

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**



Respuesta agronómica y de producción de tomate con diferentes soluciones  
nutritivas bajo invernadero

**Por:**

**Alejandro Hernández López**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Torreón, Coahuila, México  
Diciembre 2025

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**

Respuesta agronómica y de producción de tomate con diferentes soluciones  
nutritivas bajo invernadero

Por:

**Alejandro Hernández López**

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial  
para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por:

  
Dr. José Rafael Paredes Jácome  
Presidente

  
Dr. Pablo Preciado Rangel  
Vocal

  
Dr. Fabián García Espinoza  
Vocal

  
Dr. Rubén López Salazar  
Vocal Suplente

  
M.C. Rafael Ávila Cisneros  
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México  
Diciembre 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Respuesta agronómica y de producción de tomate con diferentes soluciones  
nutritivas bajo invernadero

Por:


**Alejandro Hernández López**


TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

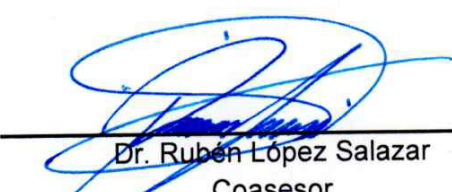
**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**


Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. José Rafael Paredes Jácome  
Asesor Principal

  
Dr. Pablo Preciado Rangel  
Coasesor

  
Dr. Fabián García Espinoza  
Coasesor

  
Dr. Rubén López Salazar  
Coasesor

  
M.C. Rafael Ávila Cisneros  
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México  
Diciembre 2025



Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Agradezco a dios por darme sabiduría y la fortaleza que me ha brindado durante todo este proceso, gracias dios por darme la fuerza que me ayudaron a superar obstáculos y así poder alcanzar mis objetivos.

### **A mi *Alma Terra Mater***

Quiero expresar mi gratitud a mi Alma Terra Mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por abrirme las puertas y hacer de ella mi segundo hogar durante mi estancia. En sus aulas y campos me pude llenar de conocimientos y compartir momentos y experiencias inolvidables.

### **Al Departamento de Horticultura**

A cada uno de los maestros y doctores que me brindaron sus conocimientos, por compartir sus experiencias y de estar convencido que cada uno de sus conocimientos brindados me serán de utilidad en mi formación como profesional.

### **A mi asesor de tesis**

Al Dr. José Rafael Paredes Jácome, agradezco por su invaluable apoyo en el proceso de este proyecto, gracias por cada momento en el que me brindo parte de su tiempo para la correcta realización de este proyecto.

### **A mis amistades**

A mi primo **Joel Jiménez López**, por el apoyo incondicional que me brindo a lo largo de esta etapa universitaria. Tu compañía ha sido invaluable en los momentos buenos y malos. Tu apoyo es parte de la realización de este proyecto.

A **Jorge Eduardo Cortes Chacón**, por todo lo vivido, por las experiencias que fueron parte de mi formación, y por compartirme sus experiencias y conocimientos de campo.

A **Daniela Iveth Hernández Bustillos**, por su amistad, por haberme motivado en momentos difíciles, por su ayuda y compañía que siempre me fortalecieron como persona.

A **Luis Carlos Cortes Chacón**, por todas las experiencias vivida en la narro, por involucrarme en parte de sus proyectos y compartirme su conocimiento y experiencia de campo.

A **mis amigos de universidad**, Laura, Belén, Adalid, Rodrigo, Monse, por todos los momentos y experiencias vividas en la narro y fuera de la universidad.

## **DEDICATORIAS**

### **A mis padres**

**Antonio Hernández Aguilar y Gloria Araceli López Cruz**

Quiero dedicar este logro a mis padres, quienes han sido mi apoyo incondicional en mi vida universitaria. Su amor, sacrificio y la motivación constante que me brindaron han sido parte para realizar mis sueños. Su influencia ha sido fundamental en mi crecimiento personal y académico.

Su dedicación y esfuerzo han sido la base de mi éxito, espero que se sientan orgullosos de mí. Este logro no es solo mío, si no de ustedes, estoy eternamente agradecido con ustedes.

### **A mis hermanos**

**Marcos Hernández López, Derli Antonio Hernández López y Juan Hernández López**, quienes me han inspirado y motivado en todo momento. Gracias por siempre estar cuando los necesite, por escucharme y siempre darme sus palabras de aliento para poder superarme. Les dedico este logro con todo mi cariño y aprecio.

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIAS.....</b>	<b>iii</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>ix</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>2</b>
<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS.....</b>	<b>2</b>
<b>HIPÓTESIS .....</b>	<b>2</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Origen e historia del cultivo tomate .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Importancia del cultivo de tomate .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2.1 Producción Nacional .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2.2 Producción mundial .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Características botánicas del cultivo de tomate .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3.1 Raíz .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3.2 Tallo .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3.3 Hoja.....</b>	<b>4</b>
<b>2.3.4 Flor.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3.5 Fruto .....</b>	<b>5</b>
<b>2.3.6 Semilla.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3.7 Hábito de crecimiento .....</b>	<b>5</b>
<b>2.3.8 Fenología del cultivo .....</b>	<b>6</b>
<b>2.4 Calidad nutracéutica del cultivo de tomate .....</b>	<b>6</b>
<b>2.5 Clasificación taxonómica de tomate .....</b>	<b>7</b>
<b>2.6 Principales plagas y enfermedades en el cultivo de tomate.....</b>	<b>7</b>
<b>2.6.1 Hongos .....</b>	<b>7</b>
<b>2.6.2 Bacterias .....</b>	<b>8</b>
<b>2.6.3 Principales plagas en tomate .....</b>	<b>9</b>
<b>2.7 Solución nutritiva .....</b>	<b>10</b>

2.7.1 Soluciones ideales para el cultivo de tomate.....	10
Tomado de castellanos, 2009.....	11
2.7.2 Rendimiento de tomate en base a la concentración de N/K.....	11
2.7.3 Concentración amonio: nitrato en la solución nutritiva .....	12
<b>3. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>13</b>
3.1 Ubicación del experimento .....	13
3.2 Material vegetal y siembra .....	13
3.3 Manejo del cultivo .....	14
3.3.1 Trasplante .....	14
3.3.2 Nutrición del cultivo .....	14
3.3.4 Desbrote .....	15
3.4 Descripción de los tratamientos .....	16
3.5 Variables agronómicas evaluadas .....	16
3.5.1 Altura de planta .....	16
3.5.2 Diámetro de tallo .....	16
3.5.3 Cantidad de frutos .....	16
3.5.4 Clorofila.....	16
3.5.5 Peso de frutos .....	17
3.5.6 Diámetro polar y ecuatorial.....	17
3.5.7 Firmeza.....	17
3.5.8 Solidos solubles totales (° Brix).....	18
3.5.9 Diámetro del mesocarpio .....	18
3.5.10 Peso fresco planta.....	19
3.5.12 Peso seco planta y raíz.....	19
3.5.13 Vitamina C.....	19
3.6 Análisis estadístico.....	20
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>20</b>
4.8 Altura de la planta .....	21
4.3 Diámetro de tallo .....	21
4.4 Peso fresco de la planta.....	22
4.5 Peso fresco de la raíz .....	23
4.6 Peso seco de la planta .....	24
4.7 Peso seco raíz .....	25



<b>4.1 Clorofila.....</b>	<b>26</b>
<b>4.2 Peso promedio de frutos.....</b>	<b>27</b>
<b>4.9 Número de frutos y variables de calidad (SST, firmeza, Vitamina C, diámetro polar, diámetro ecuatorial, diámetro de mesocarpio,) .....</b>	<b>28</b>
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>29</b>
<b>6. REVISION BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>30</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del tomate.....	7
Tabla 2. Solución nutritiva para tomate en sustrato .....	11
Tabla 3. Productos fitosanitarios aplicados para control de plagas y enfermedades	15
Tabla 4. Descripción de tratamientos aplicados .....	16
Tabla 5. Variables de calidad (Diámetro polar, diámetro ecuatorial, mesocarpio, grados Brix, firmeza, vitamina C) y numero de frutos. ....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación en donde se llevó a cabo el experimento.....	13
Figura 2. Preparación de sustrato y bolsas. ....	14
Figura 3. Desbrote de la planta. ....	15
Figura 4. Pesado de fruto.....	17
Figura 5. Medición de firmeza .....	17
Figura 6. Determinación de Sólidos solubles totales (°Brix). ....	18
Figura 7. Medición de mesocarpio .....	18
Figura 8. Altura de planta obtenido con diferentes soluciones. ....	21
Figura 9. Diámetro de tallo obtenido en planta de tomate con diferentes soluciones. .....	22
Figura 10. Peso fresco de la planta obtenido con diferentes soluciones. ....	23
Figura 11. Peso fresco de la raíz obtenido en planta de tomate con diferentes soluciones.....	24
Figura 12. Peso seco de la planta obtenido con diferentes soluciones. ....	25
Figura 13. Peso seco de raíz obtenido en planta de tomate con diferentes soluciones.....	26
Figura 14. Contenido de clorofila obtenido en planta de tomate con diferentes soluciones.....	27
Figura 15. Peso promedio obtenido en planta de tomate con diferentes soluciones. .....	28

## RESUMEN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas de mayor producción debido a su alto consumo nacional y mundial. Un aspecto importante a tomar en cuenta es el rendimiento y la calidad de los frutos que se ve estrechamente relacionado con el adecuado suministro de nutrientes. Las diferentes concentraciones de nitratos y de potasio se ve involucrado en la vigorosidad y productividad de la planta. Por tal motivo, en el presente trabajo se evaluó el efecto de las diferentes soluciones nutritivas a diferentes concentraciones. Se evaluaron cuatro tratamientos siendo el tratamiento 1 el testigo (solución Steiner 12 Meq de NO<sub>3</sub> y 7 Meq de K<sup>+</sup>) Tratamiento 2 (14 Meq de NO<sub>3</sub> y 8 Meq de K<sup>+</sup>) Tratamiento 3 (13 Meq de NO<sub>3</sub> y 10 Meq de K<sup>+</sup>) Tratamiento 4 (10 Meq de NO<sub>3</sub> y 7 Meq de K<sup>+</sup> más 2 Meq de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). El material vegetal utilizado fue el híbrido Sahel de la casa comercial Syngenta, en el cual se evaluaron variables de campo y laboratorio como lo fueron: altura de planta, diámetro de tallo, número de frutos, diámetro polar, diámetro ecuatorial, rendimiento, sólidos solubles totales, firmeza, clorofila, peso promedio de fruto. Se obtuvo varianza en las variables; peso promedio de fruto, peso de la planta y peso fresco de raíz. También presentó mayor peso seco de raíz, peso seco de planta, altura de planta, firmeza, número de frutos, aunque en estas variables no hubo diferencias significativas; en el tratamiento 2 dicho tratamiento fue el que mejor se comportó de manera general en la mayoría de las variables. Por lo anterior llegamos a la conclusión de que la modificación de la solución Steiner en una mayor concentración de nitrato favorece la producción de tomate en invernadero.

**Palabras clave:** *Rendimiento, Tomate calidad, Solución nutritiva*

## 1. INTRODUCCIÓN

En México, la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) ocupa un papel fundamental dentro de la horticultura nacional, especialmente en sistemas de producción protegida. Se calcula que alrededor del 70% de las superficies bajo estas condiciones corresponden a este cultivo, lo que refleja su relevancia en la seguridad en la alimentación. A nivel internacional, México aporta cerca del 1.7% de la producción mundial y se ha consolidado como el principal país exportador, con una participación del 19% del volumen global, superando a España (14%) y Países Bajos (13%). (Juárez-Maldonado et al., 2015) (Montaño Méndez, 2021).

Para garantizar un suministro adecuado de nutrientes en el tomate, es necesario contar con información precisa sobre las cantidades requeridas y los momentos de absorción durante el ciclo del cultivo. Estos datos sobre la dinámica de consumo resultan esenciales para diseñar planes de fertirrigación eficientes y respaldar técnicamente las recomendaciones de fertilización. Dichos esquemas deben complementarse con técnicas de monitoreo de nutrientes en la solución de riego, lo que asegura un manejo más preciso y sostenible (Berrueta et al., 2022).

Uno de los problemas que se enfrenta en la producción de tomate bajo invernadero es establecer relaciones óptimas entre nitrógeno (N) y potasio (K) en las distintas fases del cultivo. Este balance regula el crecimiento vegetativo y reproductivo, favorece la formación de frutos de calidad y previene la manifestación de problemas en el fruto, especialmente el color. Además, constituye una práctica de manejo agronómico que influye directamente en la productividad y vida de anaquel del fruto (Hernández et al., 2014).

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la respuesta agronómica y el rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de invernadero, mediante la aplicación de diferentes soluciones nutritivas.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Caracterizar el efecto de distintas soluciones nutritivas sobre los caracteres agronómicos en el cultivo de tomate.
- Determinar el impacto de las soluciones nutritivas en la productividad y propiedades de los frutos de tomate.

## **HIPÓTESIS**

Las diferentes soluciones nutritivas bajo condiciones de invernadero modifican significativamente la respuesta agronómica y productividad del cultivo de tomate, siendo posible identificar una formulación que optimice tanto el crecimiento vegetativo como la producción de frutos.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Origen e historia del cultivo tomate**

El tomate tiene como lugar de origen los andes que abarca el sur de Colombia hacia el norte de Chile, aunque diversos estudios señalan que su domesticación ocurrió en México, esta hortaliza crecía como una planta común. Antes de ser introducido en el continente europeo, ya había sido domesticado en territorio mexicano (Angulo, 2018).

El nombre común del tomate, reconocido mundialmente, proviene del español y tiene raíces en el náhuatl. La palabra “xictomatl” se compone de “xictli” que en español significa ombligo y “tomatl” que en español significa (tomate), lo que en conjunto los dos se refiere a “tomate con ombligo”, en referencia a la cicatriz que deja el pedúnculo en el fruto (Gonzales, 2018).

### **2.2 Importancia del cultivo de tomate**

El tomate es uno de los cultivos más relevantes en México y en el mundo, tanto por su valor económico como por su aporte nutricional. Contiene minerales como calcio, fósforo, potasio y sodio, además de vitaminas A, B1, B2 y C. Asimismo, posee propiedades medicinales destacadas: antiséptico, alcalinizante, depurativo, diurético, digestivo, laxante, desinflamatorio y remineralizante (SADER, 2022).

#### **2.2.1 Producción Nacional**

En A nivel nacional, la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*) aumento anualmente un 4.8% entre 2006 y 2016, en estos años fue cuando más producción alcanzo, aproximadamente 3.3 millones de toneladas. En esos años la cantidad de superficie fue menor y disminuyo a una tasa promedio anual de 2.5%. En contraste, la superficie bajo invernaderos y malla sombra, aumentó a una tasa promedio anual de 30.1%. Así, el volumen obtenido mediante estas tecnologías pasó de 6.5% en 2006 a 32.2% en 2010 y 60.7% en 2016. Actualmente, el tomate en agricultura protegida representa el 70% de la superficie cultivada (Orona-Castillo et al., 2022).

Según FAOSTAT (2021), México ocupa la décima posición mundial con 87,918 hectáreas y una producción total de 4, 271,914 toneladas. Según datos del SIAP

(2020), el tomate es una de las principales hortalizas de exportación del país (Orona-Castillo et al., 2022). Los estados líderes en producción nacional son Sinaloa, San Luis Potosí y Michoacán (SADER, 2023).

### **2.2.2 Producción mundial**

A nivel global, el tomate se reconoce como la hortaliza de mayor consumo y con el más alto valor económico. Su cultivo se extiende en más de cien países, destacando los países como China, Estados Unidos, India, Turquía y Egipto como principales productores. La producción mundial de esta hortaliza mantiene un crecimiento constante, impulsado no solo por la expansión de las áreas destinadas al cultivo, sino también por la incorporación de tecnologías modernas que permiten optimizar los procesos agrícolas y alcanzar rendimientos superiores (López, 2017).

## **2.3 Características botánicas del cultivo de tomate**

### **2.3.1 Raíz**

La raíz del tomate cumple principalmente con la función de absorber y transportar nutrientes, además de proporcionar soporte y anclaje de la planta al suelo. Tiene una raíz pivotante principal acompañada de numerosas raíces secundarias y adventicias de tipo fibroso, capaces de alcanzar profundidades cercanas a 1.80 metros (Angulo, 2018).

### **2.3.2 Tallo**

El tallo del tomate es robusto, tiene tricomas, y de tonalidad verde. Su grosor oscila de 2 a 4 cm. Del tallo principal se desarrollan ramas secundarias, hojas y las flores, mientras que en el ápice se localiza el meristemo apical, responsable de generar buenos brotes (López, 2017).

### **2.3.3 Hoja**

Las hojas son compuestas y pinnadas, integradas entre siete a nueve folíolos con peciolo cuyas medidas oscilan entre 4 a 60 mm de longitud por 3 a 40 mm de anchura. Presentan lóbulos con márgenes dentados, dispuestos de manera alterna u opuesta, mostrando un color verde característico. El haz es glanduloso-pubescente y el envés



más ceniciento. Están recubiertas por pelos glandulares distribuidos en forma alternada sobre el tallo. (López, 2017).

#### **2.3.4 Flor**

Las flores del tomate suelen ser de color amarillo intenso. El cáliz está constituido por cinco sépalos y la corola igualmente por cinco pétalos. Las anteras, responsables de la producción de polen, se encuentran fusionadas formando un tubo angosto que envuelve y protege al estilo y al estigma. Este sistema favorece la autofecundación, pues el polen se libera directamente desde el interior de las anteras (Angulo, 2018).

#### **2.3.5 Fruto**

El fruto corresponde a una baya con lóculos en donde se encuentran las semillas. Su forma puede variar entre redonda, alargada, lobulada, aperada, tipo ciruela o achatada, y su superficie puede ser lisa. En cuanto al color, existen múltiples variantes: rojo (el más producido), así como de color azul, amarillo que son menos comunes (Angulo, 2018).

#### **2.3.6 Semilla**

Las semillas del tomate son pequeñas, de forma ovalada y color amarillento. Miden aproximadamente entre 3 y 5 mm de longitud y de 2 a 3 mm de anchura. Son esenciales para la reproducción del cultivo, ya que contienen el embrión de la planta (Orona-Castillo et al., 2022).

#### **2.3.7 Hábito de crecimiento**

- Crecimiento determinado: Estas plantas presentan una intensa formación de brotes axilares con menor número de hojas. Alcanzan una longitud máxima cercana a los dos metros dependiendo de la variedad y factores agronómicos y desarrollan flores en por cada hoja. Su manejo productivo se realiza dejando varios tallos que crecen de manera simultánea (Angulo, 2018).
- Crecimiento indeterminado: En este tipo de plantas, la yema de crecimiento aparece en la axila de la hoja más joven, ubicada debajo del racimo floral que se formó antes de la hoja, lo que posibilita que el desarrollo continúe. Este patrón se repite de forma cíclica, produciendo tres o cuatro hojas

seguidas de un nuevo racimo floral. Cuando las condiciones son favorables, estas plantas pueden prolongar su desarrollo sin límite, su longitud puede superar los cinco metros (Angulo, 2018).

### **2.3.8 Fenología del cultivo**

La vida de la planta del tomate está condicionada por la variedad cultivada y las características climáticas del lugar de producción. La etapa vegetativa se divide en cuatro momentos: siembra en semillero, germinación, aparición de tres a cuatro hojas verdaderas y el trasplante a donde se destinará, con un tiempo estimado de 30 a 35 días. Después comienza la fase reproductiva, que incluye la floración (entre los 25 y 28 días posteriores al trasplante), el desarrollo y llenado de los frutos, hasta alcanzar la madurez y la cosecha, la cual ocurre en el primer racimo entre los 85 y 90 días tras el trasplante. Esta fase reproductiva se prolonga aproximadamente durante 180 días, de modo que el ciclo completo del cultivo se calcula en siete meses (Angulo, 2018).

### **2.4 Calidad nutracéutica del cultivo de tomate**

El tomate es uno de los frutos con gran cantidad de nutrientes, contiene una amplia gama de nutrientes y compuestos bioactivos que lo convierten en un producto altamente benéfico para la salud humana. Entre los principales componentes nutracéuticos presentes en esta hortaliza destacan:

- **Licopeno:** carotenoide responsable del color rojo característico del fruto, con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias.
- **Vitamina C:** fundamental para reforzar las defensas del organismo y conservar en buen estado la piel.
- **Vitamina A:** necesaria para la visión, el crecimiento y el adecuado desarrollo corporal.
- **Potasio:** nutriente esencial que ayuda a controlar la presión sanguínea y conservar el balance de líquidos en el cuerpo.
- **Fibra:** favorece la salud digestiva y ayuda en la prevención de enfermedades crónicas.
- **Polifenoles:** compuestos antioxidantes que participan en la protección contra padecimientos crónicos como cáncer y enfermedades cardiovasculares.

El contenido de licopeno en el tomate puede variar según el tipo de variedad, el grado de madurez y las condiciones de cultivo. En términos generales, se encuentra en un rango de 3 a 12.2 mg por cada 100 g de fruto maduro (Salas-Pérez et al., 2016).

## 2.5 Clasificación taxonómica de tomate

### TAXONOMÍA

A continuación, se describe taxonómicamente al tomate de acuerdo a Piaun (2021), es la siguiente:

Tabla 1. Taxonomía del tomate

<b>Reino:</b>	<b>Plantae</b>
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase:</b>	Asteridae
<b>Orden:</b>	Solanales
<b>Familia:</b>	Solanaceae
<b>Género:</b>	<i>Solanum</i>
<b>Especie:</b>	<i>lycopersicum</i>
<b>Nombre científico:</b>	<i>Solanum lycopersicum</i> L.

## 2.6 Principales plagas y enfermedades en el cultivo de tomate

En este apartado se consideran como enfermedades todos aquellos problemas ocasionados por virus, bacterias y hongos que afectan directamente a la planta de tomate. A continuación, se describen algunos de los más frecuentes:

### 2.6.1 Hongos

Tizón temprano (*Alternaria solani*)

Este patógeno es uno de los más comunes en el tomate y puede reducir los rendimientos entre un 20 y 30%. Su ciclo de vida es corto, lo que le otorga una elevada capacidad de reproducción y dispersión (Martínez et al., 2016).

#### Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)

Se manifiesta con lesiones acuosas en tallos y hojas, especialmente en el ápice y los márgenes, acompañadas por la formación de un micelio blanquecino. Posteriormente, las plantas se marchitan y adquieren un aspecto de quemadas o heladas. En los frutos, las infecciones generan manchas acuosas o necróticas de color café claro, de formas y tamaños variables, que impiden su maduración y provocan arrugamiento (Martínez et al., 2016).

#### Fusarium (*Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*)

La enfermedad se caracteriza por presentar marchitez en la parte superior de la planta debido al taponamiento de los haces vasculares, que en ocasiones puede revertirse. Los síntomas más comunes incluyen caída de pecíolos en hojas superiores y amarillamiento progresivo de las hojas inferiores, que avanza hacia el ápice hasta causar la muerte de la planta (Allende & Torres, 2017).

#### Pudrición gris (*Botrytis cinerea*)

Este hongo puede infectar al tomate en cualquier etapa de desarrollo, desde semillero hasta cosecha. Se ve favorecido por ambientes con alta humedad y temperaturas cercanas a los 20°C. Los síntomas incluyen lesiones acuosas en pecíolos, flores, tallos, hojas y frutos, que posteriormente se convierten en áreas cancrasas y necróticas de color café claro, capaces de estrangular parcial o totalmente el tallo (Allende & Torres, 2017).

### 2.6.2 Bacterias

#### Marchitamiento bacteriano (*Ralstonia solanacearum*)

Esta enfermedad afecta el sistema vascular en tallos y raíces. Se distingue por su capacidad de sobrevivencia y por atacar a numerosas especies. El síntoma más evidente es el marchitamiento severo e irreversible de las hojas, que inicia en el ápice. También puede observarse decoloración parda en los tallos y oscurecimiento en los tejidos de conducción (Vera et al., 2016).

Cancro bacteriano (*Clavibacter michiganensis subsp. michiganense*)

Este patógeno es de gran relevancia en invernaderos, ya que se propaga fácilmente mediante labores culturales como poda, deshoje y desbrote. No existen medidas curativas de control. Este se desarrolla en un ambiente húmedo y temperaturas entre 24 y 28°C, lo que favorece su proliferación (Allende & Torres, 2017).

Mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.)

Esta bacteria representa una de las principales amenazas foliares en el cultivo a cielo abierto. Su manejo se ha centrado en aplicaciones foliares preventivas repetidas, usando productos a base de cobre, comúnmente combinados con Mancozeb para aumentar la protección (Maeso et al, 2016).

Esta patología genera manchas necróticas en hojas, tallos y frutos. Como resultado, disminuye la superficie foliar útil para la fotosíntesis reduciendo la producción, además de afectar la apariencia comercial del fruto. Los responsables de la enfermedad son cuatro bacterias del género *Xanthomonas*: *X. vesicatoria*, *X. euvesicatoria*, *X. perforans* y *X. gardneri*, agrupadas en cinco razas (Berrueta, 2014).

### **2.6.3 Principales plagas en tomate**

Insectos chupadores (Áfidos)

Se encuentran especies como *Aphis gossypii* (conocido como pulgón del algodonero), *Macrosiphum euphorbiae* (pulgón grande del algodonero) y *Myzus persicae* (pulgón verde de la papa). Estos Áfidos succionan la savia de las plantas, debilitándolas y provocando deformaciones y amarillamientos. Además, son vectores de virus y favorecen la aparición de fumagina, un hongo que recubre las hojas con color negro lo cual impide la fotosíntesis (Angulo, 2018).

Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)

Se trata de una plaga de alimentación variada y con amplia presencia geográfica, considerada de importancia primaria en el cultivo de tomate debido a su carácter persistente. Su daño principal se relaciona con el debilitamiento de las plantas, la reducción de la fotosíntesis y el deterioro de los frutos debido a secreciones azucaradas que originan fumagina, además de transmitir diversos virus (Angulo, 2018).

Trips (*Thrips* spp.)

Los adultos y ninfas ocasionan punteaduras y provoca manchas amarillentas y plateadas en partes de la planta en donde se alimenta y, además de deformaciones foliares. En poblaciones altas, las hojas pueden secarse parcial o totalmente. Para su control se recomienda el deshierbe, rotar entre cultivos y el trampeo con trampas de tono azul (Angulo, 2018).

## **2.7 Solución nutritiva**

La nutrición en el cultivo de tomate es un aspecto esencial, ya que incide en las propiedades del fruto. Factores como el tamaño, la apariencia, la textura, el sabor, el aroma, el valor nutritivo y las propiedades funcionales dependen en gran medida de un suministro adecuado y balanceado de nutrientes (López et al., 2016).

La nutrición en el cultivo de tomate representa un aspecto clave, ya que incide directamente en la calidad de los frutos.

### **2.7.1 Soluciones ideales para el cultivo de tomate**

Las soluciones nutritivas se conforman por sales disueltas en agua en proporciones equilibradas, que posteriormente se aplican al sustrato mediante sistemas de riego por goteo. Es común preparar una solución madre con concentraciones más elevadas de sales, lo que facilita su manejo y aplicación, además de evitar la necesidad de pesar diariamente los fertilizantes (Zarza et al., 2018).

Tabla 2. Solución nutritiva para tomate en sustrato.

Nutrimento	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa Gral.
	DT a 1er cuaje	1er al 3er cuaje	3er al 5to cuaje	5to en adelante
	.....me/L.....			
Nitratos	6	8	10	12
Amonio	0	0	0.5	1
Fosfóro	1.5	1.5	1.5	1.5
Potasio	3.5	5.5	7	8.5
Calcio	8	8	8	9
Magnesio	2	3	4	5
Sulfatos	3-6	3-6	3-6	3-8
Bicarbonatos	1	1	1	1
Sodio	<5	<5	<5	<5
Cloro	2-6	2-6	2-6	2-6
CE	1.4	1.9	2.3	2.4

Tomado de castellanos, 2009.

Cuando comienza el ciclo, la planta es pequeña, no posee frutos y su consumo de nutrientes es bajo, por lo que no resulta necesario aplicarle la solución nutritiva completa; normalmente con la mitad de la concentración es suficiente en las primeras fases de crecimiento.

Otra razón para no aportar más del 50% de la concentración habitual al inicio, es que la planta al entrar en el invernadero ha pasado por el estrés del trasplante y conviene empezar con una solución nutritiva de baja conductividad eléctrica (Castellanos, 2009).

### 2.7.2 Rendimiento de tomate en base a la concentración de N/K

La interacción que mantienen los distintos nutrientes dentro de la solución nutritiva influye directamente en la productividad de los cultivos. La debida de relación de N/K se reconoce como uno de los principales problemas que condiciona el rendimiento del tomate en invernadero. Dicho balance regula la armonía entre los procesos vegetativos y reproductivos, ya que el potasio funciona como moderador del crecimiento cuando la disponibilidad de nitrógeno es elevada. Diversas investigaciones han analizado el efecto individual del nitrógeno y del potasio en el tomate bajo condiciones protegidas, estableciendo proporciones óptimas de estos

nutrientes en kg/ha, que oscilan entre 1:1.5 y 1.4, dependiendo de la variedad, el manejo del cultivo y el clima presente (Fonseca, 2013).

### **2.7.3 Concentración amonio: nitrato en la solución nutritiva**

El nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) constituye la forma química principal mediante la cual las plantas obtienen nitrógeno; no obstante, una pequeña proporción en forma de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) aporta ciertos beneficios en la nutrición de los tomates. El pH de la solución nutritiva puede modificarse según la relación entre la absorción de aniones y cationes, ya que cuando las plantas toman más aniones el pH tiende a elevarse. La causa esencial de esta variación en la absorción depende directamente de la forma química del nitrógeno que se suministre en la solución nutritiva (Ausay, 2015).

En hidroponía, las cantidades habituales de  $\text{NH}_4^+$  incluidas en las soluciones nutritivas oscilan entre 5 y 10% del nitrógeno total y rara vez superan el 15%. La adecuación a la incorporación de  $\text{NH}_4^+$  ocurre durante el crecimiento del cultivo en relación con el pH de la zona radicular. La presencia de  $\text{NH}_4^+$  reduce el pH en el entorno de las raíces, debido a un aumento en la absorción del catión ( $\text{NH}_4^+$ ) y una disminución en la absorción del anión ( $\text{NO}_3^-$ ). Cuando la planta asimila  $\text{NH}_4^+$ , libera  $\text{H}^+$  para mantener la neutralidad eléctrica, lo que ocasiona una disminución del pH en la rizosfera. El rango óptimo de pH en la solución del suelo se sitúa entre 5 y 6 para la mayoría de los cultivos. Se aconseja un manejo cuidadoso del  $\text{NH}_4^+$  en especies sensibles a la deficiencia de  $\text{Ca}^{2+}$ , especialmente bajo condiciones climáticas que limitan el transporte de calcio hacia los frutos (Fonseca, 2013).



### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Ubicación del experimento

Se realizó en el Invernadero 2 del Departamento de Horticultura, localizado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, en Torreón, Coahuila, con las siguientes coordenadas geográficas: 25° 55' de latitud norte y 103° 37' longitud oeste y a una altitud de 1120 msnm.



Figura 1. Ubicación en donde se llevó a cabo el experimento

#### 3.2 Material vegetal y siembra

Se utilizaron semillas del híbrido SAHEL de la empresa de Syngenta, presenta un crecimiento indeterminado. Planta de buen vigor, con alta producción, frutos de buen calibre, resistencia alta a virus del mosaico del tomate (ToMV) y Verticillium, Fusarium y nematodos.

### 3.3 Manejo del cultivo

#### 3.3.1 Trasplante

El trasplante se efectuó a los 60 días posteriores a la siembra, en el cual a los 60 días de la siembra la planta presentaba buen vigor para ser trasplantadas. Se trasplanto el día 4 de abril del 2025 en bolsas de plástico de 40 cm de altura y 30 cm de diámetro, colocando una planta por bolsa en un sustrato de arena + perlita a una proporción 2:1, con perlita para obtener un drenaje, aireación y retención de humedad óptimo. Teniendo una densidad total de población de 60 plantas, 15 plantas por cada tratamiento.



Figura 2. Preparación de sustrato y bolsas.

#### 3.3.2 Nutrición del cultivo

Para la nutrición de las plantas se realizó con un sistema de riego por goteo se propuso cuatro diferentes soluciones nutritivas en tambos de 200 litros un tambo por cada tratamiento, se empleó la solución nutritiva Steiner normal en el tratamiento 1 y las demás fueron soluciones nutritivas Steiner modificadas, cabe resaltar que cada solución nutritiva presentaba diferente pH y diferente CE.

#### 3.3.3 Tutorio

El tutorio se realizó a los 20 DDT, la planta presentaba buena altura y vigor para ser tutorada, se realizó el tutorado con la finalidad de que la planta sea guiada a su crecimiento para la realización del tutorado se utilizaron anillos y rafia al ser una planta de crecimiento indeterminado.

### 3.3.4 Desbrote

Se realizaron desbroses a las plantas cuando se presentaban los “chupones”, ya que esta es una labor importante ya que si no se le da el manejo adecuado hay una variación en el desarrollo de la planta.



Figura 3. Desbrote de la planta.

Tabla 3. Productos fitosanitarios aplicados para control de plagas y enfermedades

<b>Función</b>	<b>Ingrediente activo</b>	<b>Nombre comercial</b>	<b>Dosis</b>
Fungicida-bactericida	Kasugamicina	Kasumin	3-5 ml/L
Fungicida-bactericida	Oxicloruro de cobre	Cupravit	0.4-0.45 g/L
Bactericida	Sulfato de gentamicina + clorhidrato de oxitetraciclina	Final bacter	4 g/L
Fungicida	Captan	Captan	2-2.5 g/L
Insecticida	Imidacloprid	Confidor	0.3-0.4 ml/L
Insecticida	Lamda cyalotrina + clorantraniliprol	Ampligo	2-4 ml/L
Insecticida	Abamectina	Abamectina delta	0.5-1.5 ml/L
Insecticida	Clorpirifos	Velban	4-6 ml/L

### 3.4 Descripción de los tratamientos

Se evaluaron 4 tratamientos diferentes, a partir del tratamiento 2 se realizó la modificación en la concentración de iones  $\text{NO}_3$  y  $\text{K}^+$ . (Tabla 4).

Tabla 4. Descripción de tratamientos aplicados

Tratamiento	$\text{NO}_3$	$\text{P}_2\text{O}_4$	$\text{SO}_4$	$\text{Ca}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Mg}^+$	$\text{NH}_4$
<b>T1</b>	12	1	7	9	7	4	0
<b>T2</b>	4	2	4	6	8	6	0
<b>T3</b>	13	1.5	5.5	7	10	3	0
<b>T4</b>	10	1.5	8.5	8	7	3	2

### 3.5 Variables agronómicas evaluadas

Se realizó la evaluación de variables agronómicas en planta y fruto, así como de calidad en fruto.

#### 3.5.1 Altura de planta

Para la medición de plantas se utilizó un flexómetro, midiendo la planta a nivel del sustrato hacia la punta de la planta (cm), se realizó una medición cuando la planta tenía dos racimos formados y la segunda medición se realizó cuando se eliminó la planta.

#### 3.5.2 Diámetro de tallo

Para obtener esta variable se empleó un vernier digital, lo que permitió registrar el dato con mayor precisión. La medición se realizó en la base del tallo y el resultado se expresó en milímetros (mm).

#### 3.5.3 Cantidad de frutos

Se cuantifico manualmente por racimos de cada repetición de cada tratamiento.

#### 3.5.4 Clorofila

Se empleó un SPAD, este nos permite estimar el contenido de clorofila de las hojas, se realizó la medición a cada planta en el cual se elegían las hojas más sanas y se hacían 3 mediciones en diferentes partes de la planta para promediar y así sacar un valor general del nivel de clorofila de la planta.

### 3.5.5 Peso de frutos

Se realizó la medición de peso de cada fruto con una báscula con capacidad de 5 Kg con resultados de medición precisos.



Figura 4. Pesado de fruto de tomate

### 3.5.6 Diámetro polar y ecuatorial

Se utilizó un vernier para la medición de estas variables, para la medición del diámetro polar se midió de manera vertical hacia la punta del fruto y el diámetro ecuatorial se realizó perpendicularmente al diámetro polar en (mm).

### 3.5.7 Firmeza

En esta medición se tomaron 6 muestras por cada tratamiento teniendo un total de 24 muestras en lo cual se recolectaron frutos al azar por cada tratamiento, la medición se realizó con un penetrometro portátil en el cual los datos los cuantifica en (Kg).



Figura 5. Medición de firmeza de fruto de tomate, con penetrometro portátil



### 3.5.8 Sólidos solubles totales (° Brix)

Para la determinación de los sólidos solubles totales (° Brix) se utilizó un refractómetro digital de la marca HANNA en el cual se le aplicaba al sensor unas gotas de cada muestra y posteriormente después de cada muestra se le aplicaba agua destilada para calibrar cada medición y que nos brindara un dato más preciso.



Figura 6. Determinación de Sólidos solubles totales (°Brix) en fruto de tomate.

### 3.5.9 Diámetro del mesocarpio

Con la ayuda de un vernier se realizó la medición del mesocarpio de los frutos, las muestras que se midieron fueron las mismas de la medición de firmeza: 6 muestras de cada tratamiento teniendo un total de 24 muestras, en el cual los datos fueron dados en ms.



Figura 7. Medición de mesocarpio de fruto de tomate con un vernier digital

### 3.5.10 Peso fresco planta

Para el peso fresco de la planta se tomaron 5 muestras por cada tratamiento teniendo un total de 20 muestras, la planta se cortó en la base del tallo se colocó en una bolsa y con la ayuda de una báscula se realizó la medición, cada medición obtenida fue respectivamente anotada según el tratamiento.

### 3.5.11 Peso fresco raíz

En la medición de esta variable fue necesario hacer un lavado de raíces ya que las raíces se quedan con resto del sustrato utilizado, posteriormente después de que quedan limpias se procedió al pesado de cada una de las muestras en (g).

### 3.5.12 Peso seco planta y raíz

Para la obtención de los datos de estas variables se utilizó la estufa, para eliminar toda la humedad y así tener la cantidad de materia seca de cada muestra, después de 48 horas se realizó el pesado con una báscula y se anotó cada uno de los datos obtenidos en (g).

### 3.5.13 Vitamina C

Se utilizó el método de Thielman, el cual se basa en una reacción química sencilla de óxido-reducción. En este procedimiento, la vitamina C presente en la muestra actúa como un agente reductor y transforma el colorante 2,6-diclorofenolindofenol (DCPIP) de su forma azul a una forma incolora. El cambio de color indica el punto final de la titulación. Se utilizaron reactivos y muestras en las mismas cantidades en cada muestra y se tomaron los datos obtenidos, mismos que nos sirvieron para determinar el dato final con la siguiente formula:

$$\text{mg/100 g: } (\text{ml gastados de reactivo de Thielman} \times 0.88 \times \text{VT} \times 100) \\ \text{VA} \times \text{P}$$

Donde:

mL gastados de reactivo de Thielman= volumen de DCPIP consumido en la titulación de la muestra.

0.88 = constante de conversión (mg de ácido ascórbico equivalente por cada mL de reactivo).

VT= volumen total de la solución preparada de la muestra (mL).

VA= volumen de alícuota tomada para la titulación (mL).

P = peso de la muestra analizada (g).

El resultado se expresa en mg de vitamina C por cada 100 g de muestra fresca.

### **3.6 Análisis estadístico**

Se aplicó un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Para el análisis de varianza (ANVA) se utilizó el programa estadístico SAS versión 9.1, y posteriormente se efectuó la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia de  $P \leq 0.05$

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para las variables: clorofila, peso promedio de frutos, peso fresco de planta y peso fresco de raíz y diámetro de tallo, según los datos finales obtenidos en los tratamientos 2 y 3.



El ANVA para las variables de calidad (cuadro 7) y las variables de altura de planta, numero de frutos, peso seco de planta y raíz, no mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos (figura 15, 16 y 17).

#### 4.8 Altura de la planta

De acuerdo al análisis de varianza y comparación de medias, los tratamientos aplicados no presentaron diferencias estadísticamente significativas al comparar el peso seco de la planta, más sin embargo hubo un aumento de un 6 % en el T2 respecto al testigo (T1) tal como se puede observar en la (Fig. 8). En esta variable los 4 tratamientos se comportaron de manera similar.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Ausay (2015), quien dos diferentes concentraciones de nitrato/amonio en tomates, aunque cabe recalcar que en los tratamientos que tuvieron mayor altura de planta fue el de mayor concentración de nitratos T2, seguido del T4 que se le añadió amonio a la solución nutritiva, aunque no fue un valor significativo.

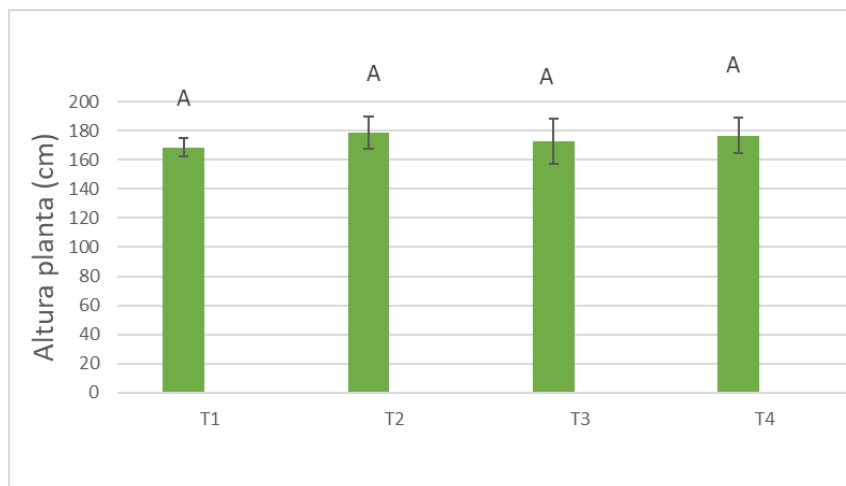


Figura 8. Altura de planta obtenido con diferentes soluciones. La barra superior en cada columna representa la desviación estándar y medias con una letra común no son significativamente diferentes según tukey ( $p > 0.05$ ).

#### 4.3 Diámetro de tallo

De acuerdo a los resultados obtenidos, podemos observar que en la variable peso promedio de frutos (Fig.9), el tratamiento 4, fue mayor en un 8% al tratamiento 1 y en un 14 % al tratamiento 2 y 3. Esto debido a que el T2 contenía amonio y por ende una

mayor cantidad de nitratos, así mismo cabe recalcar que el tratamiento 4 tenía una mayor cantidad de sulfatos debido a la relación catión/anión.

Estos resultados contradicen con lo reportado por Ausay (2015), quien evaluó dos concentraciones diferentes de nitrato/amonio en tomate riñón, ya que en este experimento si hubo un mayor diámetro de tallo en la solución nutritiva con amonio en comparación con los demás tratamientos.

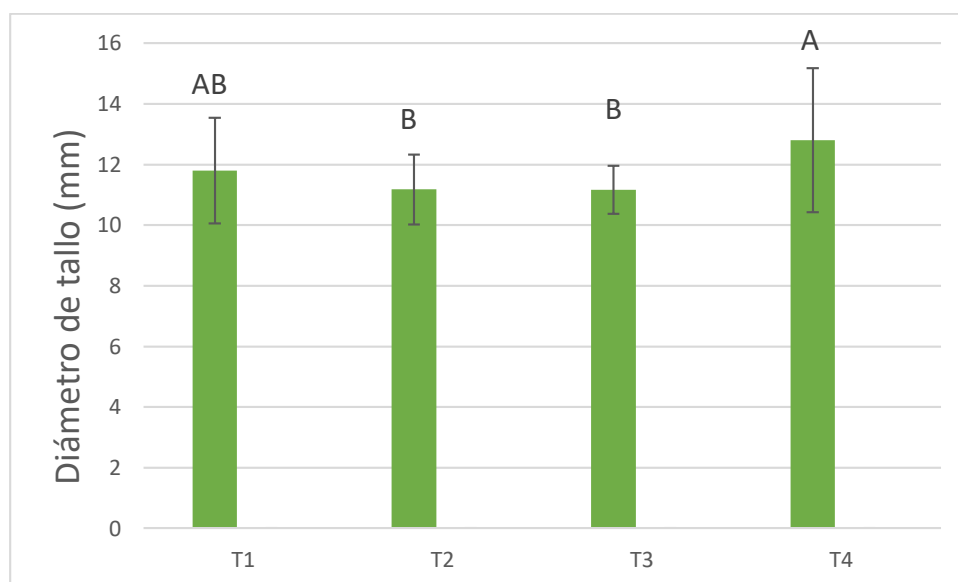


Figura 9. Diámetro de tallo obtenido en planta de tomate con diferentes soluciones. La barra superior en cada columna representa la desviación estándar y medias con una letra común no son significativamente diferentes según tukey ( $p > 0.05$ )

#### 4.4 Peso fresco de la planta

De acuerdo a los resultados obtenidos, podemos observar que en la variable peso promedio de frutos (Fig. 10), el tratamiento 2, superó en un 23 % al testigo (T1). Esto debido a que el T2 contenía una mayor cantidad de nitrato lo que conllevó a una mayor generación de biomasa.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Urbina-Sánchez et al., (2020), quienes al aplicar diferentes concentraciones de  $\text{NH}_4^+$  en cultivos de *Capsicum annuum* no encontraron diferencia con el tratamiento control.

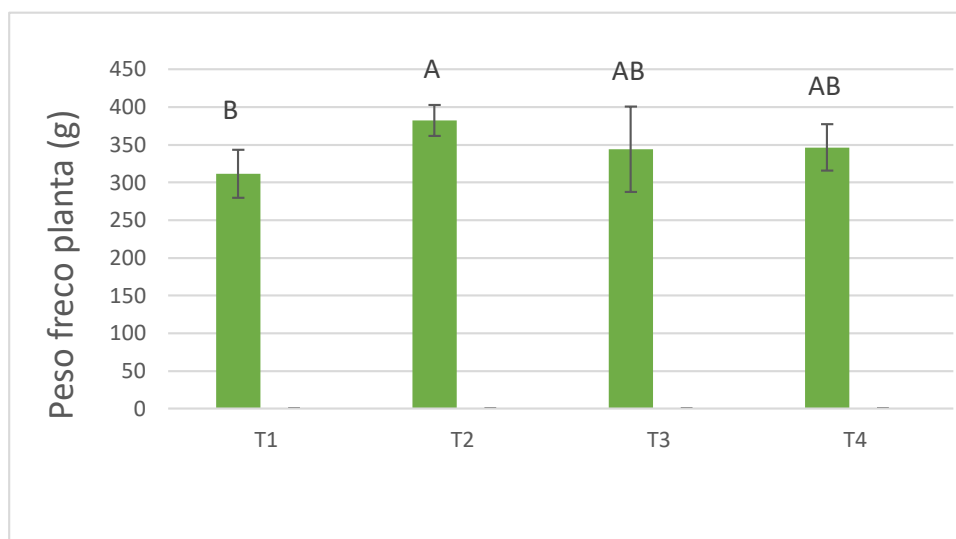


Figura 10. Peso fresco de la planta obtenido con diferentes soluciones. La barra superior en cada columna representa la desviación estándar y medias con una letra común no son significativamente diferentes según tukey ( $p > 0.05$ )

#### 4.5 Peso fresco de la raíz

De acuerdo a los resultados obtenidos, podemos observar que en la variable peso promedio de frutos (Fig. 11). el tratamiento 2, superó en un 48 % al testigo (1). Esto debido a que el T2 contenía una mayor cantidad nitratos y fosforo en comparación con los demás tratamientos.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Lara et al (2019), quien evaluó el crecimiento y acumulación de nitratos en lechuga, con relaciones nitrato/amonio en donde obtuvo lo mismo a este experimento.

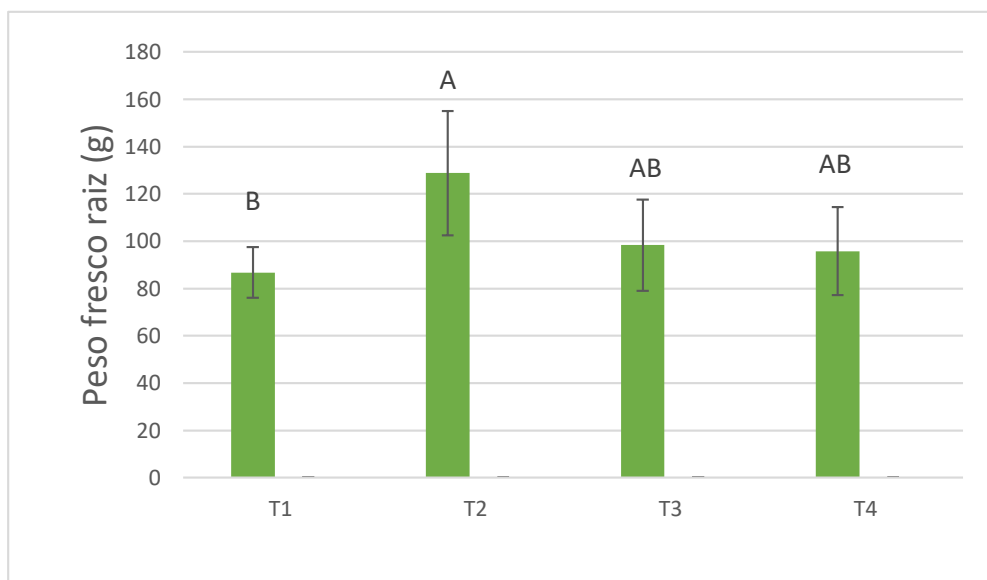


Figura 11. Peso fresco de la raíz obtenido en planta de tomate con diferentes soluciones. La barra superior en cada columna representa la desviación estándar y medias con una letra común no son significativamente diferentes según tukey ( $p > 0.05$ )

#### 4.6 Peso seco de la planta

De acuerdo al análisis de varianza y comparación de medias, los tratamientos aplicados no presentaron diferencias estadísticamente significativas al comparar el peso seco de la planta más sin embargo hubo un aumento de un 22 % en el T2 respecto al testigo (T1), tal como se puede observar en la (Fig. No. 12).

Estos resultados coinciden con lo reportado por Lazcano et al (2021), quienes evaluaron los sustratos, solución nutritiva y enraizador en producción de plántulas de tomate, en donde no hubo diferencia significativa en el peso seco de la planta.

Estos resultados no coinciden con lo reportado por Parra (2010), quien evaluó relaciones nitrato/amonio/urea y concentraciones de potasio en la producción de plántulas de tomate, en donde las concentraciones de nitrato y amonio mostraron diferencia estadística significativa.

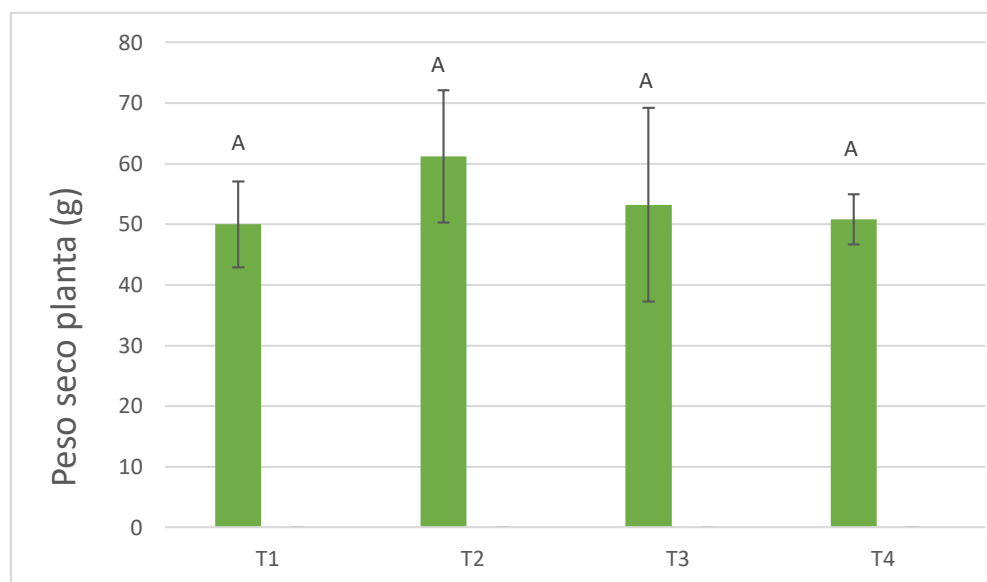


Figura 12. Peso seco de la planta obtenido con diferentes soluciones. La barra superior en cada columna representa la desviación estándar y medias con una letra común no son significativamente diferentes según tukey ( $p > 0.05$ )

#### 4.7 Peso seco raíz

De acuerdo al análisis de varianza y comparación de medias, los tratamientos aplicados no presentaron diferencias estadísticamente significativas al comparar el peso seco de la planta, más sin embargo hubo un aumento de un 57 % en el T2

respecto al testigo (T1), tal como se puede observar en la (Fig. 13), esto debido a que se tenía una mayor concentración de nitratos y de fosforo en la solución nutritiva respecto a otros tratamientos.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Parra (2010), quien evaluó Relaciones nitrato/amonio/urea y concentraciones de potasio en la producción de plántulas de tomate, en donde las concentraciones de nitrato y amonio no dieron diferencias significativas.

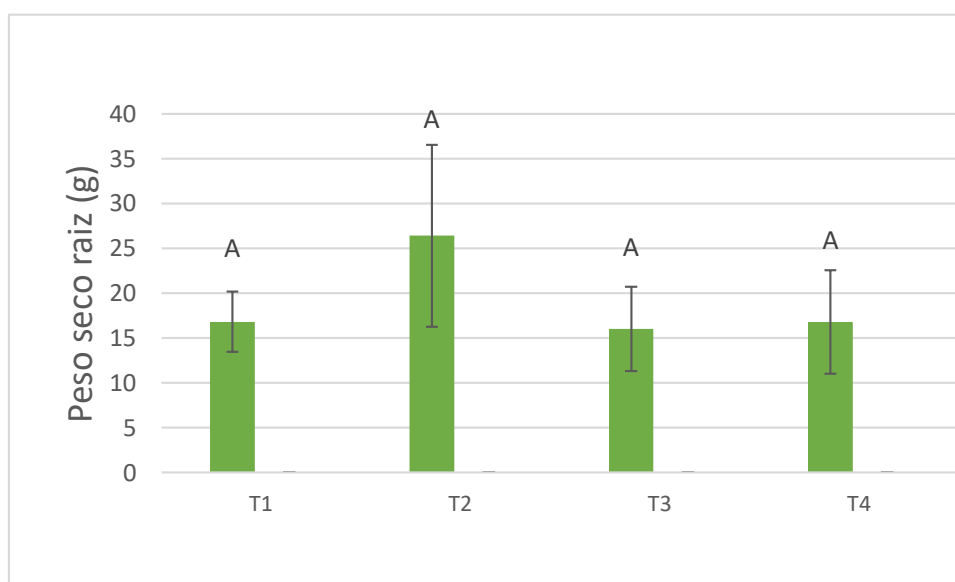


Figura 13. Peso seco de raíz obtenido en planta de tomate con diferentes soluciones. La barra superior en cada columna representa la desviación estándar y medias con una letra común no son significativamente diferentes según tukey ( $p > 0.05$ )

#### 4.1 Clorofila

De acuerdo a los resultados obtenidos, podemos observar que en la variable de nivel de clorofila (Fig. 14), el tratamiento 4, fue mayor en un 3 % al testigo y en un 24 % al tratamiento 2 que fue el que salió más bajo. Esto debido a que el T4 contenía una mayor concentración de sulfatos y amonio en la solución nutritiva en comparación con el T1 y T3.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Díaz (2023), quien evaluó 4 diferentes concentraciones de solución nutritiva en tomates en el cual, a mayor cantidad de nitrógeno en la planta, mayor cantidad de clorofila se obtuvo.

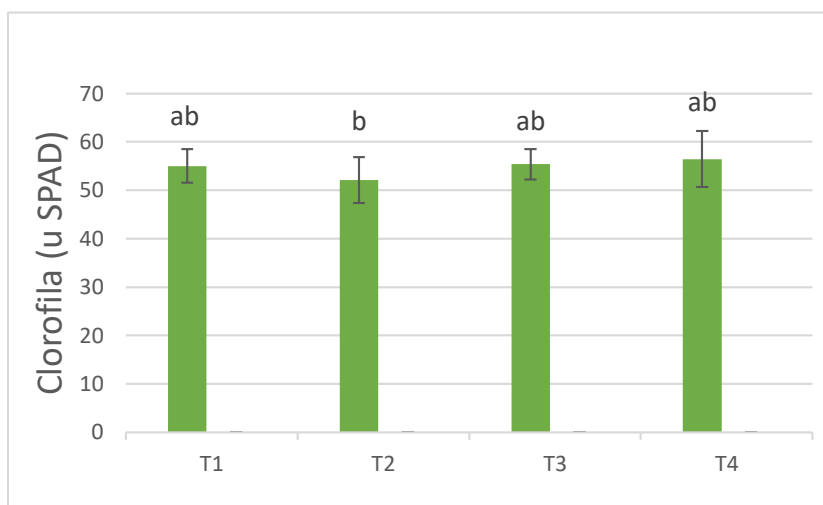


Figura 14. Contenido de clorofila obtenido en planta de tomate con diferentes soluciones. La barra superior en cada columna representa la desviación estándar y medias con una letra común no son significativamente diferentes según tukey ( $p > 0.05$ ).

#### 4.2 Peso promedio de frutos

De acuerdo a los resultados obtenidos, podemos observar que en la variable peso promedio de frutos (Fig. 15), el tratamiento 2, supera en un 7 % al testigo (T1) y en un 24.31% al T3. Esto puede ser debido a que el T2 contenía una mayor concentración de nitrato, ya que este actúa promoviendo la división celular y el crecimiento del fruto, lo que puede dar lugar a frutos más grandes y pesados.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Armenta (2001), quien evaluó las relaciones de nitratos y potasio en tomates, en donde en el primer corte una concentración más alta de nitratos se obtuvieron mayor peso en los frutos.

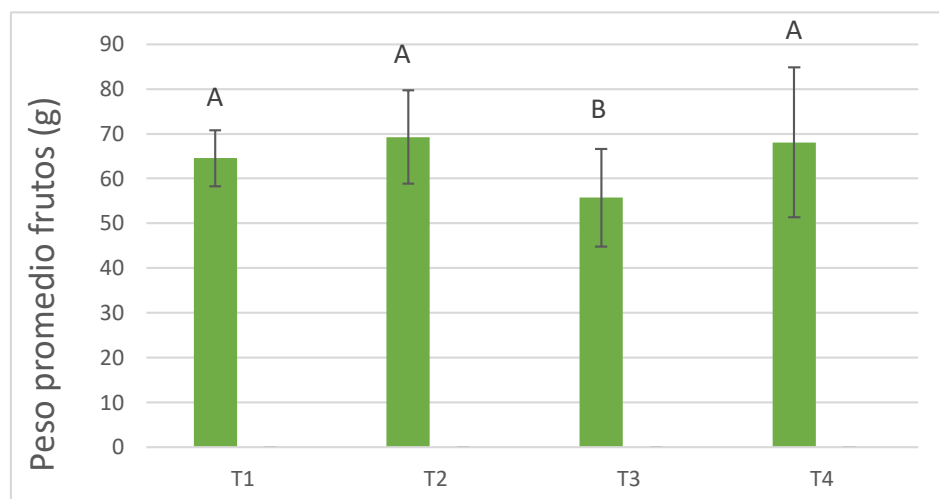


Figura 15. Peso promedio obtenido en planta de tomate con diferentes soluciones. La barra superior en cada columna representa la desviación estándar y medias con una letra común no son significativamente diferentes según tukey ( $p > 0.05$ )

#### 4.9 Número de frutos y variables de calidad (SST, firmeza, Vitamina C, diámetro polar, diámetro ecuatorial, diámetro de mesocarpio,)

De acuerdo al análisis de varianza y comparación de medias, los tratamientos aplicados no presentaron diferencias estadísticamente significativas al comparar el número de frutos y las variables de calidad del fruto, más sin embargo como se puede observar en el (Tabla 5), en las variables; firmeza, vitamina C y numero de frutos el tratamiento 2 fue el que mejores resultados obtuvo, y en el que obtuvimos mejores



resultados en la variables; diámetro ecuatorial, grados Brix y diámetro mesocarpio fue el tratamiento 4 y en cuanto el diámetro polar se obtuvo un mejor resultado en el t2 esto debido a que tenía una mayor concentración de potasio.

En cuanto al diámetro polar coincide con lo reportado por Soto (2023) ya que comenta que hay una relación entre la concentración de potasio respecto al diámetro polar del fruto.

Tabla 5. Variables de calidad (Diámetro polar, diámetro ecuatorial, mesocarpio, grados Brix, firmeza, vitamina C) y numero de frutos.

Tratamiento	D-polar (mm)	D- ecuatorial (mm)	Firmeza (Kg)	SST (° Brix)	D. mesocarpio (mm)	Vitamina C (mg/100 g)	Número de frutos
T1	65.56 a	50.69 a	3.29 a	4.87 a	6.99 a	13.85 a	18.33 a
T2	66.82 a	54.12 a	<b>3.66 a</b>	4.60 a	7.01 a	<b>15.95 a</b>	<b>18.93 a</b>
T3	<b>67.42 a</b>	50.37 a	2.97 a	4.95 a	7.59 a	12.87 a	18.40 a
T4	66.10 a	<b>55.24 a</b>	3.35 a	<b>4.98 a</b>	<b>7.62 a</b>	12.95 a	18.40 a

## 5. CONCLUSIONES

En este trabajo fue posible evaluar diferentes concentraciones de nutrientes en tomate bajo invernadero, hallando variaciones en los resultados, es necesario resaltar la presencia de enfermedades durante el experimento debido a las condiciones del ambiente (falta de luz y agua, por cuestiones ajenas).

De acuerdo a lo obtenido en el experimento podemos concluir que el tratamiento que mayores resultados obtuvo fue el tratamiento 2, dicho tratamiento presentó resultados con diferencias significativas en las variables; peso promedio de fruto, peso de la planta y peso fresco de raíz, superando al tratamiento 1 (solución Steiner) considerada como solución universal; también presentó mayor peso seco de raíz, peso seco de planta, altura de planta, firmeza, número de frutos, aunque en estas variables no hubo diferencias significativas.

Además de lo anterior, el tratamiento 4 mostró resultados buenos en las variables de diámetro de tallo y contenido de clorofila. Estos resultados brindan información útil para la producción de tomate con diferentes concentraciones de elementos.

## **6. REVISION BIBLIOGRAFICA**

Allende, M., Salinas, L., & Torres, A. (2017). Manual de cultivo del tomate bajo invernadero.

- Alvarado Portillo, L. E. (2020). Efecto de la fertilización de nitrógeno sobre los parámetros de calidad del fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de una colección de entradas de variedades locales de tomate 'de penjar'.
- Angulo Cueva, G. E. (2018). Plagas y enfermedades presentes en cultivo hidropónico de dos variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), bajo condiciones semi controladas en Chachapoyas–Perú.
- Armenta-Bojórquez, A. D., Baca-Castillo, G. A., Alcántar-González, G., Kohashi-Shibata, J., Valenzuela-Ureta, J. G., & Martínez-Garza, A. (2001). Relaciones de nitratos y potasio en fertirriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 7(1), 61-75.
- Ausay Basantes, E. C. (2015). Respuesta de tomate riñón *Lycopersicum esculentum* Mill) cv Dominic bajo invernadero a dos relaciones nitrato/amonio mediante fertirriego por goteo (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Berrueta, C., Giménez, G., Galván, G., & Borges, A. (2014). Componentes de resistencia a *Xanthomonas vesicatoria* raza T2 en genotipos de tomate en condiciones de invernadero y cámara de crecimiento. *Agrociencia (Uruguay)*, 18(1), 86-9
- Berrueta, C; Grasso, R.; Giménez, G.; Bentancur, J.; Rivero, D. 2021. Análisis de savia para la determinación rápida del nivel de potasio, nitrato y calcio en el campo. *Revista INIA* no. 67, p. 122- 126.
- Castellanos, J.Z. 2009. Manual de Producción de Tomate en Invernadero. Ed. Intagri. México. 147 p.
- Díaz-Vázquez, F. A., Cabrera-De la Fuente, M., Benavides-Mendoza, A., Robledo-Torres, V., Juárez-Maldonado, A., García-León, Á., & Sandoval-Rangel, A. (2023). Influencia de cuatro concentraciones de solución Steiner sobre los nutrientes en la solución del suelo y productividad en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Terra Latinoamericana*, 41.
- Fonseca Adrianzen, A. R. (2013). Relación Amonio/Nitrato en la producción del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en un sistema de riego por goteo en Tingo María.
- Guzmán, A., Corradini, F., Martínez, J. P., & Torres, A. (2017). Manual de cultivo del tomate al aire libre.
- Hernández Díaz, M. I., Chailloux Laffita, M., Moreno Placeres, V., Mojena Graverán, M., & Salgado Pulido, J. M. (2014). Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en la época de primavera-verano. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 106-115.

- Juárez-Maldonado, Antonio, de Alba Romenus, Karim, Zermeño González, Alejandro, Ramírez, Homero, & Benavides Mendoza, Adalberto. (2015). Análisis de crecimiento del cultivo de tomate en invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(5), 943-954. Recuperado en 08 de noviembre de 2025, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342015000500003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000500003&lng=es&tlng=es).
- Lambies, J., San Bautista Primo, A., & López Galarza, S. V. (2020). Influencia del injerto y la relación potasio/nitrógeno sobre el rendimiento y calidad del tomate valenciano. *I Congreso de la Tomaca Valenciana: La Tomaca Valenciana d'El Perelló*, 45-61.
- Lara-Izaguirre, A. Y., Rojas-Velázquez, A. N., Romero-Méndez, M. J., Ramírez-Tobías, H. M., Cruz-Crespo, E., Alcalá-Jáuregui, J. A., & Loredó-Ostí, C. (2019). Crecimiento y acumulación de NO<sub>3</sub>-en lechuga hidropónica con relaciones nitrato/amonio en dos estaciones de cultivo. *Revista fitotecnia mexicana*, 42(1), 21-29.
- Lazcano-Bello, María Isabel, Sandoval-Castro, Engelberto, Tornero-Campante, Mario Alberto, Hernández-Hernández, Brenda Nataly, Ocampo-Fletes, Ignacio, & Díaz-Ruíz, Ramón. (2021). Evaluación de sustratos, solución nutritiva y enraizador en producción de plántulas de jitomate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(1), 61-76. Epub 21 de febrero de 2022. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i1.2450>
- López Marín, L. M. (2017). Manual técnico del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*)..
- Maeso, D., Fernández, A., & Walasek, W. (2016). Control de la mancha bacteriana del tomate (*Xanthomonas* spp.) en cultivo a campo para industria mediante aplicaciones foliares, 2015-2016. INIA. Salto Grande-Uruguay.
- Martínez-Ruiz, F. E., Cervantes-Díaz, L., Aíl-Catzím, C. E., Hernández-Montiel, L. G., Sánchez, C. L. D. T., & Rueda-Puente, E. O. (2016). Hongos fitopatógenos asociados al tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) en la zona árida del noroeste de México: la importancia de su diagnóstico. *European Scientific Journal*, 12(18).
- Montaño Méndez, Iliana Enriqueta, Valenzuela Patrón, Iván Narcizo, & Villavicencio López, Kennia Valeria. (2021). Competitividad del tomate rojo de México en el mercado internacional: análisis 2003-2017. *Revista mexicana de ciencias*

- agrícolas, 12(7), 1185-1197. Epub 22 de marzo de 2022.<https://doi.org/10.29312/remexca.v12i7.2531>
- Orona-Castillo, I, Del-Toro-Sánchez, CL, Fortis-Hernández, M, Preciado-Rangel, P, Espinoza-Arellano, JJ, Rueda-Puente, E, Flores-Vázquez, M, & Cano-Ríos, P. (2022). Indicadores técnico-económicos de la producción del cultivo de tomate bajo agricultura protegida en la Comarca Lagunera, México. *Biotecnia*, 24(3), 70-76. Epub 19 de junio de 2023.<https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i3.1721>
- Parra-Terraza, S. (2017). Relaciones NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/aniones y K<sup>+</sup>/cationes en la solución nutritiva para el crecimiento de plántulas de tomate. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 7(7), 1527–1538. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i7.147>
- Parra-Terraza, S., Salas-Núñez, E., Villarreal-Romero, M., Hernández-Verdugo, S., & Sánchez-Peña, P. (2010). Relaciones nitrato/amonio/urea y concentraciones de potasio en la producción de plántulas de tomate. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 16(1), 37-47.
- R.; Berrueta, C.; Giménez, G. 2021. Monitoreo de nutrientes para la asistencia a la fertirrigación a nivel de predios. *Revista INIA* no. 66, p. 108 – 112.
- SADER, (2022), El jitomate, hortaliza mexicana de importancia mundial. Disponible en <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-jitomate-hortaliza-mexicana-de-importancia-mundial?idiom=es>
- Salas-Pérez, Lilia, González Fuentes, José Antonio, García Carrillo, Mario, Sifuentes-Ibarra, Ernesto, Parra-Terrazas, Saul, & Preciado-Rangel, Pablo. (2016). Calidad biofísica y nutracéutica de frutos de tomate producido con sustratos orgánicos. *Nova scientia*, 8(17), 310-325. Recuperado en 08 de noviembre de 2025, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-07052016000200310&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052016000200310&lng=es&tlng=es)
- SIAP (2023) Expectativas de Producción Agropecuaria y pesquera. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado en: <https://www.gob.mx/siap/documentos/expectativas-de-produccion-agropecuaria-pesquera>. Fecha de consulta: 03 de marzo 2024.
- Soto Trujillo, R. (2023). Rendimiento y calidad del cultivo de *Solanum lycopersicum* L.(tomate) con distintas concentraciones de potasio, bajo el sistema de riego por microtubos en Tingo María.
- Urbina-Sánchez, E., Cuevas-Jiménez, A., Reyes-Alemán, J. C., Alejo-Santiago, G., Valdez-Aguilar, L. A., & Vázquez-García, L. M. (2020). Solución nutritiva

- adicionada con  $\text{NH}_4^+$  para producción hidropónica de chile huacle (*Capsicum annuum* L.). Revista fitotecnia mexicana, 43(3), 291-298.
- Vera Delgado, H. E., Vera Baque, C. G., Bello Moreira, Í. P., Tipán Alcívar, J. C., Mendoza García, G. E., & Del Carmen Avellan Chancay, M. (2016). Bioensayos para potenciar extractos vegetales y controlar insectos-plagas del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Avances En Investigacion Agropecuaria, 20(3), 17–32.
- Zarza, H., Huespe, C., Mayeregger, M., Trabuco, M., Guillén, Ó., Rodas, M., & López, F. (2018). Manual básico de cultivos sin suelo para producción de tomate en invernadero.