calidad de los productos, generar polos de desarrollo agroindustrial y generar en promedio 8 empleos directos permanentes y un número similar de empleos indirectos por hectárea de invernadero (SENASICA, 2016).

La Horticultura Protegida en México se lleva a cabo, casi exclusivamente, bajo malla sombras e invernaderos, con un total de 25,370 hectáreas de ambas tecnologías y sólo 394 hectáreas de macro túneles. Ello arroja una superficie total de 25,764 hectáreas de Horticultura Protegida en México al cierre del 2017. 14,408 hectáreas son destinadas al cultivo de las frutas y 2,343 hectáreas en cultivos como la floricultura (AMHPAC, 2017).

Se estima que del total de los cultivos establecidos bajo cubierta, aproximadamente el 50 % se encuentra cultivada en hidroponía (agua, fibra de coco, lana de roca, turba, tezontle, etc.). Los principales cultivos establecidos en hidroponía son:

tomate, lechuga, pimiento y pepino. Lo anterior se debe a que son cultivos altamente demandados, por lo que su rentabilidad es alta (INTAGRI, 2017).

La hidroponía es una ciencia joven, habiendo sido usada bajo una base comercial desde hace solamente cuarenta años; no obstante durante este pequeño periodo de tiempo, ha podido adaptarse a diversas situaciones, desde cultivos al aire libre y en invernaderos. La hidroponía es un medio excelente para crecer verdura fresca no solamente en los países que tengan poca tierra cultivable, sino también en aquellos que, teniendo pequeña superficie, tienen una gran población. La hidroponía puede ser empleada en países del tercer mundo para proveer una producción intensiva de alimentos en áreas limitadas (Resh, 2006).

Actualmente, la producción de vegetales en sistemas hidropónicos es muy utilizada en países con problemas de invierno riguroso, limitaciones de área y escasez hídrica. El cultivo hidropónico comercial es muy común en la producción de hortalizas como lechuga, tomate, pimiento y pepino. La producción de vegetales en hidroponía presenta ciertas ventajas como un mayor rendimiento por área, mejora en la calidad nutricional de los productos, disminución de daños por plagas y enfermedades, reducción del ciclo del cultivo, condiciones ambientales controladas y eficiencia en el uso del agua (Bastida, 2017).

### **Sistema NFT (Nutrient Film Technique)**

La técnica de la disolución nutritiva recirculante, conocida como NFT, es el sistema hidropónico recirculante más popular para la producción de cultivos en el mundo. Fue desarrollado por el Dr. Allan Cooper en Inglaterra. Este sistema de cultivo está destinado principalmente a la producción de hortalizas de alta calidad en invernadero, se ha desarrollado y difundido en un gran número de países, donde existen condiciones restrictivas de suelo y un mercado promisorio para suplir con hortalizas frescas de alta calidad y sanidad (Urrestarazu, 2004). Este sistema permite cultivar un gran número de hortalizas, principalmente de hoja y fruto. Se caracteriza por no utilizar sustratos, cultivándose solamente en agua y basado en la manutención de una delgada lamina de solución nutritiva que está en recirculación pasando por las raíces de las planta (Samperio, 2004).

## **Ventajas del sistema NFT**

Algunas ventajas del sistema NFT propuestas por Resh (2006) son:

- Eliminación de la preparación de la esterilidad del suelo.
- Rapidez en las labores para efectuar un cambio de cosecha.
- Control muy preciso en la nutrición.
- Mantenimiento de las temperaturas óptimas en las raíces por medio de una calefacción de la solución de los nutrientes.
- Simplicidad de la instalación y de las operaciones.
- Reducción del choque que sufren las plantas en su trasplante por medio de la utilización de macetas o cubos de cultivo y de un precalentamiento de la solución de nutrientes de forma que las raíces tengan una temperatura óptima.
- Fácil ajuste en la formación de la solución de nutrientes para de esta forma poder controlar el desarrollo de las plantas al cambiar las condiciones de la iluminación.
- Utilización en la solución de nutrientes de insecticidas sistémicos y fungicidas para poder controlar tanto los insectos como las enfermedades en los cultivos ornamentales.
- Posible ahorro de energía al mantener la temperatura del aire del invierno en niveles más bajos de los normales ya que la temperatura de las raíces se mantiene siempre en su punto óptimo.
- Eliminación del estrés hídrico de las plantas entre los diversos riegos al poder suministrar un flujo continuo de solución de nutrientes.
- Conservación del agua al utilizar un sistema cíclico en vez de un sistema abierto.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### Lugar del experimento

El proyecto se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, específicamente en un invernadero experimental perteneciente al Departamento de Horticultura, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, con las coordenadas 25°21'21.7" Latitud Norte y 101°02'06.7" Longitud Oeste, a una altitud de 1764 msnm.

#### Material vegetativo

El material vegetal utilizado para este experimento fue plántula de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) híbrido cv. SUN 7705 F1, injertada sobre el portainjerto MAXIFORT.

El cv. SUN 7705 F1 es un tomate de tipo saladette, es una planta vigorosa. Se adapta ampliamente a las áreas del norte, bajío y centro-sur de México, muy productiva de frutos muy uniformes, su tolerancia al rajeteado y su firmeza, cualidades que le favorecen a ser preferido por su fácil comercialización.

#### Cuadro 3. Características del material utilizado como variedad.

Empresa	Nunhems
Híbrido	SUN 7705 F1.
peso de fruto (Gramos)	130-160
Tipo	Saladette
Crecimiento	Indeterminado
Temporada	Otoño, Invierno y Primavera
Resistencia	Fol 0 (US1); Fol 1 (US2); Ma; Mi; Mj; ToMV (0,1,2); Va; Vd

Maxifort es una variedad de portainjertos de tomate que proporciona una mayor resistencia a los cultivos generativos, excelente vigor y energía extra para cultivos de ciclos largos. Bajo condiciones de estrés, provee a la planta el vigor necesario para elevar su productividad y calidad de frutos. Puede utilizarse en invernaderos con control de clima.

**Cuadro 4.** Características del portainjerto Maxifort.

Empresa	DE RUITER
Portainjerto	MAXIFORT
Cultivos para este portainjerto	Tomate y berenjena
Vigor	Superior
Altamente resistente	ToMV:02 / Fol:1,2 / For / PI / Va:1 / Vd:1/
Resistencia intermedia	Ma/Mi/Mj

**Descripción de tratamientos y del sistema**

Se evaluaron dos tratamientos (T1, T2) y un testigo (T0) con 3 repeticiones cada uno. Los tratamientos y el testigo fueron:

- Tratamiento 1: Manejo de tallo con 1 planta por carrete.
- Tratamiento 2: Manejo de tallo con 2 plantas por carrete.
- Testigo: Plantas con un manejo normal, colocadas una planta por bolsa. Las dimensiones de las bolsas fueron 40 cm x 40 cm, y se rellenaron con una cantidad de 15 L de sustrato el cual se preparó con “peat moss” y “perlita” (relación 70:30).

El manejo que se realizó, fue, enredar el tallo en el carrete con el fin de exponerlo al contacto con la solución y que este pudiese generar raíz además de mantener un porte bajo en la planta. Antes de enredar el tallo se realizaba una poda, eliminando hojas y racimos sin frutos, para despejar parte de tallo y poder enredarlo de una manera que este quedara más pegado a la base del carrete y lograr que una mayor área de del tallo estuviera en contacto con la solución. En un principio se planteó evaluar el efecto de un corte de 15 cm en el tallo una vez que este hubiese dado una vuelta completa en el carrete pero esto no fue posible de realizar debido a que el 18 de noviembre del 2018 se presentó una helada la cual termino con el ciclo del cultivo.

La modificación que se le realizó al sistema NFT fue la instalación de seis carretes elaborados con fibra de vidrio con unas dimensiones de 50 cm diámetro (esto para poder flexionar el tallo sin quebrarlo), y una abertura de 15 cm para poder colocar las plantas en el carrete. El sistema de riego estuvo constituido por una bomba conectada a una manguera a la cual se le instalaron goteros (2 goteros por carrete) con capacidad de 4L/hr, de esta forma se lograba proporcionarles la solución nutritiva a las plantas. Después de que la solución pasaba por los carretes caía a un canal colocado debajo de ellos, el cual se dirigía a un a tina de 100 L enterrada a ras de suelo, en donde se almacenaba la solución y en donde la bomba la se encargaba de recircular la solución las 24 horas del día. La solución nutritiva se renovaba cada mes.

### **Manejo del cultivo**

Para permitir que el cultivo se desarrollara de la mejor manera se realizaron las siguientes labores culturales:

#### **Trasplante**

El trasplante se realizó el 29 de mayo del 2018. Las plantas designadas para los tratamientos, recibieron un lavado de cepellón con el fin de eliminar residuos del sustrato que pudiesen obstruir el gotero, una vez lavado el cepellón, dejando solo la raíz de la plántula se procedió a colocarlas sobre el carrete, por el cual recirculaba la solución nutritiva. En el trasplante de los testigos solo se hizo el orificio en el

sustrato, se colocó la plántula y se cubrió el cepellón con el mismo sustrato logrando así un buen contacto entre ambos, posteriormente se dio un riego de asiento para asegurar un buen contacto entre la humedad del sustrato y el cepellón. La distancia que se dio entre planta y planta fue de 35 cm.

### **Entutorado**

El entutorado se realizó a temprana edad de la planta, tal y como menciona Castellanos (2009), la actividad se repitió cada ocho días durante todo el tiempo que duró el experimento. Para realizar esta actividad se necesitó de un anillo clip para tutoreo, rafia negra tratada contra radiación UV, y un gancho de alambre galvanizado para poder sujetar la rafia del emparrillado colocado sobre las plantas en la parte más alta del invernadero. La rafia se sujetó al tallo mediante el anillo clip y al otro extremo del emparrillado mediante el gancho de alambre, conforme la planta se fue desarrollando la rafia se fue enredando alrededor del tallo. Para el tratamiento dos, el cual tenía dos plantas por carrete se manejó como si fuese a doble hilera.

### **Polinización**

La polinización en un principio fue mecánica golpeando el emparrillado con una garrocha para crear una vibración en el racimo floral y lograr el desprendimiento del polen, esta actividad se realizó cuando la temperatura se encontraba en el rango de 20°C a 28°C y un rango de 60% a 70% de humedad relativa. A los dos meses se introdujo en el invernadero una colmena de abejas (*Apis mellifera*) para que realizaran una polinización mas efectiva.

### **Fertilización**

La fertilización en los tratamientos se llevó a cabo mediante el sistema NFT modificado, en donde la solución se mantenía en recirculación, se manejaron diferentes conductividades eléctricas de acuerdo a las diferentes etapas del cultivo. La fertilización para los testigos se realizaba dando riegos manuales con la misma que se usaba para los tratamientos y la cantidad de solución a aplicar se determinaba calculando el porcentaje de drenaje. El pH de la solución se manejó en un rango de 5.5 a 6.5.

**Cuadro 5.** Concentración de iones en la solución nutritiva de acuerdo al número de racimos, datos en me/L.

	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4
Ion	1er Cuaje	1er-3er Cuaje	3°-5° Cuaje	>5°Cuaje
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	6	8	10	12
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1.5	1.5	1.5	1.5
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	3 a 6	3 a 6	3 a 6	3 a 8
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	.5 a 1	.5 a 1	.5 a 1	.5 a 1
Cl <sup>-</sup>	1 a 3	1 a 3	1 a 3	3 a 5
Ca <sup>++</sup>	8	8	8	9
K <sup>+</sup>	3.5	5.5	7	8.5
Mg <sup>++</sup>	2	3	4	4
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.5	0.5	0.5	0.5
Na <sup>+</sup>	<5	<5	<5	<5
CE	1.4	1.8	2.2	2.4

**Cuadro 6.** Concentración de micronutrientes utilizados en la solución nutritiva, datos en miligramos.

Elemento	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
Concentración	2	.5	0.03	0.14	0.5	0.05

### Podas

Las podas que se realizaron fueron de hojas, brotes y racimos sin fruto, estos últimos se podaban una vez que se les cosechaba el último fruto para evitar que estorbaran al momento de manejar el tallo, la poda de hojas se realizaba dejando de 14 a 17 hojas desarrolladas totalmente (contando a partir del último racimo que tenga una flor abierta y hacia abajo) para mantener un balance óptimo reproductivo/vegetativo y evitar la disminución de fotoasimilados, se eliminaban todas aquellas hojas inferiores senescentes por debajo del último racimo que va

madurando, el corte de la hoja se realizaba pegado al tallo utilizando unas tijeras, desinfectándolas antes y después de realizar un corte, con una solución a base de hipoclorito de sodio. Los brotes se eliminaban cada ocho días cuando estos presentaban un crecimiento de 5 cm y 1 mm de diámetro de esta manera se evitaba crear grandes heridas y un punto de infección.

### **Bajado de planta**

Esta actividad se realizaba cuando la planta presentaba una altura que complicaba su manejo. En los tratamientos se despejaba el tallo de hojas brotes y racimos sin frutos hasta llegar nuevamente a un racimo que si presentara, después se procedía a soltar anillo clip que sostenía al tallo para poder moverlo, se enrollaba el tallo en el carrete hasta llegar a un punto donde se acercara el carrete al racimo que presentara frutos próximos a cosechar o madurar, de esta manera se lograba exponer parte del tallo a la humedad y se lograba un porte bajo en la planta, después de realizar el enrredado se sujetaba nuevamente el tallo con el clip , en los tratamientos de igual manera se despejaba la parte del tallo que no presentara racimos con frutos, la parte despejada “se reposaba en el suelo mientras que el gancho colocado en el emparrillado se recorría hacia adelante, haciendo esto se lograba bajar el porte de la planta.

### **Cosecha**

La cosecha comenzó el 18 de agosto del 2018 y se terminó el 16 de noviembre del mismo año, debido a que el 18 de noviembre se presentó una helada que provoco la muerte del cultivo y esto evito seguir evaluando el cultivo. Esta actividad se realizó cada 8 días cosechando todos los frutos que presentaran un color rosado o rojo.

## **Variables evaluadas**

1. Crecimiento por semana: cada semana, para determinar este dato se colocaba una marca en la rafia exactamente en donde se encontraba la cabeza de la planta y a la semana siguiente se medía con una cinta desde el punto marcado hasta donde se encontraba nuevamente la cabeza de la planta.
2. Diámetro de tallo: Se tomaba el punto marcado la semana anterior, mismo que se utilizó para marcar la ubicación de la cabeza de la planta. Y con un vernier se determinaba el diámetro, considerando que un tallo de tomate no es completamente circular las mediciones se hicieron tomando el punto más delgado de la planta esta medición se realizó cada semana.
3. Longitud de hoja: Para evaluar este parámetro se consideraba la hoja más recientemente madura misma que se ubicaba entre el racimo que esta cuajado y el que está en floración, este dato se determinó cada semana utilizando una cinta métrica.
4. Peso seco de tallo: Al final del experimento, se podaron hojas, brotes y raíz dejando solo al tallo para después meterlo a una estufa y poder determinar el peso seco
5. Peso seco de hojas: Al final se podaron las hojas y se colocaron en una estufa para eliminar la humedad y así poder determinar el peso seco.
6. peso seco de raíz: se lavó la raíz y se desprendió del tallo, se secó en una estufa y se determinó el peso seco.
7. Diámetro ecuatorial del fruto: Con un vernier se tomaban don medidas (en cada cosecha) de un fruto la primera era de donde el fruto presenta mayor grosor y la segunda del punto en donde el grosor empieza a disminuir.
8. Diámetro polar del fruto: Con un vernier se tomaba la medida del fruto (en cada cosecha) de manera vertical y la medida se registraba en centímetros.
9. Racimos por planta: Después de cosechar todos los frutos de ese racimo se enumeraba el racimo y al final del experimento se determinó el total de racimos de cada planta.

10. Peso del fruto: el peso del fruto se determinó utilizando una balanza analítica, esta actividad se realizaba un instante después de ir cosechando el fruto.
11. Número de frutos por racimo: Al momento de ir cosechando se llevaba un registro del número de racimo del cual había sido cosechado, al final de haber cosechado todos los frutos de un racimo se sumaban los frutos cosechados.
12. Peso del racimo: Después de cosechar y determinar el peso de todos los frutos de los primeros 14 racimos se sumaron los valores y se obtuvo el total.
13. Rendimiento por planta y rendimiento estimado: esta variable se determinó una vez que se obtuvo el peso del fruto de los 14 racimos, después se prosiguió a determinar los kilogramos obtenidos por planta y para el rendimiento estimado, se realizó una extrapolación en el testigo y en el tratamiento uno. Para esto se contempló el número de plantas del tratamiento dos (6 plantas).

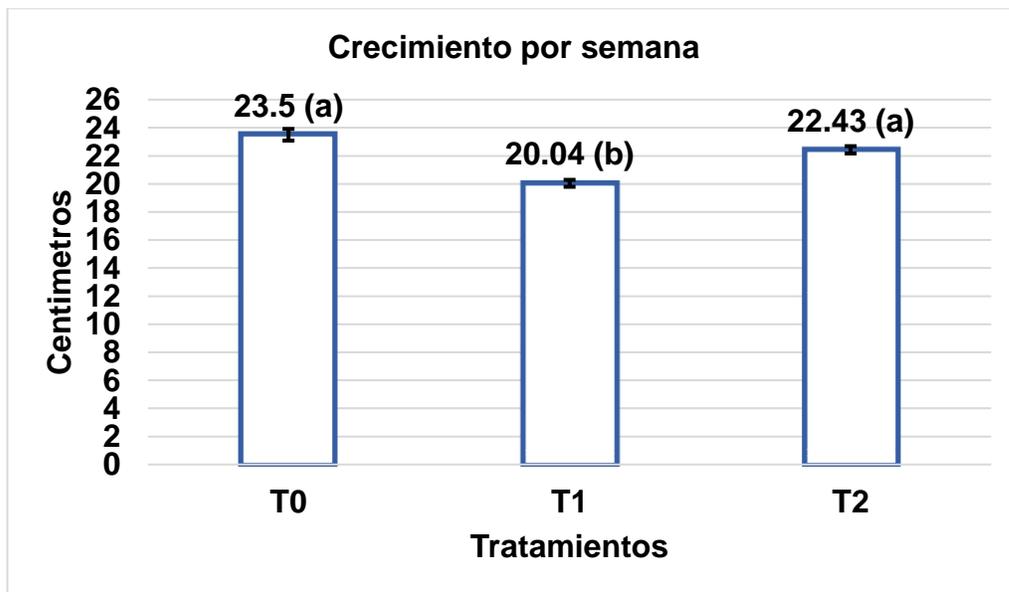
### **Diseño experimental**

El proyecto se realizó bajo un modelo estadístico completamente al azar, en el que se utilizaron 2 tratamientos con 3 repeticiones. A los datos obtenidos se les efectuó el análisis de varianza (ANVA) y la comparación de medias por el método de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Para esto se empleó el paquete Statistical Analysis System, versión 9.0 (S.A.S., 2002).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Crecimiento por semana

En el crecimiento por semana (Figura 1), el testigo (T0) y el tratamiento dos (T2) son estadísticamente iguales, pero ambos muestran diferencia significativa en comparación con el tratamiento uno (T1). El tratamiento dos (T2) muestra un incremento en el crecimiento por semana del 11% con respecto al tratamiento uno (T1).



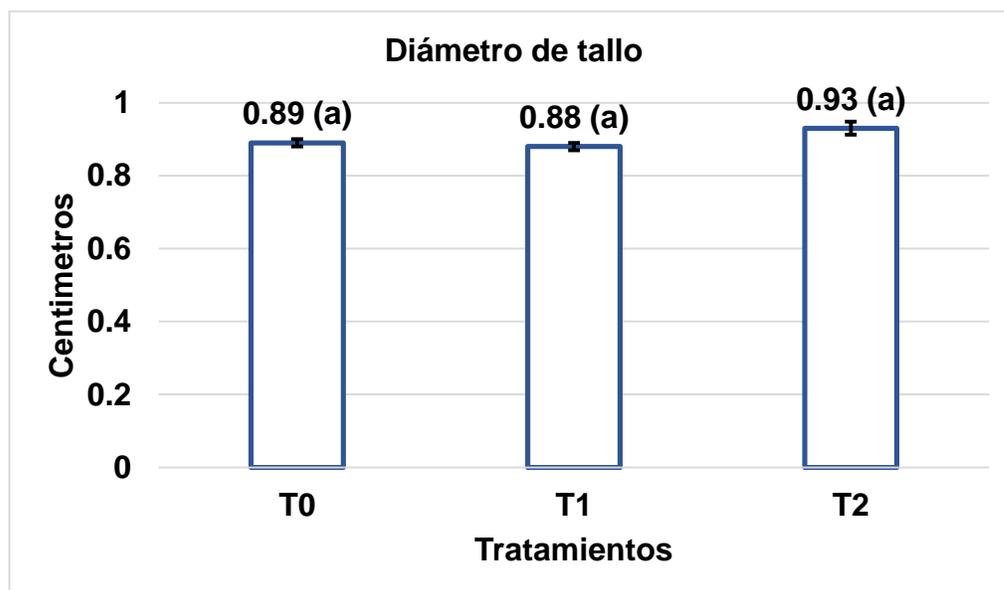
**Figura 1.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el crecimiento por semana, (T0= testigo -sustrato- T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad.

El colocar una planta por sitio o dos plantas por sitio, que es igual a 3 plantas /m<sup>2</sup> o 6 plantas por /m<sup>2</sup> en este experimento, no afecto la radiación de luz hacia las plantas, por ello no hubo diferencia significativa entre tratamientos, esto concuerda con lo mencionado por Grijalva et al., (2010), quienes en su experimento trabajaron con densidades de plantación de 1.25 tallos/m<sup>2</sup> y 3.78 tallos/m<sup>2</sup> obtuvieron una mayor altura de planta en los tratamientos de mayor densidad y hacen referencia que las

diferencias en la altura de planta por las densidades podrían explicarse en parte por efecto de competencia entre las plantas por luz solar. Por otro lado Castellanos (2009) menciona que la velocidad del tallo aumenta con la temperatura, con esto podemos determinar que al estar el testigo y los tratamientos bajo las mismas condiciones de temperatura el crecimiento se comportó de la misma manera.

### Diámetro de tallo

En el diámetro de tallo (Figura 2), debido al manejo de tallo en carrete o al manejo normal en sustrato y debido al número de plantas por sitio no hubo diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo el tratamiento dos (T2) muestra un incremento del 4.5% en comparación con el testigo (T0).



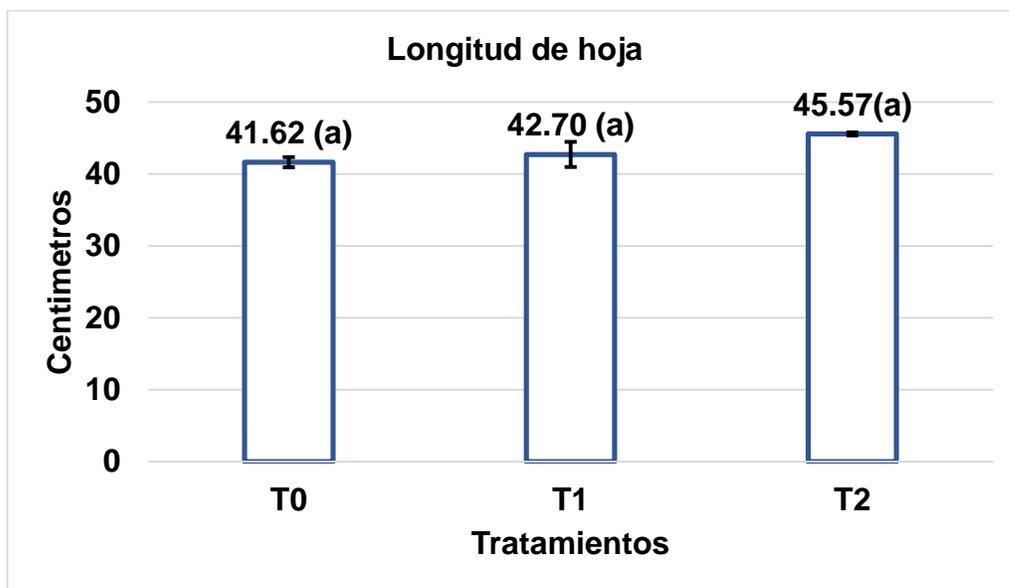
**Figura 2.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el diámetro de tallo, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad.

Una menor incidencia de radiación fotosintéticamente activa (por sombreamiento o por alta densidad) sobre las plantas, puede ocasionar etiolación, la cual se manifiesta principalmente por un adelgazamiento y alargamiento del tallo (Sánchez et al., 2009), con esto se puede decir que al utilizar una planta por sitio o dos plantas por sitio, no se afecta la entrada de radiación, siendo la misma tanto para los

tratamientos (T1 y T2) y para el testigo (T0), indicando que no se creó un efecto de sombreo entre plantas que pueda causar un adelgazamiento en el tallo.

### Longitud de hoja

En la variable longitud de hoja (Figura 3) no se encontró diferencia significativa entre tratamientos ni por el tipo de manejo ni por el número de plantas por sitio, sin embargo el tratamiento dos (T2) numéricamente fue el mejor ya que posee una diferencia del 9% en comparación con el testigo (T0), y una diferencia del 6% respecto al tratamiento uno (T1).



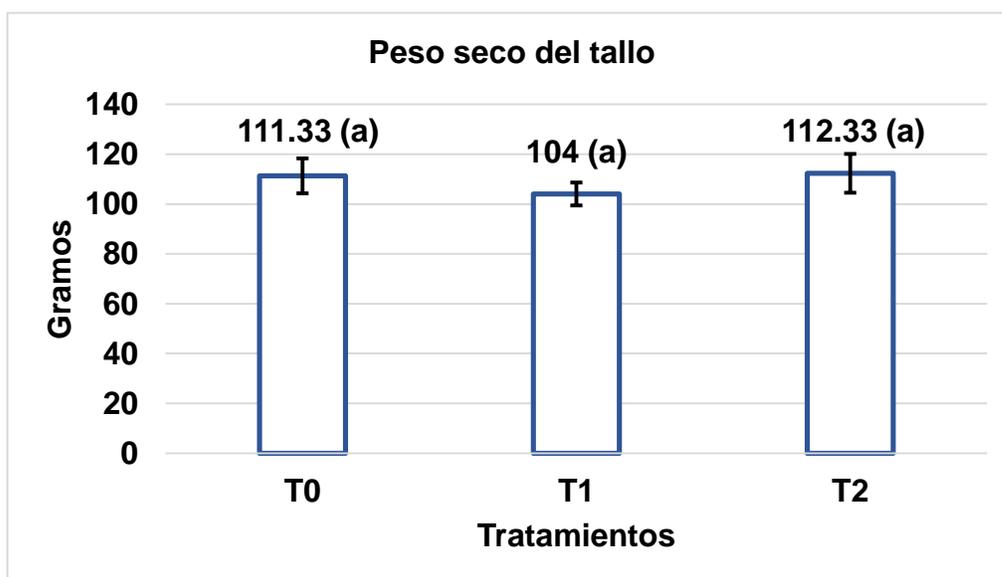
**Figura 3.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en la longitud de hoja, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad.

La no existencia de diferencia significativa en la longitud de hoja, entre el testigo (T0) y los tratamientos (T1 y T2), puede ser a causa de la conductividad eléctrica (CE) que se manejó en la solución con la que se regaron las plantas, guiándonos por lo mencionado por Ruiz et al., (2014) que evaluaron la respuesta a la salinidad en diferentes genotipos de tomate y determinaron que en la mayoría de los cultivares evaluados al aumentar la salinidad se presentaban disminución en el peso seco de la parte aérea de los cultivares evaluados y esto porque uno de los efectos

más evidentes del estrés salino es la reducción en la capacidad de absorción de agua, que se puede manifestar en una reducción de expansión foliar y pérdida de turgencia en tallo y hojas de las plantas. Esto sugiere que la diferencia numérica del 9% que hay en el tratamiento dos sobre el testigo, se deba a que la solución del lixiviado del sustrato presento  $1 \text{ dS m}^{-1}$  (en algunas ocasiones  $2 \text{ dS m}^{-1}$ ) mas que la solución que circulaba por las plantas ubicadas en los carretes.

### Peso seco del tallo

En el peso seco de tallo (Figura 4), no se encontró diferencia significativa debido al tipo de manejo ni al número de plantas por sitio, sin embargo el tratamiento dos (T2) presenta un incremento del 8% del peso seco del tallo ante el tratamiento uno (T1) y el testigo un incremento del 7% ante el mismo.



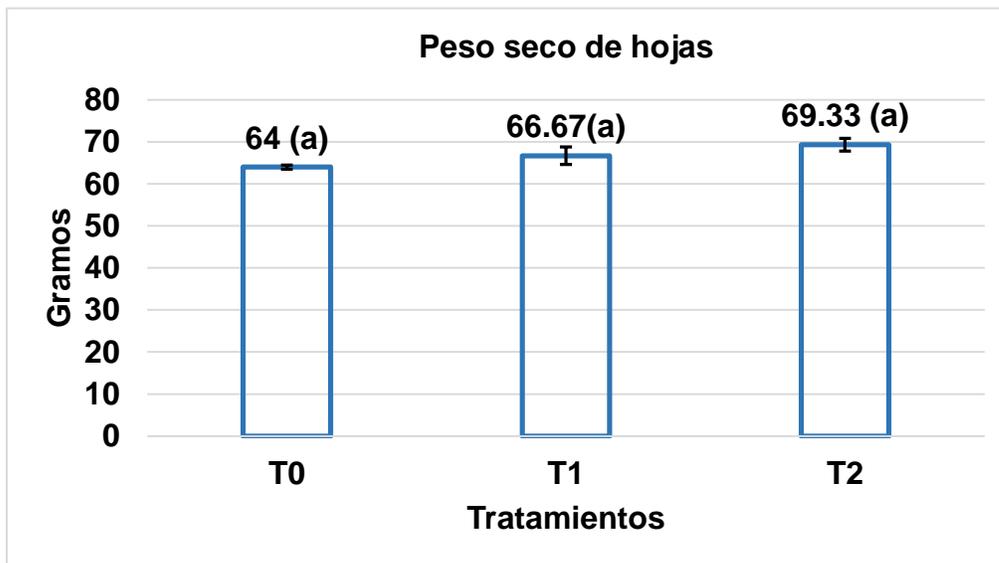
**Figura 4.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el peso seco del tallo, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad.

Guiándonos por los resultados obtenidos por Ruiz et al, (2014), quienes evaluaron diferentes concentraciones de salinidad (0, 50, 100, 150 y 200 mM de NaCl) en diferentes cultivares de tomate, obteniendo como resultado, que entre mayor concentración el grosor y la longitud del tallo disminuían lo cual se reflejaba en una

disminución en el peso seco del tallo, con esto podemos mencionar que al manejar la misma conductividad eléctrica (CE) en la solución proporcionada en las plantas del testigo (T0) y en la de los tratamientos (T1 y T2 ) el efecto de salinidad hacia el tallo fue el mismo, y que la diferencia de 1 dS m<sup>-1</sup> reportado en el sustrato no influjo sobre los testigos.

### **Peso seco de hojas**

En el peso seco de hojas (Figura 5), los dos tratamientos se comportaron estadísticamente igual que al testigo, pero se observa un incremento en el peso del 4% del tratamiento dos (T2) hacia el tratamiento uno (T1), y el tratamiento uno (T1) muestra 4% mas peso que el testigo (T0).

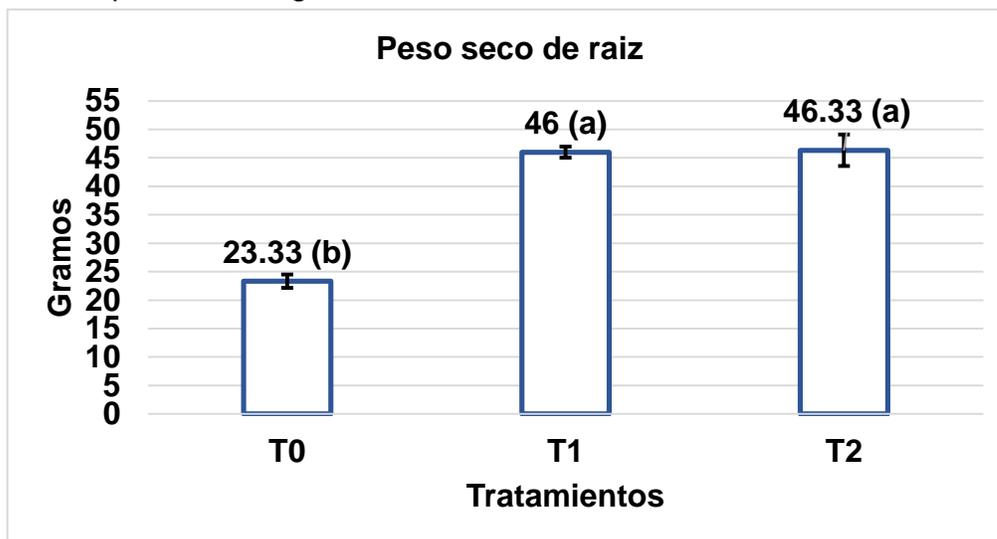


**Figura 5.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el peso seco de las hojas, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad.

Este resultado concuerda por lo obtenido en la variable longitud de hoja en donde no existe diferencia estadística, pero el comportamiento de la diferencia numérica tiene la misma tendencia, siendo inferior el testigo por la mínima diferencia en ambas variables. Aceves (1979) reporta disminuciones en el área foliar, altura de la planta, peso fresco y seco del área foliar, tallo y raíz y número de hojas al incrementarse la concentración de la salinidad en el agua de riego por otro lado Ruiz et al., (2014) reportan, en su trabajo donde sometieron diferentes cultivares de tomate a diferentes concentraciones de salinidad, que algunos cultivares tuvieron un incremento en el peso fresco de hojas al aumentar la concentración de sales de 0 a 50 y de 50 a 100 mM atribuyendo esto a que existen variedades de tomates que tienen una respuesta positiva al aumento de salinidad. Siendo las mismas condiciones de humedad relativa, temperatura, conductividad eléctrica y manejo el mismo cultivar de tomate en nuestro experimento una modificación de cualquiera de los factores antes mencionados nos dice que la respuesta de la plantas fue igual tanto en los tratamientos (T1 y T2) como en el testigo (T1).

### Peso seco de raíz

En el peso seco de raíz (Figura 6), los tratamientos uno (T1) y dos (T2), son estadísticamente iguales pero tienen una diferencia significativa en comparación con el testigo (T0), ambos presentan un aumento en el peso seco de raíz del 98% con respecto al testigo.

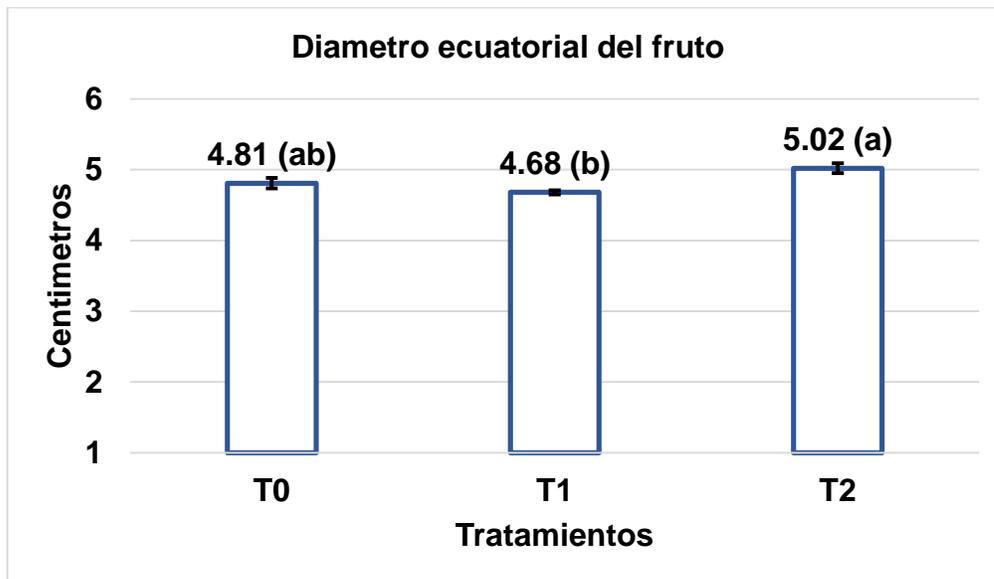


**Figura 6.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el peso seco de la raíz, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad.

En esta variable se puede observar que los tratamientos (T1 Y T2) tienen una diferencia significativa del 98 % respecto al testigo (T0), esto porque parte del tallo de los tratamientos, fue expuesto a una humedad constante, y por lo tanto dicha parte tendió a generar raíces adventicias, y al final se obtuvo una mayor área con raíces. De acuerdo con lo dicho por Baracaldo et al., (2014), quienes observaron en su experimento que al mantener el tallo de la planta de tomate en una condición de inundación, este genera raíces adventicias. Otro factor que influyó fue que la raíz del testigo estaba adherida al sustrato, por lo cual no fue posible obtener el 100% del sistema radicular, aunque el lavado se hizo de la manera más cuidadosa, y sin en cambio en los tratamientos en donde no había sustrato se pudo obtener la mayoría de su sistema radicular para pasar a evaluarlo.

### Diámetro ecuatorial del fruto

En el diámetro ecuatorial del fruto (Figura 7), se observa que el tratamiento dos (T2) es estadísticamente igual que al testigo (T0) pero estadísticamente diferente que el tratamiento uno (T1), y el testigo es estadísticamente igual que ambos tratamientos. EL tratamiento dos (T2) presenta una diferencia del 4% en el aumento del diámetro ecuatorial del fruto, con respecto al testigo (T0).



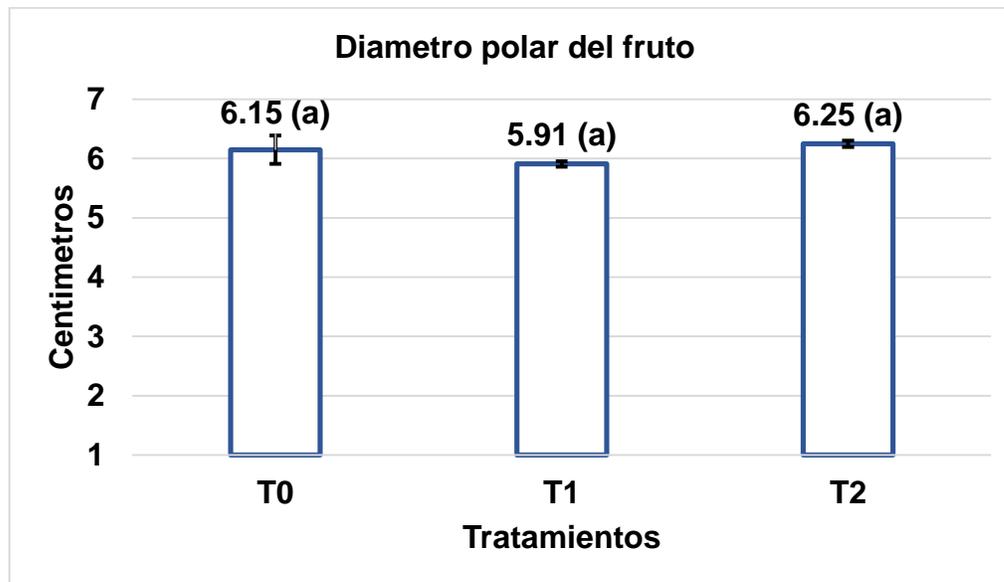
**Figura 7.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el diámetro ecuatorial del fruto, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad.

Nuestros resultados obtenidos en este experimento concuerdan con los obtenidos por Villegas et al., (2004) quienes obtuvieron frutos de tomate con diámetro ecuatorial parecido (mayor a 6 cm), manejando las plantas a densidades de 3.8 plantas /m<sup>2</sup> y 6.8 plantas/m<sup>2</sup> siendo estos resultados superiores a los obtenidos cuando las plantas se manejaron a densidades de 15.4 y 66.6 plantas/m<sup>2</sup> , concluyendo que en las altas densidades de población cada planta creció y rindió menos por la mayor competencia por luz. Comparando nuestros resultados con los de este trabajo se puede observar que la penetración de la luz es igual para ambas

densidades y como consecuencia utilizar estas densidades no afectara el tamaño del fruto.

### Diámetro polar del fruto

En la variable del diámetro polar del fruto (Figura 8) no se observa una diferencia estadística que se le atribuya al tipo de manejo o al número de plantas por sitio.

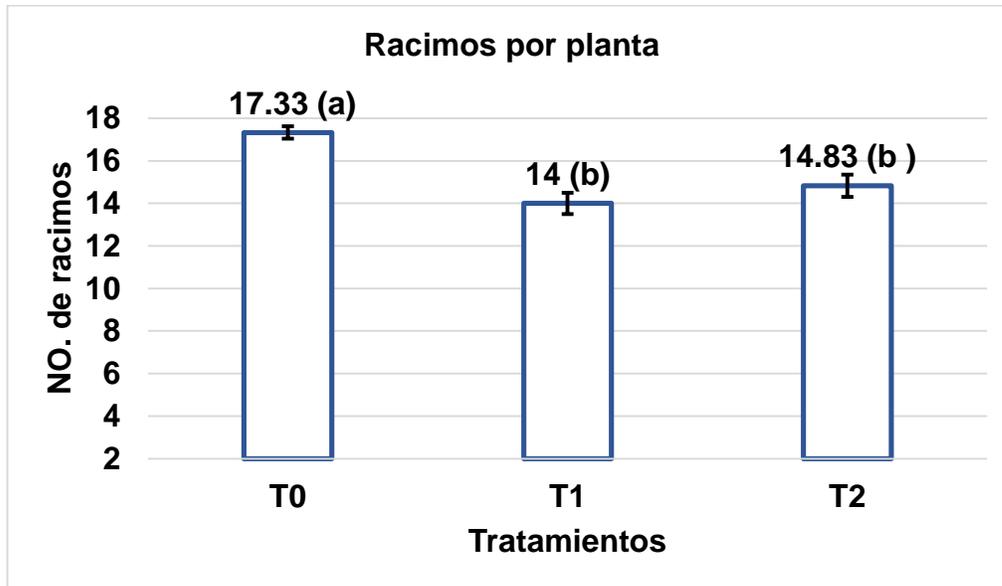


**Figura 8.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el diámetro polar del fruto, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad.

Ortega et al., (2010) mencionan que el tamaño de fruto (estrechamente relacionado con el peso del fruto) depende de tres a cinco pares de genes, lo cual concuerda con lo dicho por Ashcroft et al., (1993), en que el tamaño del fruto está controlado por factores genéticos, además de factores fisiológicos; tales como despunte y defoliación. Respecto a lo antes mencionado podemos decir que la no diferencia significativa en el diámetro polar del fruto se debe a que todas las plantas evaluadas en el experimento no se decapitaron, y la poda se manejó igual para todos los tratamientos dejando entre 14 y 17 hojas desarrolladas.

### Racimos por planta

En cuanto al número de racimos por planta existe una diferencia significativa del testigo (T0) ante los tratamientos uno (T1) y dos (T2) que son estadísticamente iguales (Figura 9). El testigo (T0) obtuvo un incremento del 23% en el número de racimos más que el tratamiento uno (T1) que fue el tratamiento mas bajo numéricamente.



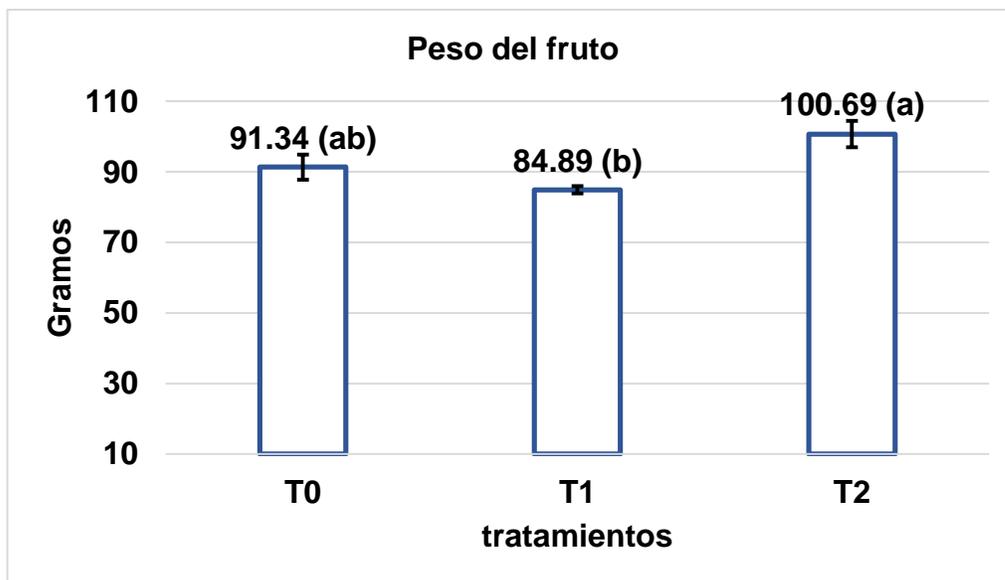
**Figura 9.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en los racimos por planta, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad.

Un suministro elevado de agua induce a la planta a una condición vegetativa, lo cual afecta los procesos reproductivos, retardando la iniciación floral y la maduración de los frutos (Castellanos, 2009), recalándonos en esto, podemos discutir que al estar los tratamientos (T1 y T2) en un constante suministro de agua, las plantas se indujeron a una condición vegetativa lo cual atraso la formación de flores y la maduración de los frutos de los tratamientos, y esto pudo ser la causa de que la cosecha de los tratamientos se dio ocho días después que la cosecha del testigo. Posiblemente si la helada no hubiese terminado con el cultivo esto se pudo haber

invertido ya que las plantas de los tratamientos (T1 y T2) a un seguían produciendo racimos, y mediante el manejo que se le estaba dando a los testigos posiblemente pudieron estar más tiempo en producción que el testigo llegando a empatar con los mismos números de racimos que el testigo o incluso sobrepasarlos.

### Peso del fruto

Para la variable del peso del fruto (Figura 10), con la aplicación de tratamiento se encontró que hubo diferencias significativas entre el tratamiento uno (T1) y el tratamiento dos (T2), siendo este último 18.6% mas pesado. Así mismo en el T2 el peso del fruto fue 10% mas alto que el frutos producidos por las planta testigo (T0) sin embargo estadísticamente fueron iguales.



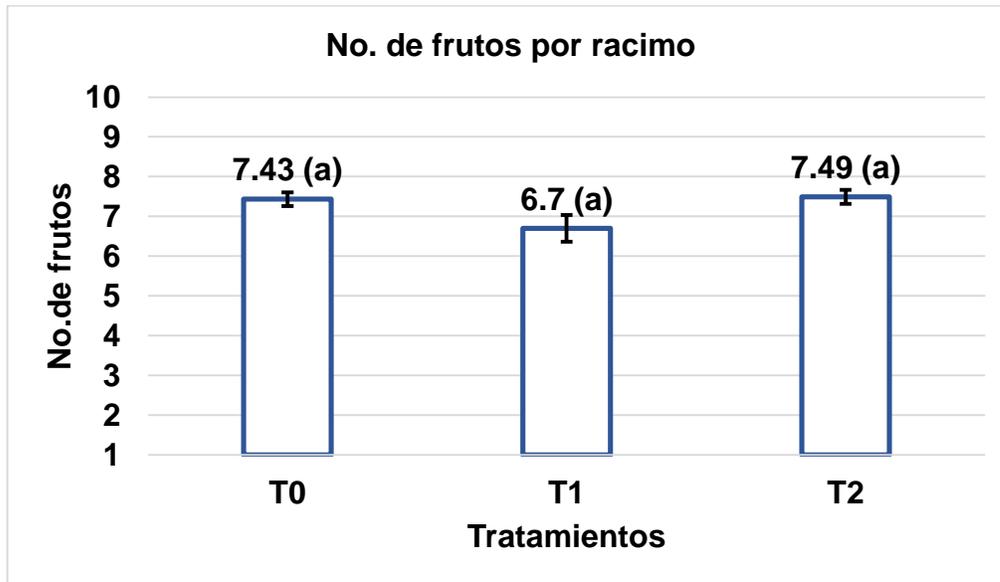
**Figura 10.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el peso del fruto, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad.

Entre mas alta es la densidad de población mayor es la producción de número de frutos, y menor es su tamaño a densidades de población bajas, esto de acuerdo con Ucan Chan et al., (2005), quienes trabajaron con tomate cv. Daniela a densidades de población de 6, 8, 9 y 12 plantas por metro cuadrado y obtuvieron los frutos mas grandes a densidades de población de 6 plantas por metro cuadrado, coincidiendo

con los resultados encontrados en nuestro estudio en el T2 que fueron 2 plantas por carrete y tres carretes por metro obteniendo 6 plantas por metro cuadrado. El cual aunque no presenta diferencia significativa ante el testigo, si presenta una pequeña diferencia numérica que extrapolado a hectáreas puede ser importante. El tamaño final de los frutos esta dado en gran parte por la cantidad de foto asimilados que les provee (Ucan Chan et al., 2005). Lo que sugiere que en nuestro experimento con la densidad de plantación de 2 plantas por carrete la intercepción de luz fue la adecuada para proveer de fotoasimilados a los frutos de dichas plantas. Con respecto al T1 y T0, probablemente al tener una densidad de población menor (3 plantas m<sup>2</sup>) las hojas tuvieron mas espacio para desarrollar mayor tamaño por lo que los fotoasimilados se utilizaron en producir hojas y no frutos. Otros parámetros que influyen con el tamaño y peso del fruto son, número de lóculos, la posición del fruto en el racimo (entre mas cercano al tallo es mayor el tamaño), la etapa de desarrollo de la planta (frutos mas grandes en las etapas iniciales) y la posición del fruto en la planta (los primeros racimos tendrán frutos mas grandes) (Castellanos, 2009), con esto último podemos discutir que al mantener los racimos del tratamiento dos (T2) mas cerca al área de raíces, que los del testigo (T0), y generar mas área radicular, a la planta se le facilitaba hacer llegar nutrientes a los racimos. La disminución en el peso del fruto del tratamiento uno (T1) puede ser por causa de la presencia de un sistema de estrés en una de sus repeticiones, y debido a que eran pocas repeticiones se vio reflejada en el tratamiento, esto concuerda con lo mencionado por Florido y Bao, (2014). Los cuales informan que en tomate se han encontrado disminuciones en el número de flores y frutos, en la masa promedio de los frutos, la masa fresca y seca de la planta debido a la presencia de algún estrés en la planta.

### Número de frutos por racimo

En cuanto al número de frutos por racimos (Figura 11) se observa que esto no se ve afectado por el tipo de manejo ni por el número de plantas por sitio, ya que se puede observar que los dos tratamientos (T1 y T2) son estadísticamente iguales que al testigo (T0).



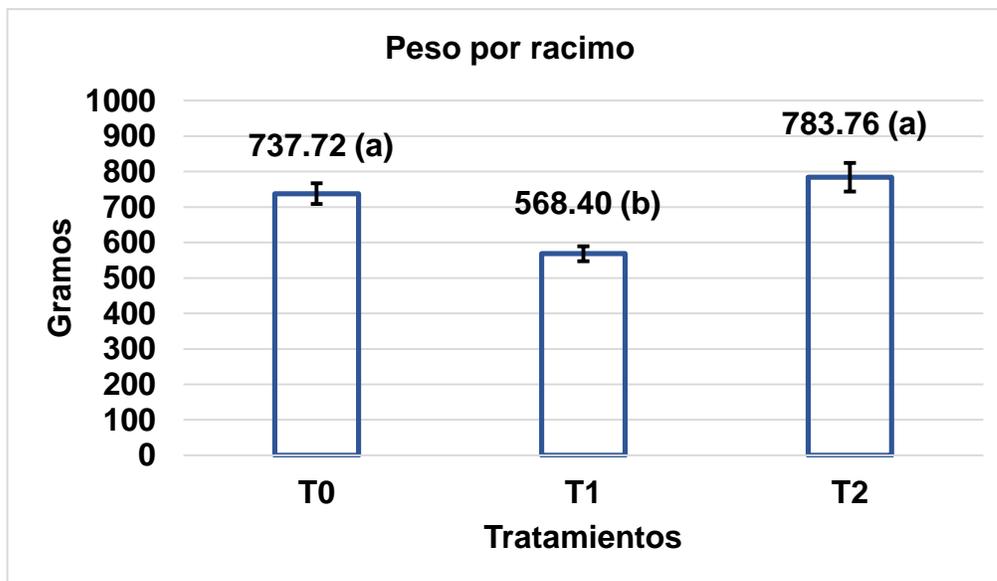
**Figura 11.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el número de frutos por racimo, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad.

El número de frutos está determinado por la cantidad de hojas que actúan como fuente de asimilados, adicional a esto, el posible aumento de fotoasimilados disponibles en la planta puede causar mayor cantidad de frutos por racimo, debido a la disminución del aborto floral (Quintana et al., 2012), relacionado con esto Castellanos (2009) menciona que el número de frutos está relacionado positivamente con la radiación, sobre todo, a partir de la antesis inicial. De acuerdo con lo anterior mencionado se concluye que no existió diferencia significativa entre los tratamientos (T1 y T2) y el testigo (T0), en el número de frutos por racimo, debido a que la poda de hojas se manejó igual para todas las plantas del experimento,

dejando de 14 a 17 hojas desarrolladas, y la radiación fue la misma para todas las plantas debido a que se establecieron en el mismo invernadero, por lo cual la producción de foto asimilados fue igual en todas las plantas de todos los tratamientos.

### **Peso por racimo**

En la variable del peso por racimo (Figura 12) se puede observar que el tratamiento dos (T2) y el testigo (T0) son estadísticamente iguales y a su vez estos muestran una diferencia significativa ante el tratamiento uno (T1).



**Figura 12.** Efecto del manejo en carretes hidropónicos del cultivo tomate, cv. SUN 7705, en el peso de los racimos, (T0= testigo T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete). La barra superior representa el error estándar y la letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad.

Para determinar esta variable se manejó el mismo número de racimos (14 racimos) tanto en el testigo como en los tratamientos y por ello no hubo diferencia significativa entre el tratamiento dos y el testigo ya que coincidiendo con Sánchez y Ponce, (1998), que evaluaron la densidad de plantación y nivel de despunte en tomate, encontrando que entre mayor es el número de racimos dejados por planta es menor

el peso medio por racimo. Llegando a obtener un aumento en el peso promedio de racimos del 78% manejando a un solo racimo por planta con una densidad de 24 plantas/m<sup>2</sup> ante el testigo en donde se dejaron 5 racimos a una densidad de 6 plantas /m<sup>2</sup>. Principalmente esto sucede porque existe una competición por fotoasimilados entre racimos que están creciendo y/o madurando al mismo tiempo (Fisher, 1977), y en cuanto a la disminución del tratamiento uno esto puede ser causa al síntoma de estrés encontrado en una repetición el día 16 de septiembre del 2018, ya que el estrés trae como consecuencia la deficiencia en el cuajado de los frutos y la disminución de la producción de ahí que este constituya uno de los factores más importantes que inciden en la baja producción de tomate (Florido y Álvarez, 2015)

### **Rendimiento por planta y rendimiento estimado**

En el rendimiento por planta (Cuadro 8) el testigo (T0) y el tratamiento dos (T2) son estadísticamente iguales, y a su vez estos son estadísticamente diferentes al tratamiento uno (T1). En cuanto al rendimiento estimado por el número de plantas del tratamiento dos (T2) nuevamente se observa el mismo comportamiento. Siendo el testigo y el tratamiento dos los que son estadísticamente iguales.

**Cuadro 7.** Rendimiento por planta y rendimiento estimado.

Tratamientos	Rendimiento por Planta (kg)	Rendimiento estimado por el número de plantas del tratamiento 2 (kg)
T0	<b>10.33 (a)</b>	<b>61.98 (a)</b>
T1	<b>7.96 (b)</b>	<b>47.76 (b)</b>
T2	<b>10.97 (a)</b>	<b>65.82 (a)</b>

La letra representa la separación de medias por Tukey al 0.05 de probabilidad. (T0= testigo, T1= manejo a una planta por carrete, T2= manejo a dos plantas por carrete).

El rendimiento por unidad de superficie en jitomate está determinado por el peso y número de los frutos cosechados, de acuerdo con, Castillo et al., (2014), quienes trabajaron en la evaluación de sistemas abiertos y cerrados con tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. 'Juan Pablo' tipo saladette, y reportaron que en sus tratamientos, bolsas con recirculación de los drenajes (bolsa cerrada) e Hidroponía profunda (HP) no encontraron diferencia significativa, esto porque el peso medio de fruto y el número de frutos/m<sup>2</sup> fue similar para ambos tratamientos, lo cual concuerda con lo obtenido en nuestro trabajo en donde el testigo (T0) y el tratamiento dos (T2) no reportaron diferencia significativa en el peso de fruto ni en el número de frutos por racimo. La diferencia estadística del tratamiento uno (T1) ante el testigo (T0) y el tratamiento dos (T2), en la variable rendimiento por planta y rendimiento estimado, puede ser debido a que en el peso de fruto y en el número de frutos por racimo de dicho tratamiento se presentó inferior numéricamente.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo experimental se concluye lo siguiente:

Manejando las platas de tomate en carretes se consigue un comportamiento aceptable de la planta.

Se puede seguir realizando experimentos utilizando este sistema y este tipo de producción para seguir mejorándolo, eficientando en cuanto a costos, para que tal vez mas adelante pueda ser una alternativa de manejo y producción de tomate.

Emplear un sistema hidropónico como este requeriría de una gran inversión, pero igual que la mayoría de los sistemas hidropónicos su inversión se vería reflejada a largo plazo.

## VI. LITERATURA CITADA

Aceves N., E. 1979. El ensalitramiento de los suelos bajo riego (identificación, control, combate y adaptación). Universidad Autónoma Chapingo, Colegio de Postgraduados. México, D. F.

Ashcroft, W; Gurban, R; Wares, C. y Nick, H. 1993. Arcadia and Goulburn: Determinate fresh market tomatoes for arid production areas. HortiScience 28 (8), 854-857 p.

BARACALDO, A., CARVAJAL, R., ROMERO, Á. P., PRIETO, A. M., GARCÍA, F. J., FISCHER, G., y MIRANDA, D. (2014). El anegamiento afecta el crecimiento y producción de. REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS, pp. 92-102.

Bastida Tapia, A. (2017). Evolución y Situación Actual de la Agricultura Protegida en México. Universidad Autónoma Chapingo, 295-297.

Beltrano, J. (2010). Introducción al cultivo hidropónico. CULTIVO EN HIDROPONIA, 9.

Benton Jones, J. J. (2007). Tomato Plant Culture in the Field, Greenhouse, and Home Garden. En J. J. Benton Jones, Tomato Plant Culture in the Field, Greenhouse, and Home Garden (pages. 3-4). Taylor y Francis Group.

Campos Serrano, J. F. (2015). La caracterización funcional de un mutante de inserción de tomate (*Solanum lycopersicum*) identifica un factor de transcripción MYB implicado en el cierre estomático y transporte de Na<sup>+</sup> en condiciones salinas. Proyecto de investigación:

Carreón Cruz, P. (11 de abril de 2019). Producción e intercambio comercial del tomate rojo. El Economista.

Castellanos, J. Z. (2009). Manual de producción de tomate en invernadero. Celaya Gto.: intagri, pp. 45-220.

Castillo, F. S.-D., Moreno-Pérez, E. del C., Pineda-Pineda, J., Osuna, J. M., Rodríguez-Pérez, J. E., y Osuna-Encino, T. (2014). PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) CON Y SIN RECIRCULACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA. *Agro-Ciencia*, 48(2), 185–197.

CIMA. (2019). Reporte del mercado de tomate rojo.

De la Rosa Rodríguez, R., Lara Herrera, A., Lozano Gutiérrez, J., Padilla Bernal, L. E., Avelar Mejía, J. J., y Castañeda Miranda, R. (2016). Rendimiento y calidad de tomate en sistemas hidropónicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, pp. 3439-3452.

Encalada Ríos, E. H. (2016). Evaluación de dos especies de *Trichoderma* para el manejo de enfermedades fúngicas que afectan al cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* Mill) a nivel radicular en condiciones de invernadero (Master's thesis).

Espinosa, T. (1994). ¿QUE ES LA HIDROPONIA?. *Revista del Centro de Investigación de la Universidad la Salle*, 1(3), 9-9.

FIRA. (2019). Panorama Agroalimentario TOMATE ROJO.

FISHER, K. J., 1977. Competition effects between fruit trusses of the tomato plant. *Scientia Horticulturae* 7: 37-42.

Florido Bacallao, M., y Álvarez Gil, M. (2015). ASPECTOS RELACIONADOS CON EL ESTRÉS DE CALOR EN TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.). *Cultivos Tropicales*, 36, 77–95.

Florido Bacallao, M., y Bao Fundora, L. (2014). TOLERANCIA A ESTRÉS POR DÉFICIT HÍDRICO EN TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.). *Cultivos Tropicales*, 35(3), 70–88.

Fornaris, G. J. (2007). CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA<sup>2</sup>. Conjunto Tecnológico para la Producción de Tomate. Recuperado el día, 31.

Grijalva-Contreras, R., Macías-Duarte, R., Grijalva-Durón, S., y Robles-Contreras, F. (2010). EVALUACIÓN DE DENSIDADES Y ARREGLOS DE PLANTACIÓN EN TOMATE BOLA EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN EL NOROESTE DE SONORA. *Biotecnia*, 12(2), 20-28.

Hernández-Melchor, D. J., Ferrera-Cerrato, R., y Alarcón, A. (2019). Trichoderma: IMPORTANCIA AGRÍCOLA, BIOTECNOLÓGICA, Y SISTEMAS DE FERMENTACIÓN PARA PRODUCIR BIOMASA Y ENZIMAS DE INTERÉS INDUSTRIAL. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, (ahead), 0-0.

Herrera, A. L. (1999). Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 221-229.

INTAGRI. 2017. La Industria de los Cultivos Hidropónicos. Serie Horticultura Protegida. Núm. 31. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.

Jaramillo Noreña, J. E., Patricia Rodríguez, V., Gil Vallejo, L. F., García Muñoz, M. C., Clímaco Hío, J., Quevedo Garzón, D.,. . . Guzmán Arroyave, M. (2012). TECNOLOGÍA PARA EL CORPOICA, 96-98.

León Gallegos, H., Arosemena Dutari, M. (1980). El Cultivo del tomate -para consumo fresco- en el Valle de Culiacán. Culiacán, Sinaloa, México: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola, Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

López Marín, L. M. (2016). Manual técnico del cultivo de tomate (*Solanum Lycopersicum*). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.

López Valenzuela, J. Á., Valverde Juárez, F. J., Mejía Torres, S. L., López Angulo, G., & Vega García, M. O. (2011). EFECTO DEL ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERA CONTROLADA. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 115-128.

Luna Murillo, R. A., Reyes Pérez, J. J., López Bustamante, R. J., Reyes Bermeo, M., Murillo Campuzano, G., Samaniego Armijos, C., . . . Través Través, R. (2015). Abonos orgánicos y su efecto en el crecimiento y desarrollo del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Centro Agrícola*, 42, 69-76.

Mata Vazquez, H., Anguiano Aguilar, R. A., Vazquez Garcia, E., Gazano Izquierdo, J., Gonzalez Flores, D., Ramirez Meraz, M., . . . Cervantes Martinez, J. E. (2010). Producción de tomate sistema hidropónico con solución nutritiva reciclable en sustrato de Tezontle. *CienciaUAT*, pp. 50-54.

Medina, C. I., y Lobo, M. (2001). Variabilidad morfológica en el tomate pajarito (*Lycopersicon esculentum* var. *cerosiforme*) precursor del tomate cultivado. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 3(2), 39-50.

Monardes, H. (2009). 2. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS. MANUAL DE CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.), 10.

Moreno, A., Aguilar, J., y Luévano, A. (2011). CARACTERÍSTICAS DE LA AGRICULTURA PROTEGIDA Y SU ENTORNO EN MEXICO. *REVISTA MEXICANA DE AGRONEGOCIOS*, 764-765.

NISHIYAMA, I., YAMASHITA, Y., YAMANAKA, M., SHIMOHASHI, A., FUKUDA, T., y OOTA, T. (2004). Varietal Difference in Vitamin C Content in the Fruit of Kiwifruit. *AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY*, 5472–5475.

Nuez, F., Rodríguez del Rincón, A., Tello, J., Cuartero, J. y Segura, B. (1995). El cultivo del tomate. Madrid: Mundi-Prensa, pp.45-87.

Ortega-Martínez, L. D., Sánchez-Olarte, J., Ocampo-Mendoza, J., Sandoval-Castro, E., Salcido-Ramos , B. A., y Manzo-Ramos., F. (2010). EFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS EN CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO. *Ra Ximhai Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo*, pp. 339-346.

- Peña, M. Y., Posada, F. C., y Monsalve, O. I. (2013). Producción hidropónica de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en cascarilla de arroz mezclada con materiales minerales y orgánicos. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(2), 217-227.
- Polese, J. (2007). Cultivo de tomates. Barcelona: Ediciones Omega, pp. 11-13.
- Pratt, L., Ortega, J. M., Nieto, E., y Braly, Cartillier, I. (2019). Agricultura protegida en México. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Quintana Baquero, R., Balaguera López, H., Álvarez Herrera, J., Cárdenas Hernández, J., y Pinzón, H. (2012). Efecto del número de racimos por planta sobre el rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 4(2), 185-198.
- Resh, H. (2006). Cultivos hidropónicos. 5th ed. Madrid: Mundi-Prensa, pp.31-40.
- Reyes Cortés, K. M., y Sánchez Torres, Y. (2017). Análisis de la comercialización de jitomate de invernadero en la región del Valle de Tulancingo, basado en el análisis de redes de vínculos. *Boletín Científico De Las Ciencias Económico Administrativas Del ICEA*.
- Rodríguez Rodríguez R., Tabares Rodríguez, J. y Medina San Juan, J. (1997). Cultivo moderno del tomate. 2nd ed. Madrid, España, pp. 16-19.
- Rodríguez, G. R., Pratta, G. R., Zorzoli, R., y Picardi, L. A. (2010). FACTORES GENÉTICOS QUE AFECTAN LA CALIDAD. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario, Argentina.
- Ruiz Espinoza, Francisco Higinio, Villalpando Gutiérrez, Rocío Lizzet, Murillo Amador, Bernardo, Beltrán Morales, Félix Alfredo, y Hernández Montiel, Luis Guillermo. (2014). Differential response to salinity in tomato genotypes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in early phenological stages. *Terra Latinoamericana*, 32(4), 311-323.
- Samperio Ruiz, G. (2004). Un paso más en la hidroponía. México: Diana, pp.31-48.

Sánchez-Del Castillo, F., y Ponce-Ocampo, J. (1998). DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y NIVEL DE DESPUNTE EN JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) CULTIVADO EN HIDROPONIA. *Revista Chapingo*, pp. 89-93.

Sánchez-del Castillo, F., del C. Moreno-Pérez, E., y Cruz-Arellanes, E. L. (2009). Producción De Jitomate Hidropónico Bajo Invernadero en Un Sistema De Dosel en Forma De Escalera. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15(1), 67–73.

Santiago, J., y Borrego, F. (1998). Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía mesoamericana*, 59-65.

Sentis, I. P. (1988). Riego y desarrollo de suelos afectados por sales en condiciones tropicales. *Soil Technology*, 1(1), 13-35.

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (14 de diciembre de 2016). SENASICA Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Obtenido de SENASICA Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria: <https://www.gob.mx/senasica/articulos/conoce-que-es-la-agricultura-protegida?idiom=es>

Torres, A. E. O. (2019). Producción de hidropónica de jitomate, pimiento y pepino en sustrato de fibra de coco y acrilato de potasio.

Torrice, A., Crespo, M., y Rojas, J. (2001). Estudio morfológico y molecular de la diversidad genética del “tomate silvestre” (*Solanum* spp.) boliviano (Doctoral dissertation, Tesis para optar el grado académico de magister. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba-Bolivia).

Ucan Chan, I., Sanchez Del Castillo, F., Contreras Magaña, E., y Corona Sáez, T. (2005). EFECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACION Y RALEO DE FRUTOS SOBRE EL RENDIMIENTO Y TAMAÑO DE FRUTO EN TOMATE. *Revista Fitotecnia Mexicana*, pp. 33-38.

Urrestarazu Gavilán, M. (2004). Tratado de cultivo sin suelo. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, pp.541-552.

Villegas Cota, J. R., González Hernández, V. A., Carrillo Salazar, J. A., Livera Muñoz, M., Sánchez del Castillo, F., y Osuna Enciso, T. (2004). CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE TOMATE EN RESPUESTA A DENSIDADES DE POBLACIÓN EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN. Revista Fitotecnia Mexicana, pp. 333-338.

#### **Literatura consultada de internet**

AMHPAC. 2017. Consultado en: <http://www.amhpac.org/es/index.php/informacion/horticultura-en-mexico> el 15 de febrero del 2020.

FAOSTAT. 2017. Consultado en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> el 15 de febrero del 2020.

SIAP. 2018. Consultado en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> el 15 de febrero del 2020.

SINAVIMO. 2017. Consultado en: <https://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/solanum-lycopersicum> El 16 de febrero del 2020.