

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



La Concentración De La Solución Nutritiva Influyen En El Crecimiento Y Calidad
De Plántulas De Pepino Bajo Un Sistema De Riego Por Capilaridad

Por:

MIRIAM FAJARDO CISNEROS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

La Concentración De La Solución Nutritiva Influyen En El Crecimiento Y Calidad
De Plántulas De Pepino Bajo Un Sistema De Riego Por Capilaridad

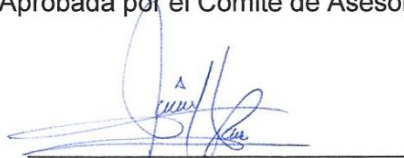
Por:

MIRIAM FAJARDO CISNEROS

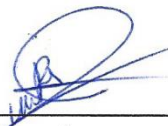
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

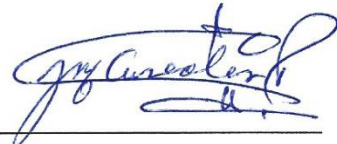
Aprobada por el Comité de Asesoría:



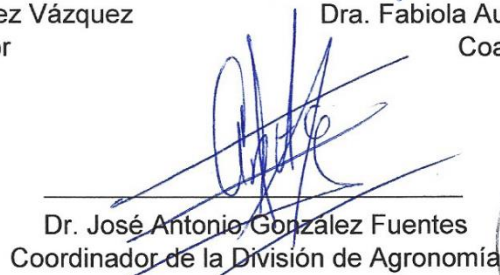
Dr. Armando Hernández Pérez
Asesor Principal



Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez
Coasesor



Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez
Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2021



Declaración de no plagio

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

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

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

Pasante



Miriam Fajardo Cisneros

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a **Dios** porque siempre cuidó de mí, por guiar mi camino y hacerme una persona de bien.

Le agradezco a mi **ALMA TERRA MATER** por abrirme las puertas, por brindarme tantas oportunidades y enriquecerme en conocimientos.

Agradezco a mi asesor de tesis y a la persona que más admiro por su inteligencia y sus conocimientos, al **Dr. Armando Hernández Pérez**, gracias por su constante apoyo, por sus indicaciones y orientaciones en el desarrollo de este trabajo.

A la **Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez** y el **Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez** por haber sido partícipes en esta investigación.

DEDICATORIA

En agradecimiento a los seres que más amo en este mundo que son mis padres **Félix Fajardo de Jesús** y **Macedonia Cisneros Gómez**, porque gracias a su cariño, guía y apoyo he llegado a realizar uno de mis mejores anhelos de mi vida, futo del inmenso apoyo, amor y confianza que en mi se depositó, gracias papás por estar siempre presente en el trayecto de mi formación académica dándome siempre las fuerzas para seguir adelante.

A mis hermanos **Irving**, **Yazmin** y **Félix Dair** porque siempre estuvieron presentes apoyándome en toda mi formación académica, gracias por todo ese amor, por el cariño y por todas esas palabras que me motivaban a seguir adelante, ustedes siempre me han puesto el ejemplo que lo mejor de esta vida es seguir preparándonos académicamente, gracias mi Ingeniero favorito y mi Licencia, los amo hermanos y siempre los llevo en mi corazón.

Con mucho amor y cariño, para mi compañero de vida y de universidad **Oscar Manuel Cosío Jiménez**. Gracias por siempre apoyarme a realizar el sueño más anhelado, tu ayuda ha sido fundamental. Este proyecto no fue fácil, pero estuviste motivándome y ayudándome en cada momento. Te amo

A la profesora **Diana Rodríguez Durón**, porque en toda mi estancia en la universidad me brindo su cariño y su apoyo incondicional.

A mi segunda familia la **Sra. Alma Guadalupe Ramírez Vargas** y el **Sr. Juan Luis Valenzuela Moreno** por permitirme entrar a su hogar, por brindarme tanto cariño y por todos sus consejos. Siempre los llevare en lo más profundo de mi corazón.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA.....	II
INDICE DE CUADROS	V
INDICE DE FIGURAS	V
RESUMEN	VI
I.- INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos generales	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Hipotesis	2
II.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Origen e historia.....	3
2.2 Producción bajo invernadero.....	3
2.3 Subirrigación	4
2.4 Riego por capilaridad	4
2.5 Importancia de la calidad de plántula.....	5
2.6 Soluciones Nutritivas.....	5
2.6.1 pH de la solución nutritiva	6
2.6.2 CE	6
2.7 Sustratos	7
2.7.1 Perlita.....	7
2.7.2 Peat moss	8
III.- MATERIALES Y METODOS.....	9
3.1 Localización del Experimento.....	9
3.2 Material Genético	9
3.3 Instalación del sistema de riego.....	9
3.4 Preparación del Sustrato.....	9
3.5 Siembra en charola	9
3.6 Tratamientos	10
3.7 Manejo del Cultivo.....	10
3.7.1 Riego.....	10

3.7.2 Control de Plagas y Enfermedades.....	10
3.8 Variables Evaluadas	11
3.8.1 Altura de la planta (cm)	11
3.8.2 Diámetro de tallo (mm).....	11
3.8.3 Peso fresco de la parte aérea (g).....	11
3.8.4 Peso fresco de la raíz (g)	11
3.8.5 Longitud de raíz (cm)	11
3.8.6 Volumen de raíz (ml).....	11
3.8.7 Peso seco de raíz (g)	12
3.8.8 Peso seco aéreo (g).....	12
3.8.9 Peso seco total de la planta (g).....	12
3.9 Diseño del Experimento y Análisis Estadístico.....	12
IV.- RESULTADOS Y DISCUSION	13
V.- CONCLUSIÓN.....	20
VI.- LITERATURA CITADA	21

INDICE DE CUADRO

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos.....	10
Cuadro 2. Efecto de las concentraciones de la solución nutritiva, en la altura, diámetro de tallo y el peso de los diferentes órganos de la planta	15
Cuadro 3. Efecto de las concentraciones de la solución nutritiva en el crecimiento radicular y peso seco de los diferentes órganos de la planta	17

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre peso seco raíz y biomasa seca de la parte aérea de las plántulas pepinos cv. Poinsett.....	18
Figura 2. Relación del peso seco de raíz y el diámetro de tallo de las plántulas pepinos cv. Poinsett	19

RESUMEN

El estudio se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el área de invernaderos del departamento de Fitomejoramiento, en Saltillo, Coahuila, México. Durante el periodo abril – mayo del 2021. El objetivo de la investigación fue determinar el efecto de la concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y la calidad de las plántulas de pepino. Se evaluaron 5 concentraciones de la solución nutritiva propuesta por Steiner (20%, 40%, 60%, 80% y 100%) con tres repeticiones cada una, dando un total de 45 plántulas por tratamiento. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar. La calidad de plántula disminuyó en concentraciones inferiores del 60%, mientras que aplicaciones iguales o superiores a esta el crecimiento y la calidad de plántula aumentó. Para el mayor peso fresco aéreo (PFA), se obtuvo en plántulas nutridas al 60%, 80% y 100% (3.050, 3.415 y 3.020) de la SN. Las plántulas al ser tratadas a una concentración del 80%, se obtuvo un incremento en la altura de la planta con un 14.84 cm. El diámetro de tallo (DIAM) fue mayor con concentraciones al 80% y 100% de la SN, a concentraciones inferiores el diámetro disminuye. El peso seco de raíz presenta un aumento cuando las plántulas son irrigadas a concentraciones de 80% SN, sin embargo, cuando esta concentración aumenta el PSR disminuye. El peso seco total (PST) disminuye cuando las plántulas son nutridas a concentraciones inferiores del 60% SN. El crecimiento de las plantas fue mejor al ser irrigadas con soluciones al 80%.

Palabras claves: *Cucumis sativus*, Solución nutritiva, Subirrigación, deficiencias.

I.- INTRODUCCIÓN

El cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) es una hortaliza que pertenece a la familia de las cucurbitáceas, es una planta herbácea, anual, y rastrera cubierta de pelos erizados, de raíces fasciculadas y desarrollo bastante superficial, encontrándose la mayor concentración de raíces entre los 25 y 30 cm. Esta hortaliza tiene un índice elevado de consumo en el mercado nacional e internacional, cuya parte comestible es un fruto inmaduro, tanto fresco como como industrializado (Marcano *et al.*, 2012) este último se caracteriza por ser pepino de tamaño pequeño y corto (Chacón y Monge, 2020).

Además, esta hortaliza cuenta con un alto contenido de propiedades nutraceutica para el ser humano, siendo su principal característica que posee un alto contenido de agua (96,7%), vitaminas B, alto contenido de ácido ascórbico y minerales como es el calcio, hierro, cloro y potasio. Siendo sus semillas ricas en aceites vegetales (Yaneika *et al.*, 2020).

De acuerdo con la FAO (2018), se produjeron en el mundo 75,219,440.0 toneladas, en la categoría de pepinos y pepinillos, concentrándose la mayor producción en china aportando 56,240,428.0 toneladas, lo que representa el 74,7% del total mundial, figurando luego países como Irán, Turquía y Rusia, mientras que México se posiciona en el sexto lugar produciendo 1,072,048.0 toneladas.

La producción de pepino se concentra principalmente en los estados de la región noroeste del país: Sinaloa, Sonora, Michoacán, quienes poseen una fuerte dinámica productiva que se caracteriza por la alta calidad del producto. Entre los que destacan: Sinaloa con 3,397 has de superficie sembrada y Sonora con 1,394. Obteniéndose mayor rendimiento en los estados de Querétaro 268.000 t ha⁻¹ y Quintana Roo con 96.657 t ha⁻¹ (SIAP, 2020).

1.1 Objetivos generales

Determinar el efecto de la concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y la calidad de las plántulas de pepino.

1.2 Objetivos específicos

Obtener una concentración de la solución nutritiva que mantenga un crecimiento normal de la parte aérea de las plántulas de pepino.

Determinar una concentración de la solución nutritiva que permita el crecimiento óptimo de la raíz.

1.3 Hipotesis

Al menos una de las concentraciones de la solución nutritiva permitirá un crecimiento óptimo en las plántulas de pepino.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen e historia

Actualmente se considera que el cultivo de pepino es originario de la India, donde posteriormente fue domesticado por los asiáticos, en seguida fue llevado a Europa y finalmente se introdujo a América por Cristóbal Colón, llevando solo las principales variedades como son el americano, el europeo, el holandés y el pepino oriental (López *et al.*, 2011).

2.2 Producción bajo invernadero

La industria de los invernaderos nació y se desarrolló en Europa a principio de los 80 y fue hasta finales de los 90 que se introdujo en México, trabajando principalmente las hortalizas, de las cuales los estados con mayor área protegida son Sinaloa, Baja California y Sonora ocupando el tercer lugar con 707 hectáreas construidas y 180 por construir (López *et al.*, 2011).

La agricultura protegida ofrece muchos beneficios como son altos rendimientos y calidad, mayores niveles de sanidad e inocuidad de los productos obtenidos, seguridad en la producción con cierta independencia del clima, acceso a mejores mercados y potencial de alta rentabilidad económica (Hernández, *et al.*, 2014). Además, debido al agotamiento de los suelos se ha optado en trabajar los cultivos en sustratos como medios de crecimiento (Solís, 2017).

El cultivo de tomate bajo invernadero ocupa el primer lugar con un 70% de volumen producido, seguido del pepino con un 10%. La producción de esta cucurbitácea en el noroeste de México ha sido un éxito completamente, ya que se pudo observar que es un cultivo de ciclo corto, el cual nos permite trabajarlo hasta 2 veces por año, y obtener rendimientos de 2 a 9 veces más que en campo abierto (López *et al.*, 2011).

De acuerdo con la Base de datos estadísticos de la Organización para la Alimentación y la agricultura FAOSTAT (2018), se produjeron en el mundo 75,219,440.0 ton, en la categoría de pepinos y pepinillos, concentrándose la mayor producción en China aportando 56,240,428.0 ton, lo que representa el 74,7% del

total mundial, figurando luego países como Irán, Turquía y Rusia, mientras que México se posiciona en el sexto lugar produciendo 1,072,048.0 ton FAO (2018).

La producción de pepino se concentra principalmente en los estados de la región noroeste del país: Sinaloa, Sonora, Michoacán, quienes poseen una fuerte dinámica productiva que se caracteriza por la alta calidad del producto. Entre los que destacan: Sinaloa con 3,397 has de superficie sembrada y Sonora con 1,394. Obteniéndose mayor rendimiento en los estados de Querétaro 268.000 t ha⁻¹ y Quintana Roo con 96.657 t ha⁻¹ (SIAP, 2020).

2.3 Subirrigación

El uso de agua y fertilizantes, ha causado un gran impacto hacia los productores, por su elevado costo, por lo tanto, se ha optado por implementar nuevas alternativas como lo es la subirrigación en los cultivos, ya que esta nos permite tener un mejor uso eficiente del agua y así mismo minimizar el uso de los fertilizantes (Hernández *et al.*, 2015).

Mismo autor menciona que el sistema de subirrigación tiene grandes ventajas, una de las principales es que proporciona nutrientes de manera uniforme al cultivo, como tal el riego es por capilaridad el cual nos ayuda a no tener humedad sobre el follaje y por lo tanto menor incidencia de enfermedades.

La subirrigación es una de las técnicas más rápidas y sencillas, ya que se colocan contenedores con la solución nutritiva y en dichos contenedores se colocan bombas para así poder realizar la recirculación y una vez que las plantas hayan sido irrigadas la solución nutritiva regresa a su contenedor, la cual la podemos tener en los contenedores hasta de 1 semana, y solo estar modificando el pH y la CE. Casas (2003) indica que, al trabajar los cultivos en sistemas de subirrigación en SN recircular nos permite tener una relevancia con la salinidad.

2.4 Riego por capilaridad

Se le denomina riego por capilaridad ya que es capaz de cubrir todos los espacios de aire que quedan establecidos al momento plantación. El riego por capilaridad nos ha permitido obtener una distribución homogénea del agua entre los cultivos, el cual

le facilita tomar el líquido desde sus raíces y, por lo tanto, se obtiene plantas sanas. Además de que es una técnica que nos ayuda en el ahorro de agua, nos mantiene una humedad adecuada para las plantas. Sin embargo, existen algunas desventajas, el principal es el diseño de la estructura para su instalación, otra sería que tiene que estar muy atentos en que el contenedor cuente con agua necesaria y así evitar una marchitez a la planta (Toledo, 2021). Noya, Mendoza y Tapia (2020) Indican que, al producir remolacha bajo el método de riego por capilaridad, se obtiene resultados favorables en el ahorro eficiente del agua en todo el proceso productivo del cultivo, además que en todas las fases fenológicas se muestran crecimientos favorables y mayor rendimiento.

2.5 Importancia de la calidad de plántula

Nieves *et al.* (2018) mencionan que, para tener una buena calidad de plántula es necesario tener una buena nutrición durante toda la producción de la plántula y así mismo tener un adecuado control de plagas y enfermedades.

Mismos autores menciona que debemos de tener la concentración de la solución nutritiva adecuada, ya que las plántulas al ser llevadas al área de trasplante sufren diversos cambios ya sean físicos, químicos y biológicos; por lo tanto, representa un estrés para ellas, afectando principalmente la parte radicular de las mismas.

La demanda de hortalizas en los mercados actualmente exige productos frescos y de calidad, por lo tanto, se debe de obtener una producción de plántulas sanas y vigorosas. Es necesario trabajar bajo invernadero ya que reducen los efectos dañinos climáticos y ende presentan plántulas uniformes y de mejor calidad (Gómez *et al.* 2011).

2.6 Soluciones Nutritivas

La hidroponía se implementó como una alternativa de producción en los cultivos ya que en la actualidad encontramos suelos muy degradados y una alta escases del agua (López, 2018).

La solución nutritiva es una solución de sales minerales en el agua, la cual contiene nutrientes necesarios como son los macros y micros, los cuales son absorbidos en

forma iónicas por el sistema radicular de las plantas, para así poder obtener un crecimiento y desarrollo correctamente. Fue en 1961 donde, Abram Steiner propuso el concepto de “Solución Nutritiva Universal” en la que explico que los cultivos crecían y se desarrollaban perfectamente cuando el balance cationes y aniones eran correctos (Brenes y Jiménez, 2013).

2.6.1 pH de la solución nutritiva

El pH es una unidad de medida que sirve para establecer el nivel de acidez o alcalinidad de una solución nutritiva. El pH tiene gran importancia ya que el control y ajuste de este en la solución nutritiva es de vital importancia ya que afecta la disponibilidad de nutrientes y la absorción en la raíz de las plantas. Es necesario medir el pH después de realizar la adición de los nutrientes (Rizo, 2016).

Estos mismos autores señalan que un pH ideal en los cultivos sin suelos debe ser entre 5.5 y 6.8 ya que con estos rangos se logra que la mayor parte de los nutrientes son más asimilables por las plantas (Baixauli y Aguilar, 2002), sin embargo, con pH de 5.5 se logra una mejor disponibilidad de los micronutrientes.

2.6.2 CE

La conductividad eléctrica (CE), se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica. La CE indica la concentración total de sales disueltas en el agua, un incremento de esta tiene como consecuencia una restricción en la absorción de agua por la parte radicular, aumentando el potencial osmótico y disminuyendo la disponibilidad de agua fácilmente utilizable por las plantas y el medio de cultivo y por ende afecta la absorción de Ca (Rincón, 1997). Sin embargo, una alta CE se puede corregir mediante un lixiviado, es decir, agregar agua de calidad al contenedor hasta obtener una CE ideal para el cultivo, otra opción sería mantener el sustrato húmedo y aumentar la humedad relativa ambiente, esto con el fin de reducir un estrés en las plantas, por lo tanto, es necesario analizar la CE al formular un sustrato. Cuando se obtienen CE bajas, la fertilización en el cultivo es más fácil y por ende se evitan problemas fitotoxicos en los cultivos (Bárbaro, Karlanian y Mata).

2.7 Sustratos

Se definen como todo material sólido, distinto del suelo, natural o sintético, mineral u orgánico, en mezcla o sólo, el cual, colocado en un contenedor, sirve de soporte a la plantas y medio para el desarrollo de las raíces (Abad *et al.*, 2004). Los sustratos cumplen una función muy importante en los cultivos sin suelo, ya que nos permiten un buen anclaje de las raíces de la planta, también una buena retención de agua, nutrientes y una buena aireación. En la actualidad los productores optan por trabajar con sustratos, con el fin de sustituir la tierra, ya que el sustrato nos proporciona productos de calidad, además de que nos permite minimizar los costos de producción y reduce la muerte de plántulas (Sánchez y Díaz, 2019).

Por su parte, Nazir *et al.* (2017) señalan que, en los últimos años se han realizado un gran número de investigaciones en relación con la utilización de sustratos para la producción de cultivos sin suelo. Existen una infinidad de sustratos, estos se pueden usar solos o mezclas, o bien darles un proceso de transformación de modo que se obtengan materiales con propiedades físico-químicas adecuadas para la producción de cultivos, debemos de elegir aquellos que nos proporcionen buena retención de agua, nutrientes, una buena porosidad esto para que se pueda realizar el intercambio gaseoso, ya que esto nos proporcionara una buena germinación, enraizamiento, crecimiento adecuado y una producción de calidad (García *et al.*, 2011). La principal ventaja de los sustratos es que se obtienen menores incidencias de plagas y enfermedades durante el ciclo del cultivo, cuidado del suelo y agua, en la actualidad se han desarrollado diferentes métodos de desinfección, esto con el fin de obtener un incremento en el rendimiento (Crespo *et al.*, 2012).

2.7.1 Perlita

Es un sustrato de procedencia volcánica, químicamente está compuesto por sílice y óxidos de aluminio, hierro, calcio, magnesio y sodio. La perlita presenta una granulometría muy variada, a lo referente con sus propiedades químicas se considera que es un sustrato inerte con una nula C.I.C y un pH ligeramente alcalino. Presenta una propiedad física muy variada, esto depende a los tamaños considerados. Como ventajas se puede observar que muestra una buena relación

aire/agua, esto ocurre si se elige adecuadamente la granulometría, asimismo se obtiene una baja densidad y una buena capilaridad (Toledo, 2006). Ramírez (2020) indica que, al trabajar el cultivo de pimiento morrón, utilizando la perlita y el suelo como medio de crecimiento, se logra observar que las plantas con perlita obtienen un sistema radicular del pimiento mayor, también un mayor crecimiento en forma lateral y se extienden a una mayor profundidad. Suazo (2020) menciona que, la perlita en combinación con otros sustratos se obtienen efectos favorables que muestran plántulas de mayor calidad en la variable altura y valores superiores en diámetro y peso seco de raíz.

2.7.2 Peat moss

Es un sustrato que se forma a través de la descomposición de la materia orgánica que se encuentra principalmente en zonas pantanosas, este sustrato se destaca por presentar una buena aireación, por una buena retención de agua y nutrientes (Toledo, 2006). Por su parte, Lazcano *et al.* (2021) indican que, el Peat moss y el tezontle como medio de crecimiento en plántulas de tomate, presentan efectos positivos en su calidad. Así mismo, Mora (2020) reporta que, al colocar guiche como sustituto del Peat moss, se obtienen resultados favorables ya que en ambos sustratos presentan buen crecimiento, una buena altura, diámetro y hojas largas en los cultivos.

III.- MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del Experimento

El presente experimento se realizó en primavera-verano del 2021, en el área de los invernaderos del departamento de Fitomejoramiento, dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en la colonia Buenavista Saltillo, Coahuila, cuyas coordenadas son 25° 23' 42" de latitud norte, 100° 50' 57" de longitud oeste y a una altitud de 1742 msnm.

3.2 Material Genético

Se utilizó semilla de Pepino variedad Poinsett esta variedad se caracteriza por ser moderadamente vigorosa y adaptable a diversas condiciones climáticas. Frutos monoicos, de forma cilíndrica, de color verde oscuro, buen tamaño y de buen sabor.

3.3 Instalación del sistema de riego

Principalmente se procedió a medir el área para la instalación, ya obtenidos los datos se colocaron las estructuras de madera donde finalmente se delimitaron 5 cavidades con un volumen de 60 litros de agua cada una, para evitar que el agua drenara se colocó plástico en las cavidades.

3.4 Preparación del Sustrato

Primeramente, se mezclaron los sustratos que en este caso fueron perlita con un 30% y Peat moss un 70%, los cuales se fueron humedeciendo poco a poco hasta obtener la humedad ideal, en seguida se agregó cal dolomita esto con el fin de regular en pH de los sustratos, finalmente se procedió a llenar las charolas donde se colocarían las semillas.

3.5 Siembra en charola

La semilla de pepino se sembró el 13 de abril, en charolas germinadoras de 200 cavidades, utilizando para el relleno de estas una mezcla de Peat moss y perlita (70% y 30% v/v, donde posteriormente fueron colocadas las semillas, las cuales se colocaron un total de 45 semillas por repeticiones. Finalmente fueron humedecidas

para proporcionarles las condiciones de humedad y cubiertas con plásticos de color negro para mantener una temperatura adecuada para la germinación.

3.6 Tratamientos

Los tratamientos consistieron en cinco concentraciones de la solución nutritiva propuesta por Steiner 1961 (20%, 40%, 60%, 80% y 100%, respectivamente). En la concentración del 20% se usó agua purificada (100%), la concentración de 40% solo se utilizó 25% de agua purificada y el resto de las concentraciones se usó aguade la llave.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

Tratamientos	% de Steiner	Descripción
T1	20%	Se aplicó la solución nutritiva (SN) Steiner después de los 10 días de su emergencia, el riego fue diariamente esto con el fin de no provocar un estrés en las plántulas.
T2	40%	
T3	60%	
T4	80%	
T5	100%	

3.7 Manejo del Cultivo

3.7.1 Riego

El primer riego se realizó a los 10 días después de la emergencia de la plántula de pepino. El tipo de riego que se implementó en este experimento fue el riego por capilaridad, usando bombas sumergibles de la marca EVANS para ayudar a la recirculación de las soluciones y se usaron contenedores con capacidad de 100 litros cada uno, donde se depositaba las soluciones nutritivas de cada uno de los tratamientos.

3.7.2 Control de Plagas y Enfermedades

En el ciclo del cultivo no se obtuvo incidencia de plagas y enfermedades, sin embargo, todos los días se humedecían los pasillos esto con el fin de impedir tener

temperaturas altas y evitar la incidencia de algunas plagas, también se realizó una aplicación preventiva de extracto de canela, para evitar el desarrollo de hongos y bacterias.

3.8 Variables Evaluadas

3.8.1 Altura de la planta (cm)

Para determinar esta variable se procedió a tomar los datos de cada una de las plántulas y se midieron con una regla de 30cm.

3.8.2 Diámetro de tallo (mm)

Para determinar el diámetro basal del tallo de cada una de las plántulas se ocupó un vernier digital.

3.8.3 Peso fresco de la parte aérea (g)

Se eligieron 15 plántulas al azar, las cuales fueron separadas parte aérea y raíz, para así poder pesar la parte aérea, esto con ayuda de una báscula de 3 kg de la marca Rhipo.

3.8.4 Peso fresco de la raíz (g)

Una vez que la raíz se haya separado de la parte aérea, se removió el sustrato usando agua de la llave, y después se procedió a registrar el peso en una báscula marca Rhipo.

3.8.5 Longitud de raíz (cm)

Para medir la longitud de la raíz, primero se limpiaron todas las raíces y después se procedió a tomar los datos con la ayuda de una regla de 30cm.

3.8.6 Volumen de raíz (ml)

Para determinar el volumen de raíz, se usó una probeta de 100 ml la cual se le agrego 50 ml de agua. Para esta variable se usó el método por desplazamiento, en la cual consistía en colocar una por una de las raíces a la probeta y así tomar los datos correspondientes el ml.

3.8.7 Peso seco de raíz (g)

Se colocaron las 15 raíces de las plántulas en una bolsa de papel estraza, de cada repetición después se llevó a una estufa de secado a una temperatura de 65° por 72 horas, donde finalmente las muestras fueron pesadas en una balanza analítica ohaus.

3.8.8 Peso seco aéreo (g)

Fueron colocados en una bolsa de papel estraza donde posteriormente fueron llevadas a una estufa de secado a una temperatura de 65° por 72 horas y finalmente fueron pesadas en una balanza analítica ohaus.

3.8.9 Peso seco total de la planta (g)

Finalmente, con ayuda de una suma aritmética de órganos anteriores se obtuvo el peso seco total de las plántulas.

3.9 Diseño del Experimento y Análisis Estadístico

El diseño del experimento fue completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Los datos obtenidos se sometieron en un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de rango múltiple de Tukey (0.05) con el software estadístico SAS (Statistical Analysis Systems) versión 9.0.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSION

La altura, el diámetro de tallo, el peso fresco de raíz y de la parte aérea de las plántulas, fueron afectados significativamente por las diferentes concentraciones de la solución nutritiva (SN) (Cuadro 1). La concentración de la SN al 80% aumento la altura de las plántulas, en comparación con aquellas que recibieron una SN diferente a esta. Sin embargo, estas que recibieron concentraciones igual a 20% y 40% de la SN, la altura fue mucho menor comparadas con las fueron irrigadas con un 60% y 100% de la SN (Cuadro 1). La mayor altura de las plántulas puede ser debido a un incremento en la absorción nutrimental pues, Cruz *et al.* (2014) indican que, las plantas de chile serrano regadas con la dilución a 75% de la SN de Steiner obtuvieron mayor concentración de nitrógeno, calcio y magnesio en tejido foliar y un incremento en el crecimiento. Contrario a los resultados fue reportado por Lazcano *et al.* (2021), quienes señalan que, al nutrir las plántulas de tomate a una SN de 100% se obtienen resultados favorables.

El diámetro del tallo fue mayor cuando las plántulas fueron irrigadas a concentraciones de 80% y 100% de la NS. Se puede observar que las plántulas crecidas en concentraciones de 20, 40 y 60% presentaron menor diámetro (Cuadro 1). EL resultado obtenido es similar a lo que mencionan, Villar *et al.* (2006) ya que dichos autores indican que, el mayor diámetro de tallo de plántulas de tomate se tuvo en las soluciones de Steiner al 50%, 75%. Este carácter es importante e indicativo de la calidad de una plántula en tomate de cáscara, debido a que un mayor grosor del tallo presenta menor probabilidad de que la planta se doble al momento del trasplante, logrando mayor porcentaje de establecimiento. Otros autores como He *et al.* (2018) indican que, el diámetro basal es un predictor significativo de la biomasa aérea. Por otra parte, Luna (2017) menciona que, el tomate Cherry crecidas a una concentración del 100% de la SN se obtiene resultados favorables con respecto al diámetro del tallo. Para que una plántula sea de calidad se debe de tener un tallo vigoroso, nuestros resultados presentan una similitud a lo reportado por Monge (2007) ya que menciona que los tallos que presentan 0.4 y 0.5 de diámetro en plántulas de tomate son adecuados para su trasplante.

El peso fresco aéreo (PFA) se incrementa cuando las plántulas estuvieron nutridas con soluciones al 60%, 80% y 100%, pero, podemos observar una reducción con soluciones al 20% y 40% (Cuadro 1). Jiménez *et al.* (2020) señala que, al aplicar la solución nutritiva de Steiner en plantas de orquídeas de especies *L. autumnalis* se obtienen resultados favorables en el peso fresco y número de hojas, teniendo una similitud con nuestro experimento realizado ya que al manejar SN a partir del 60% obtenemos resultados positivos en cuanto al PFA. Contrario de lo anterior fue señalado por Méndez (2019) quienes indican que, al trabajar con SN al 40%, 60% y 100% no se obtuvo diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, numéricamente el 100% SN se obtuvo el mayor PFA.

El peso fresco de la raíz (PFR) fue mayor cuando las plántulas son regadas a concentraciones de 80% y 100% de la SN, sin embargo, las plántulas irrigadas ya sea igual o por debajo del 60%, manifiestan una disminución del PFR (Cuadro 1). Esto pudo haber sido por una falta de nutrientes en el medio de crecimiento, ya que Espinoza (2011), reporta que, una concentración al 100% de SN de Steiner induce resultados favorables en respuesta del PFR y de demás órganos de las plantas. Nuestros resultados coinciden a lo reportado por Carrasco, Ramírez y Vogel (2007) ya que al trabajar con una CE de 1.5 dS/m en plantas de albahaca muestran un mayor incremento en el peso fresco de la raíz.

Cuadro 2. Efecto de las concentraciones de la solución nutritiva, en la altura, diámetro de tallo y el peso de los diferentes órganos de la planta.

Solución nutritiva (%)	Altura de plántula (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Peso fresco aéreo (g)	Peso fresco de raíz (g)
20	5.675c	3.777b	1.450b	1.205c
40	6.350c	3.635b	1.020b	1.240c
60	12.880b	4.032b	3.050 ^a	1.267c
80	14.837 ^a	5.172a	3.415 ^a	1.590a
100	13.062b	4.762a	3.020 ^a	1.400b
ANVA $p \leq$	0.001	0.001	0.001	0.001
CV (%)	9.127	4.532	9.127	3.140

>0.05 No significativo, ≤ 0.05 , 0.01 y 0.001 Significativo. ANVA= análisis de varianza, CV= coeficiente de variación.

La longitud de raíz (LR) fue mayor su crecimiento al ser nutridas con una concentración de la SN al 80%, pero, una concentración mayor o menor a esta la LR es disminuye (Cuadro 2), similar efecto se observa en el volumen de raíz, pues con 80% y 100% de la SN fue mayor. Buelna (2018) indica que, se obtienen raíces más largas con la solución nutritiva de Steiner en plántulas de pepino, este es considerado de calidad para el trasplante, ya que existe un equilibrio en la absorción nutrientes estimulando la relación entre tamaño de raíz-parte aérea. Por otra parte, Lazcano *et al.* (2021) menciona que, en plántulas de tomate no se obtuvo diferencia significativa en este órgano al nutrirlas con 50% y 100% de la SN de Steiner, sin embargo, recomienda trabajar con concentraciones bajas ya que se obtiene los mismos resultados. Una alta concentración de SN ocasiona elevada salinidad y por ende una reducción en la longitud de raíz, los resultados concuerdan a lo reportado por Bouchaaba *et al.* (2015) pues mencionan que, la salinidad excesiva que se

produce en el sustrato puede tener efectos dramáticos sobre el crecimiento de las raíces de las plantas, particularmente a aquellas sensibles al estrés salino, por un posible estrés osmótico pues, acumula mayor sal en los sustratos subirrigados. Por otra parte, la disminución del crecimiento de las raíces puede ser debido al ser irrigadas a concentraciones bajas de los elementos esenciales ya que Baiyin *et al.* (2021) indican que, las raíces más pequeñas dan como resultado una menor absorción de nutrientes, lo que a su vez reduce el crecimiento general de la planta.

La SN al 80% promovió un aumento en el peso seco de la raíz, ya que, inferior o superior a esta concentración reduce la biomasa seca (Cuadro 2). Villar *et al.* (2006) señalan que, en plántulas de tomate aumenta el peso seco de la raíz al incrementar los niveles de concentración de la SN de Steiner, esto puede ser debido a la menor disponibilidad de agua y la raíz tiende a desarrollarse más. Por su parte, Mokany *et al.* (2006) mencionan que, las plántulas al ser nutridas con limitadas concentraciones se obtiene un mayor incremento de biomasa en la parte radicular de la plántula, contrario de lo obtenido de este trabajo de investigación.

El peso seco aéreo (PSA) de las plántulas de pepino aumenta cuando las plántulas son irrigadas con soluciones al 60% 80% y 100%, comparada con aquellas crecidas con SN al 20% y 40% ya que disminuye biomasa seca (Cuadro 2). Nuestros resultados tienen una similitud con los reportado por Lazcano *et al.*, (2021), pues mencionan que, a concentraciones de 50% y 100% de la SN de Steiner no se obtuvo diferencia significativa en el PSA de la plántula tomate, por lo tanto, recomienda trabajar en concentraciones bajas ya que se obtiene los mismos resultados. Rodríguez *et al.* (2021) señalan que, al trabajar SN al 100% se obtienen resultados favorables en casi todos los órganos de la planta.

El peso seco total de la plántula de pepino al ser tratadas a concentraciones igual o superior al 60% de la SN muestran mayor acumulación de biomasa, ya que inferiores a esta se presenta una disminución (Cuadro 2). Barraza (2012) menciona que, la SN a partir del 75% se obtiene un aumento en la acumulación de materia seca total, pero, se observa efectos estadísticamente negativos al manejar una

solución al 25% en plantas de pepino. Rodríguez *et al.* (2021) indican que, al nutrir las plantas a concentraciones del 100% SN se obtienen resultados favorables.

Cuadro 3. Efecto de las concentraciones de la solución nutritiva en el crecimiento radicular y peso seco de los diferentes órganos de la planta.

Solución Nutritiva (%)	Longitud de raíz (cm)	Volumen de raíz (ml)	Peso seco de raíz (g)	Peso seco de la parte aérea (g)	Peso seco total (g planta ⁻¹)
20	8.687c	1.090b	0.066c	0.183b	0.250b
40	8.897c	1.125b	0.068c	0.1976	0.266b
60	9.550b	1.152b	0.068c	0.273a	0.340a
80	10.170a	1.312a	0.092a	0.281a	0.373a
100	9.675b	1.250a	0.078b	0.260a	0.338a
ANVA $p \leq$	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
CV (%)	2.206	3.334	4.727	8.478	7.430

>0.05 No significativo, ≤ 0.05 , 0.01 y 0.001 Significativo. ANVA= análisis de varianza, CV= coeficiente de variación.

El incremento de la producción de biomasa seca de raíz tiene una relación positiva polinomial cuadrática con respecto a la biomasa seca de la parte aérea, puesto que entre mayor sea el peso seco de la raíz se incrementa el peso seco aéreo. Sin embargo, cuando la biomasa seca de raíz es superior a 0.090 g tiende a disminuir ligeramente el peso seco de la parte aérea (Figura 1). El incremento de la biomasa seca de la raíz podría deberse a la forma en que son regadas las plántulas, ya que Hernández *et al.* (2015) mencionan que, las plantas de pimiento al ser subirrigados mostraron en términos relativos un mayor desarrollo de la raíz que de la parte aérea a comparación de aquellas que fueron regadas superficialmente.

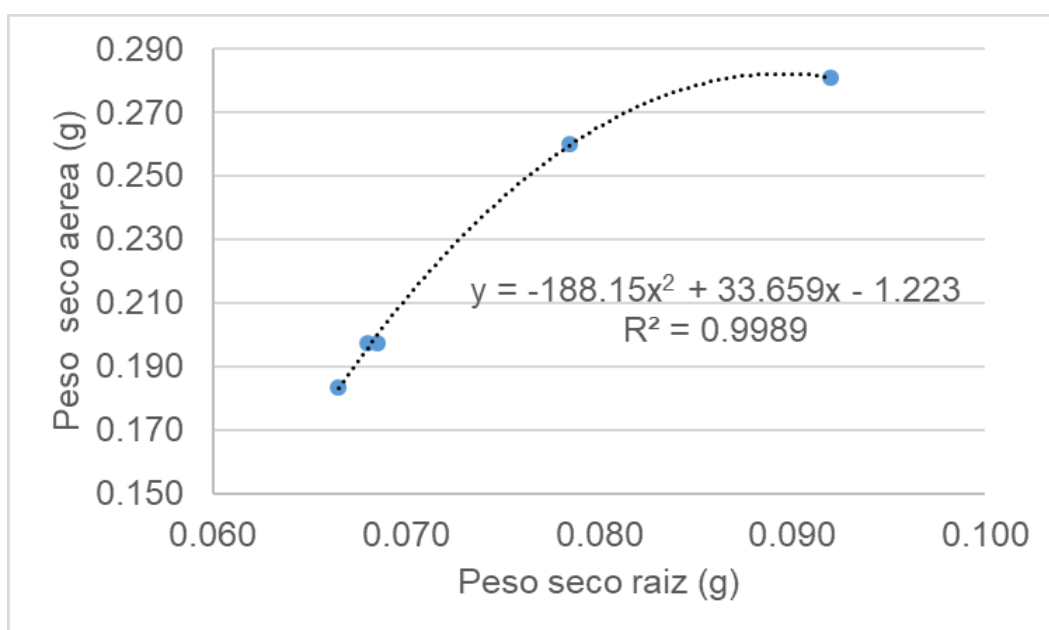


Figura 1. Relación entre peso seco raíz y biomasa seca de la parte aérea de las plántulas pepinos cv. Poinsett.

El diámetro del tallo de la plántula aumenta con el incremento de la acumulación de la biomasa seca de la raíz, mismo que, tiene una relación positiva polinomial cuadrático. No obstante, la biomasa de la raíz mayor al 0.090 g el diámetro del tallo tiende a disminuir (Figura 2). Zhang *et al.* (2021) mencionan que al aumentar acumulación de biomasa incrementa el diámetro basal en especies de *Derris trifoliata*.

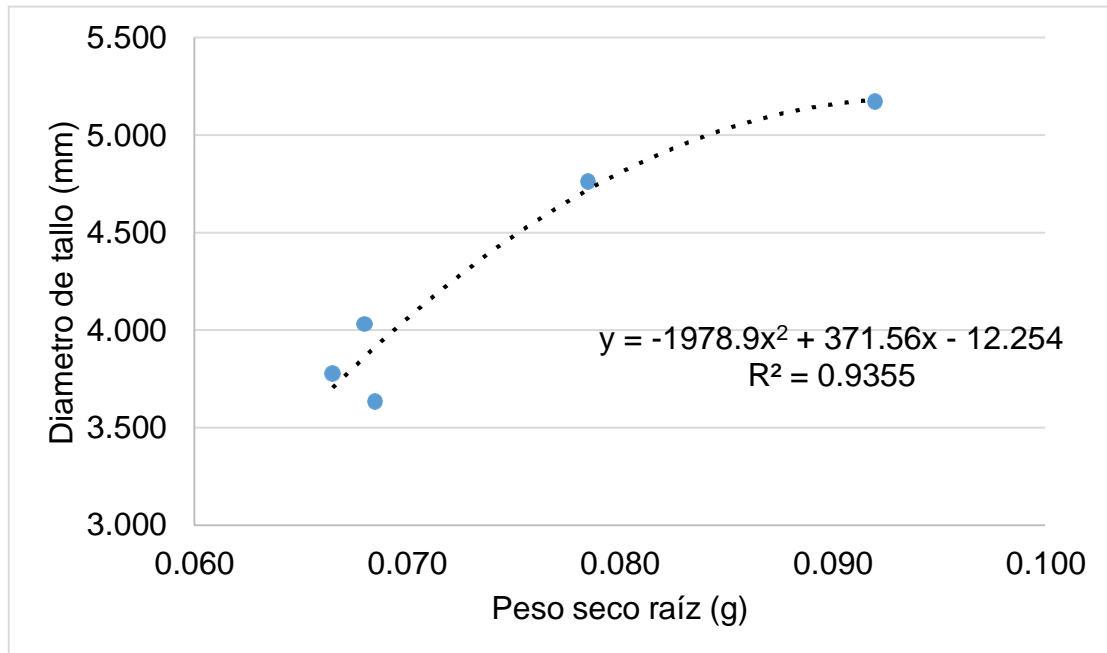


Figura 2. Relación del peso seco de raíz y el diámetro de tallo de las plántulas pepinos cv. Poinsett.

V.- CONCLUSIÓN

Las plántulas de pepino variedad Poinsett 76, mostraron una sensibilidad al ser nutridas con bajas concentraciones de la solución nutritiva (20% y 40%), pues disminuye la producción de biomasa seca total y el crecimiento.

Al irrigar las plantas con la solución nutritiva al 80% se obtuvo mayor crecimiento y una buena calidad de plántula.

Sin embargo, en términos de reducción de costos producción se podría trabajar con la solución nutritiva al 60%, ya que hay semejanza en la biomasa seca total y del crecimiento de las plántulas con el 80%.

VI.- LITERATURA CITADA

Baixauli S. C. y Aguilar O. J. 2002. Cultivo sin Suelo de Hortalizas Aspectos Prácticos y Experiencias.

<https://agroambient.gva.es/documents/163228750/167772261/Cultivo+sin+suelo+de+hortalizas/bb39ab24-ef7c-4f51-82a7-ebf73e414e18>

Consultado el 07 diciembre 2021.

Baiyin B., Tagawa K., Yamada M., Wang X., Yamada S., Shao Y., An P., Yamamotos S. y Ibaraki Y. 2021. Effect of nutrient solution flow rate on hydroponic plant growth and root morphology. *Revista plants*.10 (9). doi: [10.3390 / plants10091840](https://doi.org/10.3390/plants10091840)

Barbaro L., Karlanian M. Y Mata D. 2018. Importancia del Ph y la conductividad eléctrica (CE) en los sustratos para plantas. 1a ed . - Buenos Aires: Ediciones INTA.

Barraza F. 2012. Acumulación de materia seca del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. *Revista temas agrarios*. 17(2): 18-29. <https://doi.org/10.21897/rta.v17i2.699>.

Carrasco G., Ramírez P. y Vogel H. 2007. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca cultivada en NFT. *IDESA (chile)*. 25 (2): 59-62.

Casas F. 2003. Riego por subirrigación. <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/71650-Riego-por-subirrigacion.html>

Consultado el 27 de noviembre 2021.

Chacón K. y Monge J. 2020. Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero: comparación entre tipos de pepino. *Revista Tecnología En Marcha*. 33(1):17–35. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i1.5018>.

Crespo C. E., Can C. A., Sandoval V. M., Bugarin M. R., Robles B. A. y Juárez L. P. 2012. Sustratos en la horticultura. *Revista Bio ciencias*. 2 (2): 17-26. <http://revistabiociencias.uan.edu.mx>

Cruz C. E., Can C. A., Bugarin M. R., Pineda P. J., Flores C. R., Juárez L. P. y Alejo S. G. 2014. Concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. *Rev. fitotec. mex.* 37 (3); 289-295.

De Rijck G. y E. Schdrevens. 1998b. pH influence by the elemental composition of nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition*, 20: 7-8, 911-923, DOI: [10.1080 / 01904169709365305](https://doi.org/10.1080/01904169709365305)

Erandy R. 2016. Obtén mejor rendimiento con manejo apropiado de pH y CE en sistemas hidropónicos.

FAO (2018). Análisis de la producción y consumo de hortalizas. <https://www.fao.org/3/at022s/at022s.pdf>

Consultado 28 noviembre 2021

Gómez D., Vásquez M., Rodríguez I., Posas F., Gómez D. y Matute D. 2011. Plántulas de invernadero. <https://www.metrocert.com/files/plantulas%20de%20invernadero.pdf>

He A., Gregory J., Mustafizur M., Strack M., Saraswati S. y Xu B. 2018. Developing Allometric Equations for Estimating Shrub Biomass in a Boreal Fen. *Forests*.

Hernández P. A., Mendoza V. R., Robledo T. V., Valdez A. A., García S. J. 2015. La subirrigación como sistema de producción de pimiento (*Capsicum annum* L.) en cultivo sin suelo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(spe12), 2313-2330. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015001002313&lng=es&tlng=es.

<https://www.hortalizas.com/nutricion-vegetal/obten-mejor-rendimiento-con-manejo-apropiado-de-ph-y-ce-en-sistemas-hidroponicos/> Consultado 07 diciembre 2021.

Jiménez P. N., Sandoval V. M., Volke H. V., Pedraza S. M. y Colinas L. M. 2020. La solución nutritiva modifica el crecimiento de dos especies de orquídeas. *Rev. fitotec. Mex. Chapingo*. 42 (4); 419-427.

Lazcano B. M., Sandoval C. E., Tornero C. M., Hernández H. B., Ocampo F. I. y Díaz R. R. 2021. Evaluación de sustratos, solución nutritiva y enraizador en

producción de plántulas de jitomate. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.12 (1).
DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i1.2450>

López J. E. 2011. Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. *Idesia* [online]. 29 (2): 21-27. ISSN 0718-3429. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292011000200003>.

López J. E. 2018. La producción hidropónica de cultivos. *Idesia*.36 (2): 139-141.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005000801>

Luna J. 2017. Sustrato, soluciones nutritivas e intensidad de raleo de frutos en la producción y calidad de tomate cherry en hidroponía.
<http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/2321>

Marcano C., Acevedo J., Jiménez O., Escalona A., y Pérez P. 2012. Crecimiento y desarrollo del cultivo pepino (*Cucumis sativus* L.) en la zona hortícola de Humocaro bajo, estado Lara, Venezuela. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 3 (8): 1629-1636.

Mokany K., Raison R. y Prokushkin A. 2006. Critical analysis of root: shoot ratios in terrestrial biomes. *Global Change Biology*. 12 (1): 84 - 96.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.001043.x>

Monge A. C. 2007. Evaluación del crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate (*Capsicum annuum*) mediante la utilización de seis sustratos y tres métodos de fertilización en el cantón de San Carlos, Costa Rica.
<https://hdl.handle.net/2238/5871>

Nazir S., Younis A., Riaz A., Akram A., Ahmad N., Tariq U., Nadeem M., Kaleem N. y Ahsan M. 2017. Nutritional efficacy of various growing substrates for potted ravena rivularis palm production. Serie de conferencias IOP: Earth and Environmental Science. 748 (1), 012037.

Rincón S. L. 1997. Características y manejo de sustratos inorgánicos en fertirrigación. I Congreso Ibérico y III Nacional de fertirrigación. Murcia, España. p. 148.

Rodríguez O. G., Enríquez V. R., Arturo V. V. y López H. E. 2021. Fertilización durante la aclimatación en invernadero de plantas de *agave potatorum* micropropagadas. *Revista mexicana de agroecosistemas*. 8 (1): 36-45.

Sánchez C. J. y Díaz B. L. 2019. Evaluación de sustratos elaborados a partir de residuos celulísicos para la propagación de flores ornamentales y hortalizas. *Bioagro*. 31 (1). <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/2612>

SIAP (2020). Avances de siembras y cosechas resumen por estado. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do

Consultado 28 de noviembre 2021.

Toledo P. C. 2006. Evaluación de un sustituto de turba de musgo (peat moss) como sustrato y un estimulador radicular en la producción de plántulas de maíz dulce (*Zea Mays* L.) y tomate (*Lycopersicum esculentum* L.) bajo condiciones de invernadero en san jerónimo, baja Verapaz.

Villar J. M., Peña L. A., Castro B. R., Castillo G. A., Galvis S. A., Ramírez P. F. y Hernández H. B. 2006. Efecto de soluciones nutritivas sobre el desarrollo de plántulas de tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot). *Revista Chapingo serie horticultura*. 12 (2); 223-229.

Yaneika E. V., Rodríguez F. P., Fung Y. B., Isaac E. A., Ferrer A. D. y Asanza G. K. 2020. Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en casa de cultivo semiprotegido bajo riego con agua magnetizada. *Ciencia en su PC*. 1: 75-86.

Zhang, Y., Liao, B., Xin, K., Sheng, N. 2021. Allometric equations for liana species *Derris trifoliata* and the relationship between inflorescence generation and stem diameter. *Global Ecology and Conservation*, 26: e01511. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01511>