

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS**



**Uso de humato de calcio y magnesio en calidad y rendimiento en Tomate  
(*Solanum lycopersicum* L.)**

**POR:**

**EVELYN KARIME SANTIZO BARRIOS**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO RQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO AGRONOMO**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**DICIEMBRE 2022**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Uso de humato de calcio y magnesio en calidad y rendimiento en Tomate  
(*Solanum lycopersicum L.*)

POR  
EVELYN KARIME SANTIZO BARRIOS

TESIS

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO  
REQUISITO PARACIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR

  
DR. RUBÉN LÓPEZ SALAZAR  
PRESIDENTE

  
M.C. FRANCISCA SÁNCHEZ BERNAL  
VOCAL

  
DR. HECTOR JAVIER MARTÍNEZ AGÜERO  
VOCAL

  
Ph.D. SALVADOR GODOY AVILA  
VOCAL SUPLENTE

  
DR. J. ISABEL MÁRQUEZ MENDOZA  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO  
DICIEMBRE 2022

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**Uso de humato de calcio y magnesio en calidad y rendimiento en Tomate  
(*Solanum lycopersicum* L.)**

**POR  
EVELYN KARIME SANTIZO BARRIOS**

**TESIS**

**QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**APROBADA POR**

  
DR. RUBÉN LÓPEZ SALAZAR  
ASESOR PRINCIPAL

  
M.C. FRANCISCA SÁNCHEZ BERNAL  
ASESOR

  
DR. HECTOR JAVIER MARTINEZ AGÜERO  
ASESOR

  
Ph.D. SALVADOR GODOY AVILA  
ASESOR

  
DR. J. ISABEL MÁRQUEZ MENDOZA  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Universidad Autónoma Agraria  
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO  
DICIEMBRE 2022**

## **DEDICATORIA**

### **A MIS ABUELOS**

**ANTONIO BARRIOS AGUILAR  
PAULA ROBLERO RAMIREZ  
ROMAELIA GONZALEZ VENTURA†**

Porque me enseñaron que con trabajo, esfuerzo y dedicación puedo lograr mis sueños y metas. Por el aliento que me brindaron para seguir con mis estudios, por el cariño y las sabias palabras que me motivaron a seguir adelante.

### **A MIS PADRES**

**LEONARDO SANTIZO GONZALEZ  
PAULA MAYOLA BARRIOS ROBLERO**

Porque a pesar de todo están a mi lado en las buenas y malas.

### **A MIS HERMANOS**

**MILTON DANIEL SANTIZO BARRIOS  
ALLISON SANTIZO BARRIOS**

Porque estuvieron para mí en el momento que más necesite, por el amor y apoyo emocional que me brindaron.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios infinitas gracias, porque en ningún momento me abandonó, por ser mi principal motivo de seguir adelante, por darme fe todos los días de mi formación profesional para no desistir.

A mi ALMA TERRA MATER, por cobijarme durante toda la carrera, y darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

Para el Dr. Rubén López Salazar por el apoyo desde el inicio de la realización de este trabajo.

A todas aquellas personas que estuvieron conmigo cuando los necesite, gracias por su amistad, apoyo, cariño y compañía en mi proceso de formación profesional.

## RESUMEN

Se cultiva a nivel mundial aproximadamente 3.9 millones de has de tomate, obteniendo un rendimiento de 141 millones de t. En la región Lagunera, el cultivo de tomate se ubica dentro de las cuatro hortalizas más importantes de la región. En el último año 2009, se estableció un promedio de 2,681 hectáreas con un rendimiento aproximado de 20 ton/ha. El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento y calidad en el cultivo de tomate bajo diferentes niveles de fertilización de magnesio y calcio bajo invernadero. El experimento se realizó en el invernadero número 1 del departamento de Horticultura en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL (UAAAN-UL). Se evaluaron 4 tratamientos con diferentes niveles de fertilización de magnesio y calcio, en tomate (*Solanum lycopersicum L.*) Saladette, tipo bola de crecimiento indeterminado, para este experimento se utilizó la solución universal de Steiner como testigo y para los diferentes tratamientos fueron los siguientes: tratamiento 1, con 4% de Mg + 1% de Ca, tratamiento 2 con 4% de Mg + 3% Ca, tratamiento 3 con 4% de Ca + 1% de Mg y tratamiento 4 con 4% de Ca + 1% de Mg. El diseño experimental utilizado para el presente estudio fue un diseño completamente al azar, con 4 tratamientos de seis repeticiones cada uno. Para la importancia económica y agronómica, los tratamientos no demostraron diferencias significativas, se determinó que el rendimiento más alto de importancia agronómica lo obtuvo el tratamiento 2 (4%Mg+3%Ca) en las variables de altura de plantas, diámetro de tallo, número de hojas compuestas en etapa vegetativa y reproductiva, además dentro de la importancia económica el tratamiento 1 (4% Mg + 1% Ca) sobresalió en las variables de número de frutos, peso de frutos, diámetro ecuatorial y polar. Se concluye que aun sin diferencias significativas entre tratamientos, el aumentar la dosificación de magnesio y calcio mejora la calidad de frutos, así como el rendimiento.

**Palabras clave:** Humato de Calcio, Humato de Magnesio, Tomate Saladette, Steiner, Nutrición Orgánico Mineral.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
RESUMEN .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	iv
INDICE DE CUADROS .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos .....	3
1.2. Hipótesis .....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1.1. Origen .....	4
2.1.2. Importancia económica del cultivo .....	4
2.1.3. Importancia mundial .....	5
2.1.4. Importancia nacional .....	5
2.1.5. Importancia regional .....	6
2.2. Clasificación taxonómica .....	6
2.2.1. Descripción morfológica del tomate .....	7
2.2.2. Raíz .....	7
2.2.3. Tallo .....	7
2.2.4. Hojas .....	8
2.2.5. Flores .....	8
2.2.6. Fruto .....	8
2.2.7. Planta .....	9
2.2.8. Semilla .....	9
2.3. Requerimientos climáticos .....	9
2.3.1. Temperatura .....	10
2.3.2. Humedad relativa .....	10
2.3.3. Radiación solar .....	10
2.3.4. Evaporación .....	11
2.3.5. Vientos .....	11

2.3.6. Horas luz.....	11
2.3.7. Heladas .....	12
2.4. Suelo .....	13
2.4.1. pH .....	13
2.4.2. Conductividad eléctrica.....	13
2.4.3. Contenido de materia orgánica .....	13
2.5. Macronutrientes.....	14
2.5.1. Nitrógeno.....	14
2.5.2. Fósforo.....	15
2.5.3. Potasio .....	15
2.5.4. Calcio.....	16
2.5.5. Magnesio .....	17
2.5.6. Azufre .....	17
2.6. Micronutrientes .....	17
2.6.1. Hierro.....	17
2.6.2. Zinc .....	18
2.6.3. Molibdeno.....	18
2.6.4. Boro .....	19
2.6.5. Cobre .....	20
2.6.6. Manganeso.....	20
2.6.7. Cloro .....	21
2.6.8. Aluminio.....	21
2.6.9. Sodio.....	22
2.6.10. Cobalto.....	22
2.7. Requerimientos de agua de riego .....	23
2.7.1. Calidad de agua de riego .....	23
2.7.2. Conductividad eléctrica.....	24
2.8 Manejo del cultivo .....	24
2.8.1. Invernadero.....	24
2.8.2. Ventajas y Desventajas de producción en invernadero .....	25
2.8.3. Sustratos .....	25
2.8.4. Trasplante .....	26



2.8.5. Fertilizaciones del cultivo .....	27
2.8.6. Solución Nutritiva.....	27
2.8.7. Tutorado .....	28
2.8.8. Poda.....	29
2.9. Principales plagas en el cultivo .....	29
2.9.1. Mosquita blanca .....	29
2.9.2. Minador .....	33
2.10. Principales enfermedades en el cultivo .....	36
2.11. Madures fisiológica.....	38
2.12. Cosecha de fruto .....	38
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>40</b>
3.1. Localización Geográfica de la Comarca Lagunera.....	40
3.2. Localización del experimento .....	40
3.3. Material de siembra.....	40
3.4. Sustrato.....	41
3.5. Siembra en charolas.....	41
3.6. Llenado de macetas.....	41
3.7. Trasplante.....	41
3.8. Diseño experimental.....	42
3.9. Elaboración de solución nutritiva.....	42
3.10. Riego con solución nutritiva .....	43
3.11. Manejo del cultivo .....	43
3.11.1. Tutoreo.....	43
3.11.2. Podas de hojas senescentes y brotes auxiliares.....	43
3.11.3. Manejo de plagas y enfermedades.....	44
3.11.4. Cosecha.....	44
3.12. Variables evaluadas.....	44
3.12.1. Altura de planta .....	44
3.12.2. Número de hojas .....	45
3.12.3. Peso total de racimos .....	45
3.12.4. Diámetro ecuatorial .....	45
3.12.5. Diámetro polar .....	45

3.12.6. Grados Brix.....	45
3.12.7. Firmeza .....	45
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>46</b>
4.1. Variables de crecimiento .....	46
4.1.1. Altura de plantas etapa vegetativa .....	46
4.1.2. Altura de planta etapa reproductiva.....	47
4.1.3. Diámetro de tallo etapa vegetativa .....	48
4.1.4. Diámetro de tallo etapa reproductiva .....	48
4.1.5. Hojas compuestas .....	49
4.2. Variables de rendimiento.....	50
4.2.1. Número de racimos .....	50
4.2.2. Número de flores.....	50
4.2.3. Número de frutos .....	51
4.3. Variables de calidad.....	52
4.3.1. Peso de frutos.....	52
4.3.2. Diámetro ecuatorial .....	53
4.3.3. Diámetro polar .....	53
4.3.4. Firmeza.....	54
4.3.5. Grados Brix.....	55
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>56</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>57</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1</b> Solución nutritiva para tomate en sustrato (INTAGRI, 2017). .....	28
<b>Cuadro 2</b> Soluciones nutritivas. ....	42
<b>Cuadro 3</b> Altura de plantas etapa vegetativa de tomate ( <i>S. lycopersicum</i> L), en la Comarca Lagunera, 2021 .....	47
<b>Cuadro 4</b> Altura de plantas en etapa reproductiva de tomate ( <i>S. lycopersicum</i> L.), en la Comarca Lagunera, 2021 .....	47
<b>Cuadro 5</b> Diámetro de las plantas etapa vegetativa de tomate ( <i>S. lycopersicum</i> L.), en la Comarca Lagunera, 2021 .....	48
<b>Cuadro 6</b> Diámetro de plantas en etapa reproductiva en tomate ( <i>S. lycopersicum</i> L.) en la Comarca Lagunera, 2021 .....	49
<b>Cuadro 7</b> Hojas compuesta en etapa vegetativa en tomate ( <i>S. lycopersicum</i> L.) en la Comarca Lagunera, 2021 .....	49
<b>Cuadro 8</b> etapa reproductiva número de racimos en tomate ( <i>S. lycopersicum</i> L.) en la Comarca Lagunera, 2021 .....	50
<b>Cuadro 9</b> número de flores por planta en etapa reproductiva en tomate ( <i>S. lycopersicum</i> L.) en la Comarca Lagunera, 2021 .....	51
<b>Cuadro 10</b> número de frutos en etapa de fructificación en tomate ( <i>S. lycopersicum</i> L.) en la Comarca Lagunera, 2021 .....	51
<b>Cuadro 11</b> Peso de frutos en tomate ( <i>S. lycopersicum</i> L.) en la Comarca Lagunera, 2021 .....	52
<b>Cuadro 12</b> Diámetro ecuatorial en frutos de tomate ( <i>S. lycopersicum</i> L.) en la Comarca Lagunera. 2021 .....	53
<b>Cuadro 13</b> Diámetro polar de frutos en tomate ( <i>S. lycopersicum</i> L.) en la Comarca Lagunera, 2021 .....	54
<b>Cuadro 14</b> Firmeza en frutos de tomate ( <i>S. lycopersicum</i> L.) en la Comarca Lagunera, 2021 .....	54
<b>Cuadro 15</b> Grados Brix en tomate ( <i>S. lycopersicum</i> L.) en la Comarca Lagunera, 2021 .....	55

## I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicon L.*) es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia comercial en el mundo y está priorizado entre las hortalizas, debido a su alta demanda y a la gran importancia que posee en la dieta de la población, tanto en consumo fresco como en conservas, en forma de jugos o pastas (Moya, *et al.*, 2009).

En México se siembran alrededor de 55,000 ha de tomate, que es una de las hortalizas de mayor producción con un rendimiento promedio de 41 t·ha<sup>-1</sup>. Los mayores porcentajes los aportan Sinaloa, Michoacán y Baja California. Esta solanácea tiene una gran influencia y derrame económico sobre otros sectores que subsisten por su producción y comercialización, a través de la generación de empleos, dado que requiere gran número de trabajadores (Leyva *et al.*, 2013).

El tomate (*S. lycopersicum L.*) posee altos contenidos de licopeno, vitaminas C y A y flavonoides, actualmente estos compuestos son considerados como “antioxidantes”, ya que se encuentran asociados con la prevención de enfermedades de tipo carcinogénicas y cardiovasculares (Luna y Delgado, 2014).

Una nutrición vegetal adecuada y equilibrada es esencial para el desarrollo de la planta consecuentemente sobre la calidad del fruto. Tanto el contenido de un nutriente, como el equilibrio entre dos o más elementos químicos pueden afectar el crecimiento y estado fisiológico del fruto, pudiendo originar alteraciones tanto por deficiencia como por una dosis excesiva (Alarcón, 2013).

El contenido de nitrógeno está directamente relacionado con la síntesis de proteínas y carotenoides, pudiendo afectar a la coloración del fruto, tanto a nivel de la piel como de la pulpa. Aplicaciones bajas de nitrógeno mejoran la calidad de los frutos de producción hortícolas en cuanto al contenido de vitamina C en tomate. Mientras que se ha reportado que cantidades excesivas de este elemento pueden disminuir la firmeza, el contenido de materia seca, azúcares totales y sólidos solubles (Alarcón, 2013).

El calcio es el elemento con más frecuencia se ha relacionado con la calidad de los productos hortícolas y en especial con la textura, debido a que participa en numerosos procesos del desarrollo y en el mantenimiento de la estructura de la pared celular, por su capacidad para establecer enlaces iónicos con los grupos carboxilatos de las pectinas (Alarcón, 2013).

Este catión ( $\text{Ca}^{2+}$ ) es responsable de un elevado número de alteraciones fisiológicas o fisiopatológicas que se pueden manifestar durante el crecimiento del fruto en la planta o posteriormente en la postcosecha. Todas ellas tienen una repercusión económica importante, ya que las producciones afectadas no son comercializables (Alarcón, 2013).

El Magnesio es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas, siendo las siguientes funciones, las de mayor importancia en la planta: Interviene en la composición del núcleo porfirínico de la clorofila, presentándose como un 2,7% de ésta y siendo esta cantidad, una pequeña fracción del Mg total en la planta, activador enzimático: Por lo menos 16 enzimas de fosforilación, necesitan el Mg

como activador y algunos autores dan un rol preponderante al Mg en la formación de proteínas (Mendoza, 2020).

Los ácidos húmicos constituyen la principal fracción de las sustancias húmicas y representan los componentes activos mayoritarios del suelo y la materia orgánica, juegan un importante papel en los procesos agrícolas, debido a que incrementan la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la fertilidad de los suelos, convirtiendo los elementos minerales en formas asimilables para las plantas (Alarcón, 2013).

### **1.1. Objetivos**

- Evaluar el comportamiento del tomate bajo la nutrición de nitrato de calcio, sulfato de magnesio y ácido húmico

### **1.2. Hipótesis**

Ha: El uso de un humato de Calcio y Magnesio genera calidad y rendimiento en tomate (*S. lycopersicum L.*)

Ho: El uso de un humato de Calcio y Magnesio no genera calidad y rendimiento en tomate (*S. lycopersicum L.*)

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1.1. Origen

El origen del tomate está situado en las regiones de Sudamérica, principalmente en Ecuador, Perú y Chile, también aparecieron unas plantas nativas en la región galápagos. Hoy en día, se siguen observando plantas silvestres en diversas zonas de Sudamérica, lo cual nos permite realizar investigaciones para obtener nuevas variedades de tomate (Aguilar, 2021).

La palabra “Xitomatl” en lengua nahuatl del México precolombino, es sin duda el origen del nombre moderno. Jitomate es el vocablo usado en el centro de México para este fruto, sin embargo, en el sur y norte del país y en otros lugares del mundo hispano, se le denomina tomate (Matos *et al.*, 2018).

### 2.1.2. Importancia económica del cultivo

Es una de las hortalizas de mayor importancia económica en el mundo, representando una superficie cultivada de 4 762 457 Ha y una producción mayor a 164 millones de toneladas; el principal continente productor es Asia con más de 60% de la producción a nivel mundial, seguido por el continente americano con alrededor del 15%. En México se cultiva todo el año, especialmente en la zona norte del país, durante 2014 se sembraron 52 374.91 Ha con una producción de 2 875 164.08 toneladas según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, además, es uno de los principales productos agroalimentarios de exportación con valor promedio anual durante el periodo 2000-2009 de \$899 millones de USD (Matos *et al.*, 2018).

### **2.1.3. Importancia mundial**

Se cultiva a nivel mundial aproximadamente 3.9 millones de has, obteniendo un rendimiento de 141 millones de t. El mayor productor es China cubriendo 1/3 aproximadamente seguido por Estados Unidos, Turquía e India son los países que más producen (Aguilar, 2021).

El cultivo de tomate es considerado la hortaliza más producida a nivel mundial hasta en un 50% por su valor económico, ya que genera empleo, además de ser parte de la alimentación de las personas por ser fuente de minerales y vitaminas. Cada año el rendimiento de dicho cultivo aumenta en una menor superficie por la demanda que genera. A pesar de ser cultivado en distintas zonas del mundo en las cuales el clima y el tipo de suelo varían se adapta mejor a climas secos (Álvarez-Medina, 2017).

### **2.1.4. Importancia nacional**

México ocupa el 10 lugar como productor a nivel mundial, siendo una de las principales hortalizas de exportación. En el 2018, se sembraron en México 47200 ha, con una producción de 3 377 723 t; siendo los principales estados productores Sinaloa, San Luis Potosí y Michoacán (Roque-Enriquez *et al.*, 2021).

En México se siembran anualmente alrededor de 80 000 ha, con un rendimiento promedio de 28.7 t ha<sup>-1</sup> en condiciones de campo, por lo cual es la hortaliza más importante por la superficie sembrada. El tomate ha sido y es de gran importancia socioeconómica para México, ya que anualmente se exporta a Estados Unidos 90 % de la producción, principalmente en la temporada invernal (Hernández *et al.*, 2013).



### **2.1.5. Importancia regional**

En la región Lagunera, se establecen una gran gama de especies vegetales; cuyas siembras se encuentran agrupadas en dos ciclos agrícolas: el de otoño-invierno y el de primavera-verano. El ciclo más importante para estos cultivos en la región es el de primavera-verano. Donde el cultivo de tomate se ubica dentro de las cuatro hortalizas más importantes de la región después del melón, sandía y chile (Figuroa, 2010).

En el último año 2009, se estableció un promedio de 2,681 hectáreas con una producción de 53,219 toneladas con un rendimiento aproximado de 20 ton/ha. En la región lagunera el municipio de Lerdo, Durango, principalmente ciudad Juárez Durango, es el área de mayor importancia donde anualmente se establece alrededor del 36% de la superficie de la región con este cultivo, además existen otros municipios como: Matamoros, San Pedro, Francisco I Madero y Viesca (Figuroa, 2010).

## **2.2 Clasificación taxonómica**

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta (Angiospermae)

Clase: Magnoliósida (Dicotiledonea)

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Tribu: Solaneae

Género: Solanum

Especie: *S. Lycopersicum* L.

### **2.2.1. Descripción morfológica del tomate**

El tomate pertenece a la familia Solanaceae. Es una planta dicotiledónea y herbácea perenne, que se cultiva en forma anual para el consumo de sus frutos (López, 2016).

### **2.2.2 Raíz**

Ayuda a la planta a anclarse al suelo o al sustrato, absorbe y transporta nutrientes y agua a la parte superior de la planta. Está constituido por la raíz principal y las raíces secundarias y adventicias; estas últimas son numerosas y potentes y no superan los 30 cm de profundidad. El interior de la raíz presenta tres partes: epidermis, córtex y cilindro vascular. La epidermis contiene pelos que absorben el agua y los nutrientes, mientras que el córtex y el cilindro vascular cumplen la función de transportar los nutrientes (López, 2016).

### **2.2.3. Tallo**

Es grueso, pubescente, anguloso y de color verde. Mide entre 2 y 4 cm de ancho y es más delgado en la parte superior. En el tallo principal se forman tallos secundarios, nuevas hojas y racimos florales, y en la porción distal se ubica el meristemo apical, de donde surgen nuevos primordios florales y foliares. Inicialmente el tallo tiene una apariencia herbácea; está compuesto de epidermis con pelos glandulares, corteza, cilindro vascular y tejido medular (López, 2016).

#### **2.2.4. Hojas**

Es pinnada y compuesta. Presenta de siete a nueve folíolos peciolados que miden 4-60 mm x 3-40 mm, lobulados y con borde dentado, alternos, opuestos y, por lo general, de color verde, glanduloso-pubescente por el haz y cenicento por el envés. Se encuentra recubierta de pelos glandulares y dispuestos en posición alternada sobre el tallo. La posición de las hojas en el tallo puede ser semierecta, horizontal o inclinada. Puede ser de tipo enana, hoja de papa, estándar, *peruvianum*, *pimpinellifolium* o *hirsutum* (López, 2016).

#### **2.2.5. Flores**

Es perfecta y regular. Los sépalos, los pétalos y los estambres se insertan en la base del ovario. El cáliz y la corola constan de cinco o más sépalos y de cinco pétalos de color amarillo, que se encuentran dispuestos de forma helicoidal. Poseen cinco o seis estambres que se alternan con los pétalos (figura 3), formando los órganos reproductivos. El ovario tiene dos o más segmentos (López, 2016).

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

#### **2.2.6. Fruto**

Es una baya bilocular o plurilocular, subesférica globosa (figura 4) o alargada, que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 g. El fruto

está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. En estado inmaduro es verde y, cuando madura, es rojo (López, 2016).

### **2.2.7. Planta**

Son plantas cuyos tallos principal y lateral crecen en un patrón continuo, siendo la yema terminal del tallo la que desarrolla el siguiente tallo. La floración, fructificación y la cosecha se extienden por periodos muy largos, por lo que son usualmente cultivadas en invernaderos o casas sombra con tutoreo. Poseen condiciones adecuadas para un crecimiento continuo, dado que forman hojas y flores de manera ilimitada. La aparición de flores en los racimos y su grado de desarrollo son escalonados: las primeras flores del racimo pueden estar totalmente abiertas, mientras que las últimas aún no se abren (López, 2016).

### **2.2.8. Semilla**

El fruto contiene las semillas, que tienen un tamaño promedio de 5 x 4 x 2 mm. Son ovoides, comprimidas, lisas o muy velludas, parduzcas y están embebidas en una abundante masa mucilaginosa. Cada semilla está compuesta por el embrión, el endospermo y la cubierta seminal (López, 2016).

## **2.3. Requerimientos climáticos**

Las condiciones climáticas para su óptimo desarrollo son 10° y 30° C., permitiendo obtener frutos de buena calidad y larga vida de anaquel; las altas temperaturas favorecen la absorción de nutrientes (Cuesta, 2007).

### **2.3.1. Temperatura**

La temperatura óptima de desarrollo del cultivo oscila entre 20 °C y 30 °C durante el día y entre 10 °C y 17 °C durante la noche. Temperaturas superiores a los 30 °C reducen el fructificación y la fecundación de los óvulos, afectan el desarrollo de los frutos y disminuyen el crecimiento y la biomasa de la planta. Las plantas de tomate se desarrollan mejor con temperaturas de entre 18 °C y 24 °C. Temperaturas diurnas inferiores a 12-15 °C pueden originar problemas en el desarrollo de la planta, mientras que temperaturas diurnas superiores a 30 °C e inferiores a 12 °C afectan la fecundación (López, 2016).

### **2.3.2. Humedad relativa**

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

### **2.3.3. Radiación solar**

Cuando la luminosidad es reducida, ello puede afectar en forma negativa los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta. Durante los

periodos críticos del desarrollo vegetativo de la planta la interrelación entre la temperatura diurna, nocturna y la luminosidad es fundamental. Por tal motivo se recomienda no cultivar tomate en sitios que permanecen nublados, ya que los rendimientos disminuyen considerablemente (López, 2016).

#### **2.3.4. Evaporación**

La evaporación y transpiración en un cultivo varía según las etapas de desarrollo y crecimiento de este, siendo el requerimiento hídrico y la tasa de evaporación son diferentes para cada cultivo, mismas que dependen de condiciones climáticas (Ruelas *et al.*, 2022).

#### **2.3.5. Vientos**

Las variables meteorológicas como temperatura, viento, humedad relativa, déficit de presión de vapor y potencial hídrico atmosférico determinan el consumo de agua y nutrimentos en los cultivos y son variables para calendarización del riego (Mendoza *et al.*, 2018).

#### **2.3.6. Horas luz**

El color del tomate es el factor más importante de calidad para el consumidor y la industria y está determinado principalmente por el contenido de licopeno, este compuesto representa alrededor del 83% del total de los pigmentos de los frutos, siendo también el carotenoide más abundante que constituye aproximadamente el 90 % de todos estos compuestos en frutos maduros. Luminosidad o Radiación El tomate es un cultivo que no le afecta el fotoperiodo o largo del día, sus necesidades de luz oscilan entre las 8 y 16 horas luz al día (Jarquín, 2013).

La acumulación de fitoquímicos como el licopeno son fuertemente afectados por la intensidad, duración y longitudes de onda de la luz. Los frutos de tomate expuestos a la irradiación directa del sol tuvieron menores contenidos de licopeno que los frutos crecidos bajo sombra; esta diferencia fue debida a la alta temperatura en la superficie del fruto expuesta a la luz solar directa (Jarquín, 2013).

### **2.3.7. Heladas**

Este cultivo disminuye su potencial de rendimiento cuando se establece en ambientes con temperaturas del aire que oscilan entre una temperatura mínima (8-12 °C). El tomate cultivado puede sufrir de estrés por frío en todas las etapas de 2 crecimiento y desarrollo (Ramírez, 2018).

El estrés por baja temperatura es importante porque afecta la producción. Cuando la temperatura ambiente se desvía de la óptima, ocurren cambios fisiológicos, bioquímicos, metabólicos y moleculares dentro de la planta (Ramírez, 2018).

Cierta tolerancia a bajas temperaturas puede ser inducida por la exposición anterior a temperaturas por abajo de la óptima, y se conoce como tolerancia a las bajas temperaturas o aclimatación al frío. La capacidad de aclimatación de las plantas a una mayor resistencia de un factor de estrés se determina por su capacidad para mantener sus procesos fisiológicos dentro de niveles razonables, a una mayor variación de este factor. La trascendencia de estos efectos depende de la capacidad genética de la planta, de responder la intensidad y duración del estrés y si ocurre solo o en combinación con otros factores, cambios de temperatura, edad, estado de hidratación de la planta y la época del año (Ramírez, 2018).

## **2.4. Suelo**

La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en lo que se refiere al drenaje, aunque prefiere suelos sueltos de textura silíceo-arcillosa y ricos en materia orgánica. Sin embargo, se desarrolla perfectamente en suelos arcillosos enarenados (Sánchez, 2021).

### **2.4.1. pH**

En cuanto al pH, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente Maestría Interinstitucional en Agricultura Protegida 12 alcalinos cuando están enarenados. Es la planta cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego (Sánchez, 2021).

### **2.4.2. Conductividad eléctrica**

Las especies de tomate, cultivadas o silvestres, son medianamente sensibles a la salinidad y presentan un umbral de tolerancia, de 2,5dS·m<sup>-1</sup> cuantificado en el extracto de saturación del suelo y expresado en conductividad eléctrica (CE), Por cada unidad por encima del umbral el rendimiento disminuye 10% y valores menores al umbral limitan el desarrollo óptimo del cultivo. A su vez, esas condiciones reducen la producción de fotoasimilados, área foliar, altura de planta y, tallos, longitud de raíz y acumulación de materia seca por la planta, La tolerancia a la salinidad varía en relación al genotipo y el órgano de la planta (Lara *et al.*, 2015).

### **2.4.3. Contenido de materia orgánica**

La materia orgánica del suelo proviene de la degradación de las raíces, residuos de plantas y organismos vivientes o muertos del suelo. Normalmente representa de 1 al 6% en peso, es de gran importancia por su influencia en la



estructura del suelo, en la capacidad de retención de agua, nutrientes, y en los efectos bioquímicos de sus moléculas sobre las plantas. La función más importante de la MO es el aumento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC); si no ocurrieran reacciones de intercambio de bases o cationes en el suelo, la disponibilidad de nutrientes para la planta se vería reducida fuertemente (Muñoz, 2018).

## **2.5. Macronutrientes**

Los macronutrientes son elementos necesarios en cantidades relativamente abundantes para asegurar el crecimiento y supervivencia de las plantas (Calvo, 1999).

### **2.5.1. Nitrógeno**

Es el principal elemento nutritivo en la formación de órganos vegetativos de la planta. El tomate es sensible a la deficiencia de nitrógeno en la fase vegetativa y durante la maduración. La falta de este elemento afecta el desarrollo de la planta; el follaje se vuelve verde pálido o amarillo, las hojas jóvenes y las ramificaciones son muy finas. Se produce un florecimiento tardío y disminución en el peso de los frutos. La forma del nitrógeno es de gran importancia en la producción de tomate (Ramírez, 2022).

La relación óptima entre el nitrógeno amoniacal y nítrico depende de la etapa de crecimiento y del pH del medio de crecimiento. Las plantas que crecen en un medio con mayor proporción de  $\text{NH}_4^+$  - tienen como efecto un menor peso en fresco, así como mayores signos de estrés que las plantas que crecen sobre ambiente con mayor proporción de  $\text{N-NO}_3^-$ . Al incrementar la proporción de nitrato

y amonio, la CE se incrementa y por consiguiente el rendimiento se reduce, Sin embargo, cuando se duplica la dosis de nitrato de potasio la CE se incrementa sin efectos adversos en los rendimientos que por el contrario aumentan también (Ramírez, 2022).

### **2.5.2. Fósforo**

En el cultivo de tomate es necesario aplicar este elemento antes del trasplante o a la siembra, debido a que posee problemas de asimilación por las plantas. Una buena disponibilidad de fósforo acelera el desarrollo radicular, el fructificación es temprana, mejora la producción y la calidad del fruto (Ramírez, 2022).

### **2.5.3. Potasio**

Este elemento es necesario en el tomate para la formación de tallos y frutos, síntesis de carbohidratos, aumento de sustancias sólidas, coloración y brillantez de los frutos. Ayuda a eliminar la acción perjudicial de otros elementos, favoreciendo la asimilación de los minerales esenciales. El papel clave del potasio en la planta de tomate, como se describe (Ramírez, 2022).

#### **Balance de cargas negativas en la planta**

Como el  $K^+$  es un catión dominante, permite el balance de cargas negativas de aniones minerales y orgánicos. Por lo tanto, se requiere una alta concentración de K en las células para este propósito. Regulación del proceso metabólico en células (Ramírez, 2022).

Una de las funciones principales es la de activación de enzimas- para la síntesis de proteínas, azúcares, almidones, etc. Así mismo en la estabilización del pH de las células de 7 a 8, el paso a través de membranas y en el balance de protones durante el proceso de la fotosíntesis (Ramírez, 2022).

#### Regulación de la presión osmótica

Regulación de la turgencia en plantas, marcadamente en células guardianas de las estomas. En el floema, el K contribuye a la presión osmótica y por lo mismo al transporte de sustancias metabólicas del ambiente gaseoso a la planta. El potasio contribuye a incrementar el peso seco y el contenido de azúcares en el fruto, así como controlar la turgencia de los frutos y consecuentemente la vida de anaquel del fruto (Ramírez, 2022).

#### **2.5.4. Calcio**

El calcio es importante para los tomates en todas las etapas fenológicas, porque es responsable de la altura de la planta y el número de hojas. El calcio es un componente esencial de la pared celular y la estructura de la planta. Es el elemento responsable de la firmeza del fruto de tomate. Retrasa la senescencia en hojas, por lo tanto, está alargando la vida útil y productiva de la hoja y la cantidad total de asimilados producidos por las plantas (Ramírez, 2022).

Aproximadamente el 90% del calcio se encuentra en las paredes de la célula. Actúa como un factor de cohesión que consolida células juntas y sostiene su estructura en los tejidos de la planta. Mantiene la integridad de las membranas celulares. Es importante para el funcionamiento apropiado de mecanismos de

absorción, así como para prevenir el escape de elementos fuera de las células (Ramírez, 2022).

### **2.5.5. Magnesio**

Es un componente de la clorofila, es el pigmento verde de las plantas. La clorofila es esencial para el proceso de fotosíntesis. Se evidencia la deficiencia de este nutriente la etapa de crecimiento con la aparición de clorosis en la punta de las hojas (Ramírez, 2022).

### **2.5.6. Azufre**

Este elemento es vital para el desarrollo de proteínas y semillas (Ramírez, 2022).

## **2.6. Micronutrientes**

Dentro de los micronutrientes están (Fe), el manganeso (Mn), el zinc (Zn), el cobre (Cu), el molibdeno (Mo), el cloro (Cl) y el boro (B). Estos elementos a pesar de que los suministra en cantidades menores no dejan de ser menos importantes para las plantas. Son absorbidos en pequeñas cantidades, su rango de absorción óptima es muy pequeño (Leitón, 2020).

### **2.6.1. Hierro**

Participa en las reacciones de óxido reducción y en la síntesis de clorofila. Es el micronutriente que se ve más afectado por la condición de pH del suelo o solución nutritiva, ya que a pH ácidos se incrementa su disponibilidad, mientras que al aumentar el pH se reduce su disponibilidad drásticamente. Para el cultivo de tomate, la solución nutritiva contiene de 1.0 a 2.0 ppm de Fe, normalmente en la forma de Fe- EDTA o Fe-DTPA (Castellanos, 2009).

La deficiencia de Fe es común en suelos calcáreos o de pH alcalino, donde las hojas jóvenes se tornan cloróticas. También, un mal manejo del riego puede provocar una condición de anaerobiosis que da lugar a una deficiencia de Fe (Castellanos, 2009).

### **2.6.2. Zinc**

Son alrededor de 1800 enzimas que deben su actividad a la presencia de zinc en la planta. También participa en la regulación hormonal, particularmente en la síntesis de auxinas. Al igual que el Fe, el zinc también suele encontrarse deficiente en suelos calcáreos, además, también en suelos que han sido nivelados mediante cortes y rellenos. La materia orgánica promueve mayor disponibilidad de este micronutriente. La solución nutritiva contiene alrededor de 0.5 ppm de zinc (Castellanos, 2009).

Por su papel en la regulación hormonal los síntomas de deficiencia de zinc se muestran como hojas jóvenes pequeñas, con moteado intervenal. Las yemas toman una coloración pálida y puede ocurrir un bronceado del fruto (Fernández y Camacho, 2008). Por otro lado, la toxicidad de zinc ocasiona un acortamiento de entrenudos y puede desarrollar una deficiencia de Fe en la planta (Castellanos, 2009).

### **2.6.3. Molibdeno**

El Mo difiere del Fe, Mn y Cu, en el hecho de que está presente en las plantas como anión, principalmente en la forma más oxidada, Mo(VI), pero también como Mo(V) y Mo(IV). Además, diferente a todas las otras deficiencias de micronutrientes, la deficiencia de Mo está asociada con las condiciones de pH bajo. También es

importante anotar que de todos los micronutrientes el Mo está presente en las plantas en menor concentración (Kyrkby y Römheld, 2007).

Las plantas con deficiencia de Mo muestran un aumento de compuestos solubles de N, como amidas, y la actividad de la ribonucleasa, en cuanto a las concentraciones de proteínas, se reduce indicando que el Mo está envuelto en la síntesis de estos compuestos. Este papel en la síntesis de proteínas puede ser el responsable del efecto directo del Mo sobre la concentración de la clorofila, la estructura de los cloroplastos y el crecimiento (Kyrkby y Römheld, 2007).

Los síntomas de deficiencia de Mo difieren entre especies vegetales, pero los síntomas típicos son el punteado intervenal, la clorosis marginal de las hojas más viejas y enrollamiento hacia arriba de los márgenes de las hojas. A medida que la deficiencia progresa, aparecen manchas necróticas en las puntas y los márgenes de las hojas, las cuales se asocian con altas concentraciones de nitrato en el tejido (Kyrkby y Römheld, 2007).

#### **2.6.4. Boro**

La deficiencia de B es relativamente fácil de inducir y los síntomas aparecen rápidamente junto con los cambios peculiares en la actividad metabólica. Estos cambios se han investigado a través de los años y las funciones en las que se piensa que participa el B incluyen el transporte de azúcares, lignificación de la pared celular, estructura de la pared celular, metabolismo de los carbohidratos, metabolismo del ARN, respiración, metabolismo del AIA, metabolismo de los fenoles, función de la membrana, fijación de N<sub>2</sub>, metabolismo de ascorbato y disminución de la toxicidad del Al (Kyrkby y Römheld, 2007).

Existe evidencia creciente de que algunos de estos efectos son los que Marschner (1995) describió como efectos secundarios originados por la falta de B en la pared celular, en la membrana o en la interface de la membrana plasmática con la pared celular (Kyrkby y Römheld, 2007).

#### **2.6.5. Cobre**

En la solución nutritiva el cobre se encuentra en el orden de 0.05 ppm de Cu. A pesar de que se requiere en menor cantidad, es un elemento que tiene problemas en suelos alcalinos, haciendo necesaria su aplicación. La deficiencia de Cu ocasiona un lento crecimiento de la planta y se distorsiona el punto de crecimiento pudiendo secarse y morir el tejido. Según Fernández y Camacho (2008), también puede producir marchitez de los frutos e incluso el rajado de los mismos. Por el contrario, un exceso de Cu puede provocar una deficiencia de Fe (Castellanos, 2009).

#### **2.6.6. Manganeso**

Este micronutriente también está involucrado en las reacciones de óxido-reducción y transferencia de electrones en el cloroplasto. Generalmente la solución nutritiva tiene una concentración de Mn que va de 0.5 a 1.0 ppm (Castellanos, 2009).

En el cultivo de tomate, la deficiencia de Mn provoca una clorosis intervenal con las nervaduras propiamente verdes en las hojas maduras medias, permaneciendo el resto de la planta con las hojas verde oscuro. Por su parte, el exceso de Mn reduce el crecimiento de la planta y provoca una necrosis a lo largo de la vena principal. Cuando el exceso es severo, los síntomas aparecen en las hojas más viejas (Castellanos, 2009).

### **2.6.7. Cloro**

El Cl es un nutriente excepcional en las plantas. Por ser generalmente requerido en muy bajas concentraciones puede clasificarse como un micronutriente, pero es común que se presente en los tejidos de las plantas en concentraciones mucho mayores, semejantes a las que normalmente serían asociadas con los macronutrientes. Esto es un reflejo de la amplia distribución de Cl en la naturaleza (Kyrkby y Römheld, 2007).

La intervención como cofactor para activar el fraccionamiento de la molécula del agua en el foto-sistema II (FS II) es la función más conocida del Cl. Ha sido más fácil demostrar la necesidad del Cl en el FS II utilizando fragmentos de cloroplasto que con experimentos con cloroplastos intactos aislados de plantas con deficiencia de este nutriente. Los síntomas típicos de deficiencia de Cl incluyen la caída de las hojas, enrollamiento de los folíolos, bronceamiento y clorosis similares a la deficiencia de Mn y severa inhibición del crecimiento radicular (Kyrkby y Römheld, 2007).

### **2.6.8. Aluminio**

El aluminio ayuda en el desarrollo de la nueva raíz en la semilla y en el establecimiento de la plántula. Otros efectos benéficos del aluminio pueden estar relacionados con la reducción de la absorción de un segundo elemento presente en la rizósfera a concentraciones potencialmente tóxicas, por ejemplo, fósforo, cobre y manganeso (Kyrkby y Römheld, 2007).

El aluminio en elevadas concentraciones en el suelo afecta tanto a las raíces como hojas de las plantas. El síntoma de toxicidad más visible en las plantas es la



inhibición de crecimiento de raíces y parte aérea, siendo esta última la parte menos afectada. Sin embargo, los síntomas de toxicidad de aluminio en hojas son casi imperceptibles debido a que se asemejan a los mostrados por deficiencia de fósforo, es decir, hojas pequeñas y de coloración verde oscuro, madurez tardía y enanismo generalizado, tallos de color púrpura, hojas y nervaduras amarillentas y con necrosis en la punta (Kyrkby y Römheld, 2007).

#### **2.6.9. Sodio**

El Na es un elemento benéfico para las plantas superiores porque puede sustituir parcialmente al K en funciones no específicas, contribuyendo a la generación de potencial osmótico y turgencia celular, cuando el suelo es pobre en este elemento. El Na es absorbido activamente como ion  $\text{Na}^+$ . Las plantas con síntomas severos de deficiencia se recuperan rápidamente, una semana después de recibir Na en solución nutritiva (Elina y Malavolta, 2012).

#### **2.6.10. Cobalto**

El Co es esencial para fijadores libres y simbióticos en el proceso de fijación biológica de N atmosférico. En la vida de las plantas superiores es considerado un nutrimento porque interviene en el metabolismo de los carbohidratos y de las proteínas por su participación en diversos sistemas enzimáticos. El Co es absorbido como  $\text{Co}^{2+}$  y es transportado por el flujo transpiratorio, por lo cual tiende a acumularse en los márgenes y puntas de las hojas. Cuando se absorbe vía foliar, es prácticamente inmóvil y tiende a formar quelatos de igual forma que sucede con Cu, Fe, Mn y Zn (Elina y Malavolta, 2012).

## **2.7. Requerimientos de agua de riego**

El agua es y seguirá siendo una gran limitante para la producción de alimentos. Las estimaciones de agua de riego para el cultivo de tomate varían en función de las regiones ecogeográficas, la variedad del cultivo, la estructura del suelo y su capacidad de retención de humedad. El cultivo de tomate puede desarrollarse con volúmenes diarios de agua de 1,800 a 2,700 ml/planta/día en la etapa de fructificación, los requerimientos de agua de riego deben estimarse de manera específica para las condiciones locales en cada periodo de cultivo (Tamayo, Rivera y Neri, 2020).

### **2.7.1. Calidad de agua de riego**

Los coeficientes de riego para el cultivo de tomate presentan valores cercanos a los 0,8 de la evapotranspiración, en la etapa de plena producción, lo cual indica que el cultivo requiere de cantidades moderadas de agua. Al no aplicarse cantidades altas de agua, la aplicación de fertilizantes genera la acumulación progresiva de sales que tienden a limitar la productividad de los suelos y causan estrés salino en la planta (Álvarez et al., 2012).

El tomate es más sensible a la salinidad en la germinación y en el estado de plántula que en el estado de planta adulta. Del mismo modo, al contar con aguas de baja calidad (aguas salinas) en el cultivo de tomate en su fase adulta y al realizar el trasplante en suelos con excesiva salinidad se pueden originar daños en las plantas los cuales generan pérdidas económicas (Álvarez *et al.*, 2012).

### **2.7.2. Conductividad eléctrica**

Cuando se emplea el fertirriego es importante el monitoreo de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva y de la solución lixiviada o de drenaje. Esto permite comprobar si el suministro de nutrientes es adecuado, limita el riesgo de salinidad del suelo que puede afectar la disponibilidad de agua y nutrientes para la planta y posibilita hacer las correcciones necesarias. La fracción de lavado se recomienda que se fije entre 15 y 20% para mantener bajos los índices de salinidad del suelo y evitar pérdidas de nutrientes, pero el monitoreo sistemático de la CE en la solución lixiviada para ajustar la fracción de lavado no se ha convertido en una herramienta de trabajo sistemática (Mesa, 2019).

## **2.8 Manejo del cultivo**

El tomate es una de las hortalizas que se cultiva en mayor extensión en el mundo. En el caso de la producción bajo invernadero, se cultivan principalmente genotipos de tomate de crecimiento indeterminado, de diferentes tamaños de fruto: pequeños ('cherry' y uva), medianos ('cocktail'), y grandes (gordos, para racimo y 'saladette'), (Monje y Loría 2019).

### **2.8.1. Invernadero**

En México el cultivo del tomate es sumamente importante, ya que de los principales cultivos que se producen en condiciones protegidas este ocupa 70%. La producción de cultivos en invernaderos es de suma importancia ya que nos da una ventaja sobre la producción a cielo abierto porque se establece una barrera entre el ambiente externo y el cultivo, creando un microclima interno que permite proteger el cultivo de condiciones adversas (viento, granizo, plagas, etc.) y controlar factores

como la temperatura, radiación, concentración de CO<sub>2</sub>, humedad relativa, etc., (Juárez *et al.*, 2015).

### **2.8.2. Ventajas y Desventajas de producción en invernadero**

Ventajas: protección del cultivo frente a condiciones climáticas extremas, producción continua, mejor calidad del producto e inocuidad, protección y conservación del suelo, uso de variedades de alto rendimiento, alta producción, reducción en los costos de producción, menor uso de plaguicidas, mayor eficiencia en el uso del suelo, el agua y los fertilizantes y desventajas: alta inversión inicial, disponibilidad de personal capacitado y supervisión permanente (DANE, 2014).

### **2.8.3. Sustratos**

Los sustratos deben servir de soporte a la planta, ser livianos, tener un alto porcentaje de espacio poroso (80 %), una elevada capacidad de retención de la humedad, una buena aireación y un drenaje apropiado, una baja tendencia a la compactación y ser libres de patógenos, semillas y malezas. Los sustratos más utilizados en el país son el compost, el humus o lombricompost, la cascarilla de arroz, la fibra de coco, el aserrín y la turba o *peat moss*. (López, 2016).

### **Compost**

Está compuesto por residuos orgánicos que han pasado por un proceso de descomposición, poseen una estructura fina, tienen la capacidad de aumentar la aireación, retener la humedad, absorber los nutrientes y evitar su lavado al liberar lentamente la solución en forma de nutrientes (López, 2016).

### **Humus o lombricompost**

Tiene un bajo contenido de nitrógeno, uno alto de potasio y uno de aproximadamente 2 ppm de boro. Es una buena alternativa, ya que su costo es menor que el de sustratos importados como la turba (López, 2016).

### **Aserrín**

El pH del aserrín es ácido, por lo que puede ser tóxico para algunas plantas según el tipo de árbol de procedencia. Se recomienda lavarlo previamente a su utilización y realizar una prueba antes de la siembra (López, 2016).

### **Turba (*peat moss*)**

Está formada por sustratos orgánicos naturales que son el resultado de la descomposición completa de musgos (género *Sphagnum*). La turba es el sustrato que ofrece las mejores condiciones para la germinación y el enraizamiento en semilleros, no contiene nutrientes y tiene una alta capacidad de intercambio de cationes, retención de humedad y porosidad. Es ácida, su contenido de materia orgánica es de 95 % y su costo es alto, por tratarse de un producto importado (López, 2016).

#### **2.8.4. Trasplante**

Trasplantar en húmedo, utilizando una separación de 30 cm entre plantas (tres plantas por metro), con lo que se tendrá una población de 18 mil plantas por

hectárea a si se utiliza una separación de 1.84 m entre hileras (sistemas de piso y espaldera), y de 20 a 21 mil plantas por hectárea si se tiene una separación de 1.60 m entre hileras (espaldera, únicamente). Con aproximadamente 25 a 30 días de desarrollo (De la Fuente, 2017).

#### **2.8.5. Fertilizaciones del cultivo**

En fertirrigación se pueden utilizar fertilizantes sólidos o líquidos y, en el caso de los sólidos, la característica esencial es que sean solubles en agua; esta solubilidad evitará obturaciones en las tuberías y los goteros, Ambos pueden ser simples o compuestos y pueden adquirirse según las demandas de los productores, con un equilibrio de nutrientes adecuado para cada fase del cultivo (Hernández *et al.*, 2008).

#### **2.8.6. Solución Nutritiva**

La demanda de nutrientes varia a lo largo del ciclo del cultivo, pues en las primeras etapas de crecimiento de la planta se requiere cantidades pequeñas de nutrimentos, mismas que aumentan paulatinamente a medida que crece. la preparación de las soluciones nutritivas debe comenzar con una comprensión de las diferentes formas en las que se puede expresar la concentración de nutrientes. Estas unidades son: miliequivalente (meq/L), (milimol (mmol/L) y miligramo (mg/L) o partes por millón (ppm). solución nutritiva de referencia para el cultivo de tomate en sustrato de acuerdo a las diferentes etapas de crecimiento (cuadro 1), (INTAGRI, 2017).

**Cuadro 1** Solución nutritiva para tomate en sustrato (INTAGRI, 2017).

Nutrimentos	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa Gral.
	DT a 1er cuaje	1er a 3er cuaje	3er al 5to cuaje	5to en adelante
	<i>me/L</i>			
<b>Nitratos</b>	6	8	10	12
<b>Amonio</b>	0	0	0.5	1.0
<b>Fósforo</b>	1.5	1.5	1.5	1.5
<b>Potasio</b>	3.5	5.5	7	8.5
<b>Calcio</b>	8	8	8	9
<b>Magnesio</b>	2	3	4	5
<b>Sulfatos</b>	3-6	3-6	3-6	3-8
<b>Bicarbonatos</b>	1	1	1	1
<b>Sodio</b>	<5	<5	<5	<5
<b>Cloro</b>	2-6	2-6	2-6	2-6
<b>CE</b>	1.4	1.9	2.3	2.4

### 2.8.7. Tutorado

Es una práctica que se emplea para dar sostén y mantener las plantas erectas. Se utiliza un mecate tomatero para amarrar en forma horizontal los tutores o postes; es colocado a partir de los primeros 60 cm de altura de la planta. La planta se amarra al mecate tomatero con ayuda de rafia, hilo o hebra tomatera a un

extremo del tallo de la planta y se debe tener cuidado de no tensarlo para que no se estrangule. Los cultivares de crecimiento indeterminado necesitan tres o cuatro hileras de mecate, está a labor se debe hacer lo antes posible para evitar que la rama o el tallo principal se doble (López, 2016).

### **2.8.8. Poda**

La poda en tomate es una práctica importante en el cultivo, misma que puede mejorar la calidad del fruto y el rendimiento. Ante ello, la cultura de la poda se convierte en una práctica imprescindible para materiales de siembra de tomate de crecimiento indeterminado, la cual se realiza entre 15 y 20 días después del trasplante con la aparición de los primeros tallos laterales, que serán eliminados, al igual que las hojas más viejas, mejorando así la aireación del cuello de la raíz y facilitando la realización del aporcado (Arévalo *et al.*, 2018).

## **2.9. Principales plagas en el cultivo**

Las plagas y enfermedades pueden causar daños importantes en el cultivo de tomate, lo que conlleva una reducción en el rendimiento, y un perjuicio económico (Monje, 2014).

### **2.9.1. Mosquita blanca**

*Bemisia tabaci* (Mosca blanca, mosquita blanca). Este insecto pasa por un ciclo biológico completo, los huevos miden de 190 a 200  $\mu\text{m}$  de longitud y de 100 a 129  $\mu\text{m}$  de ancho. Ovipositados individualmente o en grupos sobre la superficie de la hoja, las larvas/ninfas miden de 250 a 300  $\mu\text{m}$  de largo y 155  $\mu\text{m}$  de ancho, es un estado de desarrollo activo en locomoción y se desplaza en busca de un lugar



adecuado para alimentarse, en el estado de pupa miden de 750 a 850  $\mu\text{m}$  de largo y 620  $\mu\text{m}$  de ancho (Cabi, 2017).

Pupas vivas sin palizada de cera y también las varillas de cera están ausentes, son de color amarillento. Especímenes de forma semioval, agudos posteriormente; series de papilas submarginales ausentes; puede presentar sedas dorsales largas y bien desarrolladas, especialmente en especímenes que se desarrollaron en hojas con pubescencia y en etapa adulto llegan a un tamaño de 0.70 0 a 0.95 mm de largo. Los adultos vivos tienen el cuerpo de color amarillo oscuro, con dos pares de alas blancas inmaculadas (Cabi, 2017).

Los daños causados de este insecto *B. tabaci* puede causar daños directos como insecto chupador y daños indirectos por inducir una maduración desuniforme de los frutos y desarrollo de hongos saprófitos sobre las excreciones del insecto depositadas en la superficie de la planta, lo cual interfiere con el funcionamiento de las hojas y mancha externamente los frutos (Cabi, 2017).

### **Control químico**

Los ingredientes activos que ya se ha informado que tienen un efecto en el control de *B. tabaci* en el mundo incluyen bifentrina, buprofezina, imidacloprid, fenpropatrina, amitraz, fenoxicarbital, deltametrina, azidirectina y pimetrozina. Sin embargo, el desarrollo de resistencia a los productos es un problema continuo (Cabi, 2017).

## **Control cultural**

La intercalación con cultivos susceptibles puede promover las poblaciones de mosca blanca, ofreciendo más área de la hoja para la alimentación. Eliminación de malezas antes de plantar cultivos susceptibles (Cabi, 2017).

## **Control biológico**

La introducción de parasitoides, ácaros depredadores son eficaces contra las especies mediterráneas. Los agentes entomopatogénicos como los nematodos y hongos, también han demostrado ser herramientas biológicas importantes en el control- erradicación de *B. tabaci*, (Cabi, 2017).

*Trialeurodes vaporariorum* es un insecto hemimetábolo (metamorfosis incompleta) que tiene las siguientes etapas de desarrollo durante su ciclo de vida: huevo, cuatro instares ninfales y adulto. Estos estados de desarrollo se observan en el envés de las hojas. La duración del ciclo total de huevo a emergencia de adultos es de 24 a 28 días (Cardona et al., 2005).

El huevo de mosca blanca se fija al envés de la hoja por medio de un pedicelo. El huevo es liso, alargado, la parte superior termina en punta y la parte inferior es redondeada. En promedio un huevo mide 0.23 mm de longitud y 0.1 mm de anchura, primer instar La ninfa recién emerge del huevo se mueve para localizar el sitio de alimentación. Tiene forma oval con la parte distal ligeramente más angosta. Es translúcida y con algunas manchas amarillas. Es muy pequeña (0.27 mm de longitud y 0.15 mm de anchura), (Cardona *et al.*, 2005).

La ninfa de segundo ínstar es translúcida, de forma oval con bordes ondulados. Mide 0.38 mm de longitud y 0.23 mm de anchura. Las ninfas de primer y segundo ínstar se ven con mayor facilidad si se usa una lupa de 10 aumentos. La ninfa de tercer ínstar es oval, aplanada y translúcida, semejante a la de segundo ínstar. El tamaño aumenta al doble del primer ínstar (0.54 mm de longitud y 0.33 mm de anchura). Se observa con facilidad sobre el envés de la hoja sin necesidad de lupa (Cardona *et al.*, 2005).

La ninfa recién formada de cuarto ínstar es oval, plana y casi transparente. A medida que avanza su desarrollo se torna opaca y en ese momento se le da el nombre de pupa y finalmente el estado adulto es cuando recién emerge de la pupa, el adulto mide aproximadamente 1 mm de longitud. El cuerpo es de color amarillo limón; las alas son transparentes, angostas en la parte anterior, se ensanchan hacia atrás y están cubiertas por un polvillo blanco. Los ojos son de color rojo oscuro (Cardona *et al.*, 2005).

## Daños

Los adultos y las ninfas de *T. vaporariorum* causan daños directos cuando se alimentan chupando la savia del floema, lo cual reduce el vigor de la planta, la calidad del producto y disminuye la producción (Cardona *et al.*, 2005).

## Métodos físicos y agronómicos

Varios métodos de control físico y agronómico se han utilizado contra especies de mosca blanca en cultivos en invernaderos. Entre las primeras destacan la eliminación de restos de cosecha, plantas enfermas, malas hierbas, utilización de

mallas en las ventilaciones de los invernaderos y utilización de trampas adhesivas (Cabello *et al.*, 1996).

#### Métodos químicos

El control químico de moscas blancas es difícil, ya que la mayoría de los insecticidas son efectivos contra adultos y menos en los estados inmaduros. Además, la generación de resistencia a insecticidas está claramente demostrado, las materias activas insecticidas recomendadas en invernadero son: Bifentrin, Bioestrin, Deltametrin, Fenitrotion+Fenpropatin, Flucitriono, Metilpirimifos, teflubenzuron, Buprofezin, Endosulfan+Metomilo y Piridafention (Cabello *et al.*, 1996).

#### Métodos biológicos

Los métodos de lucha biológica contra *T. vaporariorum* en cultivos en invernaderos fue puesta a punto, y se ha venido utilizando con excelentes resultados en invernaderos del norte de Europa desde 1926. Las dosis de suelta, del parasitoide *Encarsia Formosa*, se sitúan desde 1 a 16 ejemplares/planta 0 6 a 40 ejemplares/m<sup>2</sup>, (Cabello *et al.*, 1996).

#### **2.9.2. Minador**

*Tuta absoluta* (Meyrick), originario de Suramérica es una plaga de importancia para el tomate (*Solanum lycopersicum* L). Esta plaga puede ser responsable de pérdidas de hasta el 80 y 100% en plantaciones de tomate tanto en invernadero como en campo abierto, si se deja sin control ataca a todas las partes aéreas del hospedante (hojas, tallos y frutas). Una vez introducida, *T. absoluta*

puede dispersarse mediante plántulas, tomateras infestadas con fruta de tomate, fruta de tomate y recipientes utilizados

Su ciclo de vida consta de cuatro etapas de desarrollo: huevecillo, larva, pupa y adulto, y se completa en 24 días a una temperatura de 27 °C. Los huevecillos son pequeños, en forma cilíndrica, de color blanco cremoso a amarillónaranja y con una longitud de 0.35 mm. Las larvas son de color crema con una característica cabeza oscura y una mancha lateral que se extiende desde el ocelo hasta el margen posterior.

Las pupas con frecuencia están cubiertas por un capullo sedoso blanco. Los adultos miden entre 5 y 7 mm de largo, con una envergadura de 8 a 10 mm. Las características más importantes que los identifican son la antena filiforme, escamas de color gris y manchas negras en las alas anteriores.

### Daños

Las plantas de tomate pueden ser atacadas en cualquier etapa de desarrollo fenológico. En la mayoría de los casos cuando las infestaciones son iniciales sólo pueden apreciarse galerías en las hojas, en los brotes más tiernos, flores o frutos recién formados, si la densidad poblacional es alta, se observan daños de forma simultánea, tanto en hojas como frutos jóvenes y tallos, escapándose los frutos más próximos a la maduración (SENASICA, 2013).

### Control cultural

La solarización del terreno es eficaz para matar pupas, en un rango de 4 a 8 semanas si se alcanzan temperaturas próximas a los 60 °C (invernaderos) o de 8

semanas si las temperaturas son menores de 20 °C, implementar son la rotación de cultivos (evitar solanáceas), el uso del arado, fertilización apropiada, riego, destrucción de plantas infestadas y restos vegetales postcosecha (SENASICA, 2013).

#### Control físico

Se recomienda eliminar las hojas que presenten galerías ocasionadas por *T. absoluta*. Estas hojas se ponen en bolsas de plástico y se dejan cerradas, al menos 2 semanas, una vez finalizada la cosecha, se debe realizar la inmediata destrucción de restos de plantas (SENASICA, 2013).

#### Control biológico

En el caso de usar este tipo de protección, se deberán emplear productos fitosanitarios que no afecten la fauna benéfica. Principalmente se utilizan dos enemigos naturales (*Nesidiocoris tenuis* y *Trichogramma achaeae*) para el control de *T. absoluta* (SENASICA, 2013).

#### Control químico

Para el uso del control químico durante el cultivo, hay que tener en cuenta que la palomilla del tomate es un insecto que puede desarrollar resistencia con gran facilidad. Cuando ya no se encuentra el cultivo y para evitar que la palomilla pueda afectar nuevas plantaciones se pueden utilizar los siguientes productos: Metil clorpirifos, Cipermetrina y Etofenprox, (SENASICA, 2013).

## 2.10. Principales enfermedades en el cultivo

En el noroeste de México, la producción de tomate se ha visto afectada por la aparición de enfermedades que causan pérdidas hasta en un 100 %. Para que se desarrolle la enfermedad tiene que estar presente en el ambiente adecuado un huésped, susceptible y un patógeno virulento, de tal forma que la interacción del huésped, patógeno y ambiente tenga como resultado un daño del huésped (Martínez *et al.*, 2016).

Entre los factores bióticos que sobresalen como agentes de enfermedades de *S. lycopersicum* son las causadas por fanerógamas parasitarias, bacterias, fitoplasmas, virus, viroides, nematodos, insectos y hongos. Entre los organismos que ocasionan estas enfermedades destacan los hongos como son *Botrytis cinerea*, *Alternaria dauci f. solana*, *Laveillula taurina*, *Phytophthora infestans* de Bary, *Pythium aphanidermatum*, *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani*, (Martínez *et al.*, 2016).

Las enfermedades y agentes abióticos que afectan las plantas pueden interferir uno o varios de los cinco procesos fisiológicos básicos: absorción y transporte de agua y nutrimentos; fotosíntesis y metabolismo; transporte de fotosintatos; desarrollo de frutos y maduración y senescencia de tejidos (Martínez *et al.*, 2016).

Absorción y transporte de agua y nutrimentos: el área de absorción (raíces y pelos absorbentes) puede ser afectada por patógenos del suelo, tales como *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia spp.*, *Pythium spp.*, *Phytophthora spp.*, *Erwinia spp.*, *Meloidogyne spp.* y *Pratylenchus spp.* Los síntomas más comunes asociados con esta interferencia son la necrosis, la pudrición de las raíces y tallos de las plantas

("damping off"), las agallas, el desarrollo de raíces adventicias, las decoloraciones típicas de deficiencias nutricionales en el follaje y frutos y la marchitez de la planta (Martínez *et al.*, 2016).

Los microorganismos patógenos que actúan sobre los haces vasculares, son en su mayoría hongos y bacterias tales como: *Fusarium oxysporum*, *Verticillium spp.*, *Pseudomonas solanaceracum* (diferentes razas) y *Phytophthora spp* (Martínez *et al.*, 2016).

Fotosíntesis y metabolismo: las hojas pueden ser interferidas en su acción fotosintética por una capa de crecimiento micelial, como es el caso del mildiu polvoso de las hojas y las fumaginas, crecimientos de color oscuro de hongos como *Capnodium sp.* El punto de intercepción más crítico, es la disminución del área foliar por la acción de insectos comedores de hojas y de patógenos que causan lesiones en el follaje e interfieren el metabolismo de proteínas y la producción de la clorofila. Mildius vellosos, royas, antracnosis, manchas y mosaicos, son algunos de los síntomas más comunes de las enfermedades causadas por hongos, bacterias, virus y fitoplasmas (Martínez *et al.*, 2016).

Transporte de fotosintatos: el floema es la vía de movilización de los azúcares y metabolitos a sitios de crecimiento o almacenamiento, esta vía puede ser interferida por virus, fitoplasmas y protozoarios tipo *Phytomonas*, los cuales pueden necrosar el floema (Martínez *et al.*, 2016).

En el desarrollo de frutos se presentan dos interferencias, además del llenado incluido en el acápite anterior, que pueden generarse por elementos bióticos y



abióticos. En primer lugar, se puede observar la caída de frutos pequeños y flores por deficiencias nutricionales, insectos, bacterias, hongos y virus. Los patógenos más conocidos son *Botrytis cinerea* y *Erwinia amylovora*. El otro efecto conocido en frutos, es el reemplazo del tejido por crecimientos de estructuras de hongos, tales como esporas y esclerocios en granos y tubérculos (Martínez *et al.*, 2016).

Maduración y senescencia de tejidos: las condiciones de maduración y senescencia estimulan el ataque de hongos como *Alternaria spp* al disminuir el contenido de carbohidratos (Martínez *et al.*, 2016).

### **2.11. Madurez fisiológica**

La madurez fisiológica es la etapa del desarrollo de la fruta en que se produce el máximo crecimiento y maduración. La madurez comercial valora las condiciones del fruto requeridas por un mercado. El grado de madurez del fruto para el mercado local es el grado 2 o 3 (sazón avanzado). Debe disponer de buena firmeza, a fin de que soporte el manejo desde que se cosecha hasta que llegue al consumidor. La firmeza del fruto es una de las consideraciones más importantes y sirve para evaluar la calidad y su potencial en términos de transporte y almacenamiento. El grado de madurez de la fruta y cosecha se determina mediante una escala de madurez de la fruta que contiene seis grados (López, 2016).

### **2.12. Cosecha de fruto**

La cosecha debe realizarse preferiblemente en horas de la mañana para evitar la desecación del fruto, empleando tinas plásticas rectangulares, firmes y limpias, con aberturas a los cuatro lados para que el aire fluya. Luego se colocan las tinas cargadas, formando una estiba vertical y sin aplastar el producto, sobre

tarimas de madera o plástico, dentro de un galerón con buena aireación y a la sombra para evitar la transpiración y la elevación de la temperatura. De ello depende la vida poscosecha del fruto (López, 2016).

Se recomienda que los frutos no se cosechen cuando hay presencia de rocío, ya que ella favorece el desarrollo de patógenos, o cuando las temperaturas superan los 25 °C, dado que el fruto se deshidrata. Se debe realizar la cosecha con cuidado para evitar daños mecánicos (López, 2016).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización Geográfica de la Comarca Lagunera

La comarca Lagunera esta zona comprende gran parte del estado de la Laguna es una región localizada al norte-centro de México, entre el suroeste de Coahuila y el noreste de Durango. El nombre de dicha zona es atribuido a que el río Nazas desembocaba en la laguna de Mayrán (San Pedro de las Colonias, Coahuila), (Ambroglini, 2018).

Se localiza entre los paralelos ( $25^{\circ} 05'$  y  $26^{\circ} 54'$  N) y los meridianos ( $101^{\circ} 40'$  y  $104^{\circ} 45'$  O) teniendo una altura de 1,139 m sobre el nivel del mar, en la parte Sur Oeste del estado de Coahuila y Noroeste del estado de Durango, al norte con el estado de Chihuahua y al sur con el estado de Zacatecas.

#### 3.2. Localización del experimento

El presente experimento se realizó en el invernadero número 1 del departamento de Horticultura en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL (UAAAN-UL); se encuentra ubicada en el periférico y carretera santa fe Km. 1.5. Torreón Coahuila México.

#### 3.3. Material de siembra

Para el experimento se utilizó la variedad de Tomate Saladette tipo bola S. *Lycopersicum L.* Indeterminado.

### **3.4. Sustrato**

Para la meseta se utilizó un sistema enarenado haciendo una mezcla de 20% vermiculita y 80% arena de río completamente desinfectadas, con el objetivo de tener una mejor retención de humedad para el desarrollo de buenas raíces.

### **3.5. Siembra en charolas**

En una charola de unicel se incorporó peat moss húmedo a las 200 cavidades que contiene para realizar la siembra de tomate, cada semilla se depositó por encima del sustrato posteriormente agregándole una capa de peat moss. Finalmente, la charola se colocó en una bolsa de plástico color negra para acelerar el proceso de germinación y mantener la temperatura dentro de la bolsa. Esto se llevó a cabo el día 4 de septiembre del 2021.

### **3.6. Llenado de macetas**

En bolsas de plástico color negras de 10 kg perforadas en la parte inferior para un buen drenaje del riego, en cada una se realizó el sistema enarenado con la ayuda de un tubo de PVC. Dentro del tubo de PVC se incorporó 20% vermiculita y un 80% arena de río alrededor del tubo, después de tener el 100% de la mezcla se apartó el tubo de la bolsa para obtener el sistema enarenado.

### **3.7. Trasplante**

Después de colocar las macetas de 50 cm de distancia entre planta y planta, previo al trasplante, con la ayuda de una estaca de madera se realizaron los orificios de 8 cm de profundidad para posteriormente realizar el trasplante. El trasplante se llevó a cabo a los 30 días después de la siembra de tomate de las charolas a las macetas con el sistema enarenado ya realizado.

### 3.8. Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos de 6 unidades experimentales cada una y un testigo con un total de 29 unidades experimentales. Los cuatro tratamientos constaron de una solución nutritiva completa con un A.H. al 1 %, con diferentes dosis de calcio y magnesio. El blanco o testigo fue la solución universal de Steiner. La composición de cada tratamiento fue la siguiente (cuadro 2):

**Cuadro 2** Soluciones nutritivas.

<b>Tratamientos</b>	<b>Soluciones</b>	<b>Ácido Húmico</b>
<b>1</b>	4% Mg + 1% Ca	1%
<b>2</b>	4% Mg + 3% Ca	1%
<b>3</b>	4% Ca + 1% Mg	1%
<b>4</b>	4% Ca + 1% Mg	1%
<b>Blanco</b>	Solución Universal de Steiner	

### 3.9. Elaboración de solución nutritiva

Para la solución nutritiva del primer tratamiento se utilizó 4.81 gr de Mg más 1.64 gr de Ca más 100 ml de ácido húmicos mezclados en 1 litro de agua, en el segundo tratamiento se usó 4.81 gr de Mg más 4.92 gr de Ca, más 100 ml de ácido húmico mezclados en un litro de agua, para el tratamiento tres se pesaron 6.56 gr de Ca más 1.20 gr de Mg más 100 ml de ácido húmico mezclados en un litro de

agua, en el cuarto tratamiento se usó 6.56 gr de Ca más 3.61 de Mg más 100 ml de ácido húmico mezclados en 1 litro de agua.

El agua que se utilizó para los tratamientos contenían un pH de 7.6 y una conductividad eléctrica de  $1.3 \text{ ds m}^{-1}$ . Para la solución universal utilizada en testigos en etapa vengativa se usó 150 gr de Potasio, 500 gr de Calcio y 378 gr de Sulfato de magnesio, en etapa de floración y en etapa de fructificación en 200 L de agua.

### **3.10. Riego con solución nutritiva**

En etapa vegetativa y de floración se aplicaron 2 riegos diarios en las mañanas y por las tardes a partir del trasplante con 50 ml cada riego y en etapa de fructificación fue solo un riego al día con 100 ml diarios.

### **3.11. Manejo del cultivo**

#### **3.11.1. Tutoreo**

Esta se realizó cuando la planta de tomate obtuvo la altura de 60 cm, con el objetivo de brindarle soporte, mayor incidencia de luz, ventilación con la ayuda de anillos para que las plantas puedan desarrollarse y crecer.

#### **3.11.2. Podas de hojas senescentes y brotes auxiliares**

En las plantas de dicho experimento con la ayuda de una navaja desinfectada se procedió a quitar los chupones de las axilas de las hojas, se eliminaron las hojas más viejas dejando solo 2 hojas por debajo del primer racimo floral, esto con la finalidad de manipular el crecimiento de la planta en un solo tallo principal además de inducir el crecimiento de la planta y los frutos.

### 3.11.3. Manejo de plagas y enfermedades

Se detectó la presencia de mosquita blanca *B. tabaci* por debajo de las hojas de tomate lo que provoca la dificultad de crecimiento, menor vigor y calidad en los frutos para prevenir el aumento de mosquita se realizó la aplicación del insecticida dimetoato (2-dimetoxifosfinotioiltio-Nmetilacetamida) con el nombre comercial de Perfekthion utilizando una dosis de 20 mil en 20 L de agua una vez por semana.

### 3.11.4. Cosecha

La cosecha se realizó con frecuencia por fruto, una vez que los frutos presentaron madurez de consumo, se realizó la cosecha en todos los racimos de las plantas para posteriormente evaluarlas.

## 3.12. Variables evaluadas

Para determinar la precisión de los tratamientos y su efectividad en las plantas, las variables que se tomaron en cuenta para decretar la calidad de los frutos fueron: peso total de frutos por racimo (PF), diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), firmeza (F) y grados brix ( $^{\circ}$ B). Para determinar el PF se utilizó una báscula digital obteniendo el rendimiento total, para las variables DP y DE se utilizó un vernier digital registrado con unidades en mm.

En etapa vegetativa se tomaron en cuenta variables como: altura de planta, grosor de tallo y número de hojas por planta.

### 3.12.1. Altura de planta

Para está variable se utilizó un flexómetro de 5 m midiendo de la base de la planta hasta el último racimo tomando datos cada 8 días.

### **3.12.2. Número de hojas**

Cada 8 días se recolectaban datos de la cantidad de hojas de las plantas para verificar la diferencia conforme a su crecimiento y desarrollo.

### **3.12.3. Peso total de racimos**

Se tomó el peso por fruto de todas las repeticiones de los tratamientos y blancos en una báscula digital con unidades de gramos.

### **3.12.4. Diámetro ecuatorial**

Se midió el diámetro ecuatorial colocando el vernier alrededor del fruto y esta me dio el valor en milímetros para después convertirlas en centímetros.

### **3.12.5. Diámetro polar**

Se colocó el tomate verticalmente, acomodando el vernier en la parte superior e inferior del fruto de manera que quedara en el centro obteniendo valores en milímetros y después convertirlos a centímetros

### **3.12.6. Grados Brix**

Para la evaluación de esta variable se utilizó un refractómetro en él se colocó una gota del jugo de tomate para medir el nivel de sacarosa que contenía cada fruto.

### **3.12.7. Firmeza**

Se utilizó un penetrómetro digital se midió la resistencia para evaluar la calidad y tiempo de vida comercial de los frutos.



## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Variables de crecimiento

#### 4.1.1. Altura de plantas etapa vegetativa

Con respecto a la variable de altura de planta en el experimento, se evaluó en cuatro etapas fenológicas, en la que el T1 en la primera etapa o A1 se mostró superior, en las siguientes etapas A2, A3 y A4 el T2 resulto sobresaliente en la variable evaluada.

Se ha encontrado una diferencia significativa en relación a la dosis de magnesio en estudio. Los tratamientos sometidos a la dosis de 120 ppm (D2) presentaron altura de planta (20,96 cm) estadísticamente superior a la obtenida en los tratamientos sometidas a la dosis de 60 ppm (D1). Debido a que altas concentraciones de magnesio en la solución suelo contribuye a una eficaz absorción del nutriente, y este a su vez contribuye al buen crecimiento y desarrollo de la planta (Mendoza, 2020).

El nitrato de calcio es una de las pocas fuentes de Ca de alta solubilidad y rápida disponibilidad para las plantas y contiene 15% de N y 26% de CaO. Es una fuente de alta solubilidad en agua (mayor a 1000 g/L), lo cual facilita su aplicación en fertirrigación y abonamiento foliar (Torres *et al.*, 2013).

**Cuadro 3** Altura de plantas etapa vegetativa de tomate (*S. lycopersicum* L), en la Comarca Lagunera, 2021.

Tratamiento	Altura de Plantas			
	A1	A2	A3	A4
1	58.85 A	75.18 C	95.58 A	126.08 AB
2	57.82 AB	78.82 A	103.03 A	135.12 A
3	57.400 BC	76.73 AB	101.40 A	126.55 AB
4	56.517 C	76.067 B	93.65 A	115.50 B
5	51.50 D	71.25 D	92.63 A	109.45 B

#### 4.1.2. Altura de planta etapa reproductiva

En etapa vegetativa la variable evaluada altura, el T2 en A1, A2, A3 y A4 se mostraron sobresalientes.

**Cuadro 4** Altura de plantas en etapa reproductiva de tomate (*S. lycopersicum* L.), en la Comarca Lagunera, 2021.

Tratamiento	Altura de Plantas			
	A1	A2	A3	A4
1	95.58 C	112.2 C	133.2 C	145.3 D
2	103.3 A	135.12 A	159.92 A	185.33 A
3	101.40 B	126.55 B	143.25 B	155.5 C
4	93.65 D	101.7 E	112.5 E	116.3 E
5	92.63 DE	109.45 D	116.25 D	172.5 B

#### 4.1.3. Diámetro de tallo etapa vegetativa

En diámetro del tallo de las plantas en etapa vegetativa el T4 del D1 se mostró superior a las demás, el T2 de D1 y D2 demostraron mejor desarrollo y en D4 el T3 fue superior.

Diámetro de tallo, los tratamientos sometidos a la dosis de 60 ppm (D1) presentaron diámetro de tallo (4,55 mm) estadísticamente superior a la obtenida en los tratamientos sometidos a la dosis de 120 ppm (D2), (Mendoza, 2020).

**Cuadro 5** Diámetro de las plantas etapa vegetativa de tomate (*S. lycopersicum* L.), en la Comarca Lagunera, 2021.

Tratamiento	Diámetro de tallo			
	D1	D2	D3	D4
1	4.385 C	9.600 E	10.633 D	11.817 D
2	4.163 E	10.433 A	11.567 A	12.817 AB
3	4.783 AB	10.200 C	11.350 B	13.433 A
4	4.827 A	10.067 D	10.933 C	12.183 C
5	4.275 D	10.333 AB	11.533 AB	12.483 B

#### 4.1.4. Diámetro de tallo etapa reproductiva

En etapa reproductiva el T2 en D1, D3 y D4 se mostraron superiores a los demás tratamientos y el T3 en D2 la respuesta a diámetro de tallo de mostró alta.

**Cuadro 6** Diámetro de plantas en etapa reproductiva en tomate (*S. lycopersicum* L.) en la Comarca Lagunera, 2021.

Tratamiento	Diámetro de tallo			
	D1	D2	D3	D4
1	10.633 D	10.05 E	10.57 C	10.73 D
2	11.567 A	12.817 B	13.467 A	13.600 A
3	11.350 B	13.433 A	13.383 AB	12.983 C
4	10.933 C	10.08 D	10.30 D	10.48 E
5	11.533 AB	12.483 C	12.567 B	13.500 AB

#### 4.1.5. Hojas compuestas

Los datos recolectados de hojas compuestas de tomate en etapa vegetativa el T2 se mostró sobresaliente en HC1 y HC4 y el T3 los datos de HC2 y HC3 muestran variabilidad.

**Cuadro 7** Hojas compuesta en etapa vegetativa en tomate (*S. lycopersicum* L.) en la Comarca Lagunera, 2021.

Tratamiento	Hojas compuestas			
	HC1	HC2	HC3	HC4
1	9.500 C	3.667 E	11.000 D	11.83 C
2	10.000 A	13.333 C	10.500 E	13.500 A
3	9.667 B	14.500 A	12.500 A	12.667 B
4	9.167 D	13.00 D	11.500 B	11.167 D
5	8.333 E	13.667 B	11.333 C	11.000 E

## 4.2. Variables de rendimiento

### 4.2.1. Número de racimos

En la variable número de racimos el T5 en R1 demostró mejor desarrollo que los demás tratamientos, el T3 de R2 fue mejor y en R3 y R4 el tratamiento 2 sobresalió.

**Cuadro 8** etapa reproductiva número de racimos en tomate (*S. lycopersicum* L.) en la Comarca Lagunera, 2021.

Tratamiento	Número de racimos			
	R1	R2	R3	R4
1	2.667 CD	10.00 D	13.50 E	20.33 D
2	2.667 C	11.50 B	16.17 A	25.67 A
3	3.000 B	13.33 A	14.167 B	22.17 C
4	2.500 E	9.00 E	12.67 D	14.33 E
5	4.000 A	10.50 C	13.50 C	22.50 B

### 4.2.2. Número de flores

En etapa reproductiva en variable número de hojas en FL1 el testigo o blanco fue quien destacó, en FL2 muestra que si hubo diferencia significativa donde el tratamiento 2 sobresale al igual que en FL4 y en FL3 el tratamiento 1 mostró diferencia significativa.

**Cuadro 9** número de flores por planta en etapa reproductiva en tomate (*S. lycopersicum* L.) en la Comarca Lagunera, 2021

Tratamiento	Número de flores			
	FL1	FL2	FL3	FL4
1	7.83 E	16.83 B	23.50 A	15.33 C
2	8.17 D	19.17 A	18.67 B	19.83 A
3	9.00 B	14.17 D	13.00 C	11.00 D
4	8.33 C	11.17 E	9.50 D	6.33 E
5	11.50 A	14.50 C	9.50 DE	17.00 B

#### 4.2.3. Número de frutos

En número de frutos en FR1 no tuvo diferencia significativa en los tratamientos y testigo, sin embargo, el T3 se mostró superior, el testigo destacó con diferencia significativa en FR2 y FR3 y el T2 de FR4 sobresalió con diferencia significativa a los demás tratamientos y testigo.

**Cuadro 10** número de frutos en etapa de fructificación en tomate (*S. lycopersicum* L.) en la Comarca Lagunera, 2021.

Tratamientos	Número de Frutos			
	FR1	FR2	FR3	FR4
1	1.333 C	7.00 E	9.50 E	22.17 D
2	1.333 CD	8.17 C	13.00 D	30.00 A
3	2.167 A	12.17 B	17.50 B	26.33 B
4	1.833 B	11.83 C	14.50 C	18.33 E
5	2.167 AB	12.83 A	18.17 A	24.00 C

### 4.3. Variables de calidad

#### 4.3.1. Peso de frutos

En respuesta a la variable peso de fruto evaluado, en P1 los tratamientos mostraron diferencia significativa donde el T2 destacó con el mejor peso, el T1 en P2 y P3 sobresalieron ante los demás tratamientos.

El peso medio de 305.01g con la Solución nutritiva universal de Steiner (7 Meq L<sup>-1</sup>). Se reporta diferencias significativas cuando la solución nutritiva presenta un 40% (8 Meq L<sup>-1</sup>) de K<sup>++</sup>, sobre el 20% (4 Meq L<sup>-1</sup>), y 60% (12 Meq L<sup>-1</sup>); reporta una media de 137 g, (Ramírez *et al.*, 2011),

**Cuadro 11** Peso de frutos en tomate (*S. lycopersicum* L.) en la Comarca Lagunera, 2021.

Tratamientos	Peso de frutos		
	P1	P2	P3
1	43.83 C	50.15 A	33.22 A
2	53.27 A	43.00 B	29.43 B
3	47.14 B	42.16 C	32.82 AB
4	36.84 D	40.92 D	33.22 AB
5	35.22 E	29.33 E	28.60 C

### 4.3.2. Diámetro ecuatorial

En la variable evaluada de diámetro ecuatorial de los frutos de tomate en DE1 el tratamiento 2 obtuvo el mayor valor numérico, en DE2 el tratamiento 1 sobresalió ante los demás tratamientos y el T4 en DE3 tuvo mayor valor numérico.

**Cuadro 12** Diámetro ecuatorial en frutos de tomate (*S. lycopersicum* L.) en la Comarca Lagunera. 2021.

Tratamientos	Diámetro ecuatorial de fruto		
	DE1	DE2	DE3
1	38.88 C	42.06 A	36.06 AB
2	41.69 A	38.69 BC	33.95 CD
3	40.07 B	39.063 B	35.42 B
4	36.43 DE	39.06 BC	36.289 A
5	36.76 D	34.12 C	34.06 C

### 4.3.3. Diámetro polar

En consideración con la variable diámetro polar de los frutos evaluadas en tomate, no se mostraron diferencias significativas, sin embargo, en DP1 el T2 tuvo mayor valor numérico, en DP2 el T1 sobresalió ante los demás tratamientos y en DP3 el T4 obtuvo un alto valor numérico.



**Cuadro 13** Diámetro polar de frutos en tomate (*S. lycopersicum* L.) en la Comarca Lagunera, 2021.

Tratamientos	Diámetro polar de fruto		
	DP1	DP2	DP3
1	44.27 B	48.12 A	44.42 AB
2	46.57 A	44.54 B	41.90 C
3	46.46 AB	46.65 B	43.94 B
4	42.23 C	45.52 BC	44.47 A
5	44.033 BC	41.93 C	40.61 D

#### 4.3.4. Firmeza

En relación a firmeza evaluadas de los frutos, en F1 no hubo diferencia significativa, sin embargo, el T4 obtuvo mayor valor numérico, en F2 el T1 fue quien destacó y en F3 el testigo o blanco obtuvo el valor más alto.

**Cuadro 14** Firmeza en frutos de tomate (*S. lycopersicum* L.) en la Comarca Lagunera, 2021.

Tratamientos	Firmeza de fruto		
	F1	F2	F3
1	2.267 DC	3.081 A	8.444 D
2	2.267 D	2.842 C	8.786 B
3	2.555 C	2.826 CE	8.682 C
4	2.926 A	3.070 B	7.556 E
5	2.917 AB	2.1167 E	8.900 A

#### 4.3.5. Grados Brix

En esta variable no hubo diferencia significativa en los tratamientos, sin embargo, en GB1. GB2 y GB3 los testigos destacaron con mayor valor numérico.

**Cuadro 15** Grados Brix en tomate (*S. lycopersicum* L.) en la Comarca Lagunera, 2021.

Tratamientos	Grados Brix		
	GB1	GB2	GB3
1	7.650 D	8.485 D	8.444 D
2	8.293 C	9.200 B	8.786 B
3	9.041 B	8.747 C	8.682 C
4	8.188 E	8.467 E	7.556 E
5	10.422 A	10.433 A	8.900 A

## V. CONCLUSIONES

En la investigación que se realizó, el tratamiento 2 (4%Mg+3%Ca) en las variables de altura de plantas, diámetro de tallo, número de hojas compuestas en etapa vegetativa y reproductiva destacó en base a la importancia agronómica, así como número de flores y frutos.

En importancia económica el tratamiento 1 (4% Mg + 1% Ca) sobresalió en las variables de número de frutos, peso de frutos, diámetro ecuatorial y polar.

En base a cantidad de °brix en frutos el testigo y el tratamiento 2 mostraron respuestas óptimas.

## VI. LITERATURA CITADA

- Alarcón A. 2013. Calidad poscosecha del tomate (*Solanum Lycopersicum L.*) cultivado en sistemas eco ecológicos de fertilización. Tesis. Doctorado. Universidad Politécnica de Madrid. 201 p.
- Aguilar E. 2021. Evaluación de la relación fenotipo ambiente de seis cultivares de tomate (*Solanum Lycopersicum L.*) en el cantón Machala. Tesis. Licenciatura. Universidad Técnica de Machala. 122 p.
- Álvarez-Medina M.T., M.A. Núñez-Ramírez., y T.R. Wendlandt-Amezaga. 2017. Caracterización de la cadena de valor del tomate rojo en México. Revista Global de Negocios. 5(3):45-58.
- Álvarez J. G., L. López, W. A. Balaguera y J. B. Merchan. 2012. Láminas de riego y calidad de agua en la solución de problemas de salinidad en tomate (*Solanum Lycopersicum L.*). Introducción. Revista colombiana de Ciencias Hortícolas. 5(1):57-68.
- Arévalo M., J. L. Mérida, J. L. Escalante, J. B. Yáñez y E. Osorio. 2018. Efecto de podas tempranas en tomate (*Solanum Lycopersicum*) Var. *Ramses* para la formación de las plantas con dos tallos. Introducción. Agro productividad. 11(10):57-61.
- Ambroglini C. 2018. Los avatares para crear la entidad federativa de la Laguna. CIDE Centro de Investigación y docencia Económicas A.C. [https://derechoenaccion.cide.edu/losavataresparacrearlaentidadederativadelalaguna/#:~:text=%5B3%5D%20La%20comarca%20Lagunera%20%E2%80%93%20de%20las%20Colonias%2C%20Coahuila\).22/11/2022](https://derechoenaccion.cide.edu/losavataresparacrearlaentidadederativadelalaguna/#:~:text=%5B3%5D%20La%20comarca%20Lagunera%20%E2%80%93%20de%20las%20Colonias%2C%20Coahuila).22/11/2022)
- Cuesta A. 2007. El Cultivo del Tomate (*Lycopersicon esculatum Mill*). Monografía. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 82 p.
- Castellanos, J. Z. 2009. Manual de Producción de Tomate en Invernadero. Ed. Intagri. México. 458 p.
- Calvo S. 1999. Función de los macronutrientes en las plantas. <https://www.pot.cl/blog/1167-funcion-de-los-macronutrientes-en-las-plantas>.

- Cabi. 2017. *Bemisia tabaci*.  
[http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/08%20Gu%C3%ADas%20de%20s%C3%ADntomas%20y%20da%C3%B1os/Gu%C3%ADas%20de%20s%C3%ADntomas%20y%20da%C3%B1os%20nativas/Bemisia%20tabaci\\_Version%20Larga.pdf](http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/08%20Gu%C3%ADas%20de%20s%C3%ADntomas%20y%20da%C3%B1os/Gu%C3%ADas%20de%20s%C3%ADntomas%20y%20da%C3%B1os%20nativas/Bemisia%20tabaci_Version%20Larga.pdf). 20/11/2022.
- Cabello T., I. Carricondo, L. Justicia y J. Belda. 1996. Biología y control de las especies de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Gen.) y *Bemisa tabaci* (West.) (HOM.; ELEYRODIDAE) en cultivos hortícolas en invernadero. Métodos de lucha contra moscas blancas. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Entomología Agrícola Departamento de Biología Aplicada escuela Politécnica superior Universidad de Almería. p. 26, 27, 28.
- Cardona C., I. Rodríguez, J. Bueno y X. Tapia. 2005. Biología de la Mosca Blanca *Trialeurodes vaporariorum* en Habichuela y Frijol. Biología. CIAT. 345. 50 p.
- De la Fuente P. 2017. Tomate *Lycopersicon esculentum*, Mill. Ciclo: Primavera-verano 2012. INIFAP, CEHUAS.  
<http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Paquetes2012/149.pdf>. 22/11/2022.
- (DANE) Para tomar decisiones. 2004. El cultivo del tomate de mesa bajo invernadero, tecnología que ofrece mayor producción, calidad e inocuidad del producto. Infraestructura. Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria. 30: 1-72.
- Elina A. y Malavolta E. 2012. Los más recientes micronutrientes vegetales. Instituto Nacional De Tecnología Agropecuaria.  
[http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/232B901BB70122F985257A80005228D7/\\$FILE/16.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/232B901BB70122F985257A80005228D7/$FILE/16.pdf)
- Figuroa M. 2010. Caracterización de producción de genotipos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo el sistema de espaldera en la comarca lagunera. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. 108 p.
- Hernandez E. R. Lobato, J. García, D. Reyes, A. Méndez, O. Bonilla y A. Hernández. 2013. Comportamiento agronomico de poblaciones F2 de hibridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Introducción. Revista Fitotecnica México. 36(3). 209-215.
- Hernández M., L. Nasorova, M. Chailloux y J. Salgado. 2008. Evaluación agronómica de fertilizantes líquidos cubanos en el cultivo protegido del

- tomate (*Solanum Lycopersicum L.*) híbrido HA3019. Introducción. Cultivos tropicales. 29(1):73-81.
- Hernández F. 2014. EVALUACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN POTÁSICA EN TOMATE TIPO BOLA (*Solanum lycopersicum L.*) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. 62 p.
- INTAGRI. 2017. Soluciones Nutritivas para el Cultivo de Tomate. Serie Horticultura Protegida. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 33. 5 p.
- Juárez A., K. De Alba, A. Zermeño, H. Ramírez y A. Benavides. 2015. Análisis de crecimiento del cultivo de tomate en invernadero. Introducción. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 6(5):943-954.
- Jarquín L. 2013. Estudio del efecto de la calidad de la luz sobre la síntesis y la acumulación de licopeno en frutos de tomate cultivados en invernadero. Tesis. Doctorado. Universidad Autónoma De Querétaro. 89 p.
- Kyrkby E. y Römheld V. 2007. Micronutrientes En La Función De Las Plantas: Funciones, Absorción Y Movilidad. Principales funciones de los micronutrientes de las plantas. The International Fertilizer Society. 2. 703-723.
- Lara, S. J., F. Ramírez, P. Sánchez, P. Sandoval, M. Livera, M. Carrillo, J. Cruz y P. Segovia. 2015. Tolerancia de líneas nativas de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) a la salinidad con NaCl. Introducción. Asociación Interciencia Venezuela. 40 (10). 704-709.
- Leitón Y. 2020. Evaluación bajo invernadero de fuentes de fertilización orgánica y química en tomate riñón (*Solanum lycopersicum Mill.*), en Pichincha. Tesis. Licenciatura. Universidad Central Del Ecuador Facultad De Ciencias Agrícolas Carrera De Ingeniería Agronómica. 65 p.
- López L. 2016. Manual Técnico Del Cultivo De Tomate *Solanum lycopersicum*. Características botánicas del tomate. Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. 27 (6). 15-17.
- Luna M. A. y Delgado. 2014. Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum L.*). Introducción. Avances en investigación agropecuaria. 18(1): 51-66.

- Leyva S. C. M. González, J. E. Rodríguez y D. Montalvo. 2013. Comportamiento de líneas avanzadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a fitopatógenos en Chapingo, México. Introducción. Revista Chapingo Serie Horticultura. 19(3): 301-313.
- Moya C, J. Arzuaga, L. Santiensteban, M. Álvarez, D. Plana, F. Dueñas, M. Florido, J. Hernández y E. Fonseca. 2009. Evaluación y selección participativa de nuevas líneas y variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en la región oriental de Cuba. Introducción. Edición de la revista "Cultivos Tropicales". 30(2): 66-72.
- Mendoza C. 2020. Fuentes de magnesio en el crecimiento del tomate (*Solanum lycopersicum*) cv. Río Grande Bajo estrés salino en la UNALM. Tesis. Licenciatura. Universidad Nacional Agraria La Molina. 80 p.
- Matos E., J. F. Gómez, J. C. Alamilla, J. J. Sandoval, M. A. Criollo y J. H. Caamal. 2018. El jitomate Rosapaák o Riñon, un ecotipo nativo de la península de Yucatán. Introducción. Temas de Ciencia y Tecnología. 64(22): 63-68.
- Muñoz J. 2018. Mucilago De Nopal En El Crecimiento De Plántulas De Tomate (*Solanum Lycopersicum* L.). Tesis. Maestría. Colegio De Postgraduados Institución De Enseñanza E Investigación En Ciencias Agrícolas. 79 p.
- Mendoza-Pérez, C., Ramírez-Ayala, C., Ojeda-Bustamante, W., Trejo, C., López-Ordaz, A., Quevedo-Nolasco, A., & Martínez-Ruiz, A. (2018). Respuesta del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) al consumo hídrico, área foliar y rendimiento con respecto al número de tallos. Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias UNCuyo, 50(2), 87–104
- Mesa R. 2019. Incremento de la producción de *Solanum Lycopersicum* L. cv. Aegean en cultivo protegido mediante alternativa de manejo del riego. Tesis. Maestría. UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA. 88 p.
- Monge J. Y Loría M. 2019. Producción de tomate (*Solanum Lycopersicum*) en invernadero: comparación agronómica entre tipos de tomate. Introducción. Posgrado y sociedad Revista Electrónica del sistema de Estudios de Posgrado. 17(1):1-20.

- Monge J. 2014. Manejo integrado de plagas en tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivado bajo invernadero: una experiencia. Universidad de Costa Rica. 27(4): 58-68.
- Martínez F., L. Cervantes, C. Aíl-Catzím, L. G. Hernández, C. L. Del Toro y E. O. Rueda. 2016. Hongos Fitopatógenos Asociados Al Tomate (*Solanum Lycopersicum L.*) En La Zona Árida Del Noroeste De México: La Importancia De Su Diagnóstico. Interferencia fisiológica del agente causal de enfermedad y expresión de síntomas. European Scientific Journal. 12(18): 1857-7881.
- (NAPPO) Organización Norteamericana de Protección a las Plantas. 2013. Protocolo de vigilancia para el minador de la hoja del tomate, Tuta absoluta, para los países miembros de la NAPPO. Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO). [https://nappo.org/application/files/2415/9353/8827/SP\\_No.\\_Tuta\\_absolutasuveillanceprotocol-s.pdf](https://nappo.org/application/files/2415/9353/8827/SP_No._Tuta_absolutasuveillanceprotocol-s.pdf). 20/11/2022.
- Roque-Enriquez A, J.C. Delgado-Ortiz, M. Beltrán-Beache, Y. M. Ochoa-Fuentes, E. Cerna-Chávez. 2021. Parámetros agronómicos del tomate (*Solanum lycopersicum L.*) inoculado con "*Candidatus Liberibacter solanacearum*" y tratados con fosfitos. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 8(1): e2552.
- Ramírez M. 2018. Tolerancia a bajas temperaturas en Tomates semicultivados. Tesis. Doctorado. Colegio De Postgraduados Institución De Enseñanza e Investigación En Ciencias Agrícolas Campus Montecillo. 105 p.
- Ramírez E. 2022. Necesidades nutricionales del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) en sus diferentes etapas fenológicas. Servicio Social. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. 38 p.
- Ruelas J., J. E. Rubiños, L. A. Peinado, C. Mendoza, A. Martínez e I. Escobosa. 2022. Consumo de agua de tomate en invernadero en función del número de tallos. Introducción. Revista Mexicana de ciencias agrícolas. 28. 1-11.
- Sánchez L. 2021. Evaluación De Dos variedades De Jitomate (*Solanum Lycopersicum L.*) Con Fertilización De Fondo Y Aplicación De Silicio Bajo Malla Sombra. Tesis. Maestría. Universidad Michoacana De San Nicolás De Hidalgo Facultad De Ciencias Agropecuarias. 84 p.
- (SENASICA) Servicio Nacional De Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2013. Palomilla del tomate *Tuta absoluta* Meyrick Ficha Técnica No. 28. SADER Secretaria De Agricultura y Desarrollo Rural.



<https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20Palomilla%20del%20tomate.pdf>. 20/11/2022.

Tamayo L., P. Rivera y E. Neri. 2020. Producción de tomate con bajo volumen de agua para riego. CIENCIA UANL. 99. 1-6.

Torres A., A. Ernestina, A. Gonzáles, J. M. Rivera y J. Ernesto. 2013. Evaluación del efecto de seis programas de fertilización con calcio - boro y dos temperaturas de almacenamiento, en la prolongación de la vida en anaquel del tomate (*Lycopersicon sculentum* L.), híbrido Evaluna RZ F1, en el municipio de La Palma, cantón Los Planes, departamento de Chalatenango. Tesis. Licenciatura. Universidad de el Salvador Centro America. 108 p.