

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto de los Niveles de Conductividad Eléctrica en la Producción de Tomate  
Cherry Tipo Cereza y Tipo Uva (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*)

Por

**AARÓN ISAÍAS RODRÍGUEZ PÉREZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México.

Marzo 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto de los Niveles de Conductividad Eléctrica en la Producción de Tomate  
Cherry Tipo Cereza y Tipo Uva (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*)

Por

**AARÓN ISAÍAS RODRÍGUEZ PÉREZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dr. Armando Hernández Pérez  
Asesor Principal

M.C. Felicito Ausencio Diaz Vázquez  
Coasesor

Dr. José Antonio Fuentes González  
Coasesor

Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Coordinador Interino de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México  
Marzo 2023



## Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Aarón Isaias Rodríguez Pérez

Nombre y firma

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** quien me forjo como profesional logrando conocer grandes maestros y amigos que me han ayudado en momentos difíciles, además de brindarme hospedaje y comida el tiempo que estuve en esta gran institución.

**Al Dr. Armando Hernández Pérez:** Que me apoyo en cada momento donde estuve realizando el experimento, me brindo sus conocimientos para poder hacer las cosas de mejor manera.

**Al M.C. Felicito Ausencio Díaz Vázquez:** Por ser parte de mis coasesores y apoyarme en la redacción de la tesis, además de compartir sus conocimientos conmigo para aprender cosas nuevas.

**Al Dr. José Antonio Fuentes González:** Por ser uno de mis coasesores y estar dispuesto para apoyarme en cualquier cosa.

**A mis amigos:** Por brindarme su amistad y apoyarme en todo momento: Víctor Gutiérrez, José Ramón Ramírez, José Carlos Velasco, Víctor Samuel Castro, Carlos Pérez Piceno, Mario Rodríguez, Jesús Aguilar, Jairo Naim Ruíz, Alberto Pérez Piceno, Ernesto Hernández, José Raya, Manuel López, Adán Montero, Mario Gerónimo, Irving Vega, Daniela Garibay, Shaladeni, Rigoberto Gonzales, Bladimir Galván.

**A mis padres:** Maribel Pérez Alvarado y Martin Rodríguez Barajas quienes me apoyaron y me aconsejaron en todo momento de mi vida.

**A mi hermana:** Janneth Rodríguez Pérez que me enseñó a ser una mejor persona y estuvo conmigo en cualquier lugar y momento.

**A mi novia:** Pilar Guadalupe Vargas quien me estuvo apoyando durante los dos últimos años de la carrera, agradeciendo por tantas ayudas y aportes no solo para el desarrollo de mi tesis, sino también para mi vida, por el acompañamiento incondicional y por ser una de mis más grandes alegrías.

**A mi primo:** Jonathan Alberto Pérez por apoyarme durante la carrera, además de enseñarme muchas cosas como a ser una persona más fuerte y aprender algunas cosas sobre la agricultura.

**A mis abuelos:** Odilón Pérez Montes y Luz Alvarado por apoyarme durante mis estudios.

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres:**

Maribel Pérez Alvarado, Martin Rodríguez Barajas.

Que los admiro porque a pesar de las dificultades que se han presentado me han enseñado que rendirse no es una opción, me han guiado a ser mejor persona, para luchar por las metas que me proponga, gracias por confiar en mí y acompañarme en cada uno de los días de mi vida, por cada consejo que me han brindado, por nunca darse por vencido, por inculcarme muchos valores y por ser unas personas tan maravillosas, por esas y muchas razones más los adoro.

### **A mi hermana:**

Janneth Rodríguez Pérez

Por brindarme su apoyo, escucharme en los problemas que he tenido, ayudarme en la escuela cuando algo se me dificultaba, por tan bonitos momentos que hemos vivido a lo largo de la vida, por ser una excelente amiga y muy buena persona, gracias por confiar en mi porque ese apoyo me ayudo a conseguir una de las más grandes metas que he logrado, gracias por todo, te quiero.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>x</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xi</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Objetivo general</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Hipótesis</b> .....	<b>2</b>
<b>II.- LITERATURA REVISADA</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1.- Antecedentes del Cultivo</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2.- Descripción Botánica</b> .....	<b>3</b>
<b>2.3.- Producción nacional y mundial</b> .....	<b>4</b>
<b>2.4 Requerimientos Edafoclimáticos</b> .....	<b>4</b>
<b>2.4.1. Requerimientos Hídricos</b> .....	<b>4</b>
<b>2.4.2. Requerimientos de sustrato</b> .....	<b>5</b>
<b>2.4.3. Requerimientos Climáticos</b> .....	<b>5</b>
<b>2.5 Técnica de injertado</b> .....	<b>6</b>
<b>2.6 Tipos de injerto en hortalizas</b> .....	<b>6</b>
<b>2.6 Estrés por conductividad eléctrica elevada</b> .....	<b>7</b>
<b>2.7 Clasificación de hortalizas de acuerdo con la salinidad</b> .....	<b>7</b>
<b>2.9 Efecto de la salinidad en el rendimiento</b> .....	<b>8</b>
<b>2.10 Efecto de la salinidad en cultivos con portainjerto</b> .....	<b>9</b>

<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Localización del experimento.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Material vegetal.....</b>	<b>11</b>
<b>3.3 Tratamientos .....</b>	<b>11</b>
<b>3.4 Diseño experimental.....</b>	<b>12</b>
<b>3.5 Preparación de sustrato.....</b>	<b>12</b>
<b>3.6 Trasplante.....</b>	<b>12</b>
<b>3.7 Fertilización.....</b>	<b>12</b>
<b>3.8 Riego.....</b>	<b>13</b>
<b>3.9 Tutorado .....</b>	<b>13</b>
<b>3.10 Poda.....</b>	<b>13</b>
<b>3.11 Variables evaluadas.....</b>	<b>13</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1 Variables de crecimiento.....</b>	<b>17</b>
<b>4.2 Variables de rendimiento .....</b>	<b>19</b>
<b>V. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>23</b>
<b>VI. Bibliografía .....</b>	<b>24</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos evaluados. ....	11
Cuadro 2. Cálculo de las soluciones nutritivas de los tratamientos aplicados.....	12
Cuadro 3.Efecto de los niveles de conductividad (CE) en el peso seco de raíz (PSR), peso seco de tallo (PST), peso seco de hoja (PSH), peso seco total (PSTo), diámetro de tallo (DT) y Volumen de raíz (VolR) en tomate tipo cereza y tipo Uva. ....	19
Cuadro 4. Efecto de los niveles de conductividad eléctrica (CE) en el diámetro polar y ecuatorial de fruto (DP y DE), sólidos solubles totales (SST), peso promedio de fruto (PPF) y rendimiento por planta (RP) en tomate tipo cereza y tipo uva. ....	22

## RESUMEN

La salinidad elevada en suelos o sustratos afecta negativamente las plantas de tomate disminuyendo su crecimiento y rendimiento de frutos, este presente trabajo tiene como objetivo de determinar el efecto de diferentes niveles de conductividad eléctrica (CE) en el crecimiento y rendimiento de tomate cherry tipo cereza (sin injerto) y tomate tipo uva (con injerto). Se evaluaron tres soluciones nutritivas de Steiner modificada, con conductividad eléctrica de 2.0, 2.5 y 3.0  $\text{mS cm}^{-1}$ . Se estableció un diseño completamente al azar con 6 tratamientos y 5 repeticiones. Las variables de crecimiento evaluadas fueron diámetro de tallo y volumen de raíz, para la materia seca se evaluó el peso seco de hoja, peso seco de tallo, peso seco de raíz y peso total de biomasa, para el rendimiento se evaluó diámetro polar, diámetro ecuatorial, peso promedio de fruto, sólidos solubles totales y rendimiento por planta. En la variedad tipo cereza se obtuvo un aumento en el diámetro de tallo y pesos secos con una solución nutritiva de 2.0  $\text{mS cm}^{-1}$  de CE, mientras que, en la variedad tipo uva se obtuvo un incremento en peso seco de tallo, peso total de biomasa, diámetro de tallo y volumen de raíz en plantas que fueron irrigadas con una solución nutritiva de 2.5  $\text{mS cm}^{-1}$  de CE, por otro lado, el peso seco de raíz y peso seco de hojas no obtuvieron significancia. Los componentes de rendimiento de tomate tipo cereza lograron aumentar en el diámetro polar, peso promedio de fruto y rendimiento por planta con una solución nutritiva de 2.5  $\text{mS cm}^{-1}$  de CE, el diámetro ecuatorial y sólidos solubles totales no obtuvieron significancia. Por otro lado, en la variedad tipo uva solo el rendimiento por planta se encontraron diferencias significativas obteniendo un aumento en las plantas tratadas con una solución nutritiva de 2.5  $\text{mS cm}^{-1}$  de CE, en las demás variables no se observaron diferencias significativas gracias al portainjertos que puede tolerar un poco más la salinidad logrando mantener los frutos de un tamaño similar. La solución nutritiva que encontramos con mayores resultados fue la de 2.5  $\text{mS cm}^{-1}$  de CE logrando tener mayor rendimiento en ambas variedades.

**Palabras clave:** Portainjerto, salinidad, estrés hídrico, tolerante, solución nutritiva.

## I. INTRODUCCIÓN

El tomate tipo cherry corresponde la especie *Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*, esta variedad se ha considerado como la forma ancestral del tomate cultivado, se encuentra en regiones con climas tropicales y subtropicales, esta especie también se le conoce comúnmente como tomate cereza, pajarito o vagabundo (Martínez, 2016).

La producción en invernadero ha ido aumentando constantemente, la superficie cultivada en todo el mundo asciende las 750 000 ha, aumentando cada año la producción. De igual manera en México se ha implementado mucho este sistema de producción, al igual que el uso de sistemas de cultivo en hidroponía (Luna, 2017).

Las altas concentraciones de salinidad en la planta influyen drásticamente, lo que hace que disminuya su productividad, además de que reduce la capacidad de absorber agua y nutrientes esenciales ocasionando un menor crecimiento de raíces, hojas, tallos y frutos (Ruiz *et al.*, 2014). El cultivo de tomate en condiciones de salinidad alta provoca muchos efectos fisiológicos, morfológicos, bioquímicos como lo es una reducción de la fotosíntesis, además también provoca cambios cualitativos y cuantitativos en la síntesis de proteínas por cambios en la expresión de genes (Goykovic y Saavedra, 2007).

En la actualidad, el uso de porta injertos en hortalizas como los son tomate y pimientos han ido incrementando constantemente en países donde hay rentabilidad de estos productos, lo que refleja que las plantas injertadas han tenido buena respuesta al tener frutos de calidad y con un mejor rendimiento (Martínez *et al.*, 2020). La selección de un portainjerto casi siempre se hace con el propósito de tener mayor resistencia al estrés biótico y abiótico, sin embargo, las variedades que están injertadas puede ayudar para tener un fruto de mayor calidad, evitar el crecimiento excesivo de la planta y puede ser más eficiente en el aporte nutrimental (Godoy *et al.*, 2008).

### **1.1 Objetivo general**

Determinar el efecto de diferentes niveles de conductividad eléctrica (CE) en el crecimiento y rendimiento de tomate cherry tipo cereza (sin injerto) y tomate tipo uva (con injerto).

### **1.2 Objetivos específicos**

Obtener el rendimiento de cada tipo de tomate de acuerdo a los diferentes niveles de CE.

Determinar el efecto de las diferentes concentraciones de salinidad en la planta y la variabilidad que puede haber en el crecimiento y rendimiento de cada tipo de tomate.

Identificar si las plantas injertadas pueden tener más tolerancia a la salinidad.

### **1.3 Hipótesis**

Al menos uno de los niveles de conductividad eléctrica evaluados generará incremento en el crecimiento y rendimiento en alguna de las variedades de tomate cherry establecidas.

## II.- LITERATURA REVISADA

### 2.1.- Antecedentes del Cultivo.

El tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) es originario de América, esta variedad se empezó a cultivar desde 1800 en algunos países como lo son Ecuador, Perú y el Norte de Chile. A principios del siglo XX se empezó a extender por todo el mundo. Es la variedad más ancestral pues la planta crece de forma espontánea en regiones tropicales o subtropicales (Yepes, 2021).

Desde América central hasta México se ha considerado como centro de domesticación, particularmente en algunos estados de México como lo son Veracruz y Puebla. Esta especie se pudo establecer en lugares que tenían condiciones climáticas similares a las de su origen, pero también logro adaptarse a los que eran diferentes, logrando cambiar sus requerimientos fisiológicos y características morfológicas en respuesta a las nuevas condiciones ambientales (Délices *et al.*, 2019). A comienzos de la década de los noventa, los tomates de invernadero suponían un producto de riqueza ya que en su mayoría eran importados desde Holanda, pero a finales de esa época se empezaron a cultivar tomates bajo invernaderos en algunos países como en EUA y México siendo productores exponenciales (Meza, 2022).

### 2.2.- Descripción Botánica.

Es una planta anual, perenne, de porte arbustivo. Existen variedades de crecimiento determinado (anuales) y crecimiento indeterminado (perenne). Según el Integrated Taxonomic Information System e North Americé (ITS) la clasificación taxonómica es:

Clase: Magnoliopsida (Dicotiledónea)

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *lycopersicum*

Variedad: *Cerasiforme*

(Lombardo, 2017).

### **2.3.- Producción nacional y mundial**

La producción nacional que hubo en el 2022 fue un total de 3,418,899 toneladas teniendo un total de 1,730,149 toneladas exportadas. Los estados que lideran esta producción son en primer lugar San Luis Potosí con un total de 244,045 toneladas, seguido por Zacatecas con una producción total de 164,872 toneladas, en tercer lugar, esta Puebla con 98,086 toneladas, después se encuentra Estado de México y Michoacán con 74,258 y 66,604 toneladas, estos son los estados con mayor producción de tomate en el país (SIAP, 2022).

A nivel mundial la superficie establecida de tomate creció de 2007 a 2017 para tener un total de 4.8 millones de hectáreas, los rendimientos han incrementado anualmente un 1.5 % para lograr tener un total de 37.6 toneladas por hectárea (FAO, 2017).

México aporta 1.7% de la producción total de tomate, por debajo de China, China Continental, India y Estados Unidos de América, entre otros, contribuye 19% de volumen de las exportaciones a nivel mundial, ubicándolo como el principal país exportador por arriba de España (FAOFAST, 2022).

## **2.4 Requerimientos Edafoclimáticos**

### **2.4.1. Requerimientos Hídricos**

Los requerimientos hídricos de la planta pueden ser variables de acuerdo a la zona donde está establecido el cultivo, los factores que influyen en el consumo son el clima, humedad relativa, déficit de presión de vapor y tipo de suelo o sustrato. Se determinó el Kc (capacidad de extraer agua del suelo) del cultivo de tomate por etapas fenológicas irrigado mediante un sistema por goteo a campo abierto, donde la temperatura mínima media fue de 22.1 °C y la temperatura máxima media se registró de 25.3 °C, estos fueron los resultados obtenidos.

Etapa inicial: 0.51, etapa intermedia: 1.17 y etapa final: 0.6 (Rogério *et al.*, 2015).

### **2.4.2. Requerimientos de sustrato**

El sustrato que se debe utilizar en cultivos sin suelo debe cumplir ciertas características físicas y químicas para lograr que la planta tenga un crecimiento adecuado, las cuales son tener un pH ligeramente ácido, debe estar desinfectado o libre de patógenos, mínima fertilidad inherente, porosidad de aireación del 10% y retención de agua de 55 %, esto se puede conseguir mezclando algunos sustratos para conseguir las características deseadas (Castro *et al.* 2019)

Las propiedades que debe contener un sustrato son:

Fracción sólida: Es la parte donde proporciona el soporte a la planta

Fracción líquida: Donde se determina la capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrientes.

Fracción gaseosa: Es importante para el intercambio del O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> (Hernández, 2012).

### **2.4.3. Requerimientos Climáticos**

#### **Luminosidad**

El tomate requiere de días soleados (8 – 16 horas de luz) para su crecimiento y desarrollo adecuado, además de lograr una coloración uniforme del fruto, la baja luminosidad puede detener la absorción de agua, nutrientes, floración y desarrollo vegetativo (Sinche, 2022).

#### **Temperatura**

**Mínima:** 8–12 °C

La absorción de nutrientes y el crecimiento de la planta son muy pocos o se detienen si las estas temperaturas están en este rango por muchas horas, pero si es muy prolongado el tiempo pueden debilitarse y disminuir su producción, si se tienen temperaturas por debajo de 8 °C por varios días la planta puede morir.

**Óptima:** 21 – 27 °C

Todos los procesos fisiológicos funcionan correctamente, logrando que la planta no entre en estrés y se obtengan mejores resultados.

**Máxima:** 32 – 36 °C

Los procesos bioquímicos y la toma de nutrientes son excesivos, haciendo que la planta tenga un desgaste de energía y enfocándose solo a regular su temperatura interior deteniendo la floración, si se prolonga por mucho tiempo la planta puede morir (Acosta y León, 2015).

### **Humedad relativa**

Una humedad relativa adecuada para el tomate cherry debe ser entre 65 % y 75 % para su crecimiento adecuado, al superar este rango pueden traer enfermedades de hongos y bacterias, cuando la humedad es menor se debe hacer una ventilación para disminuir la temperatura dentro el invernadero (Villarreal y Teatino, 2017).

### **2.5 Técnica de injertado**

El injerto es una técnica la cual permite la unión de dos tejidos vegetales vivos para conformar una sola planta, se utiliza como propósito tener menor susceptibilidad a plagas y enfermedades, además de aumentar el rendimiento por planta, se une un patrón donde la variedad sea resistente a enfermedades del suelo con un portainjerto que tenga mayor vigor y mejores rendimientos, con esto se consigue una planta más completa (Arriaga, 2021).

### **2.6 Tipos de injerto en hortalizas**

En hortalizas existen dos tipos de injertos los cuales son: injerto de aproximación en cucurbitáceas el cual consiste en mantenerse tanto el sistema radical del patrón, como el de la variedad, se debe hacer cuando el patrón tenga el botón de la primera hoja verdadera y la variedad muestre la primera hoja verdadera en desarrollo, en el patrón y la variedad se hacen cortes de 2-3 cm en dirección opuesta para después unirlos y sujetarlas con cinta de plomo o pinzas de plástico. El método de empalme en solanáceas, en este se une el brote de la variedad con el brote del patrón, se debe realizar cuando los dos tallos tengan el mismo grosor cortando el tallo a un ángulo de 45° para después unir las dos partes y unirlos con un clip para tener mejor soporte. En tomate existen otros tipos de injerto los cuales son la perforación lateral,

púa de brote, púa de terminal, púa sobre esqueje del patrón y dakitsugi (Gaytan *et al.*, 2013).

## **2.6 Estrés por conductividad eléctrica elevada**

Los principales daños que se tienen en la planta con una CE elevada en primer lugar tenemos un déficit hídrico impuesto por la mayor osmolaridad del suelo o sustrato, de igual manera hay un daño celular por que se acumulan muchos iones en los tejidos vegetales y también se genera un desbalance nutricional por no absorber los nutrientes requeridos (Lingeswara *et al.*, 2017). Existen tres tipos de mecanismos para evitar un estrés por salinidad los cuales son la evasión, la tolerancia y el portainjerto, la primera consiste en evitar acumular sales haciendo un lavado y regando con una CE baja, la segunda consiste en la aptitud que tiene cada uno de los cultivares para no disminuir su producción tolerando concentraciones de salinidad altas y la tercera sirve para unir un cultivar tolerante a la salinidad con alguno de nuestro interés para aumentar la producción en condiciones de salinidad en el suelo o sustrato (Alcalá *et al.*, 2018). La alta salinidad en los suelos o sustratos se debe a que existe una acumulación de sales, puede ser ocurrida por aplicar una solución nutritiva con una CE elevada y exceso de riegos con una evaporación muy alta (Barkla *et al.*, 2014).

## **2.7 Clasificación de hortalizas de acuerdo con la salinidad.**

### **Sensibles:**

Cebolla, fresas, frijol común, nabo, zanahoria, arroz, frambuesa.

### **Moderadamente sensibles:**

Calabaza bonetera, camote, coliflor, col rizada, espinacas, lechuga, maíz dulce, melón, papa, pepino, rábanos, repollo, sandía, tomate, tomate cherry.

### **Moderadamente tolerantes:**

Alcachofa, apio, brócoli, calabaza zucchini, habas, betabel rojo, verdolaga, sorgo, soja, trigo.

### **Tolerantes:**

Acelgas, espárragos, cebada, algodón.

(Grattan, 2018).

## 2.9 Efecto de la salinidad en el rendimiento.

El efecto del rendimiento frente al estrés salino o una elevada conductividad eléctrica varía de acuerdo al cultivar, donde algunos de ellos son muy sensibles y otros muy tolerantes.

**Ciruela:** Es un cultivo sensible a la salinidad, una solución nutritiva ideal para este cultivo es de  $1.5 \text{ mS cm}^{-1}$  de CE, con valores de  $2.1 \text{ mS cm}^{-1}$  reduce un 10% su rendimiento, con  $2.9 \text{ mS cm}^{-1}$  disminuye un 25% y con valores superiores a  $4.3 \text{ mS cm}^{-1}$  este baja un 50%.

**Tomate:** Se clasifica como un cultivo moderadamente sensible, una solución nutritiva ideal es de  $2.5 \text{ mS cm}^{-1}$ , con valores de  $3.5 \text{ mS cm}^{-1}$  encontramos una reducción en el rendimiento de un 10 %, con una CE igual a  $5 \text{ mS cm}^{-1}$  este se reduce un 25 % y por encima de  $7.6 \text{ mS cm}^{-1}$  disminuye un 50 %.

**Arroz:** Es un cultivo moderadamente sensible el cual necesita una solución nutritiva igual a  $3.0 \text{ mS cm}^{-1}$  de CE, por cada unidad que esta aumenta se reduce un 12.2 % en el rendimiento, con valores por encima de  $7.2 \text{ mS cm}^{-1}$  tenemos una disminución del 50 %.

**Soja:** Se clasifica como un cultivo moderadamente tolerante al tener un rendimiento máximo con una solución nutritiva igual a  $5.0 \text{ mS cm}^{-1}$  de CE, reduciendo un 20 % por cada unidad que aumentamos, encontrando una reducción del rendimiento de 50 % con una CE de  $7.5 \text{ mS cm}^{-1}$ .

(Gallard, 2017).

**Chile jalapeño:** Es un cultivo moderadamente sensible el cual con una solución nutritiva igual a  $4.0 \text{ mS cm}^{-1}$  disminuyó un 22.05 % su rendimiento, mientras que, con una CE de  $8.0 \text{ mS cm}^{-1}$  se obtuvo una reducción de un 75.43 % en el primer corte, al conseguir menor número de frutos, tamaño y peso elevando la CE (Grimaldo *et al.*, 2017).

**Pimiento y lechuga:** Son cultivos moderadamente sensibles, al encontrar que con una solución nutritiva que contiene  $3.0 \text{ mS cm}^{-1}$  y  $5.0 \text{ mS cm}^{-1}$  de CE reduce un 25 % y 50 % respectivamente.

**Sorgo:** Es un cultivo moderadamente tolerante el cual resiste conductividades eléctricas altas, por arriba de  $6 \text{ mS cm}^{-1}$  reduce el rendimiento solo un 10 % y mayor a  $12 \text{ mS cm}^{-1}$  disminuye el rendimiento un 50 %.

**Algodón:** Es altamente tolerante a la salinidad, con una conductividad en el suelo de  $10 \text{ mS cm}^{-1}$  reduce un 10 % la producción y con una CE de  $16 \text{ mS cm}^{-1}$  disminuye un 50 % (Aguirre, 2009).

**Trigo:** La susceptibilidad a la salinidad se presenta después de la antesis, se caracteriza por tener una senescencia temprana provocando mal llenado de granos y aborto de espiguillas distales lo que hace que su producción disminuya hasta un 50 % con conductividades eléctricas superiores a  $13 \text{ mS cm}^{-1}$  (Argentel *et al.*, 2008).

## **2.10 Efecto de la salinidad en cultivos con portainjerto**

**Pimiento:** Se utilizaron varios portainjertos los cuales todos fueron afectados por conductividades eléctricas elevadas en la solución nutritiva obteniendo un menor efecto en uno de ellos, el cual consiguió un incremento de 60 % en el rendimiento total comparado con plantas que no fueron injertadas (Gálvez y López, 2017). El uso de portainjertos tolerantes a la salinidad en el cultivo de pimiento hoy en día es muy importante para poder controlar este problema ya que las plantas injertadas mejoran la productividad incrementando su producción un 133 % aproximadamente, en comparación con plantas no injertadas, la solución nutritiva alcanzo hasta  $5 \text{ mS cm}^{-1}$  de CE, lo que hace que reduzca mucho el rendimiento del pimiento (Calatayud *et al.*, 2013).

**Tomate:** Los portainjertos en tomate pueden ser una alternativa para mejorar el rendimiento ya que pueden tolerar mayores niveles de CE en la solución nutritiva, en este experimento las plantas injertadas lograron tener un incremento de un 22.22 % con respecto a las no injertadas, al tener una la solución nutritiva de Steiner al 100 %.

El portainjerto a utilizar debe ser estudiado, porque no todos funcionan de una manera positiva, hay algunos que resultan tener producciones más bajas que las plantas no injertadas, este no es el caso del portainjerto Multifort ya que, en un ciclo

corto de producción, el injerto Vengador sobre Multifort obtuvo un 26 % más de producción en comparación con plantas no injertadas (Gaytán *et al.*, 2013)

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Localización del experimento

El presente trabajo se llevó a cabo durante los meses de junio a diciembre de 2021, dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Saltillo, Coahuila, en un invernadero del Departamento de Horticultura este tiene ventilación lateral y unas dimensiones de 400 m<sup>2</sup>.

### 3.2 Material vegetal

Se utilizaron dos variedades de tomate cherry, la variedad 1 es tomate cherry tipo cereza (sin injerto), la variedad 2 es tomate tipo uva (con injerto).

El portainjerto que se utilizó fue Maxifort este, es recomendado para lugares donde hay problema de suelo por su alta tolerancia contra las más frecuentes enfermedades de suelo. Este portainjerto induce, además, mayor vigor y mejor comportamiento con frío y alta salinidad, ayudando a tener más calibre de la fruta. La técnica que se utilizó para unir los dos tejidos vegetales (patrón e injerto) fue la de empalme, la cual consiste en cortar ambas partes a un ángulo de 45°, se juntan ambas fijándose con un clip de unión para lograr un soporte adecuado.

### 3.3 Tratamientos

Se evaluaron dos tipos de tomate y tres niveles de conductividad eléctrica, dando un total de seis tratamientos (Cuadro 1)

Cuadro 1. Tratamientos evaluados.

Tratamiento	Tipo de tomate	Conductividad eléctrica mS cm <sup>-1</sup>
Tratamiento 1	Cereza	2.0
Tratamiento 2	Cereza	2.5
Tratamiento 3	Cereza	3.0
Tratamiento 4	Uva-I	2.0
Tratamiento 5	Uva-I	2.5

<b>Tratamiento 6</b>	Uva-I	3.0
----------------------	-------	-----

### 3.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño estadístico el cual fue bloques completamente al azar con seis tratamientos y cinco repeticiones de cada tratamiento.

### 3.5 Preparación de sustrato

Se utilizaron bolsas negras de polietileno para retener el sustrato con capacidad de 12 Litros, a una proporción de 70 % peat moss y 30 % perlita (v/v), con orificios en el fondo para mejorar la lixiviación de agua, este se humedeció con agua para su posterior trasplante.

### 3.6 Trasplante

El trasplante se realizó el 20 de julio del 2021, con plántulas de tomate cherry tipo cereza y tipo uva, con una altura de 15 cm, color verde, con un aproximado de 5-6 hojas, se colocó una planta por maceta con una distancia de 50 cm cada una.

### 3.7 Fertilización

La fertilización se aplicó vía riego con una solución de Steiner modificada a diferentes niveles de conductividad eléctrica, los cuales fueron: 2.0 mS cm<sup>-1</sup>, 2.5 mS cm<sup>-1</sup>, 3.0 mS cm<sup>-1</sup>, estas soluciones nutritivas se utilizaron en ambas variedades de tomate cherry. Los cálculos de la fertilización se realizaron en el cuadro de doble entrada para saber cuánto aportar de cada fertilizante, partiendo del análisis de agua y aplicando lo faltante para cada uno de los elementos.

Cuadro 2. Cálculo de las soluciones nutritivas de los tratamientos aplicados.

CE (mS m <sup>-1</sup> )	Macroelementos					
	Aniones <sup>-</sup>			Cationes <sup>+</sup>		
	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
<b>2.0</b>	1	7	12	7	9	4
<b>2.5</b>	1.25	8.75	15	8.75	11.25	5

3.0	1.5	10.5	18	10.5	13.5	6
-----	-----	------	----	------	------	---

Además, se utilizó el Ultrasol Micromix como fuente de micronutrientes.

### 3.8 Riego

El riego se aplicó de manera manual diariamente, tratando de satisfacer las necesidades hídricas de la planta, logrando un 30 % de lixiviado para evitar acumulación de sales, cada que la planta requería más agua aumentamos el volumen, partiendo de 1 L por planta en la primera etapa, hasta 3 L por día de acuerdo a los requerimientos de clima y etapa fenológica.

### 3.9 Tutorado

Se comenzó esta labor cultural cuando la planta alcanzó los 30 cm de altura, colocando rafia desde la base de la planta sujetándolo con un anillo, la rafia se va pasando por debajo de cada hoja para mantener los tallos o brazos de la planta de forma vertical, con la finalidad de mantener la carga de los frutos, que toda la planta pueda aprovechar la radiación y facilitar las labores culturales.

### 3.10 Poda

**Poda de brotes:** Se realizó después de 20 días del trasplante, retirando los primeros brotes laterales que salen en los tomates tipo indeterminados, dejando solamente un tallo principal para un mejor manejo.

**Poda de hojas:** Esta actividad se hace cuando el follaje es muy intenso, retirando las hojas que están por debajo del primer racimo de frutos, además de cortar las hojas más viejas ya que estas solamente gastan energía sin ninguna función, el propósito por el que se realiza esta poda es para aumentar la iluminación y mejorar la aireación para conseguir mayor floración y cuaje de frutos, mejor calidad de frutos, menor incidencia de plagas y enfermedades.

### 3.11 Variables evaluadas

#### Diámetro del tallo (DT)

El diámetro del tallo se midió con ayuda de un vernier digital de marca caliper tomando como referencia 10 cm por arriba de la maceta, esta variable se sacó cuando se quitó el cultivo, las unidades que tomamos como referencia fueron milímetros (mm).

### **Volumen de raíz (VoIR)**

El volumen de raíz se obtuvo con el método de desplazamiento, con ayuda de una probeta de 1000 mL, lavamos la raíz para eliminar todo el sustrato, posteriormente dejamos escurrir el agua para luego pasarla a la probeta con 500 mL de agua, el volumen final lo restamos con los 500 mL aplicados y ese fue el volumen de raíz.

### **Peso seco de hojas (PSH)**

Las hojas que se fueron quitando durante el ciclo del cultivo se fueron guardando para posteriormente agregar las demás hojas de toda la planta, para un secado más rápido se pusieron en el horno de secado durante 72 horas, hasta que las hojas se deshidrataron por completo, después se pesaron todas las hojas de cada planta, las unidades que se tomaron en esta fueron gramos (g).

### **Peso seco de tallo (PST)**

Una vez terminada la cosecha de los tomates, se quitaron hojas, raíz y pedúnculos para solamente quedarnos con el tallo, este se partió en pedazos para ponerlos en bolsas de cartón y posteriormente llevarlo al horno de secado durante 72 horas, hasta asegurarnos que se deshidratará por completo, después de transcurrido este tiempo se procedió a pesar cada tallo de las plantas, las unidades que se tomaron fueron gramos (g).

### **Peso seco de raíz (PSR)**

Se retiró el sustrato, se lavó para solamente obtener la raíz, se dejó secar, la colocamos en bolsas de cartón y se metió al horno de secado durante 72 horas, hasta que la raíz se deshidrato por completo, después de transcurrido el tiempo se procedió a pesar la raíz de cada planta, las unidades tomadas en esta variable fueron en gramos (g).

**Peso seco total (PSTo)**

Una vez obtenidos los pesos secos de hojas, raíz y tallo procedimos a sumar estas variables para obtener el peso seco total de cada planta, la variable se tomó con unidades de gramos (g).

**Diámetro polar (DP)**

Esta variable fue tomada con ayuda de un vernier digital marca Lux Sany, las unidades que tomamos como referencia fueron milímetros (mm), en cada corte se tomaron como referencia dos frutos por cada racimo por planta.

**Diámetro ecuatorial (DE)**

Con ayuda de un vernier digital de marca Lux Sany, sacamos los datos de esta variable, las unidades utilizadas fueron milímetros (mm), por corte se tomaron como referencia dos frutos por cada racimo por cada planta.

**Sólidos solubles totales (SST)**

Los sólidos solubles totales los tomamos con ayuda de un refractómetro marca Daigger, modelo REF103/112/103bp, colocando la pulpa del tomate en la parte del cristal del aparato, se utilizaron dos frutos por cada racimo de la planta, tratando de que los frutos tuvieran un color similar de maduración.

**Peso promedio de fruto (PPF)**

En cada uno de los cortes se utilizaron como referencia dos frutos por racimo por cada planta, utilizamos una báscula para sacar el dato, las unidades utilizadas en esta variable fueron gramos (g), se pesaron cada uno por separado y al final de la cosecha se sacó el promedio de peso por cada uno de los tomates.

**Rendimiento por planta (PPP)**

Cada día de cosecha se pesaron todos los frutos que obtuvimos de cada una de las plantas, para al final del ciclo del cultivo sumar cada uno de los datos y sacar el rendimiento por planta, se tomaron los datos con ayuda de una báscula, las unidades que usadas fueron gramos (g).

### **3.12. Análisis estadístico**

Los datos colectados se sometieron a un análisis de varianza ( $p \leq 0.05$ ) y comparación de medias utilizando la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), en el programa analítico SAS versión 9.0.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Variables de crecimiento

El crecimiento y el peso seco de los órganos de las plantas de tomate fueron afectadas por los diferentes niveles de conductividades eléctrica (CE) de las soluciones nutritivas (SN). El peso seco de tallo (PST), peso seco total (PSTo), diámetro de tallo (DT) y volumen de raíz (VolR) registraron diferencias significativas ( $p \leq 0.001$ ) en el tomate tipo cereza y tipo uva, mientras que, el peso seco de raíz (PSR) y peso seco de hoja (PSH) solo mostraron significancia en tomate tipo cereza (Cuadro 3).

El PSR, PST, PSH y PSTo fueron mayores en las plantas que se irrigaron con una SN que contenía una CE igual a  $2.0 \text{ mS cm}^{-1}$  en tomate tipo cereza obteniendo un aumento de 15.86 % en el peso seco total con respecto a las plantas que recibieron mayor CE, mientras que, en el tomate tipo uva se obtuvo mayor PST y PSTo al ser nutridas con la SN de una CE de  $2.5 \text{ mS cm}^{-1}$ , este incrementó 4.77 % de peso seco total en comparación de las contenían una SN de  $3.0 \text{ mS cm}^{-1}$  de CE. El menor peso de biomasa seca se observó en plantas que fueron fertilizadas con un mayor nivel de CE, esto puede ser debido al periodo que fueron expuestas las raíces al estrés salino, coincidiendo con el trabajo de Hurtado (2018) quien señala que, la capacidad que tienen las plantas para poder absorber agua se ve disminuida al aumentar la concentración de sales en la raíz, lo que provoca un déficit hídrico, alteraciones en los procesos enzimáticos y un desbalance nutricional, también influye en el crecimiento de la planta, por lo tanto, de igual manera se ve afectado el peso de biomasa. Pérez *et al.*, (2021) afirman que, en el cultivo del arroz con alta salinidad produce un efecto negativo al tener dificultades del establecimiento del cultivo y disminuir la producción de materia seca. De igual manera Ruíz *et al.*, (2014) Mencionan que uno de los efectos más evidentes es la disminución de absorber agua del suelo, esto se manifiesta en una reducción de la expansión foliar, pérdida de turgencia en tallo y hojas de la planta, por lo tanto, el peso seco reduce. El mayor peso total de biomasa se consiguió en las plantas que fueron injertadas, esto ocurrió gracias a que se obtuvo un mayor crecimiento en la parte aérea y por lo tanto un incremento en el peso seco de tallo, raíz y hojas, como lo demostraron Al-Hardy

*et al.*, (2016) quienes reportan que, las plantas injertadas son más vigorosas que las no injertadas, obteniendo un aumento significativo en el crecimiento aéreo.

El DT se incrementó en las plantas que se irrigaron con una SN igual a 2.0 mS/cm<sup>-1</sup> de CE, con un aumento de 9.17 % en el tomate tipo cereza con respecto a las que se trataron con una SN de 3.0 mS cm<sup>-1</sup> de CE. Por otro parte, en el tomate tipo uva se aumentó el DT un 10.98 % en plantas que se irrigaron con una SN de 2.5 mS cm<sup>-1</sup> de CE comparado con las fertilizadas con una SN igual a 3.0 mS cm<sup>-1</sup> de CE, con lo anterior manifiesta que se logró menor DT en las plantas nutridas con una SN que contenía mayor CE. La disminución DT con el aumento del nivel de conductividad eléctrica puede ser debido al menor consumo de agua por parte de la planta al aumentar la salinidad, coincidiendo con el trabajo de Abdelsattar *et al.*, (2015) quienes reportan que, la reducción en la absorción de agua por parte de la planta es debido al incremento de CE del agua de riego en tomate provocando una reducción de diámetro de tallo y altura. De igual manera Goykovic y Saavedra (2007) afirman que, todos los órganos de la parte aérea de la planta de tomate se alteran al tener una salinidad elevada, los tallos alcanzan menor altura y disminuyen su grosor.

El mayor VolR se presentó en plantas irrigadas con una SN igual a 2.5 mS cm<sup>-1</sup> de CE, este incremento fue 26.58 % y 36.3 % respectivamente, en tomate tipo cereza y tipo uva, obteniendo así menor volumen de raíz en las plantas tratadas con una SN que contenía 3.0 mS cm<sup>-1</sup> de CE. Estos resultados indica que, al aumentar el nivel de CE afecta en el sistema radicular negativamente, teniendo menor volumen de raíz, esto puede ser debido al estrés en el que entra la planta al acumular de sales en el sustrato, coincidiendo con lo expuesto por Hurtado (2018) quien señala que el estrés salino afecta la fisiología de la planta completa, de igual manera entra en estrés osmótico a nivel celular y a estrés iónico, haciendo que el volumen de raíces disminuyan con una elevada concentración de salinidad. De igual manera Goykovic y Saavedra (2007) afirman que el crecimiento y volumen de las raíces de tomate disminuye cuando estas están expuestas a un estrés salino ya que disminuye el potencial hídrico del agua, genera un desbalance iónico provocando toxicidad y desbalance nutricional, el daño depende del tiempo en el que se encuentran las raíces en estrés y el cultivar que se tiene. Jung y McCouch (2013) dicen que el estrés por salinidad alta disminuye la división celular epidérmica de la raíz deteniendo el crecimiento de las raíces primarias.

Cuadro 3. Efecto de los niveles de conductividad (CE) en el peso seco de raíz (PSR), peso seco de tallo (PST), peso seco de hoja (PSH), peso seco total (PSTo), diámetro de tallo (DT) y Volumen de raíz (VolR) en tomate tipo cereza y tipo Uva.

CE (mS cm <sup>-1</sup> )	PSR (g)		PST (g)		PSH (g)		PSTo (g planta <sup>-1</sup> )		DT (mm)	VolR (mL)		
	TPC	TPU	TPC	TPU	TPC	TPU	TPC	TPU	PTC	TPU	TPC	TPU
<b>2.0</b>	66.98a	71.90a	101.98a	103.92b	202.34a	206.34a	371.3c	382.16a	18.56a	18.14b	182.00a	191.04b
<b>2.5</b>	66.66a	74.12a	100.56a	106.78a	186.44b	208.66a	353.66a	389.56a	17.94b	19.2a	200.00a	206.74a
<b>3.0</b>	55.66b	68.52a	96.20b	99.66c	168.60c	203.62b	320.46b	371.8b	17.00c	17.3b	158.00b	185.62b
<b>ANVA</b>	0.002	0.09	0.01	0.002	0.001	0.063	0.001	0.003	0.001	0.003	0.002	0.001
<b>C.V. (%)</b>	5.796	4.852	2.249	1.462	2.577	1.373	2.373	1.452	1.532	3.237	6.879	3.046

ANVA= Análisis de varianza, CV= Coeficiente de variación, TPC= tomate tipo cereza, TPU= tomate tipo uva. Las letras a, b y c son las categorías obtenidas de la comparación de medias con Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

#### 4.2 Variables de rendimiento

El rendimiento y calidad de los frutos fueron afectadas por los distintos niveles de conductividades eléctricas (CE) de las soluciones nutritivas (SN) evaluadas. El diámetro polar (DP) y peso promedio de fruto (PPF) del tipo cereza arrojaron una diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

El rendimiento por planta, registraron diferencia altamente significativa en los dos tipos de tomate ( $p \leq 0.01$ ). Por otra parte, DP, DE, SST y PPF no se obtuvieron diferencias significativas (Cuadro 4). Este último puede ser debido a que las plantas estaban injertadas e indujo resistencia a la salinidad.

El DP y PPF aumentaron 8.63% y 7.05% respectivamente en plantas que fueron irrigadas con una SN que contenían  $2.5 \text{ mS cm}^{-1}$  de CE, con respecto a las tratadas con una SN de  $3.0 \text{ Ms cm}^{-1}$  de CE en tomate tipo cereza. El menor tamaño de fruto puede ser al aumento de la concentración de sales de la solución nutritiva, esto coincide con Pérez *et al.*, (2020) quienes señalan que, la disminución del tamaño de frutos de la planta de tomate es debido a que esta presenta mayor dificultad de absorber agua, causada por la alta concentración de iones en la rizosfera afectando la expansión de los frutos, también este problema puede ser debido a que los nutrientes que son absorbidos por flujo de masa sean menores, causando pudrición apical. De igual manera, Yokas *et al.*, (2008) reportan que, la solución nutritiva con  $\text{Na}^+$  no solo hace que el  $\text{Ca}^{2+}$  disminuya, sino que también reduce su transporte hacia la planta, afectando la calidad de sus órganos vegetativos y reproductivos, debido a que el  $\text{Ca}^{2+}$  es importante para la división celular, como lo afirman Díaz *et al.*, (2007) quienes dicen que el calcio es un elemento estructural ya que es parte de las paredes y membranas de las células, también es participe de la división y extensión celular.

El DP, DE, PPF y SST del tomate tipo uva no se vieron afectados por la CE, esto puede ser debido al injerto que tolera un poco más la salinidad, logrando tener frutos de un tamaño similar. Coincidiendo con Tlatilpa (2013), quien afirma que, los injertos en tomate reducen los daños por salinidad al regular la concentración nutrimental desde la raíz, absorbiendo solo los nutrientes necesarios como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ , que son importantes para el desarrollo del fruto, esto para evitar el estrés por deficiencias o excesos de algún elemento. Algunos autores señalan que al aumentar la salinidad puede haber mayor acumulación de SST, De acuerdo con Fallik *et al.*, (2019), reportan que los altos niveles de CE en la SN disminuyen el flujo de agua hacia el fruto y también se genera una alta hidrólisis de sacarosa lo cual produce fructosa y glucosa, esto es debido al alto potencial osmótico en la SN, lo que ocasiona una acumulación de solutos simples en el fruto.

El RP fue mayor en aquellas plantas que fueron fertilizadas con una SN de  $2.5 \text{ mS cm}^{-1}$  este aumento fue de 31 % en tomate tipo cereza, en el tipo uva se incrementó 20.84 % con respecto a las plantas irrigadas con una SN con CE igual a  $3.0 \text{ mS cm}^{-1}$  al registrar menor rendimiento. Esto coincide con lo señalado por Luna *et al.* (2018), quienes mencionan que, un factor que pudo haber influido en la reducción del rendimiento es el aumentar la CE, esto puede provocar una disminución del tamaño de frutos, debido a que hay menor disponibilidad de nutrientes y menor absorción de agua para las plantas, también se debe a los trastornos nutricionales por la alta salinidad, lo que hace que la planta tenga una absorción excesiva de nutrientes provocando un desequilibrio nutricional. Orozco (2018) por su parte, afirma que con un estrés salino en las plantas disminuyen la conductancia estomática, la tasa de transpiración y la concentración de  $\text{CO}_2$  en las células haciendo que el rendimiento del cultivo sea menor. Lamz y González (2013) aseguran que con una alta salinidad en el suelo se produce un desbalance iónico en las células, debido a que hay una acumulación excesiva de sodio y cloro haciendo que reduzca la captación de otros nutrientes como lo son el calcio, potasio y manganeso que son importantes para que el fruto crezca y tenga buena calidad, por lo tanto, el rendimiento por planta se verá afectado.

Cuadro 4. Efecto de los niveles de conductividad eléctrica (CE) en el diámetro polar y ecuatorial de fruto (DP y DE), sólidos solubles totales (SST), peso promedio de fruto (PPF) y rendimiento por planta (RP) en tomate tipo cereza y tipo uva.

	CE		DP		DE		SST		PPF		RP	
	(mS cm <sup>-1</sup> )		(mm)		(mm)		(°Brix)		(g)		(g planta <sup>-1</sup> )	
	TPC	TPU	TPC	TPU	TPC	TPU	TPC	TPU	TPC	TPU	TPC	TPU
<b>2.0</b>	26.18ba	34.58a	29.90a	20.58a	8.76a	9.68a	11.64ba	8.40a	1628.24b	1742.00b		
<b>2.5</b>	26.66a	35.36a	29.98a	20.84a	8.96a	9.74a	12.14a	8.50a	1800.06a	1861.68a		
<b>3.0</b>	24.54b	33.58a	27.84a	20.32a	8.70a	10.00a	11.34b	8.26a	1511.34c	1649.56c		
<b>ANVA</b>	0.014	0.349	0.074	0.524	0.461	0.297	0.026	0.177	0.001	0.001		
<b>CV (%)</b>	4.87	5.27	4.84	3.38	3.74	3.26	3.16	2.18	4.14	1.97		

ANVA= Análisis de varianza, CV= Coeficiente de variación, TPC= tomate tipo cereza, TPU= tomate tipo uva. Las letras a, b y c son las categorías obtenidas de la comparación de medias con Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

## V. CONCLUSIÓN

La solución nutritiva con una conductividad eléctrica igual a  $2.5 \text{ mS cm}^{-1}$  resulto ser óptimo para los dos tipos de tomate, ya que aumentó el rendimiento.

El uso de portainjertos obtuvo un buen resultado al no mostrar diferencias significativas en las variables evaluadas con el aumento de la salinidad, logrando tener frutos de un tamaño similar en los tres niveles de solución nutritiva, esto es debido a la capacidad de poder regular la concentración nutricional y evitando estrés hídrico por la elevada concentración de sales en las plantas de tomate tipo uva.

Mientras que, en plantas sin injerto se vio una reducción en las variables de crecimiento y rendimiento al elevar la conductividad eléctrica de la solución nutritiva.

## VI. Bibliografía

- Aguirre-Hernández, A. (2009). *El Manejo de la conductividad eléctrica en fertirriego*. [Tesis de Especialidad, Centro de Investigación en Química Aplicada].
- Al-Harbi, A., Hejazi, A. & Al-Omran, A. (2017). Responses of grafted tomato (*Solanum lycopersicon* L.) to abiotic stresses in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24(6), 1274–1280.
- Arriaga-Cortés, J. (2021). *Respuesta de cuatro híbridos de tomate al uso del portainjerto colossus bajo condiciones de invernadero*. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro].
- Barkla, B., Vera-Estrella, R., Balderas, E. & Pantoja, O. (2014). Mecanismos de tolerancia a la salinidad en plantas. *Biotecnología*, 14,263–272.
- Calatayud, A., Penella, C., Marsal, J. I., SanBautista, A., López-Galarza, S. & Gonzáles S. (2013). Utilización del injerto en pimiento como solución frente a suelos salinos. *Agrícola Vergel: Fruticultura, horticultura, floricultura*.32(363),63-68.
- Castro-Garibay, S. L., Alderete, A., López-Upton, J. & Ordaz Chaparro, V. M. (2019). Caracterización física y química de sustratos con base en corteza y aserrín de pino. *Artículos Científicos*, 25(2), 1–10. <https://doi.org/10.21829/myb/2019.2521520>
- Délices, G., Leyva-Ovalle, O. R., Mota-Vargas, C., Nuñez-Pastrana, R., Gámez-Pastrana, R., Andrés-Meza, P. & Serna-Lagunes, R. (2019). Biogeografía del tomate *Solanum lycopersicum* var . *cerasiforme* ( *Solanaceae* ) en su centro de origen ( Sur de América ) y de domesticación ( México ). *Biología Tropical*, 67(4), 1–13. <https://doi.org/10.15517/RBT.V67I4.33754>
- Díaz, A., Cayón, G. & Jairo Mira, J. (2007). Metabolismo del calcio y su relación con la “ mancha de madurez ” del fruto de banano . Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 25(2), 280–287.
- FAO. (2017). *Producción Mundial del Tomate*.
- FAOSTAT. (2022). *Análisis de Producción de Tomate*.

- Gálvez, A. & López-Marín, J. (2017). Efecto amortiguador de los portainjertos en plantas de pimiento frente a estrés salino. *Hortofruticultura*, 6(May), 113–116.
- Gaytán-Mascorro, A., Chew-Madinaveitia, Y. I., Reta-Sánchez, D. G., Espinoza-Arellano, J. J. & Reyes-Juárez, I. (2013). Uso de injertos en hortalizas. *Memoria de la XXV Semana Internacional de Agronomía* (1st ed., pp. 37–74).
- Godoy-Hernández, H., Castellós-Ramos, J. Z., Alcántar-González, G., Sandoval-Villa, M. y Muñoz-Ramos, J. J. (2009). Efecto del injerto y nutrición de tomate sobre rendimiento, materia seca y extracción de nutrimentos. *Terra Latinoamericana*, 27(1), 1–9.
- Goykic-Cortes, V., & Saavedra-Del Real, G. (2021). Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *IDESIA*, 25(3), 1–13.
- Grattan Stephen, R. (2018). Consejo sobre la sequía: La tolerancia del cultivo a la sal. *ANR*, 2(8630), 1–7.
- Grimaldo-Pantoja, G., Niu G., Youping, S., Castro-Rocha, A., Álvarez-Parrilla, E., Flores-Márgez, J. P. , Corral-Díaz, B. & Osuna-Ávila, P. (2017). Componentes del rendimiento y fitoquímicos de chile ( *Capsicum annum* ) inoculado con hongos micorrícicos. *Fitotecnia Mexicana*, 40(2), 1–12.
- Hernández-Hipólito, R. A. (2012). *Metodologías de evaluación, caracterización y programación del riego en sustratos*. [Tesis de especialidad, Centro de Investigación en Química Aplicada].
- Hurtado-De Mendoza, G. P. (2018). *Respuesta al estrés salino de chile habanero (Capsicum chinense Jacq), en biomasa, indicadores bioquímicos, fisiológicos y rendimiento bajo cultivo hidropónico*. [Tesis de maestría, Centro de Investigación Biológicas del Noreste, S.C.].
- Jung Janelle, K. & McCouch, S. (2013). Getting to the roots of it : genetic and hormonal control of root architecture. *Frontiers In Plant Science*, 4(June), 1–32. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00186>
- Lamz-Piedra, A. y Gonzáles-Cepero, M. C. (2013). La salinidad como problema en la agricultura: La mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos Tropicales*. 34(4),

1-15.

- Leon-Calvario, I. (2018). *Efecto del injerto y estrés salino sobre el contenido nutraceutico en frutos de tomate*. [Tesis de maestría, Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro].
- Lingeswara-Reddy, I. N. B., Beom-ki K., In-Sun Y., Kyung-Hwan K. & Taek-Ryou, K. (2017). Salt Tolerance in Rice : Focus on Mechanisms and Approaches. *China National Rice Research Institute*, 24(3). <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2016.09.004>
- Lombardo-Bosch, J. E. (2017). *Aptitud de cuatro cultivares de tomate Cherry para su cultivo en Invernadero de la Costa Granada*. [Tesis de ingeniería, Universidad de Almeria].
- Luna-Fletes, Jonás. (2017). *Sustratos, soluciones nutritivas e intensidad de raleo de frutos en la producción y calidad de tomate Cherry en hidroponía*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nayarit].
- Luna-Fletes, J. A., Can-Chulim, Á., Cruz-Crespo, E., Bugarín-Montoya, R. & Valdivia-Reynoso, M. G. (2018). Intensidad de raleo y soluciones nutritivas en la calidad de tomate Cherry. *Fitotecnia Mexicana*, 41(1), 59–66.
- Martínez-C., J. P., Antúnez-B., A., Fuentes-V., L., Salinas-P., L. & Ayala-R., A. (2020). Portainjertos en tomate para la tolerancia a salinidad y patógenos del suelo. *Tierra Adentro* (pp. 31–36).
- Martínez-Sánchez, M. (2016). *Comportamiento de variables agronómicas de tomate Cherry en función de diferentes fuentes y dosis de potasio*. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro].
- Meza-Gavilanez, E. J. (2022). *Caracterización del cultivo de tomate Cherry en sistemas hidropónicos*. [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Babahoyo].
- Orosco-Alcalá, B. E., Nuñez-Palenius, H. G., Pérez-Moreno, L., Valencia-Posadas, M., Trejo-Téllez, L. I., Díaz-Serrano, F. R., Ruiz-Nieto, J. E. & Abraham-Juárez M. R. (2018). Tolerancia a salinidad en plantas cultivadas: una visión agronómica. *Agro Productividad*, 11(7), 51–57.
- Pérez-Domínguez, G., Peñuelas-Rubio, O., Núñez-Vázquez, M., Martínez-González,

- L., López-Padrón, I., Reyes-Guerrero, Y. y Argente-Martínez, L. (2021). El estrés salino en el cultivo de Arroz (*Oryza sativa* L.) papel de los oligogalacturónidos como protectores de las plantas. *Fitotecnia Mexicana*, 44(3), 283–291.
- Piedra Lamz, A. & González Cepero, M. C. (2013). La salinidad como problema en la agricultura: La mejora vegetal un solución inmediata. *Cultivos Tropicales*, 34(4), 1–15.
- Rogério-Mossande, A., Brown-Manrique, O. y M.-C. A. (2015). Requerimientos hídricos del tomate en el valle de Cavaco en Benguela. *Suelo y Agua*, 24(2), 5–10.
- Ruiz-Espinoza, F. H., Villalpando-Gutiérrez, R. L., Murillo-Amador, B., Beltrán-Morales, F. A., Hernández-Montiel, L. G. (2014). Respuesta diferencial a la salinidad de genotipos de tomate (*Lycopersion esculentum*) en primeras etapas fenológicas. *Terra Latinoamericana*, 32(4), 311–323.
- SIAP. (2022). *Escenario mensual de productos agroalimentarios* (Issue 55).
- Sinche-Alayo, J. J. (2022). *Reguladores de crecimiento en el cuajado, calibre y sólidos solubles totales de frutos de tomate cherry "Solanum lycopersicum var. cerasifomre" en Arequipa*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
- Villareal-Peñaloza, D. G. & Teatino-Díaz, J. A. (2017). *Sistema alternativo de energía para alimentar un invernadero prototipo para el cultivo de tomates Cherry, en el departamento de Santander* [Tesis de grado técnico, Universidad de Santander].
- Yepes-Davalos, R. (2021). *Evaluación del porcentaje de producción en el cultivo de tomate Cherry (Solanum Lycopersicum)*. [Tesis de licenciatura, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente].
- Yokas, Í., Levent-Tuna, A., Bürün, B., Altunlu, H. & Altan F. (2008). Responses of the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plant to exposure to different salt forms and rates. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(4), 3–10.