

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EFICIENCIA PRODUCTIVA DEL PEPINO INJERTADO Y CULTIVADO EN  
DIFERENTES AMBIENTES HÍDRICOS

Tesis

Que presenta Jesús Tomas Félix Leyva  
como requisito parcial para obtener el Grado de Maestro en Ciencias en  
Horticultura


Saltillo, Coahuila

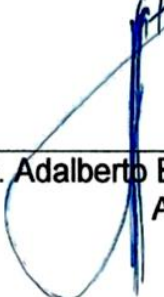
Julio 2022

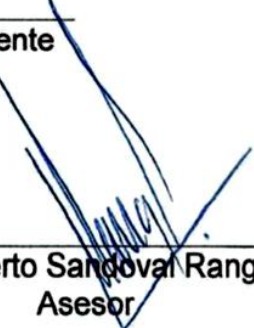
EFICIENCIA PRODUCTIVA DEL PEPINO INJERTADO Y CULTIVADO EN  
DIFERENTES AMBIENTES HÍDRICOS


**Tesis**


Elaborada por JESÚS TOMAS FÉLIX LEYVA como requisito parcial para  
obtener el grado de Maestro en Ciencias en Horticultura con la supervisión y  
aprobación del Comité de Asesoría

  
Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente  
Asesor principal

  
Dr. Adalberto Benavides Mendoza  
Asesor

  
Dr. Alberto Sandoval Rangel  
Asesor

  
Dra. Susana González Morales  
Asesor

  
Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente  
Subdirector de Postgrado

## Agradecimientos

**A Dios** por permitirme estar aquí hoy en día, por la vida, por tener salud, por darme fortaleza, por dejarme apreciar las cosas más sencillas de la vida, por mi familia, por mi hogar, por cuidar y abrir mis caminos, gracias señor por todos esos acontecimientos que hoy me permiten llegar a este punto de mi vida, gracias por tu compañía en cada paso.

A mi familia por su constante apoyo incondicional, en cada paso en mi vida a mi **padre y madre** por educarme bajos los principios de la nobleza y el amor por que en todo momento han apoyado y respetado cada una de mis decisiones, a mis hermanos **Violeta, Antonio, Kassandra**, quienes siempre me han ayudado en cada proyecto de vida a mis sobrinos **Edgar Uriel y Violeta** quienes con sus risas y alegrías me han permitido recordar que la vida es feliz, a mi **Padrino Arturo** por brindarme su apoyo incondicional por ayudarme a alcanzar una de las metas de mis aspiraciones, guardo para usted un sentimiento de gratitud, por todo eso hoy digo gracias, ustedes han constituido en mi un poderoso estímulo para disponer mi pluma y ocupar mi mente, quienes con su paciencia me han apoyado en este proyecto.

A mi novia **Marilu**, quien me apoyo durante este proceso, a tu impuso de mejorar, así como su paciencia y amor.

A la **universidad**, Por haber sido la plataforma para cumplir nuestros sueños a través de la educación y el esfuerzo, por estrechar lazos con las diferentes instituciones haciéndoles ver lo mejor de sus estudiantes.

**Al consejo nacional de ciencia e investigación** (CONACYT) por la beca otorgada para llevar a cabo mis estudios de Maestría en Ciencias en Horticultura y creer en los alumnos que pueden y quieren mejorar como profesionistas.

A mis Amigos **Felicito, Lupita, Angeles**, con quienes compartir risas y días gratos, así como trabajo en campo el cual me brindaron su apoyo.

**Omar**, mi amigo el cual me impuso a tomar la decisión de venir a la hacer mi posgrado aquí en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

**Hector, Amairany, Tommy, Brenda, Oscar, Mariana** por el apoyo durante el trabajo de campo, laboratorio y su amistad.

**A mis maestros**, por darme el conocimiento en aulas, por exigirme, por retarme e impulsarme a ser mejor a dar ese extra, que me motivaron siempre por siempre comprobar por medio de la práctica todo eso que con palabras hablamos y veíamos en las aulas.

**Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente**, por su confianza depositada en mí, además de sus aportes, correcciones y sobre todo motivaciones para guiarme a ser mejor profesionista.

**Dr. Alberto Sandoval Rangel**, su apoyo durante el proyecto, así como su asesoramiento, así como su disponibilidad.

**Dr. Adalberto Benavides y la Dra. Susana González Morales**, por su colaboración y dedicación, así como el asesoramiento y dirección durante este proceso.

**Dra. Rosa Julia Medrano Macías**, por su apoyo incondicional en el laboratorio, así como sus enseñanzas en un ámbito nuevo para mí quien con paciencia y entusiasmo característico me mostro que puedo aprender cosas nuevas.

**Dr. Gregorio Castro Rosales** por su impulso a aprender economía y enseñarme a que es más sencillo de lo que se piensa.

**Ing. Juan Manuel Ramírez Cerda, Ing. Martina De la Cruz Casillas**, por el apoyo en el proyecto y sus recomendaciones para el mismo.

**A la Ing. Juana María Castillo y Ing. Emanuel Rivera**, de la Facultad de Ingeniería y Ciencias, dependiente de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, quienes me apoyaron en el trabajo de Análisis de Minerales en dicha Institución.

## **Dedicatorias**

Dedico el presente trabajo con cariño y amor a Dios que me permitió continuar día con día con ello si bien hubo momentos de duda, el intercedió para poder continuar. A mi papa y mama quienes me dieron vida que se esforzaron para salir adelante conmigo y mis hermanos, por apoyarme en mis decisiones les agradezco de todo corazón el estar conmigo. A mis hermanos Violeta, Antonio y Kassandra por su apoyo por sus enseñanzas de vida por cada uno de los momentos vivido como hermanos con sus momentos difíciles que es donde la familia es más unida gracias hermanos por su bondad. A mis sobrinos Edgar Uriel y Violeta a los cuales quiero mucho si bien son traviesos son niños alegres eso me gusta mucho me recuerda que la vida debe ser feliz. A mi padrino Arturo el cual ha estado conmigo en este momento dándome consejo de vida me apoyado en los proyectos nuevos a emprender en momentos cruciales que me has ayudado. A cada uno de ustedes les agradezco su tiempo por pasarlo conmigo sin ustedes esto no hubiera sido posible ya que todo pasa por alguna razón por los momentos que hemos pasado juntos que esos momentos me han hecho crecer, valorar múltiples cosas y saber lo afortunado que soy.

*En el tercer día de la creación Dios estaba muy ocupado. Él separó el mar de la tierra seca. Él plantó árboles, hierbas y semillas produciendo plantas y él dijo dos veces ese día. “Esto es bueno” Uno de los milagros más grandes lo podemos ver diariamente y es el milagro fascinante de las plantas extrayendo los nutrientes de la tierra y convirtiéndolos en madera, en fruta, en comida y en hierbas para sanación. Nosotros vemos la tierra como algo que está ahí y no le damos ninguna importancia, caminamos sobre ella, la cubrimos con asfalto, la dejamos que sufra sequedad, la ignoramos. Y aun así dentro de esa masa de tierra está la vida que provee la madera para las casas, provee la comida que comemos y las medicinas que tomamos. Pero se necesita el factor de conversión de esa semilla para traer la vida inerte del terreno y convertirlo en una forma que se pueda usar. Maestro ese es tu trabajo. La semilla con la que tú trabajas es la verdad.*

*Y dijo Dios: Produzca la tierra vegetación: hierbas que den semilla, y árboles frutales que den fruto sobre la tierra según su género, con su semilla en él. Y fue así. Genesis 1:11*

# Índice General

Agradecimientos.....	iv
Dedicatorias .....	vi
Índice de Tablas .....	x
Resumen .....	xi
Abstract.....	xiii
Introducción.....	1
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos .....	5
Hipótesis .....	6
Revisión de Literatura.....	7
Importancia del cultivo.....	7
Injerto .....	8
Medio del cultivo.....	8
Uso eficiente del agua .....	9
Minerales .....	10
Nitrógeno .....	10
Fósforo .....	10
Potasio .....	11
Calcio .....	11
Estrés oxidativo .....	11
Materiales y Métodos.....	14
Sitio experimental.....	14
Material Vegetal para injerto.....	14
Realización del injerto .....	14
Cámara de prendimiento y aclimatación .....	15
Diseño Experimental.....	15
Manejo agronómico .....	16
Variables agronómicas.....	17
Rendimientos y Tamaño de frutos.....	17
Calidad de fruto .....	18

Conductancia estomática.....	18
Biomasa.....	19
Minerales.....	19
Extracción de biomoléculas para actividad enzimática.....	20
Proteínas totales.....	20
Determinación Superóxido Dismutasa.....	21
Determinación Catalasa.....	21
Determinación Glutathion Peroxidasa.....	21
Determinación Ascorbato Peroxidasa.....	22
Análisis estadístico.....	22
Resultados y discusión.....	23
Variables Agronómicas.....	23
Rendimientos y tamaño de frutos.....	25
Conductancia estomática.....	28
Productividad del Cultivo.....	30
Rendimiento y calidad del fruto.....	33
Minerales.....	35
Actividad enzimática.....	38
Conclusiones.....	43
Referencias.....	44



## Índice de Tablas

Tabla 1. Prueba de medias para variables de crecimiento .....	23
Tabla 2. Prueba de medias para fruto.....	25
Tabla 3. Prueba de medias conductancia y temperatura en la hoja .....	28
Tabla 4. Prueba de medias para el contenido de biomasa por órgano (g) .....	30
Tabla 5. Comportamiento de los tratamientos respecto a peso y calidad comercial de frutos.....	33
Tabla 6. Contenido de Elementos minerales en el Fruto. ....	35
Tabla 7. Actividad enzimática en frutos de pepino al momento de la cosecha .	38

## Resumen

# EFICIENCIA PRODUCTIVA DEL PEPINO INJERTADO Y CULTIVADO EN DIFERENTES AMBIENTES HÍDRICOS

Por

JESÚS TOMAS FÉLIX LEYVA  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DR. MARCELINO CABRERA DE LA FUENTE –ASESOR

Saltillo, Coahuila

Julio 2022

El cultivo de pepino es afectado por volumen de agua suministrado el cual puede disminuir la arquitectura de la planta, así como la producción, aumentar la actividad enzimática, el injerto puede mejorar esto dado a su vigorosidad radicular y su capacidad exploratoria. Por lo que, se estableció un experimento en un invernadero de mediana tecnología en las instalaciones de la UAAAN con un periodo de 109 días, bajo un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 2X2X2 obteniéndose ocho tratamientos, con el objetivo de evaluar el efecto del punto de anclaje (suelo y sustrato), injerto (con y sin injerto) y volumen de riego (100% y 75%), en las variables de crecimiento del cultivo, variables de rendimiento, conductancia estomática y la biomasa del cultivo, calidad de fruto, análisis mineral, actividad enzimática y análisis comercial. Las plantas injertadas en general tuvieron un mejor desempeño ya que los cultivos con este factor tuvieron mayor altura de planta, rendimientos, mejoraron la actividad enzimática en la cual disminuyeron, esto observándose en los factores que afectaron de una forma negativa el desarrollo del cultivo como viene siendo el cultivo en suelo así como el déficit hídrico ambos factores fueron adversos para el desarrollo del cultivo este efecto fue mitigado por el cultivo injertado además tuvo un mejor desarrollo en el sustrato esto además de presentar un crecimiento positivo con injerto y riego al 75% mejorando al cultivo y sus frutos teniendo medias similares, para la parte económica se diría que el consumo es respuesta de la disponibilidad del bien así como las zonas cercanas a las productoras, en conclusión se puede decir que el cultivo responderá al ambiente al que sea sometido siendo una mejor respuesta del cultivo a el injerto, sustrato y riegos al 100% estos tres factores aumentaron tamaño, rendimientos para el caso de sistema productivo de calidad comercial y rendimiento, en tanto que para favorecer actividad enzimática, el ambiente propuesto es: cultivos sin injerto e injertados colocados en suelo y estos con tensiones hídricas de 100% y 75%, también cultivos sin injerto e injertados en sustrato con riegos al 100% y 75% en invernadero.

,

**Abstract**

PRODUCTION EFFICIENCY OF GRAFTED CUCUMBER GROWN IN  
DIFFERENT WATER ENVIRONMENTS

By

Jesus Tomas Felix Leyva  
MASTER OF SCIENCE IN HORTICULTURE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DR. MARCELINO CABRERA DE LA FUENTE –ADVISOR

Saltillo, Coahuila

July 2020

The cucumber crop is affected by the volume of water supplied, which can decrease plant architecture, as well as production and increase enzymatic activity; grafting can improve it due to its root vigor and exploratory capacity. Therefore, an experiment was established in a low-tech greenhouse at the UAAAN facilities with a period of 109 days, under a completely randomized design with a 2X2X2 factorial arrangement, obtaining eight treatments, with the objective of evaluating the effect of the anchorage point (soil and substrate), grafting (with and without grafting) and irrigation volume (100% and 75%), on crop growth variables, yield variables, stomatal conductance and crop biomass, fruit quality, mineral analysis, enzymatic activity and commercial analysis. The grafted plants in general had a better performance since the crops with this factor had greater plant height, yields, improved the enzymatic activity in which they decreased, this being observed in the factors that negatively affected the development of the crop such as cultivation in soil as well as the water deficit, both factors were adverse for the development of the crop, this being mitigated by the grafted crop also had a better development in the substrate, in addition to presenting a beneficial development with grafting and irrigation at 75%, improving the crop and its fruits, having similar averages, For the economic part it would be said that consumption is a response to the availability of the good as well as to the areas near the producers, in conclusion it can be said that the crop will respond to the environment to which it is subjected being a better response of the crop to the graft, the substrate and irrigation at 100% these three factors increased the size, yields and decreased the enzymatic activity of the fruit, the proposed environment is: ungrafted and grafted crops placed in soil and these with water stresses of 100% and 75%, also ungrafted and grafted crops in substrate with irrigation at 100% and 75% in the greenhouse.

## Introducción

La seguridad alimentaria es importante a nivel mundial lo cual ha preocupado e incentivado la búsqueda de soluciones y satisfacer las necesidades alimentarias igualmente nutrir a los consumidores, debido a que las hortalizas son principales alimentos, cabe destacar que esto se ve del resultado de la interacción de las circunstancias externas a la célula vegetal lo cual dará como resultado un fenotipo dado por respuesta al ambiente (Rouphael, *et al.*, 2018). Entre los factores limitantes están los abióticos como sequía y salinidad, los cuales tienen consecuencias negativas en el crecimiento y producción de los cultivos (Colla, *et al.*, 2014). El principal factor limitante es la irrigación de los cultivos, dado que de tener anomalías esto podría causar distorsiones en el cultivo (Hochmuth, 2018). Además, la compactación de los suelos por el paso de equipos agrícolas (Gómez-Calderón, *et al.*, 2018) y el uso indiscriminado de los suelos degrada a los mismos y esto también disminuye fertilidad, incidiendo negativamente en los rendimientos de los cultivos, siendo las propiedades físicas del suelo, un factor clave para la asimilación de nutrientes y retención de agua (Ramos, *et al.*, 2019), impactando en el área de la rizósfera de los cultivos en suelo o sustrato y en los de parámetros conductividad eléctrica, pH y fertilidad (Salas, 2005). De no suministrar el volumen de agua óptimo se genera una disminución de actividad fotosintética, cierre estomático, pérdida de turgencia y llevando a punto de marchites permanente además puede generar estrés oxidativo, sin embargo, el grado de daño dependerá de la severidad y duración del estrés hidrológico (Chaves, *et al.*, 2008). El aporte hídrico aplicado en el cultivo de cucurbitáceas genera variaciones en la cantidad de biocompuestos, una reducción en el aporte hídrico incrementa la presión osmótica, disminuyendo la absorción de agua y nutrientes en la planta, viéndose afectado de forma negativa los biocompuestos (Villegas, *et al.*, 2020). Debido a esto el sector agrícola requiere soluciones para enfrentar situaciones adversas con soluciones creativas que contribuyan a desarrollar de forma óptima los cultivos de interés agrícola. (Silva, *et al.*, 2011). Con ello se realizan

transferencias de tecnología lo cual optimiza los recursos del productor (Tarango, 2005), generando la necesidad de utilizar eficientemente el agua e incrementado el potencial de rendimientos productivos (Rodríguez, 2002). Como en el caso del pepino es de los cultivos que más agua consumen (Fernández, *et al.*, 2012).

Los frutos obtenidos se consumen frescos o encurtidos, para el consumo en fresco, el consumidor demanda frutos con coloración verde, forma cilíndrica y de textura crocante pero suave al paladar además que sea rico en nutrientes y biocompuestos (Kumar, *et al.*, 2017). El pepino es el principal cultivo de las cucurbitáceas mayormente consumido a nivel mundial (Sharma, *et al.*, 2020). Es por ello que el injerto es una opción eficiente para el uso de los recursos la cual consiste en una cirugía vegetal (Singh, *et al.*, 2020). El realizar injertos es un método de producción de asociación de plantas la cual es una conexión entre ellas de forma vascular (Harada, 2010). A su vez esto es una forma respetuosa con el ambiente es beneficiosa y efectiva para el mismo (Singh, *et al.*, 2020).

En el año 1920 se registra el primer injerto en cucurbitáceas en Japón describiéndolo como un corte en el tallo durante la fase de plántula y colocarlo sobre un porta injerto cuidado sus condiciones ambientales creando plantas resistentes a estrés biótico y abiótico (Maurya, *et al.*, 2019).

Uno de los más comunes a utilizar en pepino es la unión con portainjerto de calabaza (*Cucurbita maxima* Duch.x *C. moschata* Duch.), tiene ventajas, sin embargo también se puede observar una ligera pérdida en calidad, pero mejora la absorción de nutrientes minerales, recordando que puede ayudar a reducir costos de producción (Maurya, *et al.*, 2019). Es una alternativa efectiva la técnica del injerto evitando o reduciendo la perdida de los cultivos por su resistencia a los diversos tipos de estrés (Colla, *et al.*, 2014). Esto debido a que el aérea radicular absorbe mejor agua y nutrientes (Peralta-Manjarrez, *et al.*, 2016). La arquitectura de la planta también aumenta aun sea en zonas con baja disponibilidad de agua (Schwarz, *et al.*, 2010). De igual forma también presenta resultados favorables en zonas con alta presión osmótica lo cual es

por la vigorosidad radicular que absorbe y transporta más eficientemente los recursos (Rivero, *et al.*, 2003), de igual forma otro efecto es que se contrarresta también el cierre estomático, incrementado de esta manera el ahorro de energía (Chaves, *et al.*, 2008).



## **Objetivo General**

Comparar el comportamiento de la eficiencia productiva del cultivo del pepino injertado, establecido en diferentes ambientes en condiciones de invernadero

### **Objetivos Específicos**

1. Evaluar productividad y producción del cultivo en función del ambiente de crecimiento.
2. Analizar el comportamiento comercial de los frutos al momento de la cosecha.
3. Cuantificar el contenido de macroelementos de los frutos al momento de la cosecha.
4. Evaluar la actividad enzimática de los frutos en postcosecha,

## **Hipótesis**

La eficiencia productiva del cultivo del pepino está en función del manejo del agua de acuerdo al tipo de sustrato y del uso del injerto.

## Revisión de Literatura

### Importancia del cultivo

De acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2021) desde el 2015 al 2019 México se ha posicionado como uno de los principales países productores de pepino a nivel mundial, ocupando una posición que ha variado del quinto al octavo lugar durante este periodo.

Mientras que, según los datos del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2021), el volumen promedio anual de sus exportaciones es de 149,491 toneladas para el periodo del 2015 al 2020 y el valor de sus exportaciones asciende en promedio al año, para el mismo periodo, a 1,210,104.975 miles de pesos, las principales entidades federativas productoras de pepino son Sinaloa, Baja California, Michoacán y Morelos, siendo las primeras dos entidades las que mayor rendimiento por hectárea registran a nivel nacional. Dentro de estos estados, los municipios de mayor producción son Tepalcatepec, Gabriel Zamora y Múgica en el estado de Michoacán, Culiacán y Navolato en Sinaloa, Ensenada en Baja California, así como Axochiapan, Tlayacapan, Atlatlahucan y Tepalcingo en Morelos. Destacando los municipios de Ensenada, Culiacán y Navolato con los mayores rendimientos por hectárea.(SIAP, 2021).

En los frutos de pepino este tiene beneficios de su consumo en estado inmaduro, es que cuenta con el 90% de agua lo que favorece la rehidratación del consumidor e incrementa el metabolismo por el contenido de fibra, es bajo en calorías por ello se emplea en dietas para control de obesidad, además, es rico en calcio mientras que sus semillas son ricas en proteínas y tienen alta capacidad antioxidantes contribuyendo a la prevención de enfermedades neurodegenerativas, regula el estado de ánimo esto por ser rico en biocompuestos de anillos aromáticos. Por otra parte, es altamente utilizado en la industria de cosméticos por su alta capacidad de atrapar radicales libre (Sharma, *et al.*, 2020).

## **Injerto**

El injerto fue utilizado en países asiáticos siendo una solución eco amigable (Lee, *et al.*, 2010). Es una técnica de propagación que se utiliza principalmente en hortalizas de la familia solanácea y cucurbitácea, (Basto-Pool, *et al.*, 2020). Haciendo esta labor con plantas de la misma familia o parientes cercanos (Nawaz, *et al.*, 2016). La cual para llevarse a cabo se requiere tener en cuenta las instalaciones, las herramientas y el personal para la producción de injertos (Lee, *et al.*, 2010).

Los injertos son de interés alto para el productor agrícola debido a que ayuda a la desinfección de los suelos y estrés abiótico como la sequía, el uso de injertos de pepino y calabaza promueve un buen desarrollo radicular y con ello un mejor rendimiento, incidiendo también en la calidad de los frutos debido a la vigorosidad de las raíces (Hernández-González, *et al.*, 2014), lo que se traduce como ganancias para los productores (Nawaz, *et al.*, 2016). Esto es por el óptimo desarrollo radicular que da como resultado la obtención de nutrientes y agua de forma eficaz (Li, *et al.*, 2016), otro factor favorable es la capacidad de exploración de la raíz la cuál es mayor que la de los cultivos sin injertar (Nawaz, *et al.*, 2016). Esto contribuye positivamente a superar los climas adversos como el estrés por sequía y presión osmótica reduciendo el estrés oxidativo y desgaste energético, lo cual hace una mejor arquitectura de la planta y con ello mejor tamaño y peso del fruto (Schwarz, *et al.*, 2010). Con el uso del injerto se mejora la calidad nutrimental de un fruto lo cual ha tomado importancia en los cultivos agrícolas siendo relacionado con antioxidantes que contribuyen a buena calidad de vida. (Díaz-Méndez, *et al.*, 2018).

## **Medio del cultivo**

El recurso vital para la vida se hospeda en las partes bajas del sustrato donde se encuentre restringiendo también la translocación de minerales es por ello que la elongación radicular juega un papel fundamental para la toma de agua y nutrientes (Koevoest, *et al.*, 2016). Los injertos pueden hacer una eficiente forma de translocación de nutrientes en comparación a los no injertados a

través de la membrana esto se relaciona por la vigorosidad del área radicular lo cual es por una mayor profundidad en el punto donde se trasplanta (Kumar, *et al.*, 2017).

La diversidad de mayor complicación es el suelo, el cual genera la mayor parte de alimentación a nivel mundial, sin embargo, es un recurso no renovable añadiendo que las prácticas agrícolas indiscriminadas los degradan volviéndolos estériles y con gran cantidad de presión osmótica por el acumulamiento de sales así mismo la erosión de los suelos (Kopittke, *et al.*, 2019), de igual forma los suelos se ven afectados negativamente por las sequías (Geng, *et al.*, 2014).

Al estar en zonas áridas crea lo que es un estrés hídrico, siendo uno de los factores limitantes para el desarrollo óptimo de un cultivo lo cual se vería reflejado en la morfología de la planta y la producción de biomasa (Luna-Flores, *et al.*, 2015). La humedad de los suelos es un factor limitante de nutrientes y su disponibilidad (Pérez, *et al.*, 2004). Para sostener un cultivo eficientemente el suelo debe ser saludable esto dentro los parámetros de que se permita en el entorno que el suelo disponga (Yang, *et al.*, 2020). Sin embargo, otro método de colocar los cultivos es por medio de sustrato, estos pueden ser residuos siendo también amigables con el ambiente (Guisolfi, *et al.*, 2018). El sustrato puede influir positivamente en la acumulación de biomasa y mayores rendimientos esto por la aireación y capacidad de absorción y retención de nutrientes, mejorando el desarrollo y el contenido de azúcares lo cual es la fuente primaria de energía, pero se puede ver afectado por una baja porosidad y maximizado por una porosidad óptima siendo la granulometría un factor influyente tanto en el manejo agronómico como en resultados bioquímicos (Petre, *et al.*, 2015).

### **Uso eficiente del agua**

El agua es un recurso finito que en un futuro se puede agotar esto hace una perspectiva de aridez por ello utilizar de forma correcta este recurso para rendimientos sin comprometerlos es vital (Gonzalez, *et al.*, 2014), el estrés por

sequía se clasifica de acuerdo al volumen de agua, siendo leve (50 al 60%), moderado (40 al 50%), severo (30 al 40%) y extremo (menos del 30%) mientras que cuando no hay una sequía es superior al 60% (Geng, *et al.*, 2014). En estudios en pepinos se observó que utilizando del 70-80% de la lámina de riego en un periodo de crecimiento no afecta el desarrollo del cultivo durante su ciclo y no compromete los rendimientos (Rivera, *et al.*, 2021). Cuando la planta no tiene suficiente agua, cierra sus estomas lo que provoca una menor transpiración siendo una reducción de agua y nutrientes a través de la planta, disminuyendo el desarrollo del cultivo, (Waraich, *et al.*, 2011a)

### **Minerales**

Existen 17 elementos esenciales para el desarrollo de un ciclo del cultivo (Li, *et al.*, 2016), los cuales son base para el desarrollo óptimo de los cultivos (Juárez, *et al.*, 2006), pero los elementos solo son absorbidos de forma inorgánica además, estos deben cubrir tres criterios básicos siendo el primero que la deficiencia de un elemento imposibilita el desarrollo del cultivo, el segundo la deficiencia es específica y el tercero que el elemento en cuestión se involucra en el proceso del metabolismo de la planta (Mengel y Kirby, 2000), un adecuado manejo mineral da como resultado plantas de gran vigor y rendimiento (Ahanger, *et al.*, 2017).

### **Nitrógeno**

La forma inorgánica de absorción de nitrógeno es nitrato y amonio este elemento tienen funciones sobre la arquitectura de la planta, así como en los rendimientos del cultivo esto por el transporte de aminoácidos los cuales están correlacionados con el crecimiento de brotes y el manejo correcto puede hacer una arquitectura óptima (Luo, *et al.*, 2020).

### **Fósforo**

El fosforo es un nutriente encargado de los componentes energéticos (Luo, *et al.*, 2020). Además, de estar presente en las membranas lipídicas tiene

participación en la germinación transpiración fotosíntesis raíces brotes, participa en el proceso de la glucólisis y se absorbe como  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^-$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (Malhotra, *et al.*, 2018).

### **Potasio**

El potasio siendo adsorbido como ión K, es indispensable para cubrir la expansión celular, se está relacionado con las auxinas ayudando también al cultivo a la resistencia de situaciones adversas como el estrés hídrico, mejorando las funciones fisiológicas, además de aliviar el estrés oxidativo por la regulación que hace en la célula (Ahanger, *et al.*, 2017), se puede ver que es un ion relacionado con el agua y solutos y está relacionado con el metabolismo y fotosíntesis por la regulación de apertura y cierre estomático además de la regulación osmótica en la célula (Sardans y Peñuelas, 2021). Siendo esto por lo cual las plantas requieren cantidades elevadas (Nieves-Cordones, *et al.*, 2016). Siendo este requerido así para el mantenimiento de la fijación de  $\text{CO}_2$  (Waraich, *et al.*, 2011b).

### **Calcio**

El calcio es el encargado de dar rigidez a las paredes celulares, porque se relaciona con las pectinas y sus enlaces (Lopez-Sanchez, *et al.*, 2016). el calcio se absorbe como  $\text{Ca}^{++}$  (Sharma, *et al.*, 2017). Este macronutriente es de importancia estructural y señalización, actúa como estabilizador de las membranas y añade resistencia en las paredes (Dodd, *et al.*, 2010). Uno de los principales problemas en la producción la causa de deficiencia de calcio provocando pudrición apical en frutos (Matos, 2012), provocado por el deterioro de carencia de calcio y oscureciendo la zona ( Piedrahita, 2012).

### **Estrés oxidativo**

El estrés oxidativo influye en el desarrollo del cultivo (Ahanger, *et al.*, 2017). En la planta, los lugares donde más se generan las especies reactivas al oxígeno son el fotosistema I y II donde se observan superóxidos y peróxidos, estos se



acumulan mayormente en condiciones de un estrés abiótico dado que hay un aumento en fotones los cuales pueden superar la cantidad debida para la asimilación de CO<sub>2</sub>, siendo el ascorbato peroxidasa el que interviene en los cloroplastos para reducir el peróxido esto con los electrones producidos en el fotosistema II (Asada, 2006). Para la defensa del estrés oxidativo las plantas han desarrollado la defensa antioxidante mediante enzimas catalizadoras de eliminación de ROS siendo Superóxido dismutasas (SOD), catalasa (CAT), ascorbato peroxidasa (APX) y glutatión peroxidasa (GPX) (Tausz, *et al.*, 2009). Estos compuestos son capaces de eliminar al superóxido (O<sub>2</sub>) y al peróxido de hidrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), disminuyendo la toxicidad causada por un estrés por déficit hídrico (Apel y Hirt, 2004). La fotosíntesis y los procesos de la planta se ven afectados negativamente repercutiendo en el crecimiento y desarrollo del cultivo tanto en fase vegetativa como productiva esto por el estrés oxidativo que puede ser causado por factores de tipo abiótico, como frio, sequía y luz excesiva. (Huseynova, *et al.*, 2015).

La inducción al estrés hídrico afecta al fenotipo, además de las actividades enzimáticas, aumentando el estrés oxidativo y la concentración del ácido abscísico (Sharma, *et al.*, 2020), dicha fitohormona se incrementa y es la encargada de regular la apertura y cierre estomático para frenar el desgaste energético (Chen, *et al.*, 2017). Lo anteriormente mencionado tiene consecuencias morfológicas y bioquímicas en las plantas, afectando de manera negativa al rendimiento (Sharma y Zheng, 2019), esto por una actividad fotosintética reducida (Chen, *et al.*, 2017), a consecuencia de una degradación de clorofilas y un deterioro también de los fotosistemas (Ma, *et al.*, 2017). Dicho impacto al sistema es debido a un aumento de ROS causando una toxicidad (Sharma y Zheng, 2019). Por lo cual la toma de dióxido de carbono y otros macro nutrientes disminuyen por el cierre estomático (Basu, *et al.*, 2016). La incorporación de dichos nutrientes se debe a la disponibilidad hídrica a su vez esto se ve reducido también por la transpiración de la planta lo cual limita flujo de agua a través de la planta dado por el sustrato o tipo de suelo al que se ancla el cultivo (Liang, *et al.*, 2018). Afectando la biomasa radicular por el estrés

hídrico lo cual aumenta una concentración de ABA y una disminución de CO<sub>2</sub> lo cual combinado restringe el crecimiento del área radicular (Li, *et al.*, 2020). Viéndose esto en una reducción de las raíces secundarias afectado su arquitectura y a su vez la interacción genotipo ambiente para su expresión fenotípica (Basu *et al.*, 2016). A su vez la actividad de RUBISCO se ve suprimida por el entorno en los cultivos sin injertos mientras que para los cultivos injertado esta actividad permanece casi igual por lo cual disminuye la actividad de ROS disminuyendo el estresen las plantas esto por la acumulación de ABA y citoquinas en la zona del área radicular (Zhou *et al.*, 2007). Es por ello que se busca soluciones ambientales alternativas que contribuyan de forma positiva para sector agrícola como lo son los injertos., Siendo un instrumento valioso para solanáceas y cucurbitáceas, así como una herramienta eficiente debido a que se siembran en zonas áridas y semiáridas (Kumar *et al.*, 2017).

## **Materiales y Métodos**

### **Sitio experimental**

El experimento se estableció en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro a 25°21'22.51" de latitud norte y 101°2'9.88" longitud oeste, con una altitud de 1760 msnm. En un invernadero con cubierta plástica además de contar con ventilación natural con una temperatura promedio de 36.5 °C como máxima y mínima de 8 °C, además de una humedad relativa del 75% y una radiación solar del invernadero de 4.9 w/m<sup>2</sup>. Estableciendo el cultivo el día 14 de mayo al 30 de agosto del año 2021.

### **Material Vegetal para injerto**

Se realizaron injertos de pepino (Poniente F1, Enza Zaden, Enkhuzen, Holanda), sobre un patrón de calabaza criolla (*Cucúrbita máxima*). Siendo el patrón colocado en charolas de poliestireno de 60 cavidades tres días antes que vástago, mientras que el vástago en charola de 200 cavidades son sustrato de peat moss con perlita proporción 1:1. A su vez estos se pasaron a la cámara de germinación envueltos en bolsas de plástico oscuro, para retener calor y humedad.

### **Realización del injerto**

Mediante el método de injerto de púa en hendidura el cual consiste en cortar el patrón en forma de "Y" y el vástago en forma de púa adelgazándolo y uniéndolo, con el uso de una navaja de afeitar esterilizada con alcohol realizando una sumersión de la navaja en cada corte en el porta injerto desde el aérea basal y se parte 2 cm en la parte media por su parte el vástago es cortado de igual forma pero adelgazando el tallo de tal forma que entre en el portainjerto una vez colocado con una pinza es sujetado el lugar donde se realizó la incisión para realizar el una vez concluido esto se procede a colocarlo en una cámara de prendimiento. Para ambos casos las plántulas deben tener

las hojas verdaderas (Cruz, 1990; Lee, *et al.*, 2010). Dicha actividad fue realizada el día primero de mayo del 2021.

### **Cámara de prendimiento y aclimatación**

La sobrevivencia del injerto depende de una aclimatación adecuada debido a la curación de la incisión realizada y endurecimiento por cicatrización del área para ello es necesario introducir a la planta en una cámara de prendimiento la cual consta de una membrana transparente para mantener la humedad esta membrana transparente es a base de una cubierta transparente, además de una cobertura de polietileno de color negro para ausentar la luz en las primeras etapas post injerto, es importante considerar que la situación de clima afecta el pegado de la incisión realizada así como la humedad (Lee, *et al.*, 2010). Siendo las condiciones internas de la cámara de prendimiento ideales entre un 85-95% de humedad relativa, así como temperaturas entre 20 a 28 °C (Jang, *et al.*, 2011; Hernández-González, *et al.*, 2014; Peralta-Manjarrez, *et al.*, 2016; Aslam, *et al.*, 2020; Grimaldo, *et al.*, 2020).

El procedimiento de prendimiento y aclimatación durante 8 días se llevó a cabo de la siguiente forma: los primeros 3 días solo se humedecía cada dos horas la membrana trasparente durante el cuarto día se levantó un lado de la cubierta plástica oscura para que la planta se vaya adaptando a la luz solar el quinto día se comenzó a realizar perforaciones en la membrana para que se vaya adaptando mejor la planta a la perdida de humedad durante el sexto día se realizan más perforaciones a la membrana para una mejor ventilación en el séptimo día se procede a levantar la otro lado de la cubierta oscura y a realizar más perforaciones el octavo día se realizan más perforaciones llegado el noveno día se sacan de la cámara.

### **Diseño Experimental**

El diseño experimental empleado fue un diseño completamente al azar con arreglo factorial (2x2x2) siendo el primer factor la planta con o sin injerto como segundo factor el sustrato con una proporción 75:25 de peat moss y perlita

respectivamente o en suelo donde se colocarían las plantas y como tercer factor el régimen hídrico siendo un riego óptimo 100% y un riego deficitario al 75% el cual fue determinado con un tensiómetro para cada sitio de anclaje manejando tensiones de 20 centibares bajándolo a 14 centibares utilizando el volumen de agua requerido como óptimo y a este se le restaba un 25% integrando 8 tratamientos constituidos de la siguiente manera: siendo el primero con planta sin injerto, en suelo con riego óptimo el segundo tratamiento es planta sin injerto en suelo con riego deficitario para tercer tratamiento es una planta sin injerto en sustrato con riego óptimo para el cuarto tratamiento es una planta sin injerto en sustrato con riego deficitario para el quinto tratamiento planta con injerto en suelo con riego deficitario para el sexto tratamiento es planta injertada en suelo con riego deficitario para séptimo tratamiento es planta con injerto en sustrato con riego óptimo y octavo es una planta con injerto en sustrato con riego deficitario, estos tratamientos fueron colocados en bolsas de plástico negro con ocho litros de suelo o sustrato además se realizaron riegos diarios que oscilaron entre 1 a 5 litros durante el proceso de todo el cultivo además se utilizó para la nutrición mineral la solución Steiner (Steiner,1961). Aplicándola de acuerdo a la fase fenológica en etapa de crecimiento al 25% para la etapa de vegetativa 50% para floración, amarre y cuajado de fruto fue al 75% y para llenado de fruto fue al 100%. Además de mantener una conductividad eléctrica según el caso de la solución nutritiva, así como un pH de 6.5, manejando el cultivo a un tallo y podando sus hojas después de cada cosecha.

### **Manejo agronómico**

Una vez establecido el cultivo se realizaron labores culturales como remoción de malas hierbas de forma manual para evitar que fueran hospederas de insectos perjudiciales, para el cultivo de interés, también con ello se la competencia por los nutrientes, con el crecimiento del cultivo se tutoreo estilo holandés el cual consta de ir subiendo el cultivo con rafia e irle dando vuelta para que las hojas se extiendan esto permitirá una captación de luz adecuada

manejando un tallo por planta proporcionando una mejor aeración en el cultivo. Se realizó un manejo preventivo en el cultivo como mosquita blanca principalmente, para ello se controló mediante el uso del producto comercial Muralla Max a base de Imidacloprid al 19.60% y Betacyfluthrin al 8.40% con la dosis recomendada por el producto de 1 mL L<sup>-1</sup> de agua, para el tratamiento preventivo contra hongos se aplicó Captan 50 wp este producto presenta una concentración del 50% de ingrediente activo denominado captan, utilizándose 1 g L<sup>-1</sup> de agua, sin embargo estos productos se utilizaron para el crecimiento del cultivo, una vez que se comenzaron a ver frutos cuajados se cambió a un control amigable con el ambiente utilizando extracto de ajo con una dosis de 5 mL L<sup>-1</sup> de agua con la intención de repeler a los insectos y suprimir el desarrollo de micelio de los hongos el para mejorar el consumo de los frutos.

### **Variables agronómicas**

Para las variables agronómicas se tomaron muestras en intervalos de 8 días, realizando la primer lectura 15 días posteriores al trasplanta y la ultima en cosecha el día 109 del establecimiento del cultivo

**Altura de planta:** se realizó con una cinta métrica Truper FH-3M en escala de centímetros (cm) realizando la medición desde la base de la planta en el suelo hasta el ápice de la misma.

**Diámetro basal:** se realizó con un vernier con escala en milímetros (mm) tomando la medición unos 3 centímetros antes del suelo.

**Numero de hojas:** se cuantificó el número de hojas que tenía la planta conforme hasta la cosecha de frutos.

### **Rendimientos y Tamaño de frutos**

**Número de frutos cosechados:** Posterior al corte de frutos listos para cosecha se cuantificarán de uno en uno cada fruto cosechado de los tratamientos.

**Rendimiento de frutos:** Se colocaban los frutos ya cosechados en una báscula con valor en gramos esos se promediaron a gramos por planta donde se promediaron 5 plantas por tratamiento y estos se extrapolaron a hectárea siendo ton ha<sup>-1</sup>. Con una densidad de plantas de 27,639 plantas por ha<sup>-1</sup> (Zamora, 2017).

**Diámetro ecuatorial:** Con un vernier en milímetros (mm) se medía este valor fruto por fruto registrando cada valor. Para el valor promedio se tomaron 14 frutos.

**Longitud de Frutos:** con un flexómetro métrica Truper FH-3M en centímetros (cm) se realizaba el tomar una medida de este fruto por fruto y se registraba cada valor tomado. Para el valor promedio se tomaron 14 frutos.

**Peso medio de los frutos de pepino:** Para el valor medio de frutos se promedió el peso de 14 frutos de cada tratamiento y este fue pesado en una balanza digital modelo spx2202 con su peso en gramos de la empresa Ohaus de origen EE.UU.

### **Calidad de fruto**

**Peso medio de frutos:** se cuantificaron 14 frutos cosechados y se pesaron registrando los datos en gramos obteniendo un promedio de estos.

**Firmeza de fruto:** Para la firmeza de fruto se midió por medio de un penetrómetro modelo Ft 327 de la empresa QA Supplies de origen EE.UU. el cual mide en escala  $\text{kg cm}^2$ .

**Sólidos solubles totales:** Se midió con un refractómetro marca VeeGee modelo 43003 del fabricante Midland Scientific de origen EE. UU con escala  $^{\circ}\text{Brix}$  el cual se cuantificó en frutos recién cortados.

### **Conductancia estomática**

Se determinó mediante un porómetro modelo SC-1 marca Decagon Devices, el cual mide la presión de vapor sobre las hojas usando la técnica del estado estacionario, se midieron cinco plantas por tratamiento, tomando una lectura por planta en hojas adultas de la guía principal que se encontraban totalmente expandidas y con la misma orientación, en un horario de 12:00 a 14:00 h, cuando la radiación directa era máxima, los datos obtenidos se reportaron en  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

## **Biomasa**

Para el secado y obtención de biomasa de las distintas partes de cultivo, las muestras se colocaron a una temperatura ambiente de 35 °C con una humedad relativa del 75%, una radiación solar del invernadero de 4.9 w/m<sup>2</sup>, por un lapso de 15 días.

**Peso seco Hojas:** se dejó secando para una deshidrataran correctamente posteriormente se pesó en la balanza y los datos se registraron en gramos.

**Peso seco Tallo:** al dejar secar los trozos de tallo en el invernadero se procedió a pesar el tallo en la balanza registrando el peso en gramos

**Peso seco de raíz:** peso seco de raíz se colocó al sol también por 15 días y se pesó cada raíz registrando el peso en gramos

**Peso seco total de la planta:** es la sumatoria de todo el peso seco de hojas, tallo y raíz siendo el peso registrado en gramos

**Biomasa acumulada diaria:** Para determinar esta variable se evaluó el peso total de gramos por planta y este valor fue dividido entre el número de días que duro el establecimiento de la investigación.

## **Minerales**

Para el Nitrógeno (N) se cuantifico por el método de Kjeldahl se llevó acabo de un proceso de descomposición de muestra con medio acido caliente en conjunto con un agente reductor catalizador (selenio). Se procedió adicionar hidroxilo de sodio con el objetivo de aumentar el punto de ebullición de la disolución en el ácido sulfúrico el tratamiento transformo el nitrógeno de la muestra a NH<sub>4</sub><sup>+</sup> después e adiciono una base fuerte que libero el NH<sub>3</sub> el cual se lleva hasta un frasco colector por destilación en corriente de vapor dicha cuantificación se llevó en la Facultad de Ingeniería y Ciencias en el Laboratorio de Edafología de Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Para la cuantificación de calcio (Ca) y Potasio (K) se realizó mediante digestión acida con ácido nítrico, donde primero se pesó 500 mg de materia seca del fruto estos se colocaron en recipientes de teflón con 10 mL de ácido posteriormente se colocaron dentro sistema de digestión por microondas MARS 6 por una hora



a tener la muestra para leer en el espectrofotómetro de emisión de plasma Inductively Coupled Plasma (ICP), Termo Jarrel Ash Irish Advantage modelo 74400 en la facultad de ingeniería y ciencias en el laboratorio de investigación y diagnóstico agrícola de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Para el Fosforo (P) se utilizó la técnica de Fosforo en planta por espectrometría UV-Visible. Se preparó una línea de calibración preparando 6 soluciones para formar una línea de calibración con pipetas se añadieron los mL correspondientes a los 20 mg/LP, a tubos de ensayo de 20 mL, agregando 2 mL de heptamolibdato-vanadato y la cantidad de agua desionizada requerida para hacer 10 mL, después se agitó se dejó reposar durante una hora leyendo cada solución a una absorbancia de 470 nm en el espectrofotómetro de UV-Visible dicho procedimiento se realizó en la facultad de ciencias de ingeniería y ciencias, en el laboratorio de edafología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

### **Extracción de biomoléculas para actividad enzimática**

El material vegetal es liofilizado y posteriormente macerado con mortero de mano, hasta la obtención de un polvo fino, de este se tomaron 100 mg más 10 mg de polivinil pirrolidona (pvp) y se colocaron en un tubo para centrifuga de 2 mL. Se le añadió 2 mL de 0.1 M de buffer de fosfatos pH 7-7.2, colocarlo en vortex cada tubo por 15 segundos posteriormente se sometió a sonicación por 5 min, posteriormente se llevó a cabo una centrifugación a 12500 revoluciones por minuto (rpm) por 10 min a 4 °C, el sobrenadante fue recolectado y filtrado con una membrana de nylon de 0.45, finalmente se diluyó en una proporción 1:15 con buffer de fosfatos (Ramos, *et al.*, 2010).

### **Proteínas totales**

La determinación de proteínas se realiza por el método de Bradford (Bradford 1976) y se describe a continuación: se tomaron 0.1 mL de muestra o estándar esto se mezcló con el reactivo de Bradford utilizando 1 mL posteriormente se colocó en una celdilla plástica y se leyó en el espectrofotómetro UV-VIS con

una longitud de onda de 595 nm y los valores obtenidos son en gramos por kilogramo de peso seco del material vegetal. ( $\text{mg g}^{-1}$  peso seco PS).

### **Determinación Superóxido Dismutasa**

La determinación de la actividad enzimática de la superóxido dismutasa se llevó a cabo utilizando el kit SOD Cayman 706002®. Una mezcla de 40  $\mu\text{L}$  de extracto, 400  $\mu\text{L}$  de detector de radicales (sal de tetrazolio) y 40  $\mu\text{L}$  de solución de xantina oxidasa se colocó en un tubo eppendorf se agitó durante 10 segundos y se mantuvo a temperatura ambiente durante 30 minutos luego se midió la absorbancia a una longitud de 450 nm en un espectrofotómetro UV-VIS.

### **Determinación Catalasa**

La cuantificación de la actividad de catalasa fue por medio de dos tiempos siendo tiempo cero y tiempo 1 los cuales las lecturas fueron en el espectrofotómetro UV-VIS a una longitud de onda de 270 nm en una celdilla de cuarzo según la metodología de Dhindsa, *et al.* (1981). Para el tiempo cero se añadieron 0.1 mL de muestra en un tubo eppendorf a los cuales se les colocó 0.4 mL de ácido tricloroacético al 5% y posterior a ello 1 mL de peróxido de hidrógeno a 100 mM mientras que para el tiempo 1 se añadieron 0.1 mL de muestra se adicionó 1 mL de peróxido de hidrógeno a 100 mM se agitó durante un minuto después de ello se agregó 0.4 mL de ácido tricloroacético al 5% para detener reacción. U por gramo de proteínas totales ( $\text{U g}^{-1}$  PT), donde U es igual a mM de  $\text{H}_2\text{O}_2$  consumido por mililitro por minuto.

### **Determinación Glutathion Peroxidasa**

Se utilizará el método modificado por Flohé y Günzler (1984) adaptado por Xue, *et al.*, (2001) usando  $\text{H}_2\text{O}_2$  como sustrato. Donde se utilizó 0.4 mL de glutathión reducido a 0.1 mM se añade 0.2 mL de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (0.067 M) se mezcla posterior a ello se pasó por baño de agua a 25 °C por cinco minutos y de ahí se agregó 0.2 mL de peróxido de hidrógeno a 1.3 mM iniciando reacción posterior

a 10 minutos se pasó por baño de hielo por 30 minutos después de ello enseguida se pasó a 3000 rpm a 4 C. para su cuantificación se tomó 0.48 mL del sobrenadante esto se colocó en un tubo de ensayo y se agregó 2.2 mL de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  al 0.32 M y se adiciono 0.32 mL colorante 5,5 ditio-bis-2 acido nitro benzoico al 1 mM y se leyó en espectrofotómetro UV-VIS a 412 nm con una celdilla de cuarzo. Y los resultados se expresaron en U por gramo de proteínas totales ( $\text{U}^{-3} \text{g}^{-1} \text{PT}$ ), donde  $\text{U}^{-3}$  es igual a mM de GSH por mililitro por minuto.

### **Determinación Ascorbato Peroxidasa**

La medición de la actividad enzimática ascorbato peroxidasa se llevará a cabo de acuerdo a lo establecido por Nakano y Asada (1987). Se realizó la diferencia de dos tiempos el tiempo cero y el tiempo uno donde para el tiempo cero se utilizó 0.1 mL del extracto enzimático en un tubo eppendorf se añadió 0.5 mL de ascorbato a 10 mg L<sup>-1</sup> posterior a ello se agregó 0.4 mL de ácido tricloracetico al 5% para detener reacción posterior a ello se adiciono 1 mL de peróxido de hidrogeno a 100 mM. Para el tiempo uno por su parte es casi el mismo procedimiento solo que primero se adiciona el peróxido de hidrógeno a 100 mM y posteriormente de un minuto de agitación se adiciona el ácido tricloracetico al 5% para detener reacción ambas muestras son leídas en el espectrofotómetro UV-VIS a una onda de 266 nm en una celdilla de cuarzo. (APX) se midió según Nakano y Asada (1987) y se expresó como U por gramo de proteínas totales ( $\text{U g}^{-1} \text{PT}$ ), donde U es igual a  $\mu\text{mol}$  de ascorbato oxidado por mililitro por minuto.

### **Análisis estadístico**

Para las variables mencionadas se aplicó un análisis de varianza y comparación de medias utilizando la prueba de LSD de Fisher ( $P \leq 0.05$ ) evaluados en el software Infostat 2020.

## Resultados y discusión

### Variables Agronómicas

**Tabla 1.** Prueba de medias para variables de crecimiento

Tratamiento			Variables de crecimiento		
Planta	Medio de cultivo	Riego	Altura de planta (cm)	Diámetro basal (mm)	Numero de hojas
Sin injerto	Suelo	100%	245.40c	15.90c	40.80bc
Con injerto	Suelo	100%	273.40b	18.32b	45.40b
Sin injerto	Suelo	75%	209.80d	14.46c	36.60c
Con injerto	Suelo	75%	240.80c	15.48c	40.40bc
Sin injerto	Sustrato	100%	302.80a	24.14a	43.60bc
Con injerto	Sustrato	100%	318.80a	23.62a	57.60 <sup>a</sup>
Sin injerto	sustrato	75%	296.20ab	20.22b	41.00b
Con injerto	Sustrato	75%	296.00ab	19.04b	47.80b
<b>Coefficiente de Variación</b>			7.26	9.10	14.07

La prueba de comparación de medias de LSD Fisher. Misma letra no hay diferencia estadística

El cultivo en altura de planta demostró diferencias significativas, siendo el de mejor media el cultivo injertado en sustrato con riego al 100% el cual destaco sobre los demás como ejemplo de ello sobre el cultivo sin injerto en sustrato con riego al 100% el cual fue superado por 5.01%, ocurriendo lo mismo para el cultivo en suelo con riego al 100% el cual el injerto supero por 10.24% al que no tienen injerto en suelo en el mismo volumen hídrico, replicando lo mismo en el cultivo sin injerto en suelo con riego deficitario el cual disminuyo en un 12.87% en referencia al cultivo injertado en igualdad de condiciones, cabe destacar que los cultivos sustrato fueron tuvieron mejor altura de planta que los que estuvieron en suelo además del medio de cultivo se refleja que el volumen de agua también influyo para esta variable dado que los deficientes en riego son menores. Una comparativa es el cultivo injertado en sustrato con riego al 75% el cual fue mayor que el cultivo injertado en suelo con riego al 100% el cual fue superado por 7.63%.

Para el diámetro basal de la planta en el sustrato las plantas sin injerto tienen una tendencia de aumento como los cultivos con riego al 75 y 100%

incrementaron en un 5.83% y 2.15% sobre los cultivos injertados en sustrato con riego al 75% y 100% respectivamente, Caso contrario se observa que el cultivo sin injerto en suelo con riego al 75 y 100% tiende a ser inferior con un 6.58% y 13.20% respecto a los cultivos injertados en suelo con riego 75 y 100%, además de ello el sustrato y el riego al 100% aumentaron más el grosor de la parte basal viéndose afectado esto por el suelo y riego ejemplo de ello son los cultivos injertados en sustrato con riego al 100% sobre el cultivo injertado en suelo con riego optimo los cuales presentan una diferencia del 22.43%, así como el cultivo injertado en suelo con riego al 100 aumento en 15.50% respecto al cultivo injertado en suelo con riego al 75% observándose un efecto del ambiente hídrico.

Para el número de hojas podemos observar que las plantas injertadas tienen una tendencia a incrementar el número de hojas como el cultivo injertado sobre el no injertado en sustrato con riego al 100% marcando una diferencia del 24.03%, así como una tendencia al aumento en los cultivos injertados en suelo con riego al 100% y el cultivo injertado con riego al 75% sobre los cultivos no injertados tanto en suelo como en sustrato al 75% y 100%.

Los resultados anteriores se explican con debido a una variación en con una expresión forma fenotípica como respuesta al ambiente en el que se encuentra la planta (Naegele y Wehner, 2016). Siendo el ahorro de energía y reducción de transpiración influenciado por la sensibilidad que la raíz presenta la cual envía una señal para el cierre estomático por medio del ácido abscísico bajo estrés abiótico (Niu, *et al.*, 2019). Para las variables de crecimiento, así como las de numero de hojas el punto de anclaje es de importancia dado que donde tiene mejor retención de humedad y porosidad la planta puede tomar más fácilmente los nutrientes (Meneses-Fernández y Quesada-Roldán, 2018). El crecimiento vegetativo es mayor en injertos por la vigorizad del área de la rizósfera (Guan, *et al.*, 2020). Dicho crecimiento también es enriquecido por el contenido minera y de agua siendo que el injerto absorbe y transloca mejor estos recursos (Farhadi, *et al.*, 2016; Omar y Elhamahmy, 2019).

## Rendimientos y tamaño de frutos

**Tabla 2.** Prueba de medias para fruto

Planta	Tratamiento		Número de frutos cosechados por planta	Variables de frutos		
	Medio de cultivo	Riego		Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro polar (cm)	Rendimiento de frutos (ton ha <sup>-1</sup> )
Sin injerto	Suelo	100%	3.00b	45.39cd	34.50bc	37.49c
Con injerto	Suelo	100%	3.80b	49.33b	35.11bc	54.35c
Sin injerto	Suelo	75%	2.80b	42.55d	31.93d	31.25c
Con injerto	Suelo	75%	3.00b	46.58bc	34.04bcd	40.01c
Sin injerto	Sustrato	100%	6.60a	54.05a	35.89b	107.71ab
Con injerto	Sustrato	100%	7.60a	56.01a	39.07a	115.56a
Sin injerto	Sustrato	75%	6.60a	48.55bc	33.04cd	87.11b
Con injerto	Sustrato	75%	6.80a	55.00a	35.86b	112.20ab
<b>Coefficiente de Variación</b>			31.07	9.29	8.44	29.97

La prueba de comparación de medias de LSD Fisher. Misma letra no hay diferencia estadística

En el número de frutos cosechados por planta las interacciones de los cultivos con el medio de cultivo y los volúmenes de agua tuvieron diferencia estadística como el caso del cultivo en suelo con riego al 100% con y sin injerto en el cual fue mayor el cultivo injertado por 21.05%, además el cultivo injertado en suelo con riego al 100% mayor por 21.05% sobre el cultivo injertado en suelo con riego al 75%, replicándose en los cultivos injertados en sustrato con riego al 100% aumento en un 13.15% sobre el cultivo no injertado en sustrato con riego al 100%, cabe destacar que para cultivos con y sin injerto tanto en sustrato como en suelo y riego al 75% no hubo diferencia entre sí, otra interacción es que el sustrato el número de frutos fue mayor que en suelo como es el caso de los cultivos sin injerto en sustrato con riego al 75 y 100% los cuales aumentaron

en un 57.57% y 54.54% sobre los cultivos sin injerto en suelo con riego al 75 y 100% respectivamente, sucediendo lo mismo en los cultivos injertados.

Diámetro ecuatorial del fruto se observa una tendencia al aumento en frutos de los cultivos injertados en sustrato con riegos al 75 y 100% estos fueron mayores que los cultivos sin injerto en sustrato en sustrato con riego al 75 y 100% los cuales disminuyeron en un 11.72% y 3.49% respectivamente notándose aún más la diferencia en los cultivos injertado y sin injerto en sustrato con riego al 75%, replicando la tendencia de los cultivos injertados en suelo con riegos al 75 y 100% los cuales aumentaron en un 8.65% y 7.98% respectivamente sobre los cultivos sin injerto en suelo con riegos al 75 y 100% siendo notorio también que el volumen de agua influyo eso por el hecho de que son mayores resultados en los cultivos al 100% que los del 75%, cabe destacar que también los frutos de cultivo en suelo fueron inferiores que los de sustrato ejemplo de ello es el cultivo sin injerto con riego al 100% en comparación al cultivo sin injerto en sustrato con riego al 100% con una diferencia del 16.02%, siendo el mismo caso para el cultivo injertado en sustrato con riego al 100% sobre el cultivo injertado en suelo con riego al 100% con una diferencia del 11.92% se aprecia que la mayor diferencia es en los cultivos injertados con un 4.1% de diferencia entre ellos.

Diámetro polar de los frutos si hubo diferencia estadística entre los tratamientos notándose mayormente en los cultivos en sustrato los cuales incrementaron sobre los cultivos en suelo como los cultivos en sustrato con riego al 100% con plantas con y sin injerto los cuales muestran una diferencia del 10.13% y 3.87% sobre los cultivos con y sin injerto en suelo con riego al 100%, replicando lo mismo en para los cultivos con riego al 75% esto en sustrato con y sin injerto en comparación a los cultivos con riego al 75% en suelo con y sin injerto con una diferencia del 5.07% y 3.35% respectivamente, siendo la diferencia notoria en los cultivos con riego al 100%, siendo influidos también por el volumen hídrico dado que si se compara el cultivo injertado en suelo con riego al 100% sobre el cultivo injertado en suelo con riego al 75% solo se marca una tendencia de aumento, pero no una diferencia significativa en los sustratos.

Para rendimientos se destaca que el cultivo en sustrato es mayor que el cultivo en suelo viéndose notablemente la diferencia además un punto que se observa es que el cultivo injertado en sustrato con riego al 75% tiene la misma media que el cultivo sin injerto en sustrato con riego al 100%, además de ello el primero tiene una tendencia a mayor rendimiento del 4.44%, suscitando lo mismo en el cultivo en suelo donde el cultivo con riego al 75% con injerto tiene la tendencia de incrementar en un 6.30% sobre el cultivo sin injerto en suelo con riego al 100%.

Ahora si se observa que los cultivos injertados ya sea en suelo o sustrato con riego al 75% y 100% las plantas injertadas tuvieron un incremento en los rendimientos ejemplo de ello las plantas injertadas en sustrato con riego al 75% las cuales incrementaron un 26.02% sobre el cultivo sin injerto en sustrato con el mismo volumen hídrico, de igual forma se aprecia un decremento en los cultivos con volumen al 75% aunque no hay diferencia estadística como tal pero la tendencia se marca ejemplo de ello es el cultivo con injerto en suelo con riego al 75% y 100% con una diferencia del 27.48%.

En los frutos las longitudes del fruto aceptadas en mercados para exportación son pequeños de 28.5 a 30.5 cm medianos de 30.6 a 33 cm grandes 33.1 a 35.5 cm y los extras grandes 35.6 o más (Meneses-Fernández y Quesada-Roldán, 2018). Para alcanzar buenos tamaños y pesos la producción de los cultivos depende de una asimilación de CO<sub>2</sub> el cual este sujeto a la apertura y cierre estomático, así como el uso eficiente del agua (Liu, *et al.*, 2016). Una eficiente asimilación de CO<sub>2</sub> es mejorada a un por el uso de injerto donde también mejora el transporte de electrones en planta, además el injerto realiza un uso eficiente del agua que da como resultado mayor actividad fotosintética. (Freitas, *et al.*, 2021). Siendo los frutos, un efecto del ambiente al cual el cultivo fue sometido teniendo una respuesta genotípica expresada en el fenotipo. (Naegele y Wehner, 2016). Mejorando el tamaño, número de frutos y rendimientos esto atribuido a la amplia capacidad de búsqueda de recursos por el área de la rizósfera la cual transloca mejor agua y nutrientes. Siendo como respuesta, el rendimiento, tamaño y número de frutos estos son ayudados por el injerto el



cual contribuye a una mayor asimilación de agua y nutrientes por la zona radicular y su capacidad amplia de exploración eficientemente estos recursos (Hernández-González, *et al.*, 2014; Omar y Elhamahmy, 2019).

### Conductancia estomática

**Tabla 3.** Prueba de medias conductancia y temperatura en la hoja

Planta	Tratamiento		Variables	
	Medio del cultivo	Riego	Conductancia estomática mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	Temperatura °C
Sin injerto	suelo	100%	619.63ab	35.27a
Con injerto	Suelo	100%	495.30cd	35.39a
Sin injerto	Suelo	75%	467.59d	35.44a
Con injerto	Suelo	75%	439.20d	35.47a
Sin injerto	Sustrato	100%	620.74ab	34.67a
Con injerto	Sustrato	100%	640.08a	35.05a
Sin injerto	Sustrato	75%	546.09bc	34.45a
Con injerto	Sustrato	75%	549.96bc	34.82a
<b>Coefficiente de Variación</b>			10.72	2.88

La prueba de comparación de medias de LSD Fisher. Misma letra no hay diferencia estadística

Para la conductividad estomática lo más notorio es que la planta reduce su media de acuerdo donde este establecida en base al tipo de riego ejemplo de ello es el cultivo sin injerto y con injerto en sustrato con riego al 100% los cuales incrementaron en un 14.18% y 12.02% respecto a los cultivos en sustrato con riego al 75% sin y con injerto respectivamente, algo destacable es el cultivo injertado en suelo con riego al 100% el cual decremento su conductancia estomática en un 20.06% referente al cultivo sin injerto en suelo con riego al 100%, siguiendo la misma tendencia en las plantas en suelo con riego al 75% con injerto que también se ve una disminución respecto al cultivo sin injerto en suelo con el riego al 75%.

Otro aspecto a observar es que la planta con riego al 100% en sustrato sin injerto no tiene diferencia estadística sobre el cultivo en suelo con riego al 100% en una planta si injertar, caso contrario al cultivo injertado en suelo con riego al

100% el cual tiene una diferencia de 22.61% siendo inferior al cultivo injertado en sustrato con el mismo volumen de agua utilizado.

La transpiración también se ve afectada por los factores ambientales los cuales pueden incrementar o disminuir la misma (Naizaque, *et al.*, 2017). Los encargados de esto son las estomas los cuales realizan el intercambio gaseoso y con ello también la transpiración del cultivo lo cual crea diferencias significativas (Peralta-Manjarrez, *et al.*, 2016). Sumado a lo anterior la acumulación y señalización del ABA el cual es dependiente del régimen hídrico este envía señales de apertura y cierre estomático lo cual genera un ahorro de energía en la planta maximizando el uso de agua y asimilación de CO<sub>2</sub> (Liu, *et al.*, 2016). Se genera una transpiración de acuerdo a las necesidades de la planta, este rol de los estomas también se interviene por el estrés oxidativo de la planta ya que al tener niveles de estrés la planta cierra los estomas y envía la señal con el ABA para el cierre estomático, usualmente las plantas que más gastan energía son las plantas sin injerto; otro factor limitante la presión osmótica la cual afecta a la apertura y cierre estomático pero esta afección es mayormente tolerable por las plantas injertadas por la vigorosidad radicular que presenta (Niu, *et al.*, 2019). Además, el área radicular injertada puede enviar las señales rápidamente de ABA para que se adapte fácilmente el cultivo lo cual ahorrara energía, siendo el injerto un factor favorable para condiciones adversas adecuando la conductancia estomática y la transpiración del cultivo a las circunstancias presentes. (Wang, *et al.*, 2017).

## Productividad del Cultivo

**Tabla 4.** Prueba de medias para el contenido de biomasa por órgano (g)

Planta	Tratamiento		Biomasa				
	Medio del cultivo	Riego	Peso seco Hojas	Peso seco Tallo	Peso seco Raíz	TCR (g/ms/pl)	TCA (g/ms/pl/día)
Sin injerto	Suelo	100%	50.57cd	12.96c	1.84de	65.38d	0.60d
Con injerto	Suelo	100%	49.23cd	15.42c	3.20cd	67.85cd	0.62cd
Sin injerto	Suelo	75%	45.63d	13.34c	1.58e	60.55d	0.55d
Con injerto	Suelo	75%	46.19cd	14.56c	2.43de	63.19d	0.58d
Sin injerto	Sustrato	100%	72.33ab	21.88ab	4.02bc	98.22ab	0.90ab
Con injerto	Sustrato	100%	82.38a	25.28a	6.58a	114.24a	1.05a
Sin injerto	Sustrato	75%	60.67bc	20.99b	2.65cde	84.30bc	0.77bc
Con injerto	Sustrato	75%	71.05ab	22.28ab	5.36ab	98.69ab	0.91ab
<b>Coefficiente de Variación</b>			19.31	14.76	32.30	15.75	15.76

La prueba de comparación de medias de LSD Fisher. Misma letra no hay diferencia estadística

El peso de seco de hojas de observa que las plantas injertadas tienden a tener peso pero ligeramente mayor notándose en las plantas en sustrato donde los cultivos injertados en sustrato con riegos al 75% y 100% tuvieron un aumento del 14.60% y 12.20% respetivamente referentes a los cultivos sin injerto en sustrato con los volúmenes hídricos de 75% y 100%, además de que el volumen hídrico juega un papel importante también dado que las plantas con y sin injerto en sustrato con riego al 100% superaron con 13.75% y 16.12% a los cultivos sin injerto y con injerto en sustrato con riego al 75%, ocurriendo lo mismo para el cultivo en suelo con riego al 100% con y sin injerto fueron mayores que los cultivos al 75% en suelo con y sin injerto con una diferencia del 6.17% y 9.76% respetivamente, ahora esta diferencia de igual forma es

observada entre cultivos en suelo y sustrato que la planta injertada en sustrato con riego al 100% es mayor por 40.24% que la planta injertada en suelo con riego al 100% pasando lo mismo en el resto de los tratamientos.

Para el peso seco del tallo, lo más notorio es el hecho de que las plantas en suelo disminuyeron en comparación a las de sustrato donde podemos observar que tanto los cultivos sin injerto e insertados en suelo con riegos 75% y 100% disminuyeron en un 36.92%, 34.64%, 40.76%, 39.00% respecto a los cultivos sin injerto y con injerto en sustrato con riego al 75% y 100%.

En el peso seco de raíz se observa de primera instancia que los cultivos injertados son mayores que los no injertados ejemplos de ellos sería el cultivo injertado en suelo y sustrato con riego al 100% estos fueron mayores en 42.5% y 38.90% respectivamente sobre los cultivos no injertados en suelo y sustrato con riego al 100%, el mismo caso fue en los cultivos con injerto en sustrato y suelo con riego al 75% con una diferencia del 50.55% y 34.97% sobre los cultivos sin injerto tanto en sustrato como suelo con volumen al 75%.

Ahora otro punto destacable es que los cultivos en sustrato fueron mayores que los cultivos en suelo donde se aprecia que los cultivos injertados en sustrato con riegos al 75% y 100% aumentaron su tamaño en un 54.6% y 51.36% respectivamente a los cultivos injertados en suelo con riegos al 75% y 100%, suscitando lo mismo en los cultivos sin injerto en cultivos en sustrato con riegos al 75% y 100% sobre los cultivos sin injerto en suelo con riegos al 75% y 100% respectivamente con una diferencia del 40.37% y 54.22% respectivamente, además, el riego afecto esta variable donde podemos observar que los cultivo con riego al 100% son mayores que los cultivos con riego al 75% esto siendo más notorio en los sustratos como en los cultivos sin injertado con riego al 100% sobre los cultivos sin injertar con riego al 75% con una diferencia notoria del 34.07%, así como en cultivos en suelo donde la diferencia es menor, pero con una tendencia de incrementar con riego al 100% el cultivo con y sin injerto aumentaron un 24.06% y 14.13% respecto a los cultivos con riego al 75%.

Materia seca total y biomasa acumulada diaria, en ambos casos ambos los tratamientos hubo letras iguales para cada tratamiento donde no hubo

diferencia significativa fue en los cultivos injertados y sin injerto en suelo con riego al 75% y 100% esto indicaría que se acumula la misma cantidad de biomasa en estas condiciones independientes al volumen hídrico o el injerto siendo el medio de cultivo el suelo, en cambio, para los cultivos en sustrato podemos observar una tendencia a incrementar con los injertos observándose tanto en riego al 75% y 100% los cuales aumentaron un 14.58% de materia seca total y 15.38% de acumulación de biomasa diaria así como se observó para el volumen de riego al 100% aumento un 14.02% de materia seca total y para biomasa diaria se aumentó en un 14.28% sobre los cultivos sin injerto con las mismas cantidades de volumen hídrico, pero si se observa una diferencia mayor entre cultivos en suelo y sustrato esto como ejemplo los cultivos en suelo con riego al 100% con injerto y sin injerto disminuyeron un 40.60% materia seca y 40.95% de biomasa diaria, mientras que los sin injerto se diferencian por 33.43% materia seca total 33.33% biomasa diaria respecto los cultivos de injertados en sustrato con riego al 100%, replicándose lo mismo en las plantas sin y con injerto en sustrato con riego al 75 y 100% referentes a las plantas sin injerto y con injerto en suelo con riego al 75 y 100%.

Todo lo anterior se puede justificar por siguiente, la biomasa responde a capacidad de fotosintética lo cual repercute en que la planta tenga un aumento o disminución (Velasco-Alvarado, *et al.*, 2016). Para que la capacidad fotosintética sea eficiente requiere, un aporte nutricional y de agua los cuales deben ser translocados de forma eficiente esto se ha logrado por medio de injertos (Hernández-González, *et al.*, 2014). Los cuales acumulan mayor biomasa por un aumento en la arquitectura de la planta (Miao, *et al.*, 2021). Además, esta acumulación de biomasa es influenciada por el equilibrio de asimilación de CO<sub>2</sub> y así como disminución en el estrés oxidativo lo cual influyen la transpiración lo cual es afectado por los estomas y el ABA en la planta y esto impacta de forma positiva a la biomasa para plantas en zonas áridas y semiáridas (Liu, *et al.*, 2016). En estas zonas el agua es bajo lo cual crea un estrés hídrico e incremento de la presión osmótica por ello la

captación de agua y nutrientes baja también y esto disminuye la biomasa (Bikdeloo, *et al.*, 2021).

### Rendimiento y calidad del fruto

**Tabla 5.** Comportamiento de los tratamientos respecto a peso y calidad comercial de frutos

Tratamiento			Variables de calidad del fruto		
Planta	Medio del cultivo	riego	Peso medio del fruto	Firmeza del fruto	Solidos solubles totales
Sin injerto	Suelo	100%	466.57cd	6.36ab	5.00ab
Con injerto	Suelo	100%	578.21b	6.36ab	4.80ab
Sin injerto	Suelo	75%	403.79d	5.46b	5.40a
Con injerto	Suelo	75%	499.93bcd	6.42ab	5.00ab
Sin injerto	Sustrato	100%	715.86a	6.92a	4.62ab
Con injerto	Sustrato	100%	795.50a	6.92a	4.56b
Sin injerto	Sustrato	75%	544.07bc	5.62ab	5.30ab
Con injerto	Sustrato	75%	715.36a	6.64ab	4.70ab
<b>Coefficiente de Variación</b>			23.88	23.27	17.67

La prueba de comparación de medias de LSD Fisher. Misma letra no hay diferencia estadística

Para la calidad del fruto presenta diferencia significativa, si se observa una tendencia de mayor valor en solidos solubles totales para los riegos al 75%, así como en firmeza de frutos también hubo deferencia estadística. Posiblemente por lo siguiente la interacción porta injerto y vástago es de importancia para los resultados que se esperen dado que puede afectar desde la arquitectura de la planta, así como la calidad de frutos (López-Marín, *et al.*, 2017). Modificando la calidad comercial de los frutos (Miao, *et al.*, 2019). Sin embargo, para que esto suceda debe haber una interacción entre vástago., y porta injertos en el caso del portainjerto *C. maxima* comerciales × Portainjertos de *C. moschata* no se

ven comprometidos a aumentar o disminuir ya que los resultados se aprecian más por la vigorosidad del híbrido y su expresión genética (Kyriacou, *et al.*, 2017). Siendo los sólidos solubles relacionados a los azúcares que el fruto contiene como glucosa, sacarosa y fructosa (Kyriacou, *et al.*, 2017; Zhao, *et al.*, 2018). Conforme el fruto se desarrolla las cantidades de fructosa y glucosa van aumentando alcanzando un 95% de estos en la pulpa y a su vez va disminuyendo la cantidad de sacarosa que ese en entre en el fruto (Hu, *et al.*, 2009). A su vez el contenido de azúcares que tiene un fruto puede estar relacionado al tamaño del fruto siendo que a menor tamaño mayor concentración de sólidos solubles totales (Al-Harbi, *et al.*, 2017). Siendo los valores de peso de fruto promedios oscilan entre 232 a 463 g y con ello sus sólidos solubles de 3.04 a 3.63 °brix (Chacón-Padilla y Monge-Pérez, 2020). Así mismo el peso medio puede variar entre 350-500 gramos (Valverde-Miranda, *et al.*, 2021). Mientras que la firmeza de los frutos está relacionados a la pared celular, la cual está afectada por la cantidad de calcio en los frutos manteniendo los frutos con buena consistencia debido a que este catión intervienen en los enlaces peptídicos y esto da una estructura y firmeza a la pared celular (Wei y Zhao, 2020), la cual está compuesta por polisacáridos y pectinas (Trandel, *et al.*, 2021), además de la interacción de los genotipos con el manejo agronómico y situaciones externas como el estrés abiótico (Rouphael, *et al.*, 2010).

Respecto al peso medio de los frutos, se puede observar que si hubo diferencia estadística entre frutos incluso en pepinos injertados los cuales tuvieron mejor desempeño que lo no injertados como el cultivo injertado en sustrato con riego al 75% sobre los cultivos no injertados con sustrato con riego al 75% con una diferencia del 23.94%, mismo caso, pero en menor apariencia fue en el cultivo no injertado en sustrato con riego al 100% con una diferencia del 10.11% disminuyendo respecto al cultivo injertado en sustrato con riego al 100%, replicándose en los cultivos en suelo, también el factor riego fue de relevancia como es el caso de los cultivos con riego al 100% en suelo con injerto y sin injerto los cuales fueron superiores por 13.53% y 13.45% sobre los cultivos con

riego al 75% en suelo con y sin injerto, un hecho es que los cultivos injertados tanto en suelo como sustrato con riego al 75% igualaron las medias que los cultivos sin injerto con riego al 100%.

Lo anterior se podría explicar de la siguiente manera, el peso de los frutos disminuye en función al régimen hídrico que se presenta este al ser más severo su afección es mayor pero el injerto al mejorar la tasa de nutrición, así como asimilación de agua aumenta la asimilación de CO<sub>2</sub> lo cual promueve eficientemente la producción mitigando el estrés, mientras que una reducción en el riego puede contribuir a un acomodo de la presión osmótica en el punto de anclaje radicular lo cual conlleva a adaptabilidad celular (Rouphael, *et al.*, 2008). Además, la arquitectura radicular está influenciada directamente por el punto de anclaje de la planta dado que este puede ser un terreno suave el cual permita un desarrollo prominente o áspero el cual reduzca la zona de la rizósfera, a su vez esto pondrá o limitará a disponibilidad de agua y nutrientes por una interacción del cultivo y sus circunstancias (Rich y Watt, 2013). Este efecto provoca que la raíz envíe señales a la parte aérea y esto a su vez influya en el rendimiento de los frutos (Passioura, 2002).

### Minerales

**Tabla 6.** Contenido de Elementos minerales en el Fruto.

Tratamiento			Macronutrientes (%)			
Planta	Medio del cultivo	riego	Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio
Sin injerto	Suelo	100%	1.30c	0.43d	3.98ab	2.42abc
Con injerto	Suelo	100%	1.17e	0.35f	3.60c	2.59ab
Sin injerto	Suelo	75%	1.24d	0.37ef	3.18d	2.09abc
Con injerto	Suelo	75%	1.19e	0.39e	3.90bc	2.68a
Sin injerto	Sustrato	100%	1.43a	0.55b	3.75bc	2.74a
Con injerto	Sustrato	100%	1.24d	0.52c	4.05ab	1.73c
Sin injerto	Sustrato	75%	1.36b	0.54b	3.93bc	1.85bc
Con injerto	Sustrato	75%	1.36b	0.60a	4.30a	2.22abc
<b>Coefficiente de Variación</b>			1.62	3.29	6.70	23.09

La prueba de comparación de medias de LSD Fisher. Misma letra no hay diferencia estadística



Para el ion nitrógeno podemos observar diferencias significativas como es el caso de los cultivos sin injerto que en el caso del suelo con riego al 75% y 100% aumentaron en un 4.03% y 10% sobre los cultivos injertados en suelo con riego al 75% y 100% respectivamente, ocurriendo lo mismo en el cultivo injertado en sustrato con riego al 100% el cual disminuyó en un 13.28% respecto al cultivo sin injertar, notándose también que los cultivos en sustrato tuvieron mejores medias que los cultivos en suelo con y sin injerto y con injerto con riego al 75% y 100% sobre los cultivos sin injerto y con injerto en suelo con riegos al 75% y 100% los cuales se diferenciaron con un aumento en sustrato con 12.5% y 8.82% para los cultivos sin injerto y con injerto en suelo con riego al 75% así como 5.64% y 9.09% para el riego al 100%. Posiblemente debido a que el ion nitrógeno se correlaciona con el crecimiento del cultivo, así como la actividad fotosintética que implica que una disminución de altura de planta se puede correlacionar con una disminución de nitrógeno para el ARN y con ello se evita una transcripción afectando a la duplicidad del ADN y esta afección se ve relacionada con la absorción de nitrógeno y el cierre estomático dicho trabajo fue presentado en pepino. (Lopez-Serrano, *et al*, 2019).

Para el fósforo se aprecian diferencias en los cultivos anclados al sustrato los cuales fueron de mayor media que los cultivos en suelo esto podría ser como ejemplo los cultivos sin y con injerto en sustrato con riego al 100% sobre los cultivos con y sin injerto al suelo con riego al 100% presentaron una diferencia del 32.69% y 21.81%, suscitando lo mismo con los cultivos injertado y sin injerto en sustrato con riego al 75% los cuales aumentaron en un 35% y 31% sobre los cultivos sin injertados y sin injerto en suelo con riego al 75%, así como el riego fue un factor determinante como el caso del suelo donde se observa que los cultivos con riegos al 100% tuvieron mejores medias en comparación a los cultivos con y sin injerto en suelo con riego al 75%. Los exudados de la raíz al ser más profundos y con mayor área puede interceder a la toma eficiente de nutrientes como fósforo un anión correlacionado con el crecimiento radicular, y las funciones energéticas de la planta (Kumar, *et al.*, 2017).

La concentración de potasio fue mayor en los cultivos con riego deficitario donde podemos observar la tendencia de aumentar siendo el cultivo injertado en sustrato con riego al 75% el de mayor media sobre el cultivo sin injerto en sustrato con riego al 75% con una diferencia del 8.6%, replicándose lo mismo en los cultivos injertados con suelo con riego al 75% el cual concentro un 18.46% más que el cultivo sin injerto en suelo con riego al 75% e incluso igualando la media que el cultivo con riego al 100 en suelo con planta sin injerto. El catión potasio es sintetizado conforme la planta lo requiere según se etapa fenológica siendo mayormente absorbido en las fases más maduras de la planta facilitado por el injerto (Velasco-Alvarado, *et al.*, 2016). El potasio se concentra mayoritariamente en el injerto esto debido a que se aumenta su movilidad en momentos de estrés por sequía al ser un ion que se correlaciona con el agua y su movimiento (Kumar, *et al.*, 2017). En la presión osmótica de los frutos lo cual incrementa su tolerancia a sequía y a su vez baja los niveles de nitrato (Proiett, *et al.*, 2008).

Para el catión calcio hubo diferencia significativa en los frutos el calcio es un señalizador de estrés el cual indica en fases tempranas que el agua no es suficiente y este se acumula en la célula cuando hay un estrés por sequía a su ve esto conlleva a que se acorten raíces y mayor apertura estomática además este ion está asociado a la pared celular y a disminuir el agua en la célula y concentrar más soluto crea una turgencia que puede extender la raíz en zonas con baja cantidad de agua disponible (Robbins y Dinneny, 2015).

### Actividad enzimática

**Tabla 7.** Actividad enzimática en frutos de pepino al momento de la cosecha

Planta	Tratamiento		Actividad enzimática			
	Medio del cultivo	Riego	CAT (U g <sup>-1</sup> PT)	APX (U g <sup>-1</sup> PT)	GPX(U <sup>-3</sup> g <sup>-1</sup> PT)	SOD (U <sup>-3</sup> g <sup>-1</sup> PT)
Sin injerto	Suelo	100%	1.94bc	1.06b	4.28b	1.19b
Con injerto	Suelo	100%	1.11d	0.28d	1.44de	0.33d
Sin injerto	Suelo	75%	3.69a	0.56c	6.01a	2.18 <sup>a</sup>
Con injerto	Suelo	75%	2.57b	0.30d	1.55de	0.46d
Sin injerto	Sustrato	100%	1.29cd	0.30d	2.93c	1.00bc
Con injerto	Sustrato	100%	0.35d	0.32d	1.29e	0.33d
Sin injerto	Sustrato	75%	0.80de	0.39cd	1.79d	0.71cd
Con injerto	Sustrato	75%	0.65de	1.26a	1.22e	0.35d
<b>Coefficiente de Variación</b>			33.41	24.04	15.69	36.38

La prueba de comparación de medias de LSD Fisher. Misma letra no hay diferencia estadística

Cabe destacar que en estas variables se busca una menor concentración de actividad enzimática, catalasa como el caso del cultivo injertado con sustrato con riego 100% el cual disminuyó un 72.86% en comparación al cultivo sin injerto en sustrato con riego al 100%.

Este comportamiento fue similar para el caso del cultivo injertado con sustrato riego al 75% el cual presenta una media inferior del 18.75% en contraste al cultivo sin injerto en sustrato con riego al 75%, el riego fue un factor determinante como es el caso de los cultivos injertados y sin injerto en sustrato con riego al 100% se observa que su media es mejor la cual disminuyó en un 46.15% y 37.98% respectivamente frente a los cultivos injertados y sin injertos en sustrato con riego al 75%, replicándose lo mismo en los cultivos injertados en suelo, ahora los cultivos en suelo aumentaron la concentración de catalasa

como es el caso del cultivo sin injerto en suelo con riego al 75% este aumento su estrés en un 78.31% sobre el cultivo sin injerto en sustrato con riego al 75%, del mismo modo el cultivo injertado en sustrato con riego al 100% disminuyo en un 81.95% en contraste al cultivo injertado en suelo con riego al 100%.

El ascorbato peroxidasa podemos observar que la diferencia está en los cultivos con injerto en sustrato con riego al 75% así como el cultivo sin injerto en suelo con riego al 100% siendo los de medias mayores.

En glutatión peroxidasa se observa que el de mayor media fue el cultivo sin injerto en suelo con riego al 75% esto referente a todos los demás tratamientos además el cual aumento su concentración en un 74.20% sobre el cultivo injertado en suelo con riego al 75%, suscitando lo mismo para el cultivo sin injerto en suelo con riego al 100% el cual aumento en un 66.35% sobre el cultivo injertado en suelo con riego al 100%, así mismo los de mayor concentración son en los cultivos en suelo como es el caso del cultivo sin injertado en suelo con riego al 75% este presento un aumento del 70.21% sobre el cultivo sin injerto en sustrato con riego al 75%, el cultivo injertado en sustrato con riego al 100% disminuyo un 10.41% frente al cultivo injertado en suelo con riego al 100% atribuyendo esto al injerto, también el factor del volumen del agua influyo en esto podemos observar que el cultivo sin injerto en suelo con riego al 100% disminuyo 28.78% en comparación al cultivo sin injerto con riego al 75%.

Superóxido dismutasa La tendencia de ser inferiores en los cultivos injertados se muestra como es el caso para los cultivos injertados en suelo con riego al 75 y 100% los cuales son inferiores en un 78.89% y 72.26% respecto al cultivo sin injerto en suelo con riego al 75% y 100%, el cultivo con injerto en sustrato con riegos al 75% y 100% disminuyeron un 50.76% y 67% referente al cultivo sin injerto en sustrato con riegos al 75 y 100% respectivamente, ahora para el caso del cultivo en medio de cultivo también fue un factor determinante donde se observó que los cultivos en suelo aumentaron esto como es el caso del cultivo sin injerto en suelo con riego al 75 % con una diferencia del 67.43% sobre el cultivo sin injerto en sustrato con riego al 75%, mientras el cultivo en suelo injertado con riego al 100% comparado con el cultivo con riego al 100%

injertado en sustrato no tienen diferencia estadística, ahora el factor del agua podemos observar que el riego al 100% en plantas sin injertar en suelo disminuyó en un 45.41% en comparación al cultivo sin injerto en suelo con riego al 75%, asimismo el cultivo injertado presentó letras similares lo cual indica que mitigó esto.

Estas diferencias se podrían explicar por lo siguiente, la planta generalmente sufre un estrés tanto biótico como abiótico dado por las condiciones ambientales quedando la reacción del fenotipo en una interacción con el mismo (Koevoest, *et al.*, 2016). El principal factor medio ambiental que existe es la limitación del agua (Chen, *et al.*, 2017), lo que conlleva incertidumbre en la nutrición del cultivo y con ello en lo económico (Kumar, *et al.*, 2017). Siendo los cultivos llevados al límite en situaciones estresantes como factores abióticos como la sequía, la presión osmótica en los suelos creando condiciones desfavorables para la célula lo cual crea especies reactivas al oxígeno a través del metabolismo (Kapoor, *et al.*, 2019). Estas especies (ROS) oxidan el interior de la célula lo cual provoca un deterioro o muerte celular producido por un sistema aerobio sin embargo en niveles de base o moderados estos son señalizadores de la fisiología básica y metabolismo celular, siendo los principales causantes del ion súper oxido y peróxido de hidrógeno (Mittler, 2017). Sin embargo, al ser removidos del interior de la célula permiten una vida útil y eficiente a la planta, no obstante, al incrementarse crea un desequilibrio lo cual perjudica a la planta en su desarrollo (Carvajal, 2019). Siendo contraproducente para las membranas lipídicas del mismo modo las proteínas y los ácidos nucleicos viéndose afectados por el estrés generado por oxidación esto debido a los radicales libres los cuales son moléculas inestables en sus orbitales donde se encuentran electrones desapareados los cuales ceden para estabilizarse requieren otro elemento que les ayude como el oxígeno (Phaniendra, *et al.*, 2015). Los cuales se ven en las áreas de peroxisomas, mitocondrias, cloroplastos y en la membrana (Hasanuzzaman, *et al.*, 2020).

Para que esto suceda, el estrés debe ser prolongado e intenso siendo un factor abiótico el déficit hídrico, creando ROS activando el sistema de defensa enzimático, a decir, CAT, SOD, APX y GPX los cuales son la línea de defensa frente a  $O_2^-$  y  $H_2O_2$  los cuales son aceptores de electrones que son tomado por la ribulosa la cual toma oxígeno en vez de  $CO_2$  lo cual disminuye el NADPH creando acumulación de radicales libres. Siendo tres niveles de sequía el más intenso es el menos del 40% mientras que el moderado oscila entre 40 y 60% y el leve del 70 al 90 % respecto al tratamiento control con un riego al 100% (Laxa, *et al.*, 2019).

El uso de injertos en la agricultura ha contribuido a mejorar la calidad de los frutos debido al uso de patrones que son resistentes a patógenos del suelo y a estrés hídrico (Hernández-González, *et al.*, 2014). Como ejemplo el uso de injertos de pepino y calabaza promueve un buen desarrollo radicular el cual toma agua y nutrientes mejor y con ello un mejor rendimiento (Hernández-González, *et al.*, 2014). La planta injertada activa el sistema antioxidante al momento de realizar las lesiones al cultivo además se observa en los primeros días al injerto la mayor actividad de las ROS para posteriormente disminuir su actividad conforme la planta se adapta al lugar donde será establecida (Arias, *et al.*, 2021). La primera línea de defensa es el súperoxido dismutasa es por ello que se ve reflejado la actividad enzimática del mismo, así como el ascorbato peroxidasa es quien entra en la célula del sistema fotosintético del cloroplasto además de ello estas actividades son señalizadores que manipulan el crecimiento y desarrollo esto por un ion calcio el cual es indicador de las plantas el cual se ve involucrado en la peroxidacion de la membrana (Hasanuzzaman, *et al.*, 2020). El estrés por ROS ayuda al cierre estomático en hojas siendo el lugar donde se acumulan mayormente, además siendo autorregulado debido a que las enzimas catalizadoras enfrentan directamente a los radicales libres que hay por el estrés (Kumar, *et al.* 2017). La peroxidacion de la membrana celular se puede disminuir el estrés oxidativo por el efecto positivo de los injertos (portainjerto) ante estrés hídrico que pueda existir con ello disminuyendo la acumulación de especies reactivas al oxígeno esto lo vieron en plantas de

tomate (Zhang, *et al.*, 2019). La acumulación de ROS se puede ver influenciada por la capacidad del aérea radicular a su adaptación a la zona donde se presente y con ello asistiendo sobre la actividad enzimática debido a la captación de CO<sub>2</sub> y agua de acuerdo a donde este colocado puede aumentar o disminuir el ataque a la membrana lipídica (Lopez-Serrano, *et al.*, 2019). En un genotipo sin injerto de tomate bajo estrés hídrico en un modo severo (50%) y leve (75%) frente a su control para actividad enzimática como catalasa, ascorbato peroxidasa y glutatión peroxidasa en producción del cultivo no presento diferencia significativa cabe señalar que el cultivo estaba en sustrato (Méndez-Vázquez, *et al.*, 2021).

## Conclusiones

La productividad y la producción del cultivo del pepino se vieron beneficiados con el uso de los injertos, establecidos en sustrato, en tanto que el déficit hídrico a plantas injertadas y establecidas en suelo presentaron reducción en estos parámetros.

El ambiente de crecimiento afectó de manera significativa el comportamiento comercial de los frutos, siendo las plantas injertadas con utilizando el sustrato peat moss como medio de cultivo, en láminas de riego del 100 y 75%.

En general los macroelementos como nitrógeno se observó que fue inferior en cultivos injertados en general, siendo mayor en cultivos en sustrato y con riego al 100%, para fosforo se comportó de igual forma, mientras que para potasio se ve incrementado por el sustrato y el volumen de agua al 75%, mientras que calcio se ve generalmente mayor el contenido en pepino injertado con riego al 75% tanto en suelo como sustrato.

La actividad enzimática se afectó fundamentalmente por el ambiente de riego deficitario, donde se obtuvo una respuesta favorable en cuanto a mayor contenido enzimático, lo que garantiza que fueran frutos de mejor calidad nutracéutica.



## Referencias

- Ahanger, M., Tomar, N., Tittal, M., Argal, S., & Agarwal, R. (2017). Plant growth under water/salt stress: ROS production; antioxidants and significance of added potassium under such conditions. *Physiol Mol Biol Plants*, 23(4), 731-744. doi: 10.1007/s12298-017-0462-7
- Al-Harbi, A., Al-Omran, A., & Alharbi, K. (2017). Grafting improves cucumber water stress tolerance in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(2), 298-304. doi:https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.10.025
- Apel , K., & Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Plant Biology*, 373-399. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15377225/>
- Arias Padró, M., Caboni, E., Salazar Morin, K., Meraz Mercado, M., & Olalde-Portugal, V. (2021). Effect of *Bacillus subtilis* on antioxidant enzyme activities in tomato grafting. *Peerj*, 9, 1-28. doi:https://doi.org/10.7717/peerj.10984
- Asada, K. (2006). Production and Scavenging of Reactive Oxygen Species in Chloroplasts and Their Functions. *Plant Physiol*, 391-396. Obtenido de <http://www.plantphysiol.org/content/plantphysiol/141/2/391.full.pdf>
- Aslam, W., Shahzad Noor, R., Hussain, F., Ameen, M., Ullah, S., & Chen, H. (2020). Evaluating Morphological Growth, Yield, and Postharvest Fruit Quality of Cucumber (*Cucumis Sativus* L.) Grafted on Cucurbitaceous Rootstocks. *agriculture*, 10(101), 1-19. doi:http://dx.doi.org/10.3390/agriculture10040101
- Basto-Pool, C., Herrera-Parra, E., & Hernández-Pinto, C. (2020). Importancia del injerto en hortalizas. *Bioagrobiencias*, 14(1), 18-24.
- Basu, S., Ramegowda, V., & Kumar, A. (2016). Plant adaptation to drought stress [version 1; peer review: 3 approved]. *F1000Research*, 5, 1-10. doi:https://doi.org/10.12688/f1000research.7678.1
- Bikdeloo, M., Colla, G., Roupael, Y., Hassandokht , M., Soltani, F., Salehi, R., . . . Cardarelli, M. (2021). Morphological and Physio-Biochemical Responses of Watermelon Grafted onto Rootstocks of Wild Watermelon [*Citrullus colocynthis* (L.) Schrad] and Commercial Interspecific Cucurbita Hybrid to Drought Stress. *Horticulturae*, 7, 1-12. doi:https://doi.org/10.3390/horticulturae7100359
- Bradford, M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.

- Carvajal Carvaja, C. (2019). Especies reactivas del oxígeno: formación, función y estrés oxidativo. *Medicina Legal de Costa Rica*, 36(1), 91-100.
- Chacón-Padilla, K., & Monge-Pérez, J. (2020). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero: comparación entre tipos de pepino. *Tecnología en Marcha*, 33(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.18845/tm.v33i1.5018>
- Chaves, M., Flexas, J., & Pinheiro, C. (2008). Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany*, 551-560. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/23133543\\_Photosynthesis\\_Under\\_Drought\\_and\\_Salt\\_Stress\\_Regulation\\_Mechanisms\\_From\\_Whole\\_Plant\\_to\\_Cell](https://www.researchgate.net/publication/23133543_Photosynthesis_Under_Drought_and_Salt_Stress_Regulation_Mechanisms_From_Whole_Plant_to_Cell)
- Chen, X., Qiu, L., Guo, H., Wang, Y., Yuan, H., Yan, D., & Zheng, B. (2017). Spermidine induces physiological and biochemical changes in southern highbush blueberry under drought stress. *Brazilian Journal of Botany*, 40(4), 841-851. doi:10.1007/s40415-017-0401-4
- Colla, G., Fiorillo, A., Cardarelli, M., & Roupshael, Y. (2014). Grafting to Improve Abiotic Stress Tolerance of Fruit Vegetables. *Acta Horticulturae*, 1041, 119-125. doi:<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1041.12>
- Cruz, F. (1990). Injerto en cuña. Un nuevo método de injerto para cucurbitáceas. *Un horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros*, 56, 81-90.
- DHINDSA, R., PLUMB-DHINDSA, P., & THORPE, T. (1981). Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decrease levels of superoxide dismutase and catalase. *J. Exp. Bot.* 32, 93-101. *J. Exp. Bot.*, 32, 93-101.
- Díaz-Méndez, H., Preciado-Rangel, P., Sánchez Chávez, E., Esparza Rivera, J., Fortis Hernández, M., & Álvarez-Reyna, V. (2018). El potasio en la calidad nutracéutica de frutos de pepino hidropónico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(spe20), 4245-4250. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342018000804245&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342018000804245&script=sci_arttext)
- Dodd, A., Kudla, J., & Sanders, D. (2010). The Language of Calcium Signaling. *Annual Review of Plant Biology*, 593-630. Obtenido de <https://scihub.tw/https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-070109-104628>
- FAO. (2021). FAOSTAT. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/es/#home>

- Farhadi, A., Aroei, H., Nemati, H., Salehi, R., & Giuffrida, F. (2016). The Effectiveness of Different Rootstocks for Improving Yield and Growth of Cucumber Cultivated Hydroponically in a Greenhouse. *Horticulturae*, 2(1), 1-7. doi:<https://doi.org/10.3390/horticulturae2010001>
- Fernández, M., Thompson, R., Bonachela, S., Gallardo, M., & Granados, M. (2012). USO DEL AGUA DE RIEGO EN LOS CULTIVOS EN INVERNADERO. *CUADERNOS DE ESTUDIOS AGROALIMENTARIOS*, 115-138.
- FLOHÉ, L., & GÜNZLER, W. (1984). Assays of glutathione peroxidase. In: *Methods in enzymology*. Academic Press. New York.
- Freitas, I., Roldán, G., Macedo, A., & Mello, S. (2021). The responses of photosynthesis, fruit yield and quality of mini-cucumber to LED-interlighting and grafting. *Horticultura Brasileira*, 39(1), 86-93. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-20210113>
- Geng, S., Yan, D., Zhang, T., Weng, B., Zhang, Z., & Qin, T. (2014). Effects of drought stress on agriculture soil. *Natural Hazards*, 75(2), 1997-2011. doi:[10.1007/s11069-014-1409-8](https://doi.org/10.1007/s11069-014-1409-8)
- Gómez-Calderón, N., Villagra-Mendoza, K., & Solorzano-Quintana, M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Revista Tecnológica en Marcha*, 31(1), 167-177. doi:<http://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i1.3506>
- Gonzalez Robaina, F., Herrera Puebla, J., Lopez Seijas, T., Cid Lazo, G., Dios-Palomares, R., Hernandez Rueda, M., . . . Romero Soza, A. (2014). Uso de las Funciones Agua-Rendimiento y la productividad agronómica del agua en la planificación del agua en cultivos de importancia agrícola en Cuba. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 1(1), 95-114. Obtenido de <https://revistas.unanleon.edu.ni/index.php/REBICAMCLI/article/view/10/7>
- Grimaldo Juárez, O., Suárez Hernández, Á., Vargas-Hernández, E., Carrasco Peña, L., & Morales Zamorano, L. (2020). Concentración de nutrientes en hoja y calidad de pepino en plantas injertadas bajo condiciones salinas. *Idesia*, 38(2), 41-48. Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34292020000200041&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34292020000200041&script=sci_arttext)
- Guan, w., Haseman, D., & Nowaskie, D. (2020). Rootstock Evaluation for Grafted Cucumbers Grown in High Tunnels: Yield and Plant Growth. *HORTSCIENCE*, 56(6), 914-919. doi:<https://doi.org/10.21273/HORTSCI14867-20>

- GUISOLFI, L., VIEIRA LO MONACO, P., RAMALHO HADDADE, I., KRAUSE, M., MERLO MENEGHELLI, L., & ALMEIDA, K. (2018). PRODUCTION OF CUCUMBER SEEDLINGS IN ALTERNATIVE SUBSTRATES WITH DIFFERENT COMPOSITIONS OF AGRICULTURAL RESIDUES. *Revista Caatinga*, 31(3). doi:<https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n330rc>
- Harada, T. (2010). Grafting and RNA transport via phloem tissue in horticultural plants. *Scientia Horticulture*, 125(4), 545-550. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423810002256?via%3Dihub>
- Hasanuzzaman, M., Bhuyan , M., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohammad Mohsin, S., Al Mahmud, J., . . . Fotopoulos, V. (2020). Reactive Oxygen Species and Antioxidant Defense in Plants under Abiotic Stress: Revisiting the Crucial Role of a Universal Defense Regulator. *Antioxidant*, 9, 1-52.
- Hernández-González, Z., Sahagún-Castellanos, J., Espinosa-Robles, P., Colinas-León, M., & Rodríguez-Pérez, J. (2014). Efecto del patrón en el rendimiento y tamaño de fruto en pepino injertado. *Rev. fitotec. mex*, 37(1), 41-47. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802014000100007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802014000100007)
- Hochmuth, R. (2018). Greenhouse Cucumber Production—Florida Greenhouse Vegetable Production Handbook, Vol 3. *University of Florida*, 1-6. Obtenido de <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/CV/CV268/CV268-5973228.pdf>
- Hu, L.-P., Meng, F.-Z., Wang, S.-H., Sui, X.-L., Li, W., Wei, Y.-X., . . . Zhang, Z.-X. (2009). Changes in carbohydrate levels and their metabolic enzymes in leaves, phloem sap and mesocarp during cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruit development. *Scientia Horticulturae*, 121(2), 131-137. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.01.023>
- Huseynova, I., Aliyeva, D., Mammadov1, A., & Aliyev, J. (2015). Hydrogen peroxide generation and antioxidant enzyme activities in the leaves and roots of wheat cultivars subjected to long-term soil drought stress. *Photosynth Res*, 279-289. Obtenido de <https://www.sci-hub.tw/10.1007/s11120-015-0160-7>
- Jang, Y., Goto, E., Ishigami, Y., Mun, B., & Chun, C. (2011). Effects of Light Intensity and Relative Humidity on Photosynthesis, Growth and Graft-take of Grafted Cucumber Seedlings during Healing and Acclimatization. *Hort. Environ. Biotechnol*, 52(4), 331-338. doi:<https://doi.org/10.1007/s13580-011-0009-8>
- Juárez Hernández, M., Baca Castillo, G., Aceves Navarro, L., Sánchez García, P., Tirado Torres, J., Sahagún Castellanos, J., & Colinas De León, M.

- (2006). PROPUESTA PARA LA FORMULACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN ESTUDIOS DE NUTRICIÓN VEGETAL. *Interciencia*, 31(4), 246-253. Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442006000400003](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000400003)
- Kapoor, D., Singh, S., Kumar, V., Romero, R., Prasad, R., & Singh, J. (2019). Antioxidant enzymes regulation in plants in reference to reactive oxygen species (ROS) and reactive nitrogen species (RNS). *Plant Gene*, 19, 1-13.
- Koevoest, I., Venema, J. H., Elzenga, J., & Testerink, C. (2016). Roots Withstanding their Environment: Exploiting Root System Architecture Responses to Abiotic Stress to Improve Crop Tolerance. *frontiers in plant Science*, 7, 1-19. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01335>
- Kopittke, P., Menzies, N., Wang, P., McKenna, B., & Lombi, E. (2019). Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment International*, 132, 105078. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105078>
- Kumar, p., Roupael, Y., Cardarelli, M., & Colla, G. (2017). Vegetable Grafting as a Tool to Improve Drought Resistance and Water Use Efficiency. *Frontiers in Plant Science*, 8(1130), 1-9. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01130>
- KUMAR, R., KUMAR MEENA, J., & YADAV, N. (2017). Breeding cucumber for quality improvement. *International Journal of Farm Sciences*, 7(1), 54-56. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Jitendra-Kumar-Meena-2/publication/349428381\\_Breeding\\_cucumber\\_for\\_quality\\_improvement/links/602f9f7f299bf1cc26d67c4c/Breeding-cucumber-for-quality-improvement.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jitendra-Kumar-Meena-2/publication/349428381_Breeding_cucumber_for_quality_improvement/links/602f9f7f299bf1cc26d67c4c/Breeding-cucumber-for-quality-improvement.pdf)
- Kyriacou, M., Roupael, Y., Colla, G., Zrenner, R., & Schwarz, D. (2017). Vegetable Grafting: The Implications of a Growing Agronomic Imperative for Vegetable Fruit Quality and Nutritive Value. *Frontiers in plant science*, 8, 741. doi:<https://dx.doi.org/10.3389/fpls.2017.00741>
- Laxa, M., Liebtha, M., Telman, W., Chibani, K., & Dietz, K.-J. (2019). The Role of the Plant Antioxidant System in Drought Tolerance. *Antioxidant*, 8(4), 2-32. doi:<https://doi.org/10.3390/antiox8040094>
- Lee, J.-M., Kubota, C., Tsao, S., Bie, Z., Hoyos Echevarria, P., Morra, L., & Oda, M. (2010). Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae*, 127, 93-105. Obtenido de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423810003699>

- Li, X., Zeng, R., & Liao, H. (2016). Improving crop nutrient efficiency through root architecture modifications. *Journal of integrative plant Biology*, 58(8), 193-202. doi:<https://doi.org/10.1111/jipb.12434>
- Li, Y., Li, S., He, X., Jiang, W., Zhang, D., Liu, B., & Li, Q. (2020). Plant Physiology and Biochemistry. CO<sub>2</sub> enrichment enhanced drought resistance by regulating growth, hydraulic conductivity and phytohormone contents in the root of cucumber seedlings, 152, 62-71. doi:<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.04.037>
- Liang, B., Ma, C., Zhang, Z., Wei, Z., Gao, T., Zhao, Q., . . . Li, C. (2018). Long-term exogenous application of melatonin improves nutrient uptake fluxes in apple plants under moderate drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 155, 650-661. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.08.016>
- Liu, S., Li, H., Lv, X., Ahammed, G., Xia, X., Zhou, J., . . . Zhou, Y. (2016). Grafting cucumber onto luffa improves drought tolerance by increasing ABA biosynthesis and sensitivity. *Scientific Reports*, 1-14. doi:DOI: 10.1038/srep20212
- López-Marín, J., Gálvez, A., M. del Amor, F., Albacete, A., Fernández, J., Egea-Gilabert, C., & Pérez-Alfocea, F. (2017). Selecting vegetative/generative/dwarfing rootstocks for improving fruit yield and quality in water stressed sweet peppers. *Scientia Horticulturae*, 214, 9-17. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.11.012>
- Lopez-Sanchez, P., Martinez-Sanz, M., Bonilla, M., Wang, D., Walsh, C., Gilbert, J., & Gidley, M. (2016). Pectin impacts cellulose fibre architecture and hydrogel mechanics in the absence of calcium. *Carbohydrate Polymers*, 153, 236-245. doi:<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.carbpol.2016.07.113>
- Lopez-Serrano, L., Canet-Sanchis, G., Vulentin Selak, G., Penella, C., San Bautiza, A., Lopez-Galarza, S., & Calatayud, A. (2019). Pepper Rootstock and Scion Physiological Responses Under Drought Stress. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1-13. Obtenido de <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2019.00038/full>
- Luna-Flores, W., Estrada-Medina, H., Morales-Maldonado, E., & Álvarez-Rivera, O. (2015). ESTRÉS POR DÉFICIT HÍDRICO EN PLANTAS: UNA REVISIÓN. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia*, 3(30), 61-69. Obtenido de

[https://www.researchgate.net/publication/283777734\\_Plant\\_stress\\_by\\_water\\_deficit\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/283777734_Plant_stress_by_water_deficit_A_review)

- Luo, L., Zhang, Y., & Xu, G. (2020). How does nitrogen shape plant architecture? *Journal of Experimental Botany*, 71(15), 4415-4427. doi:<https://doi.org/10.1093/jxb/eraa187>
- Ma, X., Zhang, J., Burgess, P., Rossi, S., & Huang, B. (2017). Interactive effects of melatonin and cytokinin on alleviating drought-induced leaf senescence in creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*). *Environmental and Experimental Botany*, 45, 1-11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.10.010>
- Malhotra, H., Vandana, Sharma, S., & Pandey, R. (2018). Phosphorus Nutrition: Plant Growth in Response to Deficiency and Excess. *Plant Nutrients and abiotic stress Tolerance*, 171-190. doi:10.1007/978-981-10-9044-8\_7
- Matos Soriano, C. M. (2012). *EFECTO DE CUATRO NIVELES DE CALCIO EN LA PUDRICIÓN APICAL DEL FRUTO DE TOMATE (Lycopersicon esculentum mill) VAR. LIA*. Tacna, Peru. Obtenido de [http://tesis.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/2918/15\\_2012\\_matos\\_soriano\\_cm\\_fcag\\_agronomia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/2918/15_2012_matos_soriano_cm_fcag_agronomia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Maurya, D., Kumar Pandey, A., Kumar, V., Dubey, S., & Prakash, V. (2019). Grafting techniques in vegetable crops: A review. *International Journal of Chemical Studies*, 1664-1672. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/333186096\\_Grafting\\_techniques\\_in\\_vegetable\\_crops\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/333186096_Grafting_techniques_in_vegetable_crops_A_review)
- Méndez-Vázquez, J., Benavides-Mendoza, A., Juárez-Maldonado, A., Cabrera-De la Fuente, M., Robledo-Olivo, A., & González-Morales, S. (2021). Efecto del riego deficitario en la acumulación de compuestos antioxidantes en plantas de tomate. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2), 1-9. doi:<https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2822>
- Meneses-Fernández, C., & Quesada-Roldán, G. (2018). Crecimiento y rendimiento del pepino holandés en ambiente protegido y con sustratos orgánicos alternativos. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 235-250. doi:<http://dx.doi.org/10.15517/ma.v29i2.28738>
- Mengel, K., & Kirby, E. (2000). *Principios de Nutrición Vegetal*. (R. J. Melgar, Trad.) Suiza: Instituto Internacional del Potasio. Obtenido de [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod\\_resource/content/2/PRINCIPIOS%20DE%20NUTRICION%20VEGETAL.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod_resource/content/2/PRINCIPIOS%20DE%20NUTRICION%20VEGETAL.pdf)
- Miao, L., Di, Q., Sun, T., Li, Y., Duan, Y., Wang, J., . . . Yu, X. (2019). Integrated Metabolome and Transcriptome Analysis Provide Insights into

- the Effects of Grafting on Fruit Flavor of Cucumber with Different Rootstocks. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(14), 1-18. doi:<https://doi.org/10.3390/ijms20143592>
- Miao, L., Li, Q., Sun, T.-s., Chai, S., Wang, C., Bai, L., . . . Yu, X. (2021). Sugars promote graft union development in the heterograft of cucumber onto pumpkin. *Horticulture Research*, 1-17. doi:<https://doi.org/10.1038/s41438-021-00580-5>
- Mittler, R. (2017). ROS Are Good. *Trends in Plant Science*, 22(1), 11-19. doi:[doi.org/10.1016/j.tplants.2016.08.002](https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.08.002)
- Naegele, R., & Wehner, T. (2016). Genetic Resources of Cucumber. *Plant Genetics and Genomics*, 20, 61-86. doi:[https://doi.org/10.1007/7397\\_2016\\_15](https://doi.org/10.1007/7397_2016_15)
- Naizaque, J., García, G., Fischer, G., & Melgarejo, L. (2017). RELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD ESTOMÁTICA, LA TRANSPIRACIÓN Y LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN FEIJOA (*Acca sellowiana* [O. BERG] BURRET). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 17(1), 115-121. Obtenido de <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/946/1162>
- NAKANO, Y., & ASADA, K. (1987). Purification of ascorbate peroxidase in spinach chloroplasts; Its inactivation in ascorbate-depleted medium and reactivation by monodehydroascorbate radical. *Plant Cell Physiol*, 28, 131-140.
- Nawaz, M., Imtiaz, M., Kong, Q., Cheng, F., Ahmed, W., Huang, Y., & Bie, Z. (2016). Grafting: A Technique to Modify Ion Accumulation in Horticultural Crops. *frontiers in plant Science*, 7, 1457. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01457>
- Nieves-Cordones, M., Al Shiblawi , F., & Sentenac, H. (2016). Roles and Transport of Sodium and Potassium in Plants. *Metal ion in life Science*, 291-324. Obtenido de [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-21756-7\\_9](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-21756-7_9)
- Niu, M., Sun, S., Nawaz, M. A., Sun, J., Cao, H., Lu, J., . . . Bie, Z. (2019). Grafting Cucumber Onto Pumpkin Induced Early Stomatal Closure by Increasing ABA Sensitivity Under Salinity Conditions. *frontiers in plant Science*, 10, 1-10. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01290>
- Omar , G., & Elhamahmy, M. (2019). Effect of Rootstocks on Vegetative Growth, Yield and Fruit Quality of Cucumber. *Hortscience Journal of Suez Canal University*, 8(1), 1-10.



- Passioura, J. (2002). Soil conditions and plant growth'. *Plant Cell Environ*, 25(2), 311-318. doi:<https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00802.x>
- Peralta-Manjarrez, R., Cabrera-De la Fuente, M., Morelos-Moreno, A., Benavides Mendoza, A., Ramírez-Godina, F., & González Fuentes, J. (2016). Micromorfología del pepino obtenido mediante injerto y desarrollado en dos sistemas de fertilización. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (17), 3453-3463. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263149506006>
- Pérez Zamora, O., Cigales Rivero, M., Orozco Santos, M., & Pérez Castro, K. (2004). Tension de humedad del suelo y fertilizacion nitrogenada. *Agrociencia*, 261-272.
- Petre, S., Pele, M., & Draghici, E. (2015). Influence of Perlite and Jiffy Substrates on Cucumber Fruit Productivity and Quality. *Journal of Agricultural Science*, 7(8), 185-196. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/866c/a38ec4e4b604521e2551b4068ec4ff380d87.pdf>
- Phaniendra, A., Babu Jestadi, D., & Periyasamy, L. (2015). Free Radicals: Properties, Sources, Targets, and Their Implication in Various Diseases. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 30(1), 11-26.
- Piedrahita, O. (2012). CALCIO EN LAS PLANTAS. *nuprec*, 1-10. Obtenido de [http://nuprec.com/Nuprec\\_Sp\\_archivos/Literatura/Calcio/Calcio%20en%20Plantas.pdf](http://nuprec.com/Nuprec_Sp_archivos/Literatura/Calcio/Calcio%20en%20Plantas.pdf)
- Ramos, S., Faquin, V., Guilherme, L., Castro, E., Ávila, F., Carvalho, G., . . . Oliveira, C. (2010). Selenium biofortification and antioxidant activity in lettuce plants fed with selenate and selenite. *Plant Soil Environ.*, 56, 584-588. doi:<https://doi.org/10.17221/113/2010-PSE>
- Ramos Oseguera, C., Castro Ramírez, A., León Martínez, N., Álvarez Solís, J., & Huerta Lwanga, E. (2019). Lombricomposta para recuperar la fertilidad de suelo franco arenoso y el rendimiento de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.). *Terra Latinoamericana*, 37(1), 45-55. doi:<https://doi.org/10.28940/tl.v37i1.331>
- Rich, S., & Watt, M. (2013). Soil conditions and cereal root system architecture: review and considerations for linking Darwin and Weaver. *Journal of Experimental Botany*, 64(5), 193-208. doi:<https://doi.org/10.1093/jxb/ert043>
- Rivera Fernández, R., Heredia Pinos, M., Moreira Saltos, J., Apolo Bosquez, J., Caicedo Camposano, O., & Cabrera Verdezoto, R. (2021). Efecto del riego deficitario aplicado en etapa inicial del cultivo de pepino (*Cucumis*

- sativus) en un suelo franco. *Ciencias Agrarias*, 14(1), 55-60. doi:<https://doi.org/10.18779/cyt.v14i1.459>
- Rivero, R., Ruiz, J., & Romero, L. (2003). Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. *Food, Agriculture & Environment*, 1(1), 70-74. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Rosa\\_Rivero/publication/236211274\\_Role\\_of\\_grafting\\_in\\_horticultural\\_plants\\_under\\_stress\\_condition/links/00b495170043787b85000000/Role-of-grafting-in-horticultural-plants-under-stress-condition.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rosa_Rivero/publication/236211274_Role_of_grafting_in_horticultural_plants_under_stress_condition/links/00b495170043787b85000000/Role-of-grafting-in-horticultural-plants-under-stress-condition.pdf)
- Robbins, N., & Dinneny, J. (2015). The divining root: moisture-driven responses of roots at the micro- and macro-scale. *Journal of Experimental Botany*, 66(8), 2145-2154. doi:<https://doi.org/10.1093/jxb/eru496>
- Rodríguez, C. (2002). RESIDUOS GANADEROS. *Cursos de Introducción a la Producción Animal. FAV, UNRC*, 1-7. Obtenido de [https://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/05-residuos\\_ganaderos.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/05-residuos_ganaderos.pdf)
- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Colla, G., & Rea, E. (2008). Yield, Mineral Composition, Water Relations, and Water Use Efficiency of Grafted Mini-watermelon Plants Under Deficit Irrigation. *HORTSCIENCE*, 43(3), 730-736. doi:<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.3.730>
- Rouphael, Y., Kyriacou, M., Petropoulos, S., De Pascale, S., & Colla, G. (2018). Improving vegetable quality in controlled environments. *Scientia Horticulturae*, 234, 275-289. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.033>
- Rouphael, Y., Schwarz, D., Krumbein, A., & Colla, G. (2010). Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 172-179. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.001>
- Salas Sanjuan, M. (2005). Manejo de los nutrientes aportados por fertirrigación en cultivos sin suelo. *Vida Rural*, 38-43. Obtenido de [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_vrural/vrural\\_2005\\_205\\_38\\_43.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural/vrural_2005_205_38_43.pdf)
- Sardans, J., & Peñuelas, J. (2021). Potassium Control of Plant Functions: Ecological and Agricultural Implications. *Plants*, 10(2), 1-31. doi:<https://doi.org/10.3390/plants10020419>
- Schwarz, D., Rouphael, Y., Colla, G., & Venema, J. (2010). Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: Thermal stress, water stress and organic pollutants. *Scientia Horticulturae*, 127, 162-171. Obtenido de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423810004243>

- Sharma, A., & Zheng, B. (2019). Melatonin Mediated Regulation of Drought Stress: Physiological and Molecular Aspects. *Plants*, 8(7), 1-17. doi:<https://doi.org/10.3390/plants8070190>
- Sharma, A., Shankhdha, D., & Shankhdhar, S. (2017). THE ROLE OF CALCIUM IN PLANT SIGNAL TRANSDUCTION UNDER MACRONUTRIENT DEFICIENCY STRESS. *Plant Micronutrient Use Efficiency*, 181-196. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811308-0.00010-7>
- Sharma, A., Wang, J., Xu, D., Tao, S., Chong, S., Yan, D., . . . Zheng, B. (2020). Melatonin regulates the functional components of photosynthesis, antioxidant system, gene expression, and metabolic pathways to induce drought resistance in grafted *Carya cathayensis* plants. *Science of the Total Environment*, 136675, 1-13. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136675>
- Sharma, V., Sharma, L., & Sandhu, K. (2020). Cucumber (*Cucumis sativus* L.). In: Nayik, G.A., Gull, A. (eds) Antioxidants in Vegetables and Nuts - Properties and Health Benefits. *Springer, Singapore*, 333-340. doi:[https://doi.org/10.1007/978-981-15-7470-2\\_17](https://doi.org/10.1007/978-981-15-7470-2_17)
- SIAP. (2021). Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Retrieved from <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Silva, C. B., de Moraes, M. F., & Molin , J. P. (2011). Adoption and use of precision agriculture technologies in the sugarcane industry of São Paulo state, Brazil. 12, 67-81. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11119-009-9155-8#citeas>
- Singh, H., Sethi, S., Kaushik, P., & Fulford, A. (2020). Grafting vegetables for mitigating environmental stresses under climate change: a review. *Journal of Water and Climate Change*, 11(4), 1784-1797. doi:<https://doi.org/10.2166/wcc.2019.177>
- Steiner, A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil*, 15, 134-154.
- Tarango Arámbula, L. A. (2005). PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS DE DESARROLLO DE LAS ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS DE MÉXICO. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 4(2), 17-21. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4555/455545052003.pdf>

- Tausz, M., Dreyer, E., & De Kok, L. (2009). Plant functioning in a changing global environment. *Plant Biology*, 1-3. Obtenido de <https://scihub.tw/https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2009.00272.x>
- Trandel, M., Johanningsmeier, S., Schultheis, J., Gunter, C., & Perkins-Veazie, P. (2021). Cell Wall Polysaccharide Composition of Grafted 'Liberty' Watermelon With Reduced Incidence of Hollow Heart Defect. *Frontiers in plant Science*, 12, 1-19. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2021.623723>
- Valverde-Miranda, D., Díaz-Pérez, M., Gomez-Galan, M., & Callejon-Ferre, A. (2021). Total soluble solids and dry matter of cucumber as indicators of shelf life. *Postharvest Biology and Technology*, 180(111603), 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111603>
- Velasco-Alvarado, M., Castro-Brindis, R., Castillo-González, A. M., Avitia-García, E., Sahagún-Castellanos, J., & Lobato-Ortiz, R. (2016). COMPOSICIÓN MINERAL, BIOMASA Y RENDIMIENTO EN TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) INJERTADO. *Interciencia*, 41(10), 703-708.
- Villegas Olguín, M., Cabrera De la Fuente, M., Benavides Mendoza, A., Juárez Maldonado, A., Sandoval Rangel, A., & Fernández Cusimaman, E. (2020). Commercial and nutraceutical quality of grafted melon cultivated under hydric stress. *Horticultural Science (Prague)*, 47(3), 139-149. doi:<https://doi.org/10.17221/139/2019-HORTSCI>
- Wang, Q., Men, L., Gao, L., & Tian, Y. (2017). Effect of grafting and gypsum application on cucumber (*Cucumis sativus* L.) growth under saline water irrigation. *Agricultural Water Management*, 188, 79-90. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.04.003>
- Waraich, E., Ahmad, R., Ashraf, M., Ahmad, S., & Ahmad, M. (2011a). Improving agricultural water use efficiency by nutrient management in crop plants. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B Soil & Plant Science*, 291-304.
- Waraich, E., Ahmad, R., Saifullah, Ashraf, M., & Ehsanullah. (2011b). Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. *Australian Journal of Crop Science*, 764-777. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Ejaz\\_Waraich/publication/236119726\\_Role\\_of\\_mineral\\_nutrition\\_in\\_alleviation\\_of\\_drought\\_stress\\_in\\_plants/inks/00b495162804e61be0000000/Role-of-mineral-nutrition-in-alleviation-of-drought-stress-in-plants.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ejaz_Waraich/publication/236119726_Role_of_mineral_nutrition_in_alleviation_of_drought_stress_in_plants/inks/00b495162804e61be0000000/Role-of-mineral-nutrition-in-alleviation-of-drought-stress-in-plants.pdf)
- Wei, D., & Zhao, X.-h. (2020). Calcium maintained higher quality and enhanced resistance against chilling stress by regulating enzymes in reactive oxygen and biofilm metabolism of Chinese winter jujube fruit. *Journal of Food Biochemistry*, 1-8. doi:<http://dx.doi.org/10.1111/jfbc.13161>

- XUE, T., HARTIKAINEN, H., & PIIRONEN, V. (2001). Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing lettuce. *Plant Soil*, 55, 55-61.
- Yang, T., Siddique, K., & Liu, K. (2020). Cropping systems in agriculture and their impact on soil health-A review. *Global Ecology and Conservation*, 23, 1-13. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01118>
- Zamora, E. (2017). EL CULTIVO DE PEPINO TIPO SLICER – AMERICANO (Cucumis sativus L.) BAJO CUBIERTAS PLASTICAS. *Cultivos Protegidos HORT*, 1-8.
- Zhang, Z., Cao, B., Gao, S., & Xu, K. (2019). Grafting improves tomato drought tolerance through enhancing photosynthetic capacity and reducing ROS accumulation. *Protoplasma*, 256, 1013-1024. doi:<https://doi.org/10.1007/s00709-019-01357-3>
- Zhao, L., Liu, A., Song, T., Jin, Y., Xu, X., Gao, Y., . . . Qi, H. (2018). Transcriptome analysis reveals the effects of grafting on sugar and  $\alpha$  linolenic acid metabolisms in fruits of cucumber with two different rootstocks. *Plant Physiology and Biochemistry*, 130, 289-302. doi:<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.07.008>
- ZHOU, Y., HUANG, L., ZHANG, Y., SHI, K., YU, J., & NOGUES, S. (2007). Chill-Induced Decrease in Capacity of RuBP Carboxylation and Associated H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Accumulation in Cucumber Leaves are Alleviated by Grafting onto Figleaf Gourd. *Annals of Botany*, 100(4), 839-848. doi:<https://doi.org/10.1093/aob/mcm181>