

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Productividad y Calidad Comercial del Tomate Injertado y Cultivado en Sistema  
NFT con Medio Salino.

Por:

**MARI MAR CORTES ADÁN**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Productividad y Calidad Comercial del Tomate Injertado y Cultivado en Sistema

NFT con Medio Salino.

por:

MARI MAR CORTES ADÁN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría

Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente  
Asesor Principal

Dra. Rocio Maricela Peralta Manjarrez  
Coasesor

Ing. Gerardo Rodríguez Galindo  
Coasesor

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



Saltillo, Coahuila, México

Junio 2023

## Declaración de no plagio

El autor principal 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, graficas, 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 nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo es original.

Autor principal



---

Mari Mar Cortes Adán

Firma y Nombre

Asesor principal



---

Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente

Firma y Nombre

## **AGRADECIMIENTOS**

**Dios:** Doy gracias principalmente a Dios por la vida que me ha dado, por el gran amor que me tiene y saber que soy su hija amada, por la sabiduría e inteligencia que me da porque sé que él estuvo ahí conmigo en cada proceso y sé que él tiene un propósito para mi vida, porque la carrera no termina aquí, al contrario, aún sigue porque he puesto a Jehová delante de mí.

Guárdame como a la niña de tus ojos; escóndeme bajo la sombra de tus alas.  
Salmos 17:8.

A mi Universidad autónoma agraria Antonio narro, doy gracias por haberme abierto las puertas de sus aulas, de su comedor, transporte e internado, por haberme brindado a excelentes maestros para mi formación como profesionista.

**Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente:** le agradezco por haberme brindado de su apoyo, por permitirme ser una de sus tesis y por la gran paciencia que me tuvo en el transcurso al realizar la tesis.

**Dra. Roció Peralta:** le agradezco por el apoyo que me brindo cuando lo requerí, por su motivación y comprensión.

**M.C. Melisa Huizar Mondragón:** gracias por su tiempo y disposición.

Agradezco a todos los profesores que me impartieron clases: al Dr. Víctor Manuel Reyes Salas, Dra. Fabiola, Dra. Blanca Elizabeth, M.C. María del Socorro, M.C. Carmen Julia.

A mis amigos que conocí en esta etapa de mi vida, les doy gracias por su amistad y apoyo: Paola Andrea, Domínguez Pérez, Vianney de Jesús Zayas, Gabriela, Nisi Mariel, Vanesa Guadalupe Díaz.

## **DEDICATORIAS**

A mis padres doy gracias por haberme dado la vida y por el apoyo que ellos me brindado en cada momento y puedo decir que gracias a ellos estoy logrando este sueño que tanto anhele y es la mejor herencia que me han dado, gracias por cada esfuerzo que han hecho por mí, los amo con todo mi corazón.

### **A mi padre: Santiago Pablo Cortes Alva**

Gracias papa por todo lo has hecho por mí, eres el mejor papa que me ha tocado en este mundo y soy tan afortunada de ser tu hija, gracias por tus consejos y paciencia esta meta se ha cumplido, este logro es para ti y sé que eres un ejemplo a seguir.

### **A mi madre: María Florencia Adán Atilano**

A mi mama hermosa gracias, por cada esfuerzo que has hecho por mí, eres la mejor mama y consejera, gracias por cada momento que has escuchado, este logro también es dedica para ti, me has enseñado que en esta vida todo es posible y sé que tu fe es inquebrantable.

### **A mis hermanas y hermanos**

**Ana María Cortes Adán**, mi preciosa ing. agradezco tus consejos y motivaciones, gracias por enseñarme a ser fuerte y a no rendirme, eres la mejor hermana y sé que eres un ejemplo a seguir te admiro, gracias por todo te quiero tanto.

**Luz Areli Cortes Adán**, mi corazón de pollo gracias por todo eres la mejor hermana, te doy gracias por las veces que me has escuchado y sabes que puedes contar conmigo te quiero mucho.

**Marlen Cortes Adán**, chiquilla gracias por los momentos que hemos pasado juntas, por esas largas conversaciones que hemos tenido, sabes que te quiero mucho y siempre puedes contar conmigo.

**Marcos Oziel Cortes Adán**, mi pequeño travieso sé que aun estas pequeño, pero sé que eres una bendición para la familia y siempre tendrás mi apoyo, se te quiere un montón.

**Marco Antonio Álvarez de Jesús**, a mi hermano que me adopto gracias por los momentos que me has escuchas y por brindarme tu apoyo, sabes que se te quiere mucho.

# ÍNDICE

|  |     |
|--|-----|
| <b>AGRADECIMIENTOS</b> .....   | I   |
| <b>DEDICATORIAS</b> .....  | II  |
| <b>ÍNDICE</b> .....  | IV  |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....  | VI  |
| <b>RESUMEN</b> .....   | VII |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....   | 1   |
| 1.1. <b>Objetivo general</b> .....   | 2   |
| 1.2. <b>Objetivos específicos</b> .....  | 2   |
| 1.3. <b>Hipótesis</b> .....  | 2   |
| <b>II. LITERATURA REVISADA</b> .....   | 3   |
| 2.1. <b>Antecedentes del cultivo</b> .....   | 3   |
| 2.2. <b>Descripción botánica</b> .....   | 3   |
| 2.3. <b>Superficie mundial y nacional de tomate</b> .....                              | 4   |
| 2.4. <b>Parámetros de calidad nutracéutica en los frutos</b> .....                     | 5   |
| 2.5. <b>Mercados nutracéuticos del tomate</b> .....                                    | 5   |
| 2.6. <b>Fenología del tomate</b> .....   | 6   |
| 2.7. <b>El estrés vegetal</b> .....  | 6   |
| 2.8. <b>Estrés abiótico</b> .....  | 7   |
| 2.9. <b>Estrés biótico</b> .....   | 7   |
| 2.10. <b>Mecanismo de señalización de las plantas ante condiciones de estrés</b> ..... | 8   |
| 2.11. <b>Cambios genéticos de las plantas en respuesta al estrés</b> .....             | 8   |
| 2.12. <b>Mecanismos de adaptación a condiciones estresantes</b> .....                  | 9   |
| 2.13. <b>El estrés salino</b> .....  | 10  |
| 2.14. <b>Rangos de sales que se registran como estresantes</b> .....                   | 10  |
| 2.15. <b>El estrés hídrico</b> .....   | 11  |
| 2.16. <b>Rangos hídricos que originan estrés en plantas</b> .....                      | 11  |
| 2.17. <b>Importancia de la calidad nutracéutica del tomate</b> .....                   | 12  |
| 2.18. <b>Variables de crecimiento</b> .....  | 13  |
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....   | 14  |
| 3.1. <b>Ubicación del experimento</b> .....  | 14  |
| 3.2. <b>Material vegetal utilizado</b> .....   | 14  |

|   |    |
|---|----|
| 3.3. Manejo agronómico .....  | 14 |
| 3.3.1. Siembra del material Vegetal.....  | 14 |
| 3.3.2. Realización del Injerto.....   | 14 |
| 3.3.3. Establecimiento del Sistema NFT .....  | 15 |
| 3.3.4. Trasplante.....  | 16 |
| 3.3.5. Manejo Nutricional .....   | 16 |
| 3.3.6. Manejo Fitosanitario .....   | 17 |
| 3.4. Tratamientos empleados en el experimento.....  | 18 |
| 3.5. Variables de repuesta.....   | 18 |
| 3.6. Diseño estadístico.....  | 19 |
| 3.7. Análisis de la información .....   | 19 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....  | 19 |
| 4.1. Diámetro Basal, Altura de la planta y Peso fresco aéreo .....                          | 19 |
| 4.2. Peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial y sólidos solubles<br>totales..... | 22 |
| V. CONCLUSIÓN .....   | 24 |
| VI. BIBLIOGRAFÍA.....   | 25 |
| VII. ANEXOS .....   | 32 |
| 6.1. Análisis de la varianza en el crecimiento vegetativo y acumulación de<br>biomasa. .... | 32 |
| 6.2. Análisis de la varianza de parámetros de calidad de fruto .....                        | 34 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1 Solución Steiner de acuerdo a la fenología de la planta en 200 litros.....  | 16 |
| Tabla 2 Tratamientos de NaCl en plantas con y sin injerto .....   | 18 |
| Tabla 3 Efecto del estrés salino en la planta injertado en Sistema NFT sobre el<br>crecimiento vegetativo y acumulación de biomasa..... | 20 |
| Tabla 4 Efecto del estrés salino en la planta del tomate injertado en Sistema NFT sobre<br>parámetros de calidad de fruto.....          | 23 |

## RESUMEN

La Nutrient Film Technique (NFT) es un sistema hidropónico que consiste en mantener en circulación una fina capa de SN en las raíces de las plantas para proveer agua y nutrientes, entre ellos el oxígeno que evite los problemas de asfixia radicular. El cultivo del tomate es afectado por diferentes tipos de estreses bióticos y abióticos.

La salinidad afecta cada aspecto morfológico, fisiológico, bioquímico de la planta y su metabolismo, tales como disminución de la fotosíntesis, una menor masa de los frutos y cambios cuantitativos y cualitativos en la síntesis de proteínas por cambios en la expresión de genes a causa de la salinidad.

El presente trabajo experimental, se estableció un sistema NFT la productividad y a calidad comercial del tomate injertado de la variedad Imperial y como portainjerto se utilizó la variedad Espartano establecido bajo estrés salino (NaCl), con concentraciones de 0mM, 30mM, 60mM, 90mM de NaCl para ambos sistemas, en con y sin injerto. Para la evaluación de datos se usó un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 2X4 y la prueba de medias LSD ( $p < 0.05$ ).

Las variables de diámetro basal, altura de la planta y peso fresco aéreo así también como el peso del fruto, diámetro polar y diámetro ecuatorial se vieron afectados negativamente conforme a las diferentes concentraciones de NaCl, sin haber tanta diferencia entre las plantas con y sin injerto. Sin embargo en la variable de sólidos solubles totales (grados Brix), se vieron afectados positivamente, ya que a mayor concentración de NaCl en la solución nutritiva los frutos concentraban un mayor azúcares simples (glucosa, fructosa y sacarosa) en plantas con y sin injerto.

Palabras claves: **Calidad Tomate, NFT, Salinidad, Injerto.**

## I. INTRODUCCIÓN

Dentro de la horticultura mundial, el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) constituye uno de los rubros más dinámicos e importantes, siendo la hortaliza más cultivada en condiciones protegidas (Mundo *et al.* 2019). El cultivo de tomate en invernadero representa una alternativa conveniente ya que ofrece protección contra condiciones climáticas adversas, permite un mejor manejo general del cultivo que favorece el rendimiento y calidad de fruto (García-Sánchez *et al.* 2018).

La Nutrient Film Technique (NFT) es un sistema hidropónico que consiste en mantener en circulación una fina capa de SN en las raíces de las plantas para proveer agua y nutrientes, entre ellos el oxígeno que evite los problemas de asfixia radicular (Alipio *et al.* 2019, Rodríguez-Ortega *et al.* 2019, Zarza *et al.* 2018). Esta técnica permite mejor disponibilidad de agua en el sistema radicular de las plantas, reducir el espacio necesario para la producción e incrementar rendimiento, sin embargo, cuando se utilizan variedades de crecimiento indeterminado, para producir en estos sistemas, no se cambia la condición de tener tallos largos y su efecto en el transporte de agua y nutrientes (Pire *et al.* 2010, Rodríguez-Ortega *et al.* 2019).

A nivel mundial, más de 900 millones de ha de tierras arables están afectadas por sales y reducen la productividad al 8% (Meena *et al.* 2019), en 2019 existían 265.09 millones de hectáreas irrigadas y cerca del 10% de esa superficie está saturada de sal; en las regiones áridas y semiáridas es cercano al 25%, lo que impacta en la seguridad alimentaria (FAO 2021), ya que la salinidad es el factor abiótico principal que afecta a los cultivos, (Meena *et al.* 2019, Bello *et al.* 2021), incrementa la conductividad eléctrica, empobrece la estructura del suelo, baja densidad aparente y el potencial hídrico, (El hasini *et al.* 2020, Mukhopadhyay *et al.* 2021). El presente trabajo se estudió el efecto del estrés salino en la planta tomate de la variedad imperial injertado, durante su crecimiento y desarrollo en el sistema NFT.

### **1.1. Objetivo general**

Cuantificar la productividad y la calidad comercial del tomate injertado y establecido en estrés salino.

### **1.2. Objetivos específicos**

Determinar el rendimiento productivo en función de la biomasa generada durante el ciclo productivo.

Identificar el comportamiento de los frutos de tomate referentes a los parámetros de la calidad comercial al momento de la cosecha.

### **1.3. Hipótesis**

La productividad de la planta y el comportamiento comercial del fruto es afectada por el injerto y el nivel de estrés salino.

## II. LITERATURA REVISADA

### 2.1. Antecedentes del cultivo

Desde el descubrimiento de América, el tomate (*Solanum lycopersicum L.*) se ha distribuido en todo el mundo. No fue hasta principios del siglo XX cuando el tomate se hizo realmente importante y en los últimos años, se ha convertido en una de las frutas más importantes producidas en todo el mundo (Morris y Taylor, 2017).

Es una de las hortalizas que encabeza la mayor producción por volumen y consumo a nivel mundial (CEDRSSA, 2020). En el 2020 se produjeron en el mundo 186,821,216 toneladas, de la mayor producción se concentró en los países de china (34.67%); con 64,768,158 toneladas y un rendimiento de 5.85 kg/, india (11.01%); con 20,573,00 toneladas de 2.53 kg/m, Turquía (7.07%); con 13,204,015 tonelada y un rendimiento de 7.26kg7m y estados unidos (6.54%); con 12,227,402 toneladas alcanzando el mayor rendimiento de 11.07 kg/m (FAO, 2020).

En el 2020, México ocupó el noveno lugar de producción de tomate a nivel mundial, cubriendo el 2.21% con 4,137,342 toneladas con un rendimiento promedio de 4.87 kg/m, siendo la hortaliza de mayor producción (FAO, 2020). Los principales estados productores en el ciclo primavera-verano son: San Luis, Zacatecas, Michoacán, Jalisco y Puebla; y en el ciclo otoño-invierno son: Sinaloa, Sonora, Baja California y Michoacán (SIAP, 2020).

### 2.2. Descripción botánica

**Tallo:** El tomate es una planta perenne de porte arbusto, de tallo semileñoso. Generalmente mide entre 2 a 4 cm de diámetro de grosor y es mucho más ancho en la parte inferior y se reduce hacia la parte superior, a lo largo del tallo principal se desprenden tallos de segundo orden, donde se están formando nuevas hojas y racimos florales (López, 2016).

**Hojas:** Las hojas del tomate están compuestas por folíolos alternos e impares que terminan en un folíolo individual en su parte apical, que se encuentran cubiertas de pelos glandulares en plantas jóvenes y por lo general, de color verde glanduloso-pubescente por el haz y ceniciento por el envés (Cárdenas, 2018).

Raíz: El sistema radicular está compuesto por una raíz principal de corta extensión ramificada en numerosas raíces secundaria. En la parte superior al nivel del suelo, se desarrollan raíces adventicias que ayudan a mejorar el anclaje de la planta (López-Martín 2017).

Flor: las flores son hermafroditas, simétricas, angulares, que contiene cinco estambres fusionados a la corola por sus filamentos, las anteras largas de color amarillo, están unidas lateralmente. Presentan una autopolinización, pero también es posible la polinización cruzada cuando las abejas visitan a la flor (Cárdenas, 2018).

Fruto: el fruto de la planta tiene forma circular a ovalado, que puede alcanzar un peso de 600 g, durante su etapa de maduración presenta dos tonalidades, inicialmente con una tonalidad verde que va cambiando hasta tomar un tono rojo. El fruto está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas (López, 2016).

### **2.3. Superficie mundial y nacional de tomate**

Esta hortaliza es uno de los sistemas de producción de mayor importancia económica a nivel mundial; en 2018 se obtuvo un área cosechada de 4,762,457 ha con un total de producción de 182,256,458 t y un rendimiento promedio de 38.2694 t ha<sup>-1</sup> de tomates frescos en todo el mundo (FAOSTAT, 2020).

Los principales países productores de tomate son China, India, EE. UU. y Turquía (Li et al., 2015). México ocupa el noveno lugar en producción y es el principal proveedor de tomate a nivel mundial con una participación en el mercado internacional del 24.5% del valor total de las exportaciones lo que representa ganancias de \$ 2,080 millones de dólares (SIAP, 2019).

En el año 2019, México presentó una superficie cosechada de 45,344 ha de tomate, obteniendo una producción de 3,238,497 t. Los estados que presentaron mayor volumen de producción fueron Sinaloa, San Luis Potosí, Michoacán, Jalisco, Zacatecas, Baja California Sur, Puebla, Morelos, Baja California y Sonora (SIAP, 2020).

#### **2.4. Parámetros de calidad nutracéutica en los frutos**

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es el vegetal más consumido y producido a nivel mundial, siendo un alimento funcional por el contenido de sustancias bioactivas que benefician la salud humana (Andrade-Sifuentes *et al.*, 2020), como lo son los antioxidantes, que reparan el daño celular, previenen el cáncer y el envejecimiento (Gaucín-Delgado *et al.*, 2020).

La composición del tomate se presenta con un alto contenido de agua alrededor de 95% el restante se compone de carbohidratos y fibra, entre sus vitaminas principales destacan la vitamina A, C, E, y K, minerales incluyendo K y Fe y el licopeno como antioxidante (Wang y Seymour, 2017; Raiola *et al.*, 2015; Seymour, 2016). Así también el tomate contiene otros antioxidantes como el  $\beta$ -caroteno, flavonoides, flavonas y compuestos fenólicos (Matkowski, 2008; Raiola *et al.*, 2015).

#### **2.5. Mercados nutracéuticos del tomate**

El tomate es considerado como una de las hortalizas de mayor valor económico en todo el mundo (Tiemán *et al.*, 2017). La agroindustria toma en cuenta parámetros de calidad como: la forma, apariencia, peso seco, sólidos solubles, acidez titulable (equivalentes de ácido cítrico), pH, viscosidad, color y firmeza del fruto, que en función de la calidad de este se pueden predecir a partir de las mismas mediciones realizadas en fruta fresca homogeneizada (Rivero *et al.*, 2013; Suslow y Cantwell, 2019).

Los consumidores seleccionan el grado de maduración adecuada, que es un resultado de la degradación de la clorofila, así como de la síntesis de cromoplastos y la concentración de licopeno (Shi, y Le Maguer, 2000; Casierra *et al.*, 2008). Seymour (2016) menciona que durante la madurez del tomate se ha determinado que el contenido de materia seca se incrementa, lo mismo que la cantidad de azúcares y vitamina C, (Ceballos *et al.*, 2012).

## **2.6. Fenología del tomate**

El tomate durante su crecimiento tiene diferentes etapas para su desarrollo, las cuales están relacionadas con la presencia de agua y de nutrientes necesarios por la planta. El crecimiento de la planta también dependerá de la variedad, manejo y lugar donde se establezca el cultivo (Gómez Urrutia y Morales Ramos, 2020).

La fenología del tomate está constituida por las etapas de su ciclo de vida, presenta tres etapas principales de desarrollo o etapas fenológicas que se dividen en: inicial, vegetativa, y reproductiva (Rodríguez, 2018).

La fase inicial comienza con la germinación de la semilla, a partir del primero hasta los 21 días; en donde se caracteriza por el rápido aumento en la materia seca, la planta invierte su energía en las síntesis de nuevos tejidos, con temperaturas templadas, óptimas entre 20 y 25 °C, con extremos negativos de 5 a 35 °C. (Del Pino, 2020)

La fase vegetativa es la continuación de la fase inicial, pero el aumento en materia seca es más lento; esta etapa termina con la floración entre los 50 y 55 días, en esta etapa el cultivo requiere de mayores cantidades de nutrientes para satisfacer las necesidades de las hojas, ramas en crecimiento y expansión, la planta florece entre los 50 a 55 días, con el inicio de formación de frutos, (López Marín, 2017).

La fase reproductiva se inicia a partir de la formación del fruto y dura entre 30 a 40 días y se caracteriza por el crecimiento de la planta y de los frutos que extraen los nutrientes necesarios para su crecimiento y maduración, (Gómez Urrutia y Morales Ramos, 2020).

## **2.7. El estrés vegetal**

El estrés vegetal ejerce una influencia negativa sobre el desarrollo óptimo y su máximo potencial genético, llegando a afectar hasta en un 70% el rendimiento en la producción vegetal.



La definición más sencilla de estrés es la pérdida de homeostasis, que consiste en el máximo equilibrio entre los organelos celulares y el potencial de trabajo que una célula puede tener. Cualquier circunstancia que afecte el equilibrio celular es una situación de estrés que puede ser recuperable, reversible o totalmente irreversible y ocasionar la muerte del vegetal (Navarro, 2019).

Las situaciones de estrés están relacionadas directa y proporcionalmente con la productividad de los cultivos. Cada segundo, cada minuto, cada hora y cada día que en las células de nuestros vegetales haya una pérdida de homeostasis hay también un porcentaje perdido del potencial genético (bajo rendimiento y calidad de la producción, (Ronga *et al.*, 2015).

## **2.8. Estrés abiótico**

El estrés abiótico es ocasionado por factores fisicoquímicos, los principales factores son; temperaturas extremas (calor, frío y congelamiento), muy alta o muy baja irradiación, anegamiento, sequía, nutrientes, minerales inadecuados en el suelo, entre otros (Koyro *et al.*, 2015), que influyen negativamente en la supervivencia, la producción y el rendimiento de los cultivos hasta en un 70%, por lo que representan una amenaza en la producción de alimentos a nivel mundial (Mantri *et al.*, 2015).

El estrés abiótico promueve alteraciones morfológicas, fisiológicas, bioquímicas y moleculares, que afecta el crecimiento y la productividad de los cultivos (Suprasanna, 2020). La supervivencia de las plantas depende en gran medida de la percepción oportuna de los estímulos de estrés y de las respuestas rápidas para contrarrestar los efectos del estrés (Nolan *et al.*, 2019).

## **2.9. Estrés biótico**

El estrés biótico es causado por el ataque de una amplia gama de plagas y patógenos que incluye hongos, bacterias, virus, nematodos e insectos herbívoros. Uno de los hongos fitopatógenos que destacan por su distribución y sus efectos devastadores es *Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici*, causante de la marchitez vascular, reconocida como la principal enfermedad que causa problemas en el cultivo de tomate, y que es responsable por la disminución de casi un 60% en el

rendimiento, además de afectar la calidad del producto (Hammond-Kosack y Jones, 2015).

La relación que resulta en la interacción de la planta con algún microorganismo hongos o bacterias puede ser benéfica, neutra o perjudicial, por lo que es importante para la planta reconocer y clasificar la interacción, y así modular la respuesta para establecer una relación positiva o negativa y desencadenar mecanismos de defensa (Moëne-Loccoz, 2015).

### **2.10. Mecanismo de señalización de las plantas ante condiciones de estrés.**

Las plantas se caracterizan por vivir en ambientes diferentes (Santino *et al.*, 2013) lo que ha permitido a través de la evolución desarrollar mecanismos únicos y sofisticados en respuesta a diferentes condiciones de estrés (Macedo, 2012), estos mecanismos se activan en respuesta a la percepción de estímulos externos y trabajan en conjunto para disminuir o limitar el daño ocasionado y facilitar la recuperación del sistema que ha sido deteriorado, para que esto sea posible se inducen cambios fisiológicos y bioquímicos (Cao *et al.*, 2011; Huang *et al.*, 2012; Patakas, 2012; Atkinson *et al.*, 2013).

Los mecanismos de señalización desempeñan un papel crucial e indispensable al actuar como nexo en la unión entre la detección del factor estresante y en generar una respuesta fisiológica y bioquímica apropiada, tomando en cuenta que la respuesta final conlleva un gran número de componentes subyacentes de mecanismos de señalización que incluyen un alto grado de conectividad y complejidad (Verma *et al.*, 2013; Sewelam *et al.*, 2016).

### **2.11. Cambios genéticos de las plantas en respuesta al estrés**

El cultivo del tomate es afectado por diferentes tipos de estreses bióticos y abióticos, los cuales afectan la morfología, fisiología, bioquímica y regulación genética de las plantas (Kavroulakis *et al.*, 2018; Kumar, 2018). Las respuestas de las plantas dependen del genotipo y el estadio de desarrollo de la misma en el momento del estrés, de la duración y la severidad de estrés y de los factores ambientales que lo

provoquen. En dependencia de la severidad y duración del estrés, las plantas activan mecanismos de defensa a nivel molecular, morfológico, fisiológico y celular.

Por otra parte, las plantas tienen múltiples mecanismos de respuestas fisiológicas, metabólicas y moleculares ante diferentes estreses, a lo cual integra entre sí para producir una respuesta final específica que haga que la planta se aclimate al medio que lo rodea. Uno de los mecanismos es la regulación del potencial osmótico mediante la acumulación de solutos orgánicos denominados osmolitos o la alteración de genes que participan en la respuesta al estrés (Rivero y col., 2019).

### **2.12. Mecanismos de adaptación a condiciones estresantes**

Las condiciones de estrés pueden afectar de manera diferente a las plantas dependiendo del estado de desarrollo en el que se encuentren. La germinación, el crecimiento vegetativo, la floración o la reproducción pueden ser afectadas de manera diferente ante el mismo estrés, y, además, puede afectar también de manera diferente a los distintos tejidos que componen la planta (Rivero, 2019).

Durante el proceso evolutivo, las plantas han desarrollado mecanismos de tolerancia y resistencia al estrés que les permiten, mediante las respuestas reguladoras, reestablecer la homeostasis celular o actúan para reducir los efectos nocivos (Mickelbart *et al.*, 2015).

Las plantas manifiestan diferentes adaptaciones fisiológicas, como el retraso de germinación y maduración ante condiciones favorables, acortamiento de crecimiento, engrosamiento de cutículas para hacer descender la transpiración y a la selectividad a iones específicos para compensar desequilibrios de la planta, (Rivero, 2019).

Las adaptaciones morfológicas se presenta la disminución de tamaño foliar para hacer descender la transpiración, reducción de estomas y las adaptaciones fenológicas es el retraso de la floración son algunos de los mecanismos que se activan para poder adaptarse en condiciones de estrés, (Baral, 2019).

### **2.13. El estrés salino**

La salinidad afecta cada aspecto morfológico, fisiológico, bioquímico de la planta y su metabolismo, tales como disminución de la fotosíntesis, una menor masa de los frutos (Bacha *et al.*, 2017) y cambios cuantitativos y cualitativos en la síntesis de proteínas por cambios en la expresión de genes a causa de la salinidad, la alta concentración de sales en suelo, es considerado salino cuando la conductividad eléctrica de la zona de la raíz excede ~40mM de NaCl a 25°C y presenta un intercambio de Na<sup>+</sup> del 15% (Das y Strasser, 2013), le ocasiona un desequilibrio iónico y estrés osmótico (Munns *et al.*, 2019).

De la misma forma causa desequilibrio nutricional provocado por la interferencia de los iones salinos con los nutrientes esenciales y el estrés hídrico que se produce por la disminución del potencial osmótico del medio y los efectos negativos dependen de varios factores, pero principalmente del nivel de salinidad, el tiempo de exposición, genotipo y estado de madurez de la planta (Gengmao *et al.*, 2015).

### **2.14. Rangos de sales que se registran como estresantes**

La salinidad altera el desarrollo de los cultivos, 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.

Tomate: tiene una tolerancia media a la salinidad. Por ser una especie glicofita que soporta conductividades eléctricas no a mayores de 2.5 mS cm<sup>-1</sup>, con valores de 3.5 mS cm<sup>-1</sup> encontramos una reducción en el rendimiento de un 10%, con una CE igual a 5 mS cm<sup>-1</sup> este se reduce un 25% y por encima de 7.5 mS cm<sup>-1</sup> disminuyendo un 50%, (Monzafariyan *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2016; Hernández-Fuentes *et al.*, 2017).

Soja: se clasifica como un cultivo moderadamente tolerante al tener un rendimiento máximo con una solución nutritiva igual a 5.0 mS cm<sup>-1</sup> de CE, reduciendo un 20% por cada unidad que aumentó, encontrando una reducción del rendimiento de 50% con un CE de 7.5 mS cm<sup>-1</sup> (Monzafariyan *et al.*, 2016).

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% se rendimiento, mientras que, con un 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 elevado CE (Grimaldo *et al.*, 2017).

### **2.15. El estrés hídrico**

El estrés hídrico es una respuesta fisiológica de las plantas a la disminución del agua disponible en el ambiente, lo que incide en un desequilibrio entre la transpiración y la absorción de agua (Hammani *et al.*, 2013; Girón *et al.*, 2015). Este fenómeno no solo ocurre cuando hay disponibilidad limitada del agua, sino también por temperaturas en el suelo extremadamente altas o bajas, altos valores de salinidad, baja presión atmosférica o una combinación de los factores mencionados (Girón *et al.*, 2015; Drechsler *et al.*, 2019).

Una de las respuestas fisiológicas que afecta el estrés hídrico en las plantas es el cierre de las estomas, lo cual, limita la asimilación de  $\text{CO}_2$ , disminuyendo la tasa de carboxilación, la producción de fotoasimilados y en general afecta la relación de órganos fuente/vertedero (Sun *et al.*, 2020).

### **2.16. Rangos hídricos que originan estrés en plantas**

El impacto del estrés hídrico en el cultivo de tomate produce un impacto diferencial según la etapa fenológica del cultivo, no obstante, indistintamente afecta la productividad que puede ir desde el desarrollo vegetativo menor, hasta enrollamiento de hojas, pérdida foliar, tallos delgados, floración prematura y frutos de bajo peso, con tendencia a un cierre apical pobre en algunos casos. La alta sensibilidad del tomate al déficit hídrico ha propiciado que los esfuerzos de mejoramiento se dirijan a la búsqueda y desarrollo de variedades adaptadas o bien tolerantes (Hu y Xiong, 2014).

Di Vaio *et al.* (2015) mencionan que la planta puede desarrollar tres niveles de estrés:

Estrés mínimo: genera pérdida de turgencia celular, reducción de la tasa de expansión celular, disminución de la síntesis de pared celular y limitaciones en la síntesis de proteínas, con un contenido relativo de agua (CRA) es un 8-10%.

Estrés moderado: incide en aumentos del ácido abscísico (ABA) y cierre estomático parcial o total, con un contenido relativo de agua (CRA) entre un 10 y un 20%.

Estrés máximo: en el que la planta produce cavitación de los elementos de la xilema, caída de la hoja, acumulación de solutos orgánicos, llegando al punto de marchitez de la planta, con un contenido relativo de agua (CRA) mayor a un 20%.

Flexas y Madero (2014) sitúan el estrés mínimo cuando el CRA posee valores entre 95 y 85%; el estrés moderado con CRA de 85-70% y máximo con CRA por debajo de 70%.

### **2.17. Importancia de la calidad nutracéutica del tomate**

Las características organolépticas de los tomates están relacionadas con su composición química, que depende de la variedad y origen del cultivo (Rodríguez *et al.*, 2018); ésta composición incluye compuestos funcionales (polifenoles y flavonoides), que ayudan a prevenir enfermedades cardiovasculares y cancerígenas debido a su riqueza en carotenos ( $\beta$ -carotenos y licopeno) y compuestos que actúan como potentes antioxidantes (Raiola *et al.*, 2014).

El consumo del tomate se ha relacionado con la del riesgo del desarrollo de algunos tipos de cáncer, con la prevención del desarrollo de enfermedades cardiovasculares por sus efectos antioxidantes (Flores *et al.*, 2017; Enfissi *et al.*, 2017; Liu *et al.*, 2015).

El pH y el índice de acidez del jugo son dos mediciones muy frecuentes para caracterizar la calidad nutracéutica del fruto. Otro indicador muy importante por su incidencia nutricional, es el contenido de Vitamina C. Esta determinación no solo

refleja calidad nutritiva de los frutos sino también se toma en cuenta como, una medida de su poder antioxidante (Liu *et al.*, 2015).

### **2.18. Variables de crecimiento**

Las variedades de habito determinado son de crecimiento limitado siendo arbustivas de porte bajo, compactas y con una producción de frutos que se da en un periodo corto. Las plantas crecen, florecen y dan frutos en etapas bien definidas (Calle, 2021).

Raíz: El sistema radicular del tomate está constituido por: una raíz principal, raíces secundaras y adventicias, generalmente en las variedades que poseen un crecimiento determinado, tiene un sistema radicular más pequeño y superficial, López (2016).

Hojas: Sus hojas son generalmente compuestas e imparipinnadas contienen alrededor nueve foliolos, estos se disponen en forma alterna, las hojas son pecioladas, su borde es dentado, al igual que el tallo contienen tricomas en el haz, tienen una gran cantidad de estomas, su color es verde (Periago & Navarro, 2016).

Tallos. Es el encargado de brindar soporte y equilibrio a la planta, sobre él se desarrollan las hojas, flores y frutos, por lo que tiene un aspecto herbáceo vigoroso, se caracterizan por alcanzar una longitud máxima de dos metros de altura, Su crecimiento se detiene después de la aparición de varios racimos de flor con la formación de un último racimo apical (Pérez & Zeledón, 2016).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación del experimento**

El presente trabajo se llevó a cabo dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, a 25°22'44" latitud Norte, 101°02" longitud oeste y una altitud de 1743 msnm, en el departamento de Horticultura.

#### **3.2. Material vegetal utilizado**

Se utilizó tomate Bola de la variedad Imperial, de crecimiento indeterminado. Planta muy fuerte con un sistema radicular amplio que le permite soportar cosechas sin problemas en temperaturas cálidas, fruto semi-redonda aplanada sin hombros verdes, peso de 260 g, con muy buen cierre apical y firmeza, color rojo intenso y excelente vida de anaquel.

Para realizar el injerto, se utilizó el material de portainjerto Espartano que ha sido probado con éxito en conjunto con variedades tomates Roma y Bola logrando aportar fuerza y continuidad a la planta ayudando a mantener la calidad y altos resultados de producción.

#### **3.3. Manejo agronómico**

##### **3.3.1. Siembra del material Vegetal**

En el proceso de injerto en plántulas se sembraron 2 charolas de tomate, una de la variedad imperial y el portainjerto, las cuales se colocaron a la luz indirecta durante 3 días y posteriormente en 6 días después de la siembra se colocó en una charola en agua para incrementar la densidad de la raíz, antes de ser injertadas.

##### **3.3.2. Realización del Injerto**

En el método de injerto se usaron los siguientes materiales para evitar la contaminación al momento de realizar cortes para injerto: navajas, cinta, sanitizante a base de alcohol clips para injerto, el portainjerto y la variedad a injertar. El método



de injerto fue por estilo empalme, el cual consistió en el uso de navajas, los cortes del patrón y la variedad a injertar se realizan en diagonal a 45 ° por debajo de las hojas de los cotiledones y ambas partes se sujetan y se unen mediante clip o pinzas de silicón, las navajas se desinfectaban contantemente en cada una o dos plantas a injertar, para la prevención de cualquier agente fitopatógeno. Las plantas se aclimataron por lo menos 15 días después de ser injertadas, lo cual se hizo una estructura en forma de invernadero, para mantener los injertos con la humedad y temperatura alta, se asperjaba agua en toda la estructura para evitar que los factores ambientales bajaran o subieran durante el día. Una vez injertado se mantuvo en ausencia de luz por dos días y después se esperó una semana para asegurar el prendimiento de la mayoría de los individuos y al cumplir los 8 días, se fueron aclimatando los injertos al clima y humedad del ambiente exterior, para esto se hizo orificios diariamente en el plástico de la estructura y así hasta poder quitar por completo el plástico (Lee *et al.*, 2010).

### **3.3.3. Establecimiento del Sistema NFT**

En la preparación de sistema NFT, se usaron tubos tipo PVC de aproximadamente dos metros de longitud y de cuatros pulgadas de diámetro, al igual se usaron dos codos para la toma de forma y conexión a la hora del armado de los sistemas. Se hicieron cavidades en el suelo afuera del invernadero para mantener una temperatura ambiente y se colocaron los contenedores de la solución nutritiva, cada contenedor tenía una capacidad de 40 litros, de igual forma en cada sistema de NFT se instaló una salida y una entrada para mantener en circulación y proveer de oxigenación necesaria las plantas, para la entrada de la solución al sistema la cual proviene del contenedor se usaron mangueras de media pulgada, conectada de una bomba con una capacidad de 1025 litros y para la salida de la solución se colocó un tubo de PVC de una pulgada. Se colocaron cada sistema en su lugar y se realizó pruebas con agua, para detección de fugas en el sistema y así mismo se fueron nivelando cada uno.

### 3.3.4. Trasplante

Posteriormente se realizó el trasplante a partir de la adaptación de los injertos al invernadero, se hizo un lavado de raíz en las plantas y se dejó reposar unas horas en agua con 1.5g/L de enraizador antes del trasplante. En el proceso del trasplante se ocuparon canastillas y esponjas para darle soporte a las plantas, se cortó la esponja en tiras para enrollar la parte basal del tallo y se acomodó la planta en la canastilla, colocando en los orificios del sistema.

### 3.3.5. Manejo Nutricional

Para la solución nutritiva hidropónica debe tener un pH de 5.5 a 6.5, con una conductividad eléctrica (CE) de 1.5 a 2 dS m<sup>-1</sup>.

Para la solución nutritiva Steiner se utilizaron las siguientes fuentes:

CaNO<sub>3</sub>: 20gr - KNO<sub>3</sub>: 26gr - K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: 7.5gr - MgSO<sub>4</sub>: 10gr - MAP: 5.7gr

Micros: 1.32gr - HNO<sub>3</sub>: 30.31ml - H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>: 15.31ml

La solución nutritiva se fue cambiando de acuerdo a la fenología de la planta, aplicando concentraciones de la solución acorde a su etapa fenológica (25, 50, 75 y 100%).

Tabla 1 Solución Steiner de acuerdo a la fenología de la planta en 200 litros.

| <b>Componente</b>                  | <b>25%</b> | <b>50%</b> | <b>75%</b> | <b>100%</b> |
|------------------------------------|------------|------------|------------|-------------|
| <b>CaNO<sub>3</sub></b>            | 20gr       | 40gr       | 60gr       | 80gr        |
| <b>KNO<sub>3</sub></b>             | 26gr       | 52gr       | 78gr       | 108gr       |
| <b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b> | 7.5gr      | 15gr       | 22.5gr     | 30gr        |
| <b>MgSO<sub>4</sub></b>            | 10gr       | 20gr       | 30gr       | 40gr        |
| <b>MAP</b>                         | 5.7gr      | 11.5gr     | 17.25gr    | 23gr        |
| <b>Micros</b>                      | 1.32gr     | 2.6gr      | 3.97gr     | 5.2gr       |
| <b>HNO<sub>3</sub></b>             | 30.31ml    | 60.62ml    | 90.93ml    | 121.24ml    |

|                                    |         |         |         |         |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| <b>H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></b> | 15.31ml | 30.62ml | 45.93ml | 61.24ml |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|

---

### 3.3.6. Manejo Fitosanitario

Durante el desarrollo de la planta se presentaron enfermedad y plagas en la planta, para el control de enfermedades se hicieron aplicaciones preventivas de diferentes fungicidas y bactericidas que son:

**MANCOZEB:** es un fungicida de contacto que actúa preventivamente, y que controla enfermedades fungosas en los cultivos. Permanece al grupo químico de los ditiocarbamato, la dosis aplicada es de 2.5gr/L de forma foliar cada 7 días.

**CUPRIMICIN:** es un producto fungicida, bactericida, de uso agrícola. Es una formulación de Estreptomicina, de acción para el control y prevención de diversas enfermedades causadas por bacterias. Actúa en forma sistémica protegiendo a la planta tanto del ataque interno como del externo en follaje, ramas y tallo, el producto se aplicó dependiendo de la fenología de planta, en plántula 0.5gr/L y en crecimiento 1.5gr/L.

**TECTO 60:** es un fungicida de amplio espectro que puede ser utilizado para tratamientos preventivos y/o curativos, puede aplicarse como aspersión foliar antes de la cosecha o en tratamientos poscosecha. Pertenece al grupo químico de los Benimidazoles, se aplicó 0.5gr/L de forma foliar.

**CAPTÁN 50:** es un fungicida de acción preventiva y curativa que previene gran variedad de enfermedades. Captán 50 se trasloca a los tejidos tanto por tratamiento de semillas como al suelo o foliar. Pertenece al grupo de los inhibidores multisitio, se aplicó 2ml/L.

En el caso de las plagas en el tomate, hubo presencia de mosquita blanca y araña roja, lo cual se aplicó ABAMECTINA que es acaricida e insecticida. El producto actúa por contacto e ingestión, actuando sobre la transmisión de impulsos nerviosos. Tiene acción translaminar, lo que le permite controlar insectos y ácaros que se encuentren en el envés de la hoja, se aplicó 1.2ml/L.

### 3.4. Tratamientos empleados en el experimento

Se evaluaron diferentes dosis de cloruro de sodio (NaCl) en las plantas en los que consisten en 0mM, 30mM, 60mM, 90mM de NaCl para ambos sistemas, con y sin injerto.

Tabla 2 tratamientos de NaCl en plantas con y sin injerto

| <b>Tratamiento</b> | <b>Dosis de NaCl</b> | <b>Tratamiento</b> | <b>Dosis de NaCl</b> |
|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| Con injerto        | 0 mM                 | Sin injerto        | 0 mM                 |
| Con injerto        | 30 mM                | Sin injerto        | 30 mM                |
| Con injerto        | 60 mM                | Sin injerto        | 60 mM                |
| Con injerto        | 90 mM                | Sin injerto        | 90 mM                |

### 3.5. Variables de repuesta

- Altura de la planta: se hizo con la ayuda de un flexómetro y se cuantifico en cm.
- Diámetro de tallo: se midió con la ayuda de un vernier digital, las unidades que se tomó como referencia fueron en milímetros (mm).
- Diámetro polar del fruto: se tomó con la ayuda de un vernier, las unidades se tomaron como referencia fueron en milímetros (mm).
- Diámetro ecuatorial del fruto: se tomó con la ayuda de un vernier, las unidades se tomaron como referencia fueron en milímetros (mm).
- Peso del fruto: se hizo con la ayuda de una báscula digital, las unidades se tomaron como referencia en gramos (g).
- Sólidos solubles de los frutos: se tomó con la ayuda de un refractómetro marca Hanna, modelo HI96801, las unidades se registraron en °Brix.

### **3.6. Diseño estadístico**

El experimento se estableció utilizando un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial 2X4, donde los factores fueron plantas con y sin injerto, con la aplicación de NaCl en ocho tratamientos y cinco repeticiones, las cuales consistieron en una planta.

### **3.7. Análisis de la información**

Los datos se analizaron mediante un ANOVA y posteriormente se utilizó una prueba de comparación de medias mediante la metodología de LSD ( $\alpha= 0.05$ ), para esto se empleó el paquete estadístico infoStat, versión 2020.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Diámetro Basal, Altura de la planta y Peso fresco aéreo**

De acuerdo con los resultados obtenidos, en la variable del diámetro basal (DB); tomando en cuenta el factor con injerto y sin injerto no presentaron diferencias significativas, entre los diferentes tratamientos. De igual manera, en el factor de concentración de NaCl, no presento diferencia entre los tratamientos. En cuanto a la interacción de los factores, se compararon cada uno de los tratamientos y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos; sin embargo, la tendencia con mayor DB se observó en el tratamiento con injerto con una concentración de 30mM de NaCl en la solución nutritiva.

Para en el caso de la variable de la altura de la planta (AP); se observó que en el factor con y sin injerto presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p\leq 0.05$ ), en donde el tratamiento sin injerto muestra un AP mayor, de 17.5%. En cuanto al factor de concentración de NaCl, se observa que al momento en que va aumentando las concentraciones, la altura de las plantas disminuye y se

presentaron diferencias estadísticamente significativas, en donde el tratamiento con 30 mM de concentración de NaCl en la solución nutritiva es mayor en cuanto a la AP a diferencia de las demás de un 12.15%, 23.7% y 24.9% respectivamente, en cuanto a la interacción de los factores se presentan diferencias estadísticamente significativas, donde el tratamiento sin injerto con la concentración de 30mM presenta un mayor altura en la planta con respecto al resto de los tratamientos.

En los resultados obtenidos para en el caso del peso fresco aéreo (PFA), se observan que el factor con y sin injerto, si presentó diferencias estadísticamente significativas, donde las plantas con injerto muestran un mayor en su peso fresco aéreo (PFA). El factor de concentración de NaCl, también presentan diferencias estadísticamente diferentes, al tener una concentración de 30mM de NaCl en la solución nutritiva presenta mayor peso fresco aéreo, a diferencia de las demás concentraciones que disminuye a un 10.36%, 26.7% y 59.14% respectivamente. Al igual que en la interacción de los factores muestras diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, con un mayor PFA se observó en el tratamiento con injerto con una concentración de 30mM de NaCl en la solución, superando al testigo con y sin injerto en un 32.8% y 36.8% respectivamente.

Tabla 3 efecto del estrés salino en la planta injertado en Sistema NFT sobre el crecimiento vegetativo y acumulación de biomasa.

| Factor                     | Variable            | DB       | AP       | PFA       |
|----------------------------|---------------------|----------|----------|-----------|
| Injerto                    | Con                 | 13.12 a  | 146.10 b | 446.25 a  |
|                            | Sin                 | 12.73 a  | 177.10 a | 293.50 b  |
| Concentración de NaCl (mM) | 0                   | 12.50 a  | 169.30 b | 436.50 ab |
|                            | 30                  | 13.83 a  | 192.70 a | 487.00 a  |
|                            | 60                  | 12.79 a  | 144.60 c | 357.00 b  |
|                            | 90                  | 12.58 a  | 146.90 c | 199.00 c  |
| Con injerto                | Testigo con injerto | 12.38 bc | 169.60 b | 450.00 bc |
|                            | Con-30              | 16.00 a  | 172.00 b | 670.00 a  |
|                            | Con-60              | 12.80 bc | 118.80 d | 482.00 b  |

|             |                     |          |           |           |
|-------------|---------------------|----------|-----------|-----------|
|             | Con 90              | 11.30 c  | 136.00 cd | 183.00 d  |
|             | Testigo sin injerto | 12.62 bc | 169.00 b  | 423.00 bc |
| Sin injerto | sin-30              | 11.66 bc | 213.40 a  | 304.00 cd |
|             | sin-60              | 12.78 bc | 170.40 b  | 232.00 d  |
|             | sin 90              | 13.86 ab | 157.80 bc | 215.00 d  |
| C.V. (%)    |                     | 14.58    | 13.58     | 34.10     |

DP= Diámetro de la planta (mm), AP= Altura de la planta (cm), PFA= Peso fresco aéreo (gr), C. V= Coeficiente de Variación. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes LSD ( $p < 0.05$ ).

Los resultados obtenidos en la variación de DP, AP, PFA coincide con lo que, establecido por Rivera, (2018); donde evaluó que a medida que aumenta la concentración de NaCl a la que se expone las plántulas, menor es el tamaño de la plántula, tanto en la parte aérea como de la parte radicular. Lo cual consiste con Abdelsattar *et al.*, (2015) quien aporta que, la reducción en la absorción de agua por parte de la planta al incrementar NaCl en el agua de riego en tomate provocando una reducción de diámetro de tallo y altura.

Además, Mahendran y Sujirtha (2015) menciona que un elevado contenido de sales en el medio radicular reduce la capacidad de las plantas para adsorber agua (estrés osmótico), que provoca déficit hídrico, desbalance nutricional y alteración de procesos enzimáticos, lo cual deriva en reducción de crecimiento, de igual manera se ve afectado en el peso de biomasa. El mayor peso total de biomasa se consiguió en las plantas que fueron injertadas, esto se debio a que se obtuvo un mayor crecimiento en la parte aérea y por lo tanto un incremento en el peso, como lo demostraron Al-Hardy *et al.*, (2016) quienes reportan que, las plantas injertas son más vigorosas que las no injertadas, obteniendo un aumento significativo en el crecimiento aéreo.

#### **4.2. Peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial y sólidos solubles totales.**

De acuerdo con los resultados obtenidos, en la variable del peso del fruto (PF); tomando en cuenta el factor con injerto y sin injerto no presentaron diferencias significativas, entre los tratamientos. De igual manera, se puede observar una disminución de esta variable conforme la concentración de NaCl en la solución, siendo el tratamiento con 0mM con mayor peso presente a comparación con las plantas tratadas con alguna dosis de NaCl. En cuanto a la interacción de los factores para esta variable, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos; sin embargo, el mayor peso del fruto (PF) se observó en el tratamiento testigo con injerto con una concentración de 0mM de NaCl en la solución, superando al tratamiento sin injerto y con 0mM de NaCl en un 20.47%.

Para el factor de injerto en el caso de la variable diámetro polar del fruto (DPF) en los tratamientos con y sin injertos, no se encontró diferencias significativas. En cuanto a las concentraciones de NaCl, si hubo diferencias significativas, en donde se presentó el tratamiento con 0mm que hay mayor DPF, a diferencia del tratamiento con 90mM que hay menor en un 40.9%, lo que sugiere que a mayor concentración de NaCl se ve afectado negativamente en el DPF. En la interacción de los factores, se observa que hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, siendo los tratamientos con injerto y que no tenían concentración NaCl en la solución, presentaron con mayor DPF, a comparación de los demás.

De la misma manera pasa para en el caso de la variable diámetro ecuatorial del fruto (DEF), en donde se puede observar que los tratamientos con mayor DEF, son las plantas injertadas y las que no tiene concentración de NaCl en la solución nutritiva, cabe destacar que a mayor concentración de NaCl afecta el tamaño de los frutos.

De acuerdo con los resultados de los grados Brix, se observa que el factor injerto no muestran diferencias significativas en ellos, sin embargo, en el factor de concentración de NaCl si presentan diferencias significativas, en donde se observó



que la concentración con 90mM, la cual tiene una alta concentración de NaCl en la solución es la que presentó mayor concentración de grados Brix, así también en la interacción de los factores, se pudo observar que hubo una alta de sólidos solubles totales o grados Brix con 90mM de NaCl en los frutos de las plantas con y sin injerto superando a ambos tratamientos testigos con y sin injerto sin NaCl en un 49.8% y 34.5% respectivamente.

Tabla 4 efecto del estrés salino en la planta del tomate injertado en Sistema NFT sobre parámetros de calidad de fruto.

| Factor                     | Variable            | PF       | DPF      | DEF      | SST     |
|----------------------------|---------------------|----------|----------|----------|---------|
| Injerto                    | Con                 | 86.21 a  | 44.70 a  | 50.95 a  | 7.22 a  |
|                            | Sin                 | 83.16 a  | 45.86 a  | 51.95 a  | 7.38 a  |
| Concentración<br>NaCl (Mm) | 0                   | 142.29 a | 56.12 a  | 64.62 a  | 5.33 d  |
|                            | 30                  | 116.91 b | 52.23 b  | 60.12 b  | 6.47 c  |
|                            | 60                  | 47.44 c  | 39.61 c  | 43.79 c  | 8.18 b  |
|                            | 90                  | 32.08 d  | 33.16 d  | 37.23 d  | 9.24 a  |
| Con injerto                | Testigo con injerto | 158.52 a | 58.84 a  | 66.83 a  | 4.82 e  |
|                            | Con-30              | 112.45 b | 51.07 b  | 58.48 b  | 6.93 bc |
|                            | Con-60              | 48.07 c  | 38.95 cd | 44.51 c  | 7.54 b  |
|                            | Con 90              | 25.78 c  | 29.97 e  | 34.00 e  | 9.60 a  |
| Sin injerto                | Testigo sin injerto | 126.07 b | 53.41 b  | 62.42 b  | 5.83 d  |
|                            | sin-30              | 121.37 b | 53.40 b  | 61.76 b  | 6.00 cd |
|                            | sin-60              | 46.81 c  | 40.28 c  | 43.08 cd | 8.82 a  |
|                            | sin 90              | 38.38 c  | 36.36 d  | 40.46 d  | 8.88 a  |
| C.V. (%)                   |                     | 27.33    | 9.62     | 9.68     | 16.65   |

PS= Peso del fruto (g), DPF= Diámetro polar del fruto (mm), DEF= Diámetro ecuatorial del fruto, SST= Sólidos Solubles Totales (Grados Brix), C. V= Coeficiente de variación. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes LSD ( $p < 0.05$ ).

El menor tamaño de fruto obtenido al aumento de la concentración de sales de la solución nutritiva, coincide con Pérez *et al.*, (2020) quienes señalan que, la

disminución del tamaño de frutos en la planta de tomate es debido a que presenta mayor dificultad de absorber agua, causada por la alta concentración de iones en la rizosfera afectando la expansión de los frutos.

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 CO<sub>2</sub> en las células haciendo que el rendimiento del cultivo se menor.

De acuerdo con Pérez *et al.*, (2020) el aumento de SST en los frutos si aumenta conformé a la salinidad y se ve afectando en el ambiente, esto se debe a que se produce una reducción de flujo de agua hacia el fruto y al aumento del hidrolisis de sacarosa, que producirá fructosa y glucosa, en respuesta al alto potencial osmótico en la solución nutritiva, lo que ocasiona una acumulación activa de solutos en los frutos como azucares simples.

## V. CONCLUSIÓN

La productividad de la planta de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con medio salino en la solución nutritiva afecto negativamente en su desarrollo de altura de la planta, así también en su peso fresco, a lo que indica que a mayor concentración de NaCl el crecimiento y peso disminuye, así mismo en cuanto al tamaño de frutos también se ve afectado negativamente, en los tratamientos con concentración de NaCl en la solución, en las plantas injertados y no injertados.

En cuanto a su peso del fruto también disminuye cuando se tiene una mayor concentración de NaCl en la solución, en los dos factores con y sin injerto, a diferencia en plantas con injerto que no tiene ninguna concentración presenta un peso mayor.

Por lo contrario, se observó que a mayor concentración de NaCl en la solución nutritiva en los tratamientos aumenta los °Brix en los frutos.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

Abdelkhalik, A. G. A. (2014). Effects of salinity of irrigation water on growth, fruit yield and fruit quality of two tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.) cultivars grown in hydroponic system (Doctoral dissertation, Master Thesis. Universidad Politecnica de Valencia).

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.

Alipio MI, Cruz AEMD, Doria JDA, Fruto RMS (2019) On the design of Nutrient Film Technique hydroponics farm for smart agriculture. Engineering in Agriculture, Environment and Food 12: 315-324.

Andrade-Sifuentes, A., Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., Orozco-Vidal, J. A., Yescas-Coronado, P., & Rueda-Puente, E. O. (2020). Azospirillum brasilense and solarized manure on the production and phytochemical quality of tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.). *Agronomy*, 10(12), 1956. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121956>.

Atkinson N.J., Lilley C.J., Urwin P.E. (2013) Identification of genes involved in the response of Arabidopsis to simultaneous biotic and abiotic stress. *Plant Physiology*, 162, 2028-2041.

Bacha, H., Tekaya, M., Drine, S., Guasmi, F., Touil, L., Enneb, H., Triki, T., Cheour, F., & Ferchichi, A. (2017). Impact of salt stress on morpho-physiological and biochemical parameters of *Solanum lycopersicum* cv. Microtom leaves. *South Afr. J. Bot.*, 108, 364–369.

Baral, A. (2019). Bananas tackling drought and heat - with DREBs and more. *Physiologia Plantarum*, 165(2), 128-130.

Bello SK, Alayafi AH, Al-Solaimani SG, Abo-Elyousr KAM (2021) Mitigating soil salinity stress with gypsum and bio-organic amendments: a review. *Agronomy* 11: 1735: 1-18. DOI: 10.3390/agronomy11091735.

Calle, F. 2021. Comparación de sistemas de producción del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) bajo chapeo con y sin quema en municipio palos blancos – departamento la paz.

Cao F.Y., Yoshioka K., Desveaux D. (2011). The roles of ABA in plant-pathogen interaction. *Journal Plant Research*, 124, 489-499.

Cárdenas, M. (2018). Metodología para el cálculo de los costos de producción del cultivo tomate de árbol en el municipio de Cabrera, Cundinamarca. Tesis de titulación, Cundinamarca. Obtenido de <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/1351>.

Ceballos-Aguirre N; Vallejo-Cabrera FA; Arango-Arango N (2012). Evaluación del contenido de antioxidantes en introducciones de tomate tipo cereza (*Solanum* spp.). *Acta Agronómica*. 61 (3): 230-238.

Das A.B., Strasser R.J. (2013) Salinity-induced genes and molecular basis of salt-tolerant strategies in mangroves. Rout G.R., Das A. B. In: *Molecular Stress Physiology of Plants*. Springer, pp 53.

Del Pino, M. (2020). Guía Didáctica: Cultivo y Manejo del Cultivo de Tomate Fresco. Curso de Horticultura y Floricultura. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

Di Vaio, C., Marallo, N., Marino, G. y Caruso, T. (2015). Effect of water stress on dry matter accumulation and partitioning in pot-grown olive trees (cv Leccino and Racioppella). *Scientia Horticulturae*, 164(2013), 155-159. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.09.008>

El hasini S, De Nobile M, El Azzouzi M, Azim K, Douaik A, Laghrour M, El Idrissi Y, El alaoui El Belghiti M, Zouahri A (2020) The influence of compost humic acid quality and its ability to alleviate soil salinity stress. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* 9: 21-31.

Enfissi, E. M. A., M. Nogueira, P.M. Bramley, and P. D. Fraser. 2017. The regulation of carotenoid formation in tomato fruit. *Plant Journal* 89: 774-788. <https://doi.org/10.1111/tpj.13428>.

FAO (2021) FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RL>. Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2021.

Flexas, J. Madrano, H. 2014. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. *Annals of Botany* 89:183-190.

Flores, P., E. Sanchez, J. Fenoll, and P. Hellin. 2017. Genotypic variability of carotenoids in traditional tomato cultivars. *Food Research International* 100: 510-516. [doi.org/10.1016/j.foodres.2016.07.014](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.07.014).

García-Sánchez EI, Vargas-Canales JM, Palacios-Rangel MI, Aguilar-Ávila J (2018) Sistema de innovación comomarco analítico de la agricultura protegida en la región centro de México. *Cuadernos de Desarrollo Rural* 15: 93-116.

Gaucín-Delgado, J. M., Hernández-Montiel, L. G., Sánchez-Chávez, E., Ortega-Ortiz, H., Fortis-Hernández, M., Reyes-Pérez, J. J., & Preciado-Rangel, P. (2020). Agronomic biofortification with selenium improves the yield and nutraceutical quality in tomato under soilless conditions. *Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(3), 1221-1232. <https://doi.org/10.15835/nbha48312000>.

Gengmao, Z.; Shihui, L.; Xing, S.; Yizhou, W.; Zipan, C. 2015. The role of silicon in physiology of the medicinal plant (*Lonicera japonica L.*) under salt stress. *Scientific reports*, 5 (1): 1-11.

Gómez Urrutia, A. A., & Morales Ramos, K. J. (2020). Manejo integrado de cultivos (MIC) de tomate, bajo dos sistemas de producción agrícola (agroecológico y con productos químicos).

Grimaldo-Pantoja, G., Niu G., Youping, S., Castro-Rocha, A., Alvarez-Perrilla, E., Flores-Margez, J. P., Corral-Diaz, B & Osuna-Avila, P. (2017). Componentes del rendimiento y fitoquímico de chile (*Capsicum annuum*) inoculado con hongos micorrizicos. *Fitotecnia Mexicana*. 40(2), 1-12.

Hammond-Kosack, K. E. y Jones, J. D. G. (2015). Responses to plant pathogens. in: Jones, R. L., Buchanan, B. B. and Grissem, W. (ed.) *Biochemistry and molecular biology of plants*, 2nd ed John Wiley & Sons Chichester, West Sussex. pp. 984-1050.

Hernandez-Fuentes, A. D., E. R. Lopez-Vargas, J. M. Pinedo-Espinoza, R. G. Campos-Montiel, J. Valdes-Reyna, A. Juarez-Maldonado. 2017. Postharvest behavior of bioactive compounds in tamato fruits treated with Cu nanoparticles and NaCl strees. *Applied sciences*, 7: 980-993. DOI: 10.3390/app7100980.

Hu H, Xiong L (2014) Genetic engineering and breeding of drought-resistant crops. *Annual Review of Plant Biology* 56: 715-741. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050213-040000>.

Koyro H.W., Ahmad P., Geissler N. (2015) Abiotic stress response in plants: An overview. Ahmad P., Prasad M.N.V. In: *Environmental adaptations and stress tolerance of plants in the Era of climate change*. pp. 1-28.

Kumar S., Stecher G., Li.M., Knyaz C., Tamura K. (2018). MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35,1547-1549.

Huang G.T., Ma S.L., Bai L.P., Zhang L., Ma H., Jia P., Liu J., Zhong M., Guo Z. F. (2012) Signal transduction during cold, salt, and drought stress in plants. *Molecular biology reports*, 39(2), 969-987.

Lee, J.-M., Kubota, C., Tsao, S., Bie, Z., Hoyos Echevarria, P., Morra, L. and Oda, M. (2010). Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae*, 127(2):93-105.

Li, R., Baysal-gurel, F., Abdo, Z., Miller, S. A., & Ling, K. (2015). Evaluation of disinfectants to prevent mechanical transmission of viruses and a viroid in greenhouse tomato production. *Virology Journal*, 12(5), 1-11. doi:10.1186/s12985-014-0237-5.

Liu, L. H., Z. Shao, M. Zhang, and Q. Wang. 2015. Regulation of carotenoid metabolism in tomato. *Molecular Plant* 8: 28-39. doi.org/10.1016/j.molp.2014.11.006.

López, L. (2016). Manual Técnico del Cultivo de Tomate (*Solanum lycopersicum*). file:///C:/Users/Plan%20B/Downloads/BVE17079148e.pdf.

López Marín, L. M. (2016). Manual técnico del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum*. Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola (UE/IICA).

Macedo A. (2012) Abiotic stress responses in plants: metabolism to productivity. Ahmad P., Prasad M.N.V. In: Environmental adaptations and stress tolerance of plants in the Era of climate change. Springer, 41-62.

Mahendran, S., N. Sujirtha. 2015. The Growth Responses of Selected Tomato (*Solanum esculentum* Mill) Cultivars to sea water salinity. *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol.* 4:8364-8368.

Mantri N., Patade V., Penna S., Ford R., Pang E. (2015) Abiotic stress responses in plants: Present and future. Ahmad P., Prasad M.N.V. In: Abiotic stress response in plant. Springer, 1-13.

Meena MD, Yadav RK, Narjary B, Yadav G, Jat HS, Sheoran P, Meena MK, Antil RS, Meena BL, Singh HV, Meena VS, Rai PK, Ghosh A, Moharana PC (2019) Municipal solid waste (MSW): strategies to improve salt affected soil sustainability: a review. *Waste Management* 84: 38-53.

Mickelbart, M. V., P. M. Hasegawa and J. Bailey-Serres. 2015. Genetic mechanisms of abiotic stress tolerance that translate to crop yield stability. *Nature Reviews Genetics* 16 (4): 237-251. Doi: 10.1038/nrg3901.

Moënne-Loccoz Y., Mavingui P., Combes C., Normand P., Steinberg C. (2015) Microorganisms and biotic interactions. Bertrand J.C., Caumette P., Lebaron P., Matheron R., Normand P., Sime-Ngando T. In: *Environmental Microbiology: Fundamentals and Applications: Microbial Ecology*, Springer, pp 395-445.

Morri, W. L., M. A. (2017). The Solanaceous Vegetables Crops: Potato, Tomato, Pepper. And Eggplant. In Encyclopedia of Applied Plant Sciences (2nd ed., Vol. 3, pp. 55-58). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00129-5>.

Mozafariyan, M., M. M. Kamelmanesh, B. Hawrylak-Nowak. 2016. Ameliorative effect of selenium on tomato plants grown under salinity stress. Archives of Agronomy and Soil Science, 62: 1368-1380. DOI. 10.1080/03650340.2016.1149816

Mundo M, Jaramillo Villanueva J L, Morales Jimenez J (2019) Rentabilidad financiera y económica de las unidades de producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero en Puebla, México. Agro Productividad 12: 47-52.

Mukhopadhyay R, Sarkar B, Sahay JH, Chander SP, Bolan NS (2021) Soil salinity under climate change: Challenges for sustainable agriculture and food security. Journal of Environmental Management, 280: 111736. DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.111736.

Munns, R., Day, D. A., Fricke, W., Watt, M., Arsova, B., Barkla, B. J., Bose, J., Byrt, C. S., Chen, Z., Foster, K. J., et al. (2019). Energy costs of salt tolerance in crop plants. *New Phytol*, 225, 1072–1090.

Nolan, T. M., Vukašinovi, N., Liu, D., Russinova, E., & Yin, Y. (2019). Brassinosteroids: multidimensional regulators of plant growth, development, and stress responses. *The Plant Cell*, 32(2), 295-318. <https://doi.org/10.1105/tpc.19.00335>.

Patakas A. (2012) Abiotic stress-induced morphological and anatomical changes in plants. Ahmad P., Prasad M.N.V. In: Abiotic stress response in plant. Springer, 21-36.

Orzco-Alcala, B. E., Nuñez-Palenius, H. G., Perez- Moreno, L., Valencia-Posadas, M., Trejo-Tellez, L. I., Diaz-Serrano, F, R., Ruiz-Nieto, J. E. & Abraham-Juarez M. R. (2018). Tolerancia a salinidad en plantas cultivadas: una visión agronómica. *Agro Productividad*, 11(7), 51-57.

Pérez, A., & Zeledón, M. (16 de septiembre de 2016). Segundo Congreso Nacional del Cultivo de Tomate. MAG: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/A50-5910.pdf>.

Perez C. M., Tellez G. I., (2020). Producción y comercialización con sistema hidropónico nft de lechuga y tomate cherry, en la ciudad de Arequipa. Esan graduate school of business.

Periago, M., & Navarro, I. (2016). El tomate, ¿alimento saludable y/o funcional? *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 20(4).

Pire R, Pereira A, Díez J, Fereres E (2010) Influence of rootstock and irrigation level on water relations of grapevines grown under tropical conditions. *Journal of Food Agriculture & Environment* 8: 703-709.

Raiola A., Rigano M. M., Calafiore R., Frusciante L., & Barone A. (2014). Enhancing the Health-Promoting Effects of Tomato Fruit for Biofortified Food. Hindawi Publishing Corporation *Mediators of Inflammation*. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/139873>.

Raiola A; Tenore GC; Barone A; Frusciante L and Rigano MM (2015). Vitamin E content and composition in tomato fruits: Beneficial roles and bio-fortification. *Int. J. Mol. Sci.* 16: 29250–29264.

Rivera Ulloa, P. (2018). Respuesta de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivar monerymaker a estrés salino provocando por diferentes concentraciones de NaCl.

Rivero, R. M., Oliver, M. J., & Mittler, R. (2019). Editorial. *Physiologia Plantarum*, 165(2), 125-127.

Rodríguez, D.D.I., Arellano, C.S., Rosales, M.P., Ochoa, G. F., & López, C.M.S. (2018). Antioxidant content in skin and seeds of three tomato varieties (*Solanum lycopersicum*) grown in 2 regions of Mexico. *International Journal of Food and Nutritional Science*, 7(3), 1-14. Available at: <http://www.ijfans.com/currentissue.php>.

Ronga, D., Lovelli, S., Zaccardelli, M., Perrone, D., Ulrici, A., Francia, E., ... & Pecchioni, N. (2015). Physiological responses of processing tomato in organic and conventional Mediterranean cropping systems. *Scientia Horticulturae*, 190, 161-172.

Santino A., Taurino., De Domenico S., Bonsega S., Poltronieri P., Pastor V., Flors V. (2013). Jasmonate signaling in plant development and defense response to multiple (a)biotic stresses. *Plant Cell Reports*, 32(7), 1085-1098.

Seymour G (2016). Salad days—tomatoes that last longer and still taste good. University, Nottingham. UK. <https://www.nottingham.ac.uk/news/pressreleases/2016/july/salad-days-tomatoes-that-last-longer-and-still-taste-good.aspx>.

Suprasanna, P. (2020). Plant abiotic stress tolerance: Insights into resilience build-up. *Journal of Biosciences*, 45(1), 1-8. <https://doi.org/10.1007/s12038020-00088-5>.



Suslow, TV and Cantwell M (2019). Postharvest Technology, UC Davis. <http://postharvest.ucdavis.edu>.

Tieman D; Zhu G; Resende MFR; Lin Jr; Nguyen T; Bies C; Rambla R; Beltran JL; Taylor KSO; Zhang M (2017). A chemical genetic roadmap to improved tomato flavour. *Science* 355:391–394.

Zarza H, Huespe C, Mayeregger M, Trabuco M, Guillén Ó, Rodas M, López F (2018) Manual básico de cultivo sin suelo para producción de tomate en invernadero. Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Caacupé, Paraguay. 60p.

Zhang, P., M. Senge, Y. Dai. 2016. Effects of salinity stresses on growth, yield, fruit quality and water use efficiency of tomato under hydroponics system. *Reviews in Agricultural Science*, 4: 46-55. 10.7831/ras.4.46.

Wang and Seymour G (2017). Tomato Flavor: Lost and Found? *Molecular Plant*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molp.2017.04.010>.

## VII. ANEXOS

### 6.1. Análisis de la varianza en el crecimiento vegetativo y acumulación de biomasa.

#### Diámetro (mm)

| Variable      | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|---------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Diámetro (mm) | 40 | 0.40           | 0.27              | 14.58 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.              | SC     | gl | CM    | F    | p-valor |
|-------------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo            | 74.99  | 7  | 10.71 | 3.02 | 0.0150  |
| INJERTO           | 1.52   | 1  | 1.52  | 0.43 | 0.5175  |
| SALINIDAD         | 11.37  | 3  | 3.79  | 1.07 | 0.3767  |
| INJERTO*SALINIDAD | 62.10  | 3  | 20.70 | 5.83 | 0.0027  |
| Error             | 113.63 | 32 | 3.55  |      |         |
| Total             | 188.62 | 39 |       |      |         |

#### Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.21379

Error: 3.5509 gl: 32

| INJERTO     | Medias | n  | E.E.   |
|-------------|--------|----|--------|
| INJERTO     | 13.12  | 20 | 0.42 A |
| SIN INJERTO | 12.73  | 20 | 0.42 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.71656

Error: 3.5509 gl: 32

| SALINIDAD | Medias | n  | E.E.   |
|-----------|--------|----|--------|
| 30        | 13.83  | 10 | 0.60 A |
| 60        | 12.79  | 10 | 0.60 A |
| 90        | 12.58  | 10 | 0.60 A |
| 0         | 12.50  | 10 | 0.60 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.42759

Error: 3.5509 gl: 32

| INJERTO     | SALINIDAD | Medias | n | E.E.     |
|-------------|-----------|--------|---|----------|
| INJERTO     | 30        | 16.00  | 5 | 0.84 A   |
| SIN INJERTO | 90        | 13.86  | 5 | 0.84 A B |
| INJERTO     | 60        | 12.80  | 5 | 0.84 B C |
| SIN INJERTO | 60        | 12.78  | 5 | 0.84 B C |
| SIN INJERTO | 0         | 12.62  | 5 | 0.84 B C |
| INJERTO     | 0         | 12.38  | 5 | 0.84 B C |
| SIN INJERTO | 30        | 11.66  | 5 | 0.84 B C |
| INJERTO     | 90        | 11.30  | 5 | 0.84 C   |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Altura (cm)

| Variable    | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|-------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Altura (cm) | 40 | 0.63           | 0.55              | 13.58 |

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.              | SC       | gl | CM      | F     | p-valor |
|-------------------|----------|----|---------|-------|---------|
| Modelo            | 27320.18 | 7  | 3902.88 | 7.93  | <0.0001 |
| INJERTO           | 8151.03  | 1  | 8151.03 | 16.55 | 0.0003  |
| SALINIDAD         | 15189.88 | 3  | 5063.29 | 10.28 | 0.0001  |
| INJERTO*SALINIDAD | 3979.28  | 3  | 1326.43 | 2.69  | 0.0625  |
| Error             | 15759.20 | 32 | 492.48  |       |         |
| Total             | 43079.38 | 39 |         |       |         |

### Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=14.29450

Error: 492.4750 gl: 32

| INJERTO     | Medias | n  | E.E. |   |
|-------------|--------|----|------|---|
| SIN INJERTO | 177.65 | 20 | 4.96 | A |
| INJERTO     | 149.10 | 20 | 4.96 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=20.21547

Error: 492.4750 gl: 32

| SALINIDAD | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 30        | 192.70 | 10 | 7.02 | A |
| 0         | 169.30 | 10 | 7.02 | B |
| 90        | 146.90 | 10 | 7.02 | C |
| 60        | 144.60 | 10 | 7.02 | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=28.58900

Error: 492.4750 gl: 32

| INJERTO     | SALINIDAD | Medias | n | E.E. |     |
|-------------|-----------|--------|---|------|-----|
| SIN INJERTO | 30        | 213.40 | 5 | 9.92 | A   |
| INJERTO     | 30        | 172.00 | 5 | 9.92 | B   |
| SIN INJERTO | 60        | 170.40 | 5 | 9.92 | B   |
| INJERTO     | 0         | 169.60 | 5 | 9.92 | B   |
| SIN INJERTO | 0         | 169.00 | 5 | 9.92 | B   |
| SIN INJERTO | 90        | 157.80 | 5 | 9.92 | B C |
| INJERTO     | 90        | 136.00 | 5 | 9.92 | C D |
| INJERTO     | 60        | 118.80 | 5 | 9.92 | D   |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Peso fresco aéreo (gr)

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Peso(gr) | 40 | 0.66           | 0.58              | 34.10 |

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.              | SC         | gl | CM        | F     | p-valor |
|-------------------|------------|----|-----------|-------|---------|
| Modelo            | 970734.38  | 7  | 138676.34 | 8.72  | <0.0001 |
| INJERTO           | 233325.63  | 1  | 233325.63 | 14.66 | 0.0006  |
| SALINIDAD         | 475211.88  | 3  | 158403.96 | 9.95  | 0.0001  |
| INJERTO*SALINIDAD | 262196.88  | 3  | 87398.96  | 5.49  | 0.0037  |
| Error             | 509190.00  | 32 | 15912.19  |       |         |
| Total             | 1479924.38 | 39 |           |       |         |

### Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=81.25344

Error: 15912.1875 gl: 32

| INJERTO     | Medias | n  | E.E.  |   |
|-------------|--------|----|-------|---|
| INJERTO     | 446.25 | 20 | 28.21 | A |
| SIN INJERTO | 293.50 | 20 | 28.21 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=114.90972

Error: 15912.1875 gl: 32

| SALINIDAD | Medias | n  | E.E.  |     |
|-----------|--------|----|-------|-----|
| 30        | 487.00 | 10 | 39.89 | A   |
| 0         | 436.50 | 10 | 39.89 | A B |
| 60        | 357.00 | 10 | 39.89 | B   |
| 90        | 199.00 | 10 | 39.89 | C   |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=162.50688

Error: 15912.1875 gl: 32

| INJERTO     | SALINIDAD | Medias | n | E.E.  |     |
|-------------|-----------|--------|---|-------|-----|
| INJERTO     | 30        | 670.00 | 5 | 56.41 | A   |
| INJERTO     | 60        | 482.00 | 5 | 56.41 | B   |
| INJERTO     | 0         | 450.00 | 5 | 56.41 | B C |
| SIN INJERTO | 0         | 423.00 | 5 | 56.41 | B C |
| SIN INJERTO | 30        | 304.00 | 5 | 56.41 | C D |
| SIN INJERTO | 60        | 232.00 | 5 | 56.41 | D   |
| SIN INJERTO | 90        | 215.00 | 5 | 56.41 | D   |
| INJERTO     | 90        | 183.00 | 5 | 56.41 | D   |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## 6.2. Análisis de la varianza de parámetros de calidad de fruto

### Peso (gr)

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Peso(gr) | 40 | 0.75           | 0.74              | 27.33 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.              | SC        | gl | CM       | F      | p-valor |
|-------------------|-----------|----|----------|--------|---------|
| Modelo            | 347972.57 | 7  | 49710.37 | 71.55  | <0.0001 |
| INJERTO           | 248.60    | 1  | 248.60   | 0.36   | 0.5505  |
| SALINIDAD         | 296849.43 | 3  | 98949.81 | 142.43 | <0.0001 |
| INJERTO*SALINIDAD | 12253.76  | 3  | 4084.59  | 5.88   | 0.0008  |
| Error             | 113239.22 | 32 | 694.72   |        |         |
| Total             | 461211.80 | 39 |          |        |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=8.75003**

Error: 694.7192 gl: 32

| INJERTO     | Medias | n   | E.E.   |
|-------------|--------|-----|--------|
| INJERTO     | 86.21  | 50  | 4.42 A |
| SIN INJERTO | 83.16  | 121 | 2.54 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=12.09818**

Error: 694.7192 gl: 32

| SALINIDAD | Medias | n  | E.E.   |
|-----------|--------|----|--------|
| 0         | 142.29 | 63 | 3.39 A |
| 30        | 116.91 | 40 | 5.84 B |
| 60        | 47.44  | 46 | 4.32 C |
| 90        | 32.08  | 22 | 6.31 D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=20.13703**

Error: 694.7192 gl: 32

| INJERTO     | SALINIDAD | Medias | n  | E.E.    |
|-------------|-----------|--------|----|---------|
| INJERTO     | 0         | 158.52 | 25 | 5.27 A  |
| SIN INJERTO | 0         | 126.07 | 38 | 4.28 B  |
| SIN INJERTO | 30        | 121.37 | 34 | 4.52 B  |
| INJERTO     | 30        | 112.45 | 6  | 10.76 B |
| INJERTO     | 60        | 48.07  | 13 | 7.31 C  |
| SIN INJERTO | 60        | 46.81  | 33 | 4.59 C  |
| SIN INJERTO | 90        | 38.38  | 16 | 6.59 C  |
| INJERTO     | 90        | 25.78  | 6  | 10.76 C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**D. Polar (mm)**

| Variable    | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV   |
|-------------|----|----------------|-------------------|------|
| D.Polar(mm) | 30 | 0.78           | 0.77              | 9.62 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.              | SC       | gl | CM      | F      | p-valor |
|-------------------|----------|----|---------|--------|---------|
| Modelo            | 12247.94 | 7  | 1749.71 | 81.84  | <0.0001 |
| INJERTO           | 35.75    | 1  | 35.75   | 1.67   | 0.1978  |
| SALINIDAD         | 10812.92 | 3  | 3604.31 | 168.58 | <0.0001 |
| INJERTO*SALINIDAD | 641.52   | 3  | 213.84  | 10.00  | <0.0001 |
| Error             | 3484.94  | 32 | 21.38   |        |         |
| Total             | 15732.87 | 39 |         |        |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.53500**

Error: 21.3800 gl: 32

| INJERTO     | Medias | n   | E.E.   |
|-------------|--------|-----|--------|
| SIN INJERTO | 45.86  | 121 | 0.45 A |
| INJERTO     | 44.70  | 50  | 0.78 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.12236**

Error: 21.3800 gl: 32

| SALINIDAD | Medias | n  | E.E.   |
|-----------|--------|----|--------|
| 0         | 56.12  | 63 | 0.60 A |
| 30        | 52.23  | 40 | 1.02 B |
| 60        | 39.61  | 46 | 0.76 C |
| 90        | 33.16  | 22 | 1.11 D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.53260**

Error: 21.3800 gl: 32

| INJERTO     | SALINIDAD | Medias | n  | E.E.     |
|-------------|-----------|--------|----|----------|
| INJERTO     | 0         | 58.84  | 25 | 0.92 A   |
| SIN INJERTO | 0         | 53.41  | 38 | 0.75 B   |
| SIN INJERTO | 30        | 53.40  | 34 | 0.79 B   |
| INJERTO     | 30        | 51.07  | 6  | 1.89 B   |
| SIN INJERTO | 60        | 40.28  | 33 | 0.80 C   |
| INJERTO     | 60        | 38.95  | 13 | 1.28 C D |
| SIN INJERTO | 90        | 36.36  | 16 | 1.16 D   |
| INJERTO     | 90        | 29.97  | 6  | 1.89 E   |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### D.E.F (mm)

| Variable   | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV   |
|------------|----|----------------|-------------------|------|
| D.E.F (mm) | 40 | 0.81           | 0.80              | 9.68 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.              | SC       | gl | CM      | F      | p-valor |
|-------------------|----------|----|---------|--------|---------|
| Modelo            | 19345.62 | 7  | 2763.66 | 98.82  | <0.0001 |
| INJERTO           | 25.24    | 1  | 25.24   | 0.90   | 0.3435  |
| SALINIDAD         | 16304.50 | 3  | 5434.83 | 194.33 | <0.0001 |
| INJERTO*SALINIDAD | 513.10   | 3  | 171.03  | 6.12   | 0.0006  |
| Error             | 4558.72  | 32 | 27.97   |        |         |
| Total             | 23904.35 | 39 |         |        |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.75563**

Error: 27.9676 gl: 163

| INJERTO     | Medias | n   | E.E.   |
|-------------|--------|-----|--------|
| SIN INJERTO | 51.93  | 121 | 0.51 A |
| INJERTO     | 50.95  | 50  | 0.89 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.42741**

Error: 27.9676 gl: 163

| SALINIDAD | Medias | n  | E.E. |   |
|-----------|--------|----|------|---|
| 0         | 64.62  | 63 | 0.68 | A |
| 30        | 60.12  | 40 | 1.17 | B |
| 60        | 43.79  | 46 | 0.87 | C |
| 90        | 37.23  | 22 | 1.27 | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=4.04034**

Error: 27.9676 gl: 163

| INJERTO     | SALINIDAD | Medias | n  | E.E. |     |
|-------------|-----------|--------|----|------|-----|
| INJERTO     | 0         | 66.83  | 25 | 1.06 | A   |
| SIN INJERTO | 0         | 62.42  | 38 | 0.86 | B   |
| SIN INJERTO | 30        | 61.76  | 34 | 0.91 | B   |
| INJERTO     | 30        | 58.48  | 6  | 2.16 | B   |
| INJERTO     | 60        | 44.51  | 13 | 1.47 | C   |
| SIN INJERTO | 60        | 43.08  | 33 | 0.92 | C D |
| SIN INJERTO | 90        | 40.46  | 16 | 1.32 | D   |
| INJERTO     | 90        | 34.00  | 6  | 2.16 | E   |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Brix

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Brix     | 40 | 0.66           | 0.64              | 16.65 |

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.              | SC     | gl | CM     | F     | p-valor |
|-------------------|--------|----|--------|-------|---------|
| Modelo            | 411.86 | 7  | 58.84  | 44.82 | <0.0001 |
| INJERTO           | 0.69   | 1  | 0.69   | 0.52  | 0.4710  |
| SALINIDAD         | 307.62 | 3  | 102.54 | 78.10 | <0.0001 |
| INJERTO*SALINIDAD | 26.50  | 3  | 8.83   | 6.73  | 0.0003  |
| Error             | 214.00 | 32 | 1.31   |       |         |
| Total             | 625.85 | 39 |        |       |         |

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.38038**

Error: 1.3129 gl: 163

| INJERTO     | Medias | n   | E.E. |
|-------------|--------|-----|------|
| SIN INJERTO | 7.38   | 121 | 0.11 |
| INJERTO     | 7.22   | 50  | 0.19 |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.52593**

Error: 1.3129 gl: 163

| SALINIDAD | Medias | n  | E.E. |
|-----------|--------|----|------|
| 90        | 9.24   | 22 | 0.27 |
| 60        | 8.18   | 46 | 0.19 |

|    |      |    |      |   |
|----|------|----|------|---|
| 30 | 6.47 | 40 | 0.25 | C |
| 0  | 5.33 | 63 | 0.15 | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.87539**

Error: 1.3129 gl: 163

| INJERTO     | SALINIDAD | Medias | n  | E.E. |   |   |     |
|-------------|-----------|--------|----|------|---|---|-----|
| INJERTO     | 90        | 9.60   | 6  | 0.47 | A |   |     |
| SIN INJERTO | 90        | 8.88   | 16 | 0.29 | A |   |     |
| SIN INJERTO | 60        | 8.82   | 33 | 0.20 | A |   |     |
| INJERTO     | 60        | 7.54   | 13 | 0.32 |   | B |     |
| INJERTO     | 30        | 6.93   | 6  | 0.47 |   | B | C   |
| SIN INJERTO | 30        | 6.00   | 34 | 0.20 |   |   | C D |
| SIN INJERTO | 0         | 5.83   | 38 | 0.19 |   |   | D   |
| INJERTO     | 0         | 4.82   | 25 | 0.23 |   |   | E   |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )