

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Crecimiento Sigmoidal del Fruto y Producción de Tomate Injertado y Cultivado en
NFT Establecido Bajo Estrés Salino

Por:

JOVANI RAMÍREZ RODRÍGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Crecimiento Sigmoidal del Fruto y Producción de Tomate Injertado y Cultivado en
NFT Establecido Bajo Estrés Salino

Por:

JOVANI RAMÍREZ RODRÍGUEZ

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

Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coasesor

Dra. Rocío Maricela Peralta Manjarrez
Coasesor

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



Saltillo, Coahuila, México
Diciembre, 2022

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, 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.

Pasante

Asesor principal



Jovani Ramirez Rodríguez



Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, le doy gracias a Dios por darme la fuerza y oportunidad de terminar este trabajo, gracias por darme salud, paciencia y bendiciones.

A mis padres, Antonio Ramírez y María Rodríguez; sin ayuda de ellos no podría estar acá. Les debo cada uno de mis logros y metas. El mejor regalo que me pudieron dar es mi preparación profesional. Son el pilar de mis esfuerzos y de mi vida. Gracias por ser mis padres, los amo mucho.

A mis hermanos José Antonio y Juan Carlos, a pesar de que a veces se dificultaba para ustedes siempre me apoyaron tanto a mí como mis padres. Gracias por los regaños y consejos que me han dado.

A los docentes que contribuyeron en mi camino académico, ing. Cornelio e ing. Nataly; pero en especial a la lic. Shamanta Diaz por guiarme y apoyarme.

Al Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente, lo mejor que un docente puede hacer es llenar de conocimientos a los alumnos y usted me ha brindado muchos, gracias por su tiempo, confianza y por darme la oportunidad de ser su tesista.

A Teresa Karen, siempre me ayudó a ver mis errores y a mejorar emocional y académicamente. Gracias por ser mi mano derecha en este proyecto y ser mi compañera en esta etapa de mi vida, vamos por más.

A la Ing. Nashielly Ramírez e Ing. Beatriz Santiago, siempre me escucharon cuando más lo necesitaba y ayudaron a aprender mucho. No hay palabras para expresarles lo agradecido que estoy con ustedes por ser mis amigas.

A la M.C. Melisa Huizar Mondragón por su tiempo, paciencia y disposición en este proyecto.

Al M.C. Felicito Diaz Vázquez, gracias por darme conocimientos en nutrición y por ser otro pilar en mi preparación profesional.

A mi segunda familia Mario Jerónimo, Manuel López, Marcos Cabrera, Jaziel Ovilla, Carolina Hernández, Jesús García y Diana Vizcarra, por cada momento que compartí a su lado, cada risa y lagrima han formado parte importante de mi vida.

A mis amigos Angel Islas, Raymundo Ramírez y Efraín Islas, a pesar de la distancia siempre estuvieron conmigo apoyándome desde la escuela primaria que fue cuando nos conocimos. Son los mejores amigos que podría tener.

Gracias a todos aquellos que han formado parte de este camino.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| DEDICATORIA | I |
| AGRADECIMIENTOS | II |
| ÍNDICE | III |
| ÍNDICE DE TABLAS | V |
| ÍNDICE DE FIGURAS | VI |
| RESUMEN | VII |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Objetivo General | 2 |
| 1.2. Objetivos Específicos | 2 |
| 1.3. Hipótesis | 2 |
| II. LITERATURA REVISADA | 3 |
| 2.1. Antecedentes del Cultivo | 3 |
| 2.2. La Erosión en el Suelo | 4 |
| 2.3. Nutrición Mineral | 5 |
| 2.4. Monitoreo de Solución Nutritiva | 6 |
| 2.5. Estrés Salino | 7 |
| 2.5.1. Efecto de la Salinidad en la Producción Agrícola | 8 |
| 2.5.2. La Salinidad en el Metabolismo y la Fisiología de las Plantas | 9 |
| 2.5.3. La Salinidad en el Rendimiento y Calidad de los Cultivos | 9 |
| 2.5.4. Escalas que Indican la Salinidad en los Cultivos | 10 |
| 2.6. Tomate NFT | 10 |
| 2.7. Tomate Injertado | 11 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 12 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1. | Ubicación del Experimento _____ | 12 |
| 3.2. | Material Vegetal _____ | 12 |
| 3.3. | Manejo de Plántulas para Injerto _____ | 12 |
| 3.4. | Manejo de Factores Ambientales _____ | 13 |
| 3.5. | Periodo de Prendimiento y Manejo _____ | 13 |
| 3.6. | Preparación del Sistema NFT _____ | 13 |
| 3.7. | Trasplante _____ | 14 |
| 3.8. | Nutricional _____ | 14 |
| 3.9. | Manejo Fitosanitario _____ | 14 |
| 3.10. | Riego _____ | 15 |
| 3.11. | Tratamientos Evaluados _____ | 15 |
| 3.12. | Variables de Respuesta _____ | 15 |
| 3.13. | Diseño Experimental _____ | 16 |
| 3.14. | Análisis de la Información _____ | 16 |
| IV. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____ | 16 |
| 4.1. | Altura de la Planta y Diámetro Basal del Tallo _____ | 16 |
| 4.2. | Diámetro Polar y Ecuatorial del Fruto _____ | 18 |
| 4.3. | Número de Frutos por Planta _____ | 21 |
| 4.4. | Rendimiento _____ | 22 |
| 4.5. | Sólidos Solutos Totales _____ | 23 |
| 4.6. | Contenido de Vitamina C _____ | 24 |
| 4.7. | Contenido de Licopeno _____ | 25 |
| V. | CONCLUSIÓN _____ | 27 |
| VI. | BIBLIOGRAFÍA _____ | 28 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Rangos de Clasificación de Suelos _____ | 10 |
| Tabla 2 Tabla 2 Altura de la planta y diámetro basal del tallo _____ | 17 |
| Tabla 3 Diámetro polar y ecuatorial del fruto _____ | 19 |
| Tabla 4 Número de frutos por planta _____ | 21 |
| Tabla 5 Rendimiento _____ | 22 |
| Tabla 6 Sólidos Solutos Totales _____ | 24 |
| Tabla 7 Contenido de vitamina C _____ | 25 |
| Tabla 8 Contenido de Licopeno _____ | 26 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Ilustración 1 Grafica de diámetro Polar _____ | 20 |
| Ilustración 2 Diámetro Ecuatorial del fruto _____ | 20 |

RESUMEN

El cultivo del tomate es afectado por muchos factores bióticos y abióticos a lo largo de su vida productiva; afectando así disminución en la productividad y rendimiento. Uno de estos factores es la salinidad que existe en el medio en el que el tomate es establecido, viéndose más en zonas áridas y semiáridas. Este tipo de condiciones, aunque casi siempre resulta negativamente para el desarrollo del cultivo, también genera mayor producción de compuestos organolépticos como vitaminas y licopeno.

El conocer los límites de salinidad, es una gran ayuda para poder mejorar los sistemas de producción, es por eso por lo que el uso de sistemas hidropónicos es de gran ayuda ya que se puede trabajar con la misma solución del agua y así evitar daños y gastos excesivos de recursos bióticos.

Para el presente trabajo experimental, se estableció un sistema hidropónico de raíz flotante NFT para evaluar el crecimiento sigmoide del fruto y producción de tomate variedad lezafora injertado establecido bajo estrés salino (NaCl), con concentraciones de 0mM, 50mM, 75mM y 100mM. Para la evaluación de datos se usó un diseño completamente al azar y la prueba de medias LSD ($P < 0.05$). Las variables de diámetro polar y ecuatorial del fruto, altura de la planta, diámetro basal del tallo, así como el rendimiento y número de frutos por planta; se vieron afectados negativamente conforme la concentración de NaCl incrementaba en la solución, sin haber grandes diferencias en cuando si el tomate era injertado o no. En cuanto a las variables organolépticas del fruto, las cuales eran sólidos solutos totales, vitamina C y licopeno; se vieron afectadas positivamente, ya que a mayor concentración de NaCl en la solución nutritiva estos aumentaron considerablemente.

Palabras clave: **Salinidad, NaCl, Hidroponía, Tomate Injertado.**

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la especie hortícola más importante para el consumo humano, debido a su alto contenido de vitaminas y antioxidantes para la dieta alimenticia (Rivera, 2019). Pérez (2017), señala que el cultivo de tomate pertenece a los cultivos de mayor comercialización en todo el mundo y el de mayor valor económico, teniendo un aumento en demanda, producción y comercio.

En la actualidad los recursos más demandados en la agricultura; como el agua y suelo ejercen una presión sobre la seguridad alimentaria por los escasos que se observa día a día (Ortega, 2020). La salinidad es uno de los problemas más antiguos para la agricultura, se presenta cuando hay un exceso de sales solubles en la solución del suelo y se encuentra ampliamente distribuida en todo el mundo afectando de manera variable a los cultivos (Aimetta *et al*, 2018). Este tipo de suelos representa un problema, puesto que tiene un efecto en las plantas, causando dificultad en la absorción de agua, toxicidad y afecta los procesos fisiológicos reduciendo el crecimiento y la producción de muchos cultivos (Terrazas, 2019). Debido a estas características, se ha obligado a buscar tecnologías que mejoren el rendimiento y calidad de frutos del cultivo de tomate (Ramírez, 2018). Tomando en cuenta a Aimetta, *et al*, (2018), dentro de las acciones para potenciar la productividad en ambientes salino-sódicos están orientadas a reducir el ascenso capilar de la capa freática, aumentar la infiltración, recuperar la cobertura y mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo.

La agricultura de conservación surgió como respuesta a los problemas de degradación de los suelos a causa de la expansión e intensificación agrícola (Nicolau, *et al*, 2021). El cultivo sin suelo aparece como una alternativa tecnológica válida para zonas áridas o semiáridas, suelos contaminados por el exceso de agroquímicos, para zonas con suelos marginales (Pertierra, 2019). Los sustratos al igual que la hidroponía, han incrementado la productividad, con uso eficiente de agua y fertilizantes (Ortega, 2020).

1.1. Objetivo General

- Evaluar el comportamiento de productividad y producción de tomate establecido en condiciones de estrés salino.

1.2. Objetivos Específicos

- Cuantificar el crecimiento semanal del fruto durante el ciclo productivo
- Evaluar la producción y la calidad de los frutos al momento de la cosecha

1.3. Hipótesis

La productividad y la producción del cultivo tendrán un comportamiento diferente entorno al ambiente de crecimiento, mejorando calidad de frutos.

II. LITERATURA REVISADA

2.1. Antecedentes del Cultivo

De manera geográfica, el tomate (*Solanum lycopersicum*), como centro de origen, comprenden la región montañosa, estrecha y alargada de los Andes que corresponde a Ecuador, Perú y Chile, para posteriormente ser trasladado a la región mesoamericana donde fue domesticado (Mejía, 2022).

A nivel nacional, el tomate es la hortaliza que ocupa el primer lugar en términos de producción, para el periodo del 2021, se obtuvo un total de 3,409,224 toneladas. Es la segunda hortaliza más cultivada después del Chile y es uno de los productos agrícolas que genera más divisas al país, con 1,671.050 toneladas para exportación (Pérez, 2017).

La mayor parte de la producción bajo agricultura protegida se concentra en los estados de Sinaloa, que encabeza la lista de productores, con un 59.7 por ciento, en segundo lugar, Sonora, Michoacán y Baja California Sur, este tipo de producción también existe en los estados de Colima, Estado de México, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas (SIAP, 2021).

En México se destinan aproximadamente 80 000 hectáreas de invernadero para su cultivo por lo que es obligado desarrollar o adaptar tecnologías que permitan mejorar su rendimiento y la calidad del fruto sin provocar efectos adversos al medio ambiente (Ramírez, 2018).

En el periodo 2007-2017, la producción de tomate rojo en México creció a una tasa promedio anual de 3.6%. La superficie cultivada disminuyó a una tasa promedio anual de 2.8%. A cambio en campo abierto redujo su superficie sembrada a una tasa promedio anual de 5.9%, al pasar de 64,663 a 35,175 hectáreas, durante este mismo periodo. De forma contraria, el cultivo protegido se fue al alza con una superficie de 1,973 a 15,198 hectáreas, en el periodo mencionado, creciendo a una tasa promedio anual de 22.7% (Alvarado López, *et al.*, 2021).

2.2. La Erosión en el Suelo

El constante crecimiento de la sociedad actual genera una creciente demanda por alimentos y recursos naturales, haciendo que la actividad agrícola deba de aumentar día a día (Ortega, 2020). Esto genera gran preocupación, debido al uso de productos químicos sin tener conocimiento técnico o una opinión profesional; esto según Castillo, (2020); da como resultado graves alteraciones ambientales al ecosistema.

La degradación de los suelos, al igual que la escasez de agua, son a nivel mundial condiciones características de las zonas áridas y semi-áridas, muchas de ellas actualmente en riesgo de desertificación; sin embargo, la agricultura en dichas regiones juega por lo regular un papel muy importante en la economía del país (López, 2018).

Según Cuervo, (2018); aproximadamente el 33% del suelo se encuentra de moderado a altamente degradada debido a la erosión, salinización, compactación, acidificación y contaminación química. Tomando en cuenta a García, (2020); debido a la acumulación de problemas fitosanitarios, la producción de tomate se ha complicado para los productores, quienes tratan de contrarrestarlos mediante la aplicación excesiva de pesticidas y una mayor dosis de fertilización, afectando consecuentemente el ambiente y en la rentabilidad. De igual manera el uso de plaguicidas químicos ha generado degradación progresiva en los ecosistemas como lo son; disminución de microorganismos benéficos en el suelo y la contaminación de aguas subterráneas por lixiviación (Campos, 2018). También, la agricultura al extraer el 70% de agua dulce y consumir más del 90% (Cuervo, 2018), provoca escasez de agua afectando a cuatro de cada diez personas en el mundo según la OMS, (2017).

Tomando en cuenta el crecimiento de la necesidad alimentaria y el efecto ambiental antes mencionado por la actividad agrícola, en la producción de cultivos como el tomate es obligatorio desarrollar o adaptar tecnologías y/o prácticas que permitan mejorar su rendimiento y la calidad del fruto sin provocar efectos adversos al medio ambiente. (Ramírez, 2018).

La agricultura de conservación, en particular, el uso de la labranza cero o siembra directa (SD), surgió como respuesta a los problemas de degradación de los suelos. (Nicolau, *et al*, 2021). Aimetta, (2018); menciona algunas prácticas utilizadas para prevenir la erosión del suelo y producir en suelos con alta salinidad: Uso de implementos mecánicos para mejorar la infiltración de agua, uso de especies vegetales adaptadas o mejoradas a condiciones de salinidad y uso de compuestos como el yeso para favorecer la estructura del suelo. Todas estas prácticas combinadas con la con la rotación de cultivos se presenta como un sistema de manejo agrícola muy promisorio y sustentable (Nicolau, *et al*, 2021).

De igual manera hay tecnologías destinadas a la producción agrícola sin tener en cuenta al suelo, como lo es el cultivo sin suelo. El cultivo sin suelo aparece como una alternativa tecnológica válida para zonas áridas o semiáridas, suelos contaminados por el exceso de agroquímicos o por residuos industriales, para zonas con suelos marginales (Pertierra, *et al*, 2019).

Esta forma de producción sin suelo permite potenciar la productividad de los cultivos y obtener hortalizas de excelente calidad, al igual que el asegurar un uso más eficiente del agua y los fertilizantes. (López, 2018) Existen diversos métodos de cultivo sin suelo, como lo son: raíz flotante, sustrato inerte, aeroponía y el sistema NFT (Nutrient Film Technique). Cada uno implica diversos tipos de infraestructura (Capurro, 2020).

2.3. Nutrición Mineral

La producción de tomate en cultivo intensivo en invernadero se apoya del uso de variedades de gran calidad productiva, pero esto va de la mano con un correcto manejo del riego y del suministro de fertilización (Almonte, 2021). Según Tobar, *et al*, (2020), igual que cualquier planta, el tomate requiere elementos nutritivos imprescindibles o esenciales, estos no deben de faltar para el correcto funcionamiento y desarrollo completo del ciclo vegetativo. La cantidad de nutrientes que requieren las plantas depende de la especie, la variedad y las condiciones ambientales (Lara, 1999).

El cultivo de tomate, en muchos casos carece de la productividad deseada por causa de la alta temperatura, heladas, enfermedades y plagas, además de una inadecuada nutrición vegetal (Zarza, *et al*, 2018). En relación con la fertilización muchas veces la dosis de fertilizante es superior a los requerimientos del cultivo, concluyendo en un gasto innecesario. Las limitaciones nutrimentales del tomate se han atendido mediante la fertilización química, pero debido a su alto costo se recomienda usarlos poco, pero esto se dificulta debido a la falta de asesorías a los productores (Pérez, *et al*, 2018). Tomando como referencia a Almonte, (2021); hay estudios que demuestran producciones de tomate superiores a los 16kg/m² (calibre superior a 57mm) de fruto comercial aplicando la cantidad de abono necesario en los diferentes estadios de desarrollo del cultivo.

Los análisis químicos del agua y del suelo son importantes en el programa nutricional, los cuales determinan la capacidad para suministrar nutrientes a la planta y con base a una adecuada interpretación, se pueden diagnosticar los aportes, las deficiencias y/o toxicidades de cada nutriente. (Tobar, *et al*, 2019). Los requerimientos y formulas nutricionales pueden variar debido a las diferencias climatológicas y varietales, por tanto, no existe una solución nutritiva ideal (Soto, 2018).

Una práctica probada y considerada buena con respecto a la eficiencia del uso del agua y fertilizantes, así como también para la frecuencia y cantidad de estos, es la fertiirrigación (Carvajal, 2021). Li, *et al* (2021); Mostraron que la fertiirrigación por goteo conduce a rendimientos significativamente más altos, al igual una productividad hídrica mayor y disminuye la evapotranspiración en un 11.3%.

2.4. Monitoreo de Solución Nutritiva

La solución nutritiva, es el conjunto de fertilizantes disueltos en el agua, que origina una solución con nutrimentos asimilables en forma rápida, de los elementos nutritivos requeridos por las plantas (Zarza, *et al*, 2018). Para que una solución nutritiva funcione, todos los iones de las sales se deben de encontrar disueltos y

bien balanceados relacionamente; ya que esto provoca deficiencias en el cultivo y hasta precipitaciones dañinas para el mismo (Estornell, 2018).

La solución nutritiva es quizá la parte más importante de toda técnica hidropónica, la formulación y supervisión de la solución nutritiva, junto a una adecuada elección de las fuentes minerales solubles, constituyen una de las bases para el éxito del cultivo hidropónico (López, 2018). Tomando en cuenta Méndez, (2019); solución fertilizante debe tener un flujo constante de 3 a 5 mm y no debe producirse pérdida o salida al medio exterior. Se recomienda monitorear la solución en cuando al pH y conductividad eléctrica por lo menos una vez a la semana; ya que si no se mantiene un rango de pH adecuado habrá elementos que no estén disponibles para el cultivo de tomate y se presentarían síntomas de deficiencias que afecten la productividad y rentabilidad (Paco,2022). En cuanto a la CE, si esta aumenta el potencial osmótico será mayor, haciendo así que las plantas necesiten mayor energía para absorber agua y nutrientes. (Cuervo, 2018). El rango recomendable de pH es entre 5.5-6.5, en estos valores la mayoría de los cultivos se pueden desarrollar sin problema alguno (Zarza, *et al*, 2018). En el caso de la CE depende de los requerimientos de cada cultivo, pero para el caso del tomate es necesario que exista una CE no menor de 2 ds/m, o de lo contrario la solución presentara deficiencias en los nutrientes. (Cuervo, 2018).

La temperatura es otro factor importante en la solución nutritiva ya que influye por una parte en la capacidad de absorción de agua y nutrientes. Temperaturas muy altas o bajas provocan un menor crecimiento de las raíces. Por debajo de 12°C, la absorción de iones por las raíces de tomate o de pepino se ve muy limitada. Por encima de 29 °C, la absorción se vuelve a ver limitada (Paco, 2022).

2.5. Estrés Salino

Uno de los factores ambientales más perjudiciales para las plantas es la salinidad, este puede limitar fuertemente la productividad y calidad de los cultivos (Furio, 2022).

La salinidad se refiere al contenido de sales existentes en la solución del suelo y se puede determinar mediante la conductividad eléctrica (CE). Mayor CE, es igual a mayor salinidad (González-Jiménez, *et al.*, 2020).

La acumulación de sales en la superficie de los suelos aumenta debido a factores como el agua aplicada en el riego, ya que esta puede ser salina, y por tanto no es capaz de lavar el exceso de sales, y, al contrario, aportando aún más, así como factores como: sequía y riegos deficitarios (Sifuentes, 2020).

El efecto de la salinidad puede causar dos clases de estrés en los tejidos de las plantas, estrés osmótico: el aumento de sales en la solución del suelo causa la disminución del potencial hídrico, el estrés iónico está asociado con altas relaciones Na, K, Ca y Cl en los tejidos, lo cual daña el metabolismo general de las células, causando una cascada de daños en los procesos metabólicos y la deficiencia en la nutrición mineral (Rodríguez, 2019).

El problema de la salinidad de los suelos va en incremento por el inadecuado manejo de los agroecosistemas y hace que la agricultura, menos sustentable. De esta manera, el estrés salino es considerado un problema de carácter global, ya que más del 20 % de la superficie cultivable en el mundo se encuentra afectada por la salinidad (Sifuentes, *et al.*, 2020).

2.5.1. Efecto de la Salinidad en la Producción Agrícola

La respuesta más común de la planta a la salinidad es el estrés salino, que como resultado da un crecimiento deficiente en general (Grattan, 2018). De igual manera la salinidad ocasiona, baja absorción y distribución de nutrientes a diferentes órganos de la planta y cambios de calidad, considerándose así un limitante para los cultivos hortícolas a nivel mundial (Carranza, 2009).

En el caso del cultivo del tomate, los efectos de la salinidad hacen que la altura de la planta disminuya, hay menor presencia de área foliar, clorosis, necrosis y también afecta a la floración; por ende, la producción de frutos se ve afectada, dando como resultado una producción agrícola deficiente (Goykovic, 2007). Según Carranza,

(2009); este tipo de respuestas en el cultivo los causa la salinidad principalmente por: el déficit hídrico, la toxicidad por iones y el desbalance nutricional.

2.5.2. La Salinidad en el Metabolismo y la Fisiología de las Plantas

El efecto de la salinidad en los cultivos puede considerarse equivalente a la sequía debido a que retiene agua, suprime la absorción de nutrientes y afecta la integridad de la membrana (Álvarez, 2017).

A pesar de que las plantas han desarrollado mecanismos de tolerancia hacia la salinidad, esta provoca cambios fisiológicos y bioquímicas en el metabolismo de las plantas, que determinan su subsistencia, así como su productividad (Lamz, 2013).

Los solutos disueltos en la zona radicular reducen el potencial osmótico y a su vez el potencial hídrico del agua; por ello, el equilibrio hídrico total de la planta se ve afectado debido a que las hojas necesitan desarrollar un potencial hídrico más negativo para mantener un gradiente positivo entre suelo y hojas (Cruz, 2019).

Teniendo en cuenta a Lastiri, (2017); el cultivo de tomate que se produce en áreas con problemas de salinidad se ve afectado fisiológica, morfológica y bioquímicamente; viéndose en una disminución de la tasa fotosintética, menor peso de frutos y cambios cuantitativos y cualitativos en la síntesis de proteínas por cambios en la expresión de genes.

2.5.3. La Salinidad en el Rendimiento y Calidad de los Cultivos

Teniendo como ejemplo el fruto del tomate, los frutos se afectan adversamente en su rendimiento, pero positivamente en cuanto a algunos atributos organolépticos y/o de interés para la agroindustria, puesto que presentan un mayor contenido de compuestos solubles, sólidos totales, acidez titulable y carotenoides (Goykovic, 2007).

En un estudio que realizó Eitel, (2021); en relación con la apariencia de individuos, visualmente se observó una clara disminución en el tamaño de frutos cosechados a través de los tratamientos salinos de riego, no se observaron fisiopatías, siendo su reducción de calidad solo referente al tamaño.

2.5.4. Escalas que Indican la Salinidad en los Cultivos

La conductividad eléctrica (CE) se mide en unidades de conductancia por unidad de distancia. La conductancia es una medida del pasaje de la corriente eléctrica, inversa a la resistencia, y se expresa en Siemens (S). Por lo tanto, la medida de CE se expresa en Siemens por unidad de distancia. Como los valores de CE de agua y suelo son pequeños, es conveniente expresarla en su submúltiplo dS/m (deci Siemens por metro). (Iturri, 2022). 1. Esta variable depende de la cantidad de sales disueltas presentes en un líquido y es inversamente proporcional a la resistividad de este. Se mide con un instrumento denominado EC meter (Zarza, *et al*, 2018).

| Clasificación | CE (dS/m) |
|---------------------|-----------|
| Normales | 0 a 2 |
| Ligeramente salinos | 2 a 4 |
| Salinos | 4 a 8 |
| Fuertemente salinos | 8 a 16 |

FUENTE: Cobos (2022)

Tabla 1 Rangos de Clasificación de Suelos

En cuanto al cultivo del tomate, esta especie es medianamente sensible a la salinidad, sin embargo, dentro de la especie *Solanum lycopersicum*, existe una amplia gama de material genético, y cada uno de estos, tiene un grado diferente de resistencia a este factor, sin embargo, como una media puntual de partida, su valor general de CE es de 2.5 dS/cm (Lara, *et al*, 2015).

2.6. Tomate NFT

Según Oloya, *et al*, (2020) este sistema, se utilizó en el año 1970 en Inglaterra y este sigue siendo muy usado en el mundo, desde esa época para cultivar de hortalizas. El sistema es muy significativo en cuanto al uso consuntivo del agua, ya que consiste en la recirculación continua de una solución nutritiva a través de unos canales de cultivo, donde se desarrollan las raíces de las plantas, permitiendo mantener una capa de solución nutritiva en estos en forma intermitente.

El sistema NFT (Técnica de la Película Nutriente), por sus siglas en inglés, basado en la circulación de una fina capa de solución nutritiva, por medio de canales diseñados de acuerdo con sus necesidades, la solución pasa por las raíces de la planta con el fin de proveer nutrientes, agua y oxígeno. (Cuervo, 2018).

Dentro de las grandes ventajas que se le encuentran a este tipo de técnica dentro de la agricultura intensiva, y protegida, es el que pueden acelerar su tiempo de desarrollo y maximizar el espacio de la instalación, así mismo es importante tener precaución en el pH y la conductividad de la solución nutritiva (Oloya, *et al.*, 2020).

2.7. Tomate Injertado

Bajo condiciones de invernadero, el tomate está siendo injertado para prevenir plagas y enfermedades. El tomate injertado se caracteriza por la alta demanda de nutrientes y poseer potenciales productivos más altos en comparación al tomate no injertado (Tobar, *et al.*, 2019).

Las plantas injertadas presentan mayor vigor, lo que se refleja en un incremento en la acumulación de materia seca, así como la acumulación de la mayoría de los macronutrientes, a excepción de Mg. De las grandes bondades del injerto, los objetivos se han ido ampliando, entre ellos se cita mayor absorción de nutrimentos y contenido mineral en la parte superior, la planta y la vida de postcosecha de la fruta ha incrementado en cuanto al vigor (Tobar, *et al.*, 2019).

El conocer el comportamiento nutricional que poseen las variedades injertadas ayudan a la elaboración de programas de fertilización óptimas y, podría tener un efecto en la calidad del fruto, evitando un crecimiento excesivo de la planta (Lee, 2003; Oda, 2007).

Los materiales injertados tienen mucha importancia en el manejo fitosanitario; ya que se puede reducir las afectaciones de enfermedades vasculares causadas por hongos y bacterias, asegurando así el suministro de nutrientes (Medina, 2020).

Es necesario ser riguroso en cuanto a la nutrición del tomate ya sea injertado o no, el cual permite evitar excesos de fertilizante y ser así ser más eficientes en la aplicación de nutrientes al cultivo (Tobar, *et al.*, 2019).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del Experimento

Las actividades de este trabajo experimental se realizaron en el departamento de Horticultura de la UAAAN situado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, a 25°22"44" latitud Norte, 101°02" longitud oeste, y una altitud de 1743 msnm.

3.2. Material Vegetal

Se utilizó tomate bola variedad Lezaforta, de crecimiento indeterminado, Planta fuerte, de excelente cobertura foliar, de entrenudos cortos. Su cosecha y maduración es intermedia, forma del fruto redondo, con un peso promedio 290 g, con racimos de aproximadamente 5 frutos, excelente cierre apical, con buena vida de anaquel. Presenta resistencia a distintos virus.

3.3. Manejo de Plántulas para Injerto

Se sembraron tres charolas de portainjertos, las cuales se sacaron a la luz indirecta 3DDS, posterior a eso, 6DDS se pasaron a una charola con agua para incrementar la densidad de la raíz, y dejarlas ahí hasta cinco días antes de ser injertadas.

Para la realización de los injertos se hizo uso de materiales de higiene para evitar la contaminación en los cortes. El material a utilizar fue: sanitizante a base de alcohol, navajas, cinta, clips para injerto, el material del portainjerto y la variedad a injertar.

El método fue por injerto estilo púa, el cual consistió en el uso de navajas, para realizar el corte en un ángulo de 45° en ambos materiales, en el porta injerto, se ubicó en la parte baja de los cotiledones, y en la variedad, en la parte que se adaptara al diámetro del patrón, para evitar heridas expuestas y exponer al ataque de agentes fitopatógenos, y como un extra, para aumentar el éxito trabajo, las navajas, eran desinfectadas continuamente, aproximadamente cada una o dos plantas, así como una calendarización programada de aplicaciones para la prevención de cualquier agente perjudicial.

Posterior a esto, se aclimataron por al menos 15 días después de ser injertados.

3.4. Manejo de Factores Ambientales

Se hizo una estructura en forma de invernadero con papel tipo playo, esto para poder mantener los injertos con la humedad y temperatura alta. Para evitar que estos dos factores ambientales bajaran o subieran de más, se asperjaba agua en toda la estructura.

3.5. Periodo de Prendimiento y Manejo

La fecha de injertación fue el 9 de abril del 2022, una vez injertado se esperó una semana para así asegurar el prendimiento de la mayoría de los individuos. Pasados los 8 días, se fueron aclimatando los injertos al clima y humedad del exterior; esto se hizo haciendo diariamente orificios en el plástico de la estructura hasta poder quitar completamente el papel film. La aclimatación de los injertos se completó el día 19 de abril.

3.6. Preparación del Sistema NFT

Dentro del proceso de la preparación de ensamblaje, se realizó el debido protocolo de asepsia del material a utilizar, principalmente los tubos; en el armado de los sistemas, se usaron tubos tipo PVC de aproximadamente dos metros de longitud, y de cuatro pulgadas de diámetro, al igual, codos para la toma de forma y conexión a la hora de ensamblar. Para la entrada de la solución que proviene del contenedor, se usaron mangueras de media pulgada, que iban desde la bomba que proveía de solución, y usando una bomba con capacidad de 1025 litros. En cuanto al contenedor de la solución, se hicieron cavidades en el suelo, para mantener la a temperatura ambiente, y así por cada sistema, este tiene una capacidad de almacenaje de 40 litros, de igual forma, en cada sistema se instaló una salida para mantener en recirculación y proveer de oxigenación necesaria, el cual es un tubo de PVC de una pulgada, la cual desemboca en el registro que mantiene la solución.

Al terminar la instalación debida, se realizó una prueba, para la detección de fugas y así mismo nivelar cada sistema y evitar problemas a futuro.

3.7. Trasplante

El trasplante se efectuó a partir de la adaptación de los injertos al invernadero. Posteriormente, se hizo un lavado de raíz, y se dejó reposar en agua con 1.5g/L de enraizador, se dejó al menos cinco horas antes del trasplante, ya que es conveniente hacerlo por la tarde, para tener una mayor tasa de adaptación y se logre un trasplante exitoso.

En el proceso, se ocuparon, canastillas y esponjas, para darle soporte y al mismo tiempo fungir como barrera para evitar el paso de la luz solar al sistema, y crear disturbios en la solución.

El proceso fue: cortar esponjas en tiras, enrollar la parte basal del tallo sin llegar a crear un ahorcamiento, tanto en raíz y tallo, posteriormente acomodarlo en la canastilla, y colocarlo en el orificio del sistema.

Se programaron ciclos en los que la lámina de agua recircularía, para dar oxigenación a esta y tener un ambiente óptimo en la radícula.

3.8. Nutricional

Se utilizó una solución nutritiva Steiner modificada con las siguientes características:

CaNO₃:20gr - KNO₃:26gr - K₂SO₄:7.5gr - MgSO₄:10gr - MAP:5.7gr - Micros: 1.32gr

HNO₃:30.31ml

H₃PO₄:15.31ml

De acuerdo con la fenología del cultivo, se fue enriqueciendo y haciendo una solución acorde a cada situación.

3.9. Manejo Fitosanitario

Para el control de enfermedades, se hicieron aplicaciones preventivas semanales de diferentes fungicidas y bactericidas del mercado, estos se describen a continuación:

- Tecto 60: Fungicida de amplio espectro, pertenece al grupo químico de los Benzimidazoles.

- Mancozep: es un fungicida de contacto que actúa preventivamente, alterando las funciones de la membrana celular, inhibiendo la respiración de los hongos. Pertenece al grupo químico de los ditiocarbamatos.
- Cuprimicin 17: Inhibidor de la función ribosómica, actúa inhibiendo la biosíntesis de las proteínas, interfiriendo la elongación de la cadena peptídica. Una vez dentro de la célula se une de manera irreversible al ribosoma bacteriano en las subunidades 30S y 50S. Su material activo es la Estreptomicina.
- Captan 50: Pertenece al grupo de los inhibidores multisitio. Estimula la vegetación, mejora el aspecto y coloración de los frutos, aumenta el tamaño de las naranjas y protege y favorece la cicatrización de heridas de pedrisco.

Para el caso de plagas, hubo presencia de mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) y se controló con el uso de abamectina.

3.10. Riego

Las plantas estuvieron sumergidas en una solución Steiner modificada, en sistemas hechos de PVC con una capacidad de 120 litros. La solución se movía de un contenedor de 40 litros a los sistemas con ayuda de una bomba que oxigenaba la solución. La bomba se mantenía siempre encendida para así mantener la solución siempre oxigenada.

3.11. Tratamientos Evaluados

Las distintas dosis a evaluar consisten en 0 mM, 50 mM, 75 mM, 100 mM de NaCl, para ambos casos, ya sea con o sin injerto.

3.12. Variables de Respuesta

- La variable de altura de la planta, con la ayuda de un flexómetro, se cuantificó en m.
- La variable diámetro basal del tallo, se midió a partir de un vernier en cm.
- La variable de diámetro polar del fruto se tomó con un vernier en cm.
- La variable diámetro ecuatorial del fruto, se tomó con un vernier en cm.

- La variable número de frutos por planta se cuantificó de manera manual desde el inicio de fructificación hasta la culminación del experimento.
- El rendimiento se determinó manualmente mediante los kg/m² producidos en el intervalo de la vida del experimento.
- La variable de sólidos solutos totales, se tomó mediante la ayuda de un refractómetro por medio de °Brix.
- Vitamina C
- Contenido de licopeno

3.13. Diseño Experimental

El experimento se estableció bajo un diseño de CA (Completamente al Azar) con arreglo Factorial 2 x 4.

3.14. Análisis de la Información

El análisis estadístico se efectuó usando el software Statistical Analysis System (SAS), versión 9.0. Se hizo un análisis de varianza y comparaciones de medias de la prueba de medias de LSD ($P < 0.05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Altura de la Planta y Diámetro Basal del Tallo

De acuerdo con los resultados obtenidos, en la variable altura de la planta (AP); tomando en cuenta el factor con injerto (Con) y sin injerto (Sin), no se encontraron diferencias significativas al momento de comparar, pero esto cambia en el momento en el que solo se toma en cuenta el factor de concentración. Se puede observar una disminución de la altura de la planta conforme la concentración de NaCl va aumentando en la solución nutritiva, siendo el que muestra una mayor altura el tratamiento con 0 mM y una menor altura el tratamiento con 100 mM.

Una vez que se comparan cada uno de los tratamientos del arreglo factorial 2x4, no se encuentran diferencias significativas en cada uno de los tratamientos, pero se observa una tendencia a mayor AP en el tratamiento injertado con 0mM de NaCl y una tendencia a menor AP en el tratamiento no injertado con 100mM de NaCl.

Para el caso de la variable diámetro basal del tallo (DBT) en el factor con y sin injerto, se observan diferencias estadísticamente significativas, siendo el tratamiento sin injerto el que muestra un DBT mayor. Para el caso de los factores de concentración de NaCl, se observó que conforme la concentración iba aumentando el tallo perdía diámetro y se observaron diferencias estadísticas, dando por hecho que el tratamiento con menor concentración de NaCl en la solución nutritiva era mayor en cuanto a DBT.

De igual manera para el caso de esta variable, se compararon cada uno de los tratamientos y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos; sin embargo, la tendencia de mayor DBT se marcó en el tratamiento no injertado con una concentración 0mM de NaCl.

| Factor | Tratamiento | AP | DBT |
|-----------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Injerto | Con | 1.74 ^a | 11.92b |
| | Sin | 1.73 ^a | 12.94 ^a |
| Significancia | | 0.7005ns | 0.0032** |
| Concentración (mM) | 0 | 2.36 ^a | 14.94 ^a |
| | 50 | 1.68b | 12.69b |
| | 75 | 1.59b | 11.09c |
| | 100 | 1.30c | 11.00c |
| Significancia | | 0.0001** | 0.0001** |
| Injerto*Con | Testigo injertado | 2.42 ^a | 14.06b |
| | Con-50 | 1.63b | 12.50bc |
| | Con-75 | 1.60bc | 10.50e |
| | Con-100 | 1.31d | 10.63e |
| | Testigo absoluto | 2.29 ^a | 15.81 ^a |
| | Sin-50 | 1.73b | 12.88bc |
| | Sin-75 | 1.58c | 11.50de |
| | Sin-100 | 1.30d | 11.56cde |
| Significancia | | 0.1497ns | 0.55ns |
| C.V | | 11.90 | 15.38 |

Tabla 2 Altura de la planta y diámetro basal del tallo

AP= Altura de planta (m), DBT= diámetro basal del tallo (mm) C. V= Coeficiente de Variación. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa de acuerdo

con la prueba de medias de LSD ($P < 0.05$). Los valores representan la media de los tratamientos. Los niveles de significancia representan el valor de P. $P > 0.05$ = no significativo (ns), $P < 0.05$ = *significativo y $P < 0.01$ = **altamente significativo.

Los resultados obtenidos en las variables AP y DBT, coinciden con lo establecido por Rivera, (2018); donde evaluó que a medida que aumenta la concentración de NaCl a la que se exponen las plántulas, menor es el tamaño de la planta, tanto de la parte aérea como de la parte radicular. Tomando en cuenta a Vera, *et al* (2021), que también evaluó el desarrollo de tomate (*Solanum lycopersicum* L) var, Río Grande en condiciones de estrés salino a concentración de 100mM, la disminución de la altura de la planta, número de hojas, número de entrenudos, diámetro de tallo, peso fresco de tallo y raíz, es ocasionada por un desbalance nutricional ocasionado por una alta concentración y afinidad del ion Na^+ por las proteínas transportadoras de nutrientes ubicadas en la raíz. El autor Abdel, (2020); también coincide con estos resultados, observando en su estudio una disminución del diámetro basal según la alta concentración de sales.

4.2. Diámetro Polar y Ecuatorial del Fruto

De acuerdo con los resultados obtenidos para la variable diámetro polar del fruto (DPF) en los tratamientos con y sin injerto, no se observaron diferencias significativas. En cuanto a los tratamientos de NaCl, sí hubo diferencias significativas; se observó que el tratamiento con 0mM hay mayor DPF, a diferencia del tratamiento con 100mM que hay menor DPF; dando por hecho que a mayor concentración de NaCl el DPF se ve afectado negativamente. Lo mismo pasa cuando se comparan todos los tratamientos, se puede observar que hay diferencias significativas entre los tratamientos siendo los tratamientos con un mayor DPF los que no tenían concentración de NaCl en la solución nutritiva, injertados y no injertados.

Esta misma situación pasa para el caso de la variable diámetro ecuatorial del fruto (DEF), mostrándose superiores los tratamientos injertados y no injertados sin concentración de NaCl en la solución. Dándose a entender que, conforme la

concentración de NaCl aumenta en el medio, el tamaño de los frutos del cultivo de tomate var, Lezaforta se ven afectados.

Esto se puede fundamentar con la investigación de Eitel, (2021); en la cual se observó que, a mayor concentración de NaCl, se observa una clara disminución en el tamaño de frutos cosechados. En esta investigación se hicieron aplicaciones de NaCl con 0mM, 50 mM, 100mM y 150mM. Ningún fruto presentó fisiopatías, siendo su reducción en calidad solo referente al tamaño

| Factor | Tratamiento | DPF | DEF |
|-----------------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| Injerto | Con | 40.58 ^a | 49.59 ^a |
| | Sin | 39.80 ^a | 47.81 ^a |
| Significancia | | 0.3921ns | 0.1252ns |
| Concentración (mM) | 0 | 58.63 ^a | 68.81 ^a |
| | 50 | 47.22 ^b | 58.88 ^b |
| | 75 | 27.72 ^c | 34.16 ^c |
| | 100 | 27.19 ^c | 32.97 ^c |
| Significancia | | 0.0001** | 0001** |
| Injerto*Con | Testigo injertado | 58.63 ^a | 72.56 ^a |
| | Con-50 | 48.69 ^b | 57.75 ^c |
| | Con-75 | 29.38 ^c | 36.19 ^d |
| | Con-100 | 25.63 ^d | 31.88 ^d |
| | Testigo absoluto | 58.63 ^a | 65.06 ^b |
| | Sin-50 | 45.75 ^b | 60.00 ^c |
| | Sin-75 | 26.06 ^{cd} | 32.13 ^d |
| | Sin-100 | 28.75 ^{cd} | 34.06 ^d |
| Significancia | | 0.0480* | 0.0058** |
| C.V | | 12.80 | 13.40 |

Tabla 3 Diámetro polar y ecuatorial del fruto

DPF= Diámetro polar de fruto (mm) y DEF= Diámetro ecuatorial del fruto (mm) C. V= Coeficiente de Variación. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa de acuerdo a la prueba de medias de LSD (P<0.05). Los valores representan la media de los tratamientos. Los niveles de significancia representan el valor de P. P>0.05 = no significativo (ns), P<0.05 = *significativo y P<0.01 = **altamente significativo.

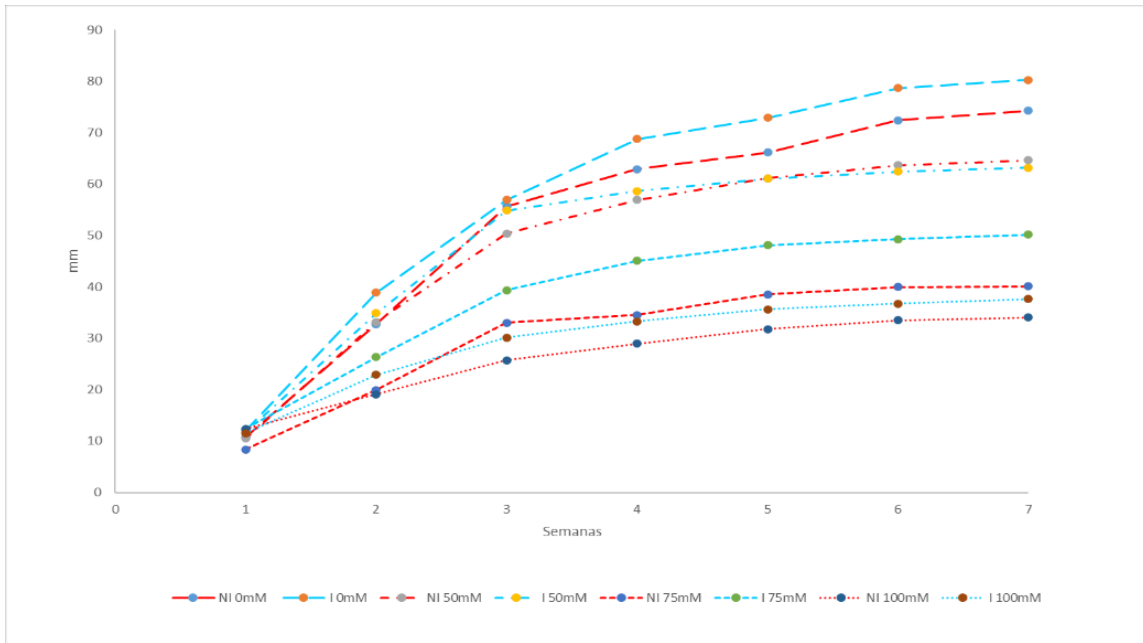


Ilustración 1 Grafica de diámetro Polar

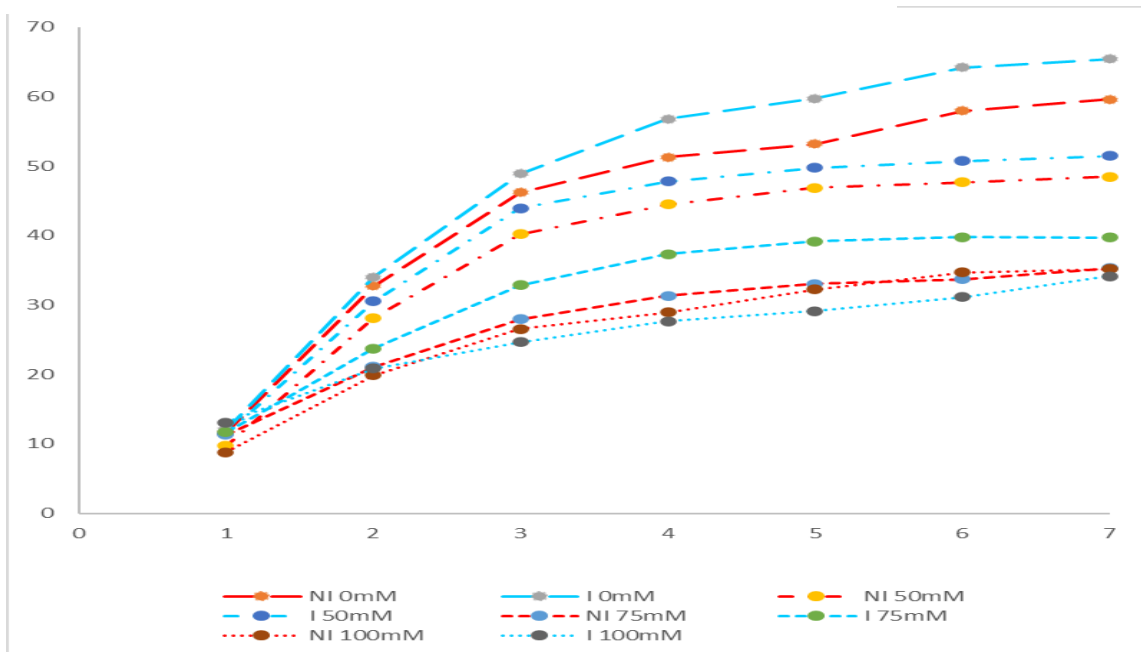


Ilustración 2 Diámetro Ecuatorial del fruto

4.3. Número de Frutos por Planta

De acuerdo con los resultados obtenidos para la variable número de frutos por planta (#FP) comparando el factor con y sin injerto, no existen diferencias significativas; pero al tomar en cuenta el factor concentración en cada uno de los tratamientos es diferente entre si estadísticamente, observando que a mayor concentración de NaCl el #FP se ve afectado negativamente. En la **tabla 4** se observa que comparando todos los tratamientos los mejores en cuanto a #FP son los tratamientos sin concentración de NaCl en la solución injertados y no injertados.

| Factor | Tratamiento | #FP |
|-----------------------|-------------------|----------------------|
| Injerto | Con | 14.55 ^a |
| | Sin | 14.06 ^a |
| Significancia | | 0.43 ns |
| Concentración (mM) | 0 | 20.97 ^a |
| | 50 | 14.78 ^b |
| | 75 | 11.75 ^c |
| | 100 | 9.72 ^d |
| Significancia | | 0.0001 ^{**} |
| Injerto*Con | Testigo injertado | 21.69 ^a |
| | Con-50 | 14.88 ^b |
| | Con-75 | 11.63 ^c |
| | Con-100 | 10.00 ^c |
| | Testigo absoluto | 20.25 ^a |
| | Sin-50 | 14.69 ^b |
| | Sin-75 | 11.88 ^c |
| | Sin-100 | 9.44 ^c |
| Significancia | | 0.80 ns |
| C.V | | 24.71 |

Tabla 4 Número de frutos por planta

#FP= Número de frutos por planta, C. V= Coeficiente de Variación. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa de acuerdo con la prueba de medias de LSD ($P < 0.05$). Los valores representan la media de los tratamientos. Los niveles de significancia representan el valor de P. $P > 0.05$ = no significativo (ns), $P < 0.05$ = *significativo y $P < 0.01$ = **altamente significativo.

Se tomó en cuenta la investigación de Hurtado, (2018); en la cual observó que el rendimiento de frutos, expresado en número de frutos por planta, muestra una tendencia general a disminuir a medida que el nivel de salinidad aumenta, concordando esto con los resultados obtenidos para esta variable.

4.4. Rendimiento

De acuerdo con los resultados obtenidos en la variable rendimiento, no existen diferencias significativas tomando en cuenta sólo el factor con y sin injerto; pero se puede observar una disminución de esta variable conforme la concentración de NaCl va aumentando en el medio, siendo el tratamiento con 100 mM el que presenta un muy bajo rendimiento y el tratamiento con 0 mM el mejor en esta variable por mucho a comparación con los demás.

| Factor | Tratamiento | Rendimiento |
|-----------------------|-------------------|-------------------|
| Injerto | Con | 2.79a |
| | Sin | 2.38a |
| Significancia | | 0.09 ns |
| Concentración (mM) | 0 | 7.42 ^a |
| | 50 | 1.768b |
| | 75 | 0.62c |
| | 100 | 0.59c |
| Significancia | | 0.0001** |
| Injerto*Con | Testigo injertado | 8.19 ^a |
| | Con-50 | 1.73c |
| | Con-75 | 0.65d |
| | Con-100 | 0.60d |
| | Testigo absoluto | 6.66b |
| | Sin-50 | 1.79c |
| | Sin-75 | 0.59d |
| | Sin-100 | 0.47d |
| Significancia | | 0.12 ns |
| C.V | | 34.59 |

Tabla 5 Rendimiento

Rendimiento (Kg¹ m²) C. V= Coeficiente de Variación. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa de acuerdo con la prueba de medias de LSD (P<0.05). Los valores representan la media de los tratamientos. Los niveles de significancia representan el valor de P. P>0.05 = no significativo (ns), P<0.05 = *significativo y P<0.01 = **altamente significativo.

La autora Mestre, (2014); en su investigación tuvo como resultado una reducción en la producción total, observando que en los tratamientos con 60mM y 90mM de NaCl fueron los más afectados. Estos resultados coinciden con los observados en la **tabla 5**, dando por hecho que el rendimiento del cultivo del tomate se ve afectado según la concentración de NaCl que existe en el medio.

4.5. Sólidos Solutos Totales

En los resultados de la variable sólidos solutos totales (SST) se puede observar que el factor con y sin injerto no muestra diferencias significativas entre ellos, a diferencia que el factor concentración de NaCl. En estos tratamientos se puede observar una tendencia a elevarse los SST conforme la concentración de NaCl aumenta en la solución nutritiva; de hecho, el tratamiento con una alta SST es el que tenía 100mM de NaCl.

| Factor | Tratamiento | SST |
|-----------------------|-------------------|----------|
| Injerto | Con | 8.53a |
| | Sin | 8.21a |
| Significancia | | 0.24 ns |
| Concentración (mM) | 0 | 4.03d |
| | 50 | 8.19c |
| | 75 | 9.39b |
| | 100 | 11.87a |
| Significancia | | 0.0001** |
| Injerto*Con | Testigo injertado | 3.99d |
| | Con-50 | 8.84b |
| | Con-75 | 9.53b |
| | Con-100 | 11.75a |
| | Testigo absoluto | 4.08d |

| | | |
|---------------|---------|-----------------|
| | Sin-50 | 7.53c |
| | Sin-75 | 9.24b |
| | Sin-100 | 12 ^a |
| Significancia | | 0.17 |
| C.V | | 14.71 |

Tabla 6 Sólidos Solutos Totales

SST= Sólidos Solubles Totales (°Brix) C. V= Coeficiente de Variación. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa de acuerdo a la prueba de medias de LSD ($P < 0.05$). Los valores representan la media de los tratamientos. Los niveles de significancia representan el valor de P. $P > 0.05$ = no significativo (ns), $P < 0.05$ = *significativo y $P < 0.01$ = **altamente significativo.

De acuerdo con lo que menciona (Pérez, *et al*, 2020) el aumento de SST en los frutos sí aumenta conforme la salinidad se ve afectada en el ambiente, esto es debido a que se produce una reducción del flujo de agua hacia el fruto y al aumento de la hidrólisis de sacarosa, que produciría 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 azúcares simples (glucosa, fructosa y sacarosa).

4.6. Contenido de Vitamina C

De acuerdo con los resultados obtenidos para la variable vitamina C, el factor de concentración de NaCl en la solución, afecta esta variable en cuanto la concentración va aumentando; observándose una mayor concentración de vitamina C en el tratamiento sin injerto a 100mM de NaCl. En cuanto al factor de injerto, no se observaron diferencias significativas ante estos tratamientos.

| Factor | Tratamiento | Vit C |
|-----------------------|-------------|---------|
| Injerto | Con | 14.88a |
| | Sin | 14.17a |
| Significancia | | 0.33ns |
| Concentración (mM) | 0 | 10.064d |
| | 50 | 13.46c |
| | 75 | 16.14b |
| | 100 | 18.39a |

| | | |
|---------------|-------------------|----------|
| Significancia | | 0.0001** |
| Injerto*Con | Testigo injertado | 10.91de |
| | Con-50 | 14.53bc |
| | Con-75 | 15.93ab |
| | Con-100 | 18.05a |
| | Testigo absoluto | 9.21e |
| | Sin-50 | 12.38cd |
| | Sin-75 | 16.36ab |
| | Sin-100 | 18.72a |
| Significancia | | 0.37 ns |
| C.V | | 13.56 |

Tabla 7 Contenido de vitamina C

Vitamina C= (mg 100g⁻¹ de peso fresco) C. V= Coeficiente de Variación. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa de acuerdo a la prueba de medias de LSD (P<0.05). Los valores representan la media de los tratamientos. Los niveles de significancia representan el valor de P. P>0.05 = no significativo (ns), P<0.05 = *significativo y P<0.01 = **altamente significativo.

La síntesis y acumulación de compuestos bioactivos en las plantas generalmente es estimulada por el estrés biótico o abiótico como la salinidad, dichos compuestos tienen la función de proteger del daño oxidativo grave a los lípidos, proteínas y ácidos nucleicos (Gaucín, 2020). El autor Carranco, (2011); menciona que el aumento de estos compuestos en los frutos es deseable debido a que protegen a las células humanas del riesgo de desarrollar cáncer, enfermedades cardiovasculares y otros trastornos degenerativos.

4.7. Contenido de Licopeno

En la variable licopeno en cuanto a los resultados, se pueden observar diferencias significativas en los factores con injerto y sin injerto; mostrándose el tratamiento con injerto mayor en concentración de licopeno en el fruto.

Hablando del factor concentración de NaCl, para algo curioso; ya que va disminuyendo conforme la concentración de sal aumenta en el medio, mostrando

que el tratamiento con 100mM es el que muestra el contenido de licopeno más bajo en cada uno de los tratamientos y viéndose así una vez más que el tratamiento con 0mM de NaCl es el que contiene mayor concentración de este tipo de compuestos.

| Factor | Tratamiento | Licopeno |
|-----------------------|-------------------|---------------------|
| Injerto | Con | 67.71 ^a |
| | Sin | 61.54 ^b |
| Significancia | | 0.0054** |
| Concentración (mM) | 0 | 75.73 ^a |
| | 50 | 68.93 ^b |
| | 75 | 66.08 ^b |
| | 100 | 47.77 ^c |
| Significancia | | 0.0001** |
| Injerto*Con | Testigo injertado | 75.89 ^a |
| | Con-50 | 72.36 ^{ab} |
| | Con-75 | 67.80 ^{ab} |
| | Con-100 | 54.82 ^c |
| | Testigo absoluto | 75.61 ^a |
| | Sin-50 | 65.49 ^d |
| | Sin-75 | 64.37 ^d |
| | Sin-100 | 40.71 ^c |
| Significancia | | 0.11 ^{ns} |
| C.V | | 8.83 |

Tabla 8 Contenido de Licopeno

Licopeno= (mg 100g⁻¹ de tejido seco C. V= Coeficiente de Variación. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa de acuerdo a la prueba de medias de LSD (P<0.05). Los valores representan la media de los tratamientos. Los niveles de significancia representan el valor de P. P>0.05 = no significativo (ns), P<0.05 = *significativo y P<0.01 = **altamente significativo.

En el caso de esta variable, el exceso de NaCl afecta la cantidad de licopeno que existe en el fruto, esto mismo sucede con la investigación de Zazueta, (2021); el cual observó una disminución de este compuesto en los frutos de tomate a una concentración de 200mM de NaCl, pero manteniéndose estable a concentraciones de 100Mm.

V. CONCLUSIÓN

El aumento de salinidad en el medio y solución nutritiva afecto negativamente el desarrollo de la planta de tomate (*Solanum lycopersicum*), dando como resultado el efecto en el tamaño de frutos comerciales y rendimiento por metro cuadrado.

De igual manera se observó que la planta sea o no injertada, no hace gran diferencia en cuanto a la producción final del fruto y tampoco afecta demasiado al desarrollo del cultivo.

En cuanto calidad nutraceútica del fruto, se observa un aumento en cuanto a SST y vitamina C, esto como respuesta antioxidante ante el estrés al que es sometido el cultivo.

La producción de tomate (*Solanum lycopersicum*) se puede realizar en zonas marginadas que presenten una alta salinidad en sus medios, pero claramente se observará una decadencia en cuanto a tamaño de frutos, siendo esto su única problemática de calidad ya que no se observaron fisiopatías a lo largo del ciclo productivo y en la fructificación.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Aimetta, B., Bustos, D., Salvagiotti, F., Cazorla, C., Pietrantonio, J., Muñoz, S., & Galarza, C. (2018). Problemática actual de suelos salino-sódicos: efectos sobre el cultivo de soja y alternativas de manejo. *El suelo como foco, Boletín*, 3, 8-9.
- Abdelkhalik, A. G. A. (2014). Effects of salinity of irrigation water on growth, fruit yield and fruit quality of two tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars grown in hydroponic system (Doctoral dissertation, Master Thesis. Univerisidad Politécnica de Valencia).
- Almonte, I., Céspedes, C., Sánchez, L., Peña, N. M. H., & Ramos, P. A. N. (2021). Influencia del sombreado y la nutrición sobre el desarrollo, rendimiento y calidad del fruto de cinco variedades de tomate de mesa en ambiente protegido: Sombreado y nutrición del tomate. *APF*, 10(2), 1-24.
- Alvarado L. M. Y., Gama E. D., (2021). rentabilidad del tomate rojo saladette en invernadero hidropónico, Texcoco, estado de México. universidad autónoma del estado de México.
- Castillo, B., Ruiz, J. O., MANRIQUE, M. A., & Pozo, C. (2020). Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete. *Revista Espacios*, 41(10).
- Carvajal, R. (2021). Implementación sistema fertirriego por goteo localizado en cultivo de tomate tipo chonto Santa Clara cultivar Roble 956 F1 bajo condiciones de invernadero. *Revista Sennova: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 6.
- Carranco, A. J. (2011). Uso de micorriza (*Glomus intraradices*) en cultivos de sorgo y maíz. Programa Elaboración de Casos de Éxito de Innovación en el Sector Agroalimentario. México: Instituto de Cooperación para la Agricultura/Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce. 54 p.
- Carranza, C., Lancho, O., Miranda, D., & Chaves, B. (2009). Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) 'Batavia' cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. *Agronomía colombiana*, 27(1), 41-48.

- Campos, M. A. R. (2018). El uso de pesticidas en la agricultura y su desorden ambiental. *Revista Enfermería la Vanguardia*, 6(2), 40-47.
- Cazorla, C.; Lardone, A.; Bojanich, M.; Aimetta, B.; Vilches, D.; Baigorria, T. 2012. Antecesores de maíz: ¿Barbecho o cultivos de cobertura? En: Álvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. (Eds.) Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción. 1.. ed. Ediciones INTA. La Pampa, Argentina. 181-185 pp.Aita
- Camino-Torres Mary J., (2022). Análisis comparativo nutricional del tomate (*Solanum lycopersicum*) y mora (*Rubus ulmifolius*) de origen orgánico y agroquímico. Universidad Técnica De Ambato Facultad De Ciencia E Ingeniería En Alimentos Y Biotecnología.
- Castillo- Jiménez Alejandra A., (2022). Identificación de mercados potenciales para el tomate (*solanum lycopersicum*, l.) y tomate cherry (*solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) orgánicos provenientes de la estación experimental de patacamaya, en la ciudad de el alto. Universidad mayor de san Andrés.
- Cuervo Jurado, S. (2018). Fisiología y rendimientos de biomasa en un cultivo de tomate hidropónico (*Solanum lycopersicum*) con solución nutritiva sometida a tratamiento magnético.
- Canales, C. E. (2021). Efecto Del Estrés Salino En La Producción Y Calidad De Semillas De Tomate Effect of Salt Stress on Production and Quality of Tomato Seeds (Doctoral dissertation, Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile)).
- Capurro, J., & Montico, S. (2020). Efecto de los cultivos de cobertura sobre las pérdidas de agua y suelo por erosión hídrica.
- Cobos Mora, F. J., Gómez Pando, L. R., Reyes Borja, W. O., & Medina Litardo, R. C. (2021). Sustentabilidad de dos sistemas de producción de arroz, uno en condiciones de salinidad en la zona de Yaguachi y otro en condiciones normales en el sistema de riego y drenaje Babahoyo, Ecuador. *Ecología Aplicada*, 20(1), 65-81.

- Cobos Mora, F. J. (2022). Identificación de líneas tolerantes en poblaciones segregantes de arroz como alternativa en el manejo sustentable de suelos degradados por salinidad.
- Cruz Fajardo, G. A. (2019). Salinidad de agua de riego y fertilización nitrofosfatada empleando ají jalapeño (*Capscicum annum* L.) como cultivo indicador en invernadero.
- Egamberdieva, D., Wirth, S., Jabborova, D., Räsänen, L. A., & Liao, H. (2017). Coordination between Bradyrhizobium and Pseudomonas alleviates salt stress in soybean through altering root system architecture. *Journal of Plant Interactions*, 12(1), 100-107.
- Eitel Canales, C. (2021). Efecto del estrés salino en la producción y calidad de semillas de tomate.
- Estornell Yanzi, M. E. (2018). *Tomate hidropónico: una alternativa de producción y de valor agregado* (Bachelor's thesis)
- Esquivel Bobadilla, A. (2017). Respuesta al estrés salino por cloruro de sodio y agua de mar en la fase de crecimiento de dos tipos de tomate en un sistema hidropónico de raíz flotante.
- Fathi, S., Kharazmi, M., & Najafian, S. (2019). Effects of salicylic acid foliar application on morpho-physiological traits of purslane (*Portulaca oleracea* L.) under salinity stress conditions. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 9(2), 1-9.
- Furio, R. N., Medrano, N. N., Coll, Y., Perez, G. A., Díaz Ricci, J. C., & Salazar, S. M. (2022). *Uso de brasinoesteroides como estrategia para aumentar la tolerancia a estrés salino en plantas de petunia= Use of brassinosteroids as a strategy to increase tolerance to saline stress in petunia plants*. Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán.
- García-Segura, D. R., Valdez-Aguilar, L. A., Ramírez-Rodríguez, H., Zermeno-González, A., & Cadena-Zapata, M. (2021). Producción de mini tubérculos de papa en aeroponía en comparación con suelo y polvo de coco. *Terra Latinoamericana*, 39.

- González-Jiménez S. L., A. M. Castillo-González, M. R. García-Mateos, L. A. Valdez-Aguilar, C. Ybarra-Moncada y E. Avitia-García (2020) Respuesta de fresa cv. Festival a la salinidad. *Revista Fitotecnia Mexicana* 43:53-60
- Grattan, S. R. (2018). Consejos sobre la sequía: La tolerancia del cultivo a la sal.
- Goykovic Cortés, V., & Saavedra del Real, G. (2007). Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *Idesia (arica)*, 25(3), 47-58.
- Hernández-Díaz, M. I., Salgado-Pulido, J. M., & Fernández-Delgado, J. (2021). Sistemas de biofertilización en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Avances*, 23(4), 384-392.
- Iturri, A., Kloster, N. S., Alvarez, C., Isasti, J., & Díaz-Zorita, M. (2022). ¿Qué medimos cuando analizamos la conductividad eléctrica de aguas y suelos?. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa.
- Lamz Piedra, A., & González Cepero, M. C. (2013). La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos tropicales*, 34(4), 31-42.
- Lastiri Hernández, M. A., Álvarez Bernal, D., Soria Martínez, L. H., Ochoa Estrada, S., & Cruz-Cárdenas, G. (2017). Efecto de la salinidad en la germinación y emergencia de siete especies forrajeras. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(6), 1245-1257.
- López Elías, J. (2018). La producción hidropónica de cultivos. *Idesia (Arica)*, 36(2), 139-141.
- Lara-Herrera A. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra*. 17: 221-229.
- Lara, F. S., Vallejo, P. R., García, P. S., Villa, M. S., Muñoz, M. L., Rodríguez, J. C. C., & Segovia, C. P. (2015). Tolerancia de líneas nativas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la salinidad con NaCl. *Interciencia*, 40(10), 704-709
- Lee JM, Oda M. (2003). Grafting of Herbaceous vegetables and Ornamental Crops. *Hort. Revi* ;28:61-124.

- Morales, M. E., Villamil, M. B., & Zabaloy, M. C. (2022). Efecto de los cultivos de cobertura invernales sobre el microbioma del suelo: revisión sistemática de la literatura. *Revista argentina de microbiología*, 54(1), 51-60.
- Méndez Tomalá, H. A. (2019). *Evaluación de fenología y rendimiento de tomate hidropónico *Lycopersicum esculentum* Mill, bajo distintas soluciones nutritivas en clima semiárido* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2019.).
- Medina Gómez, L. M. (2020). Evaluación de la tolerancia de portainjertos de tomate y berenjena para el manejo de *Ralstonia solanacearum* [Smith (1896) Yabuuchi et al., 1996], León Nicaragua, 2019 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria).
- Mejía-Olivas, Juan C. (2022). Producción y comercialización del cultivo de tomate (*solanum lycopersicum* L.) en el Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina Facultad De Agronomía.
- Mestre Ortuño, T. (2014). Respuesta de las plantas de tomate a la combinación de salinidad y altas temperaturas. Proyecto de investigación:.
- Meza, C. Y. B. (2021). Caracterización de frutos tomate (*Solanum lycopersicum*) en plantas colonizadas por el hongo micorrízico arbuscular *Rhizopagus irregularis* en condiciones de estrés salino.
- Nicolau, Y. M., Labarta, P. J. L., Viamontes, J. L. M., Chávez, P. C., & González, D. T. (2021). Empleo de productos bioorgánicos para incrementar el rendimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicum sculentum* Mill). *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(S1), 218-224.
- Oloya Sanchez, N. M., & Quispe Pizarro, J. A. (2020). Biohuertos Hidropónicos usando el sistema “NFT” tipo piramidal para abastecer la demanda de consumo de hortalizas en estiaje y heladas en la sierra peruana.
- Ortega-Torres, A. E., Flores Tejeida, L. B., Guevara-González, R. G., Rico-García, E., & Soto-Zarazúa, G. M. (2020). Hidrogel acrilato de potasio como sustrato en cultivo de pepino y jitomate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(6), 1447-1455.
- Organización Mundial de la Salud (2017).

- Paco Ticona, E. (2022). Efecto de dos soluciones nutritivas en dos variedades del cultivo hidropónico de tomate (*Solanum lycopersicum*) en la Estación Experimental Patacamaya (Doctoral dissertation).
- Pertierra Lazo, R., Torres, C., & Balmaseda Espinosa, C. E. (2019). Inversión en sistemas hidropónicos: análisis comparativo de materiales, escalas y sistemas.
- Pérez. (2017). Evaluación de una malla agrícola anti-insectos con propiedades antitérmicas en el cultivo de tomate."(*Solanum lycopersicum*).
- Pérez-Díaz, Fabiola. (2018). Calidad postcosecha y nutracéutica de genotipos nativos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Colegio de Posgraduados.
- Pérez C. M., Téllez 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.
- Pérez-Vazquez, E. L., Gaucín-Delgado, J. M., Ramírez-Rodríguez, S. C., Sariñana-Navarrete, M. D. L. Á., Zapata Sifuentes, G., & Zuñiga-Valenzuela, E. (2020). Conductividad eléctrica de la solución nutritiva efecto en el rendimiento y la calidad nutracéutica de pimiento morrón. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(7), 1669-1675.
- Portillo Hurtado de Mendoza, G. (2018). Respuesta al estrés salino de chile habanero (*Capsicum chinense* L.), en biomasa, indicadores bioquímicos, fisiológicos y rendimiento bajo cultivo hidropónico (Master's thesis, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC).
- Ramírez, H., López-Fabian, A., Peña-Cervantes, E., Zavala-Ramírez, M. G., & Zermeño-González, A. (2018). P-Ca, AG4/7 y 6-BAP en la fisiología y nutrición de tomate en invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(4), 747-759.
- Ramos Otiniano, C. C., Hidalgo Rodríguez, J. E. M., Lezama Asencio, P. B., & Chaman Medina, M. E. (2021). Efecto de *Rhizophagus irregularis* Schenk & Smith y NaCl sobre el patrón electroforético de "tomate" *Solanum lycopersicum* L.(Solanaceae). *Arnaldoa*, 28(2), 365-382.

- Rivera Leonides, G. (2019). *Efecto de estiércoles líquidos enriquecidos en el rendimiento y calidad de jitomates criollos (Solanum lycopersicum L.) en condiciones de bioespacio en Iguala Guerrero* (Master's thesis, Universidad Autónoma de Guerrero (México)).
- Rivera Ulloa, P. (2018). Respuesta de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivar moneymaker a estrés salino provocado por diferentes concentraciones de NaCl.
- Rodríguez Ledesma, Nixer Deinerk, Torres Sevillano, Cinthya Noelia, Chaman Medina, Mercedes Elizabeth, & Hidalgo Rodríguez, José Ernesto Manuel. (2019). Efecto del estrés salino sobre el crecimiento y contenido relativo de agua en IR-43 y variedades amazónicas de *Oryza sativa* "arroz" (Poaceae). *Arnaldoa* , 26 (3), 931-942.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2020).
- Sifuentes-Rodríguez, Nidia S., Pedroza-Sandoval, Aurelio, Zegbe, Jorge A., & Trejo-Calzada, Ricardo. (2020). Indicadores de productividad y calidad del gel de aloe vera en condiciones de estrés salino. *Revista fitotecnia mexicana*, 43 (2), 181-187. Epub 2021 24 de marzo
- Soto, F. (2018). Producción de lechuga con la técnica de lámina de nutrientes modificada (NFT). *San José (CR): INA*.
- Tobar, G., Antúnez, A., Corradini, F., & Vidal, M. (2019). Aspectos técnicos de cultivo, riego y nutrición en lechuga, tomate y melón para la Zona Central de Chile.
- Zarza, H., Huespe, C., Mayeregger, M., Trabuco, M., Guillén, Ó., Rodas, M., & López, F. (2018). Manual básico de cultivos sin suelo para producción de tomate en invernadero.