

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Evaluación de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva en la producción  
de pepino

QUE PRESENTA

Florentino Zarate Zarate

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

TORREÓN, COAHUILA.

MARZO, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS

Evaluación de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva en la producción de pepino

Por:

Florentino Zarate Zarate

TESIS

Que se somete a la consideración del h. jurado examinador como requisito parcial para obtener el título de:


INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_

Dr. Pablo Preciado Rangel

Presidente

  
\_\_\_\_\_

M.D. Juan Manuel Nava Santos

Vocal

  
\_\_\_\_\_

M.C. Reyna Roxana Guillén Enríquez

Vocal

  
\_\_\_\_\_

Dr. Alain Buendía García

  
\_\_\_\_\_

Dr. J. Isabel Márquez Mendoza

Coordinador de la División de Carreras Agronómicas.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS**

**Evaluación de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva en la producción de pepino**

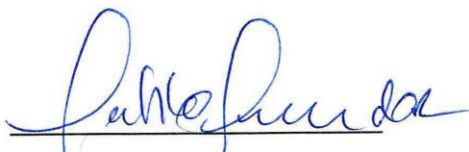
**Por:**

**Florentino Zarate Zarate**

**TESIS**


**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

**Aprobada por el Comité de Asesoría:**

  
\_\_\_\_\_

**Dr. Pablo Preciado Rangel**

**Asesor principal**

  
\_\_\_\_\_

**M.D. Juan Manuel Nava Santos**

**Asesor**

  
\_\_\_\_\_

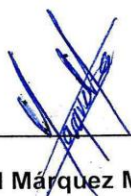
**M.C. Reyna Roxana Guillen Enríquez**

**Asesor**

  
\_\_\_\_\_

**Dr. Alain Buendía García**

**Asesor suplente**

  
\_\_\_\_\_

**Dr. J. Isabel Márquez Mendoza**

**Coordinador de la División de Carreras Agronómicas.**



Torreón, Coahuila

Marzo, 2023

## **Agradecimientos**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Unidad Laguna). Por cobijarme y permitirme ser un alumno más en esta universidad, que me permitió cursar la educación superior con éxito y lleno de conocimientos que me permitirán ser un profesional exitoso.

Agradezco también a la carrera de Ingeniero Agrónomo en Horticultura y a cada uno de los compañeros y docentes que me han permitido enriquecerme de sus conocimientos para forjar mi carácter y mi ética profesional. A mis amigos por su amistad que me brindaron y por todos los momentos felices que pasamos.

A mis asesores de tesis, Dr. Pablo Preciado Rangel y M.C. Reyna Roxana Guillén Enríquez, por su conocimiento y tiempo, cada una de las observaciones y sugerencias, por su atención, amabilidad y motivación durante todo el proyecto.

A mis padres y hermanos (as) quienes han sido un eje fundamental para todo lo que he conseguido en mi vida, por apoyarme en todo momento, por los valores que me ha inculcado.

Agradezco a Dios por haberme otorgado una familia increíble, quienes han creído en mí siempre, enseñándome a valorar todo lo que tengo, quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante.

Este nuevo logro es en gran parte gracias a ustedes ya que he logrado concluir este proyecto que en un principio podría parecer una tarea interminable.

## **Dedicatoria**

A Dios ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera. Por darme la oportunidad de vivir, estar conmigo siempre y darme las fuerzas necesarias en los momentos difíciles.

A mis padres ya que con su apoyo incondicional, tanto emocional y económico fueron las pautas e instrumentos necesarios para triunfar y llevar a cabo mis estudios y porque ellos son la motivación de mi vida.

A mis hermanos (as) por haberme apoyado y contribuido con los seguimientos de mis estudios. Por llenar mi vida de alegrías y amor cuando más lo necesitaba. A toda mi familia por confiar en mí, a mis abuelos, tíos y primos. Por el apoyo brindado.

A cada una de las personas que me han apoyado en estos años de educación, entre ellos mis compañeros y maestros, que han hecho que mi sueño de ser profesional se cumpla.

A todos los que me apoyaron para escribir y concluir esta tesis. Por haberme compartido de sus conocimientos a lo largo de mi formación.

## INDICE DE CONTENIDO

Agradecimientos.....	i
Dedicatoria .....	iii
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
Índice de figuras.....	ix
Índice de cuadros .....	xi
RESUMEN .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivo general .....	3
Objetivos específicos .....	4
Hipótesis de investigación .....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Agricultura protegida en México .....	5
Origen del Pepino.....	5
Características botánicas .....	6
<i>Raíz</i> .....	6
<i>Tallo</i> .....	6

<i>Flor</i> .....	7
<i>Fruto</i> .....	7
Producción de pepino en México .....	8
Calidad del fruto. ....	9
Agricultura Orgánica.....	9
Soluciones nutritivas .....	10
Solución nutritiva ecológica .....	11
Bionergy biofertilizante .....	12
pH en la solución nutritiva .....	12
CE en la solución nutritiva .....	12
Compuestos bioactivos .....	13
Capacidad antioxidante .....	13
Análisis fisicoquímicos en alimentos .....	15
Manipulación del ambiente y calidad nutricional de las plantas .....	16
MATERIALES Y METODOS .....	18
Localización Geográfica del Área experimental .....	18
Forma del Invernadero .....	18



Diseño Experimental y descripción de tratamientos.....	18
Riego.....	19
Fertilización .....	19
<i>Fertilización inorgánica</i> .....	19
<i>Fertilización orgánica (Bio energy Biofertilizante)</i> .....	21
Labores culturales .....	21
<i>Tutorado</i> .....	21
<i>Poda</i> .....	22
<i>Deshoje</i> .....	22
<i>Cosecha</i> .....	22
Variables evaluadas .....	23
Altura de la planta .....	23
Rendimiento .....	23
Diámetro ecuatorial .....	23
Sólidos solubles totales (° Brix).....	23
Firmeza del fruto .....	24
Peso fresco y Peso seco .....	24

Calidad nutracéutica del fruto.....	24
Vitamina c.....	24
Fenoles totales.....	25
Flavonoides.....	25
Capacidad antioxidante.....	25
Análisis de datos.....	26
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>27</b>
Altura de Planta.....	27
Rendimiento.....	28
Sólidos solubles totales (°Brix).....	30
Firmeza del fruto.....	32
Peso seco (hojas).....	33
Longitud del fruto.....	35
Peso de fruto.....	36
Raíces secundarias.....	38
Proteína.....	39
Calidad nutracéutica del fruto.....	41

Fenoles totales.....	41
Flavonoides.....	42
Capacidad de antioxidante.....	44
Vitamina C.....	46
CONCLUSIONES.....	47
REFERENCIAS.....	48

## Índice de figuras

Figura 1. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre la altura de planta.....	28
Figura 2. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento de frutos de pepino).....	29
Figura 3. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre los sólidos solubles totales en frutos de pepino. ....	31
Figura 4. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre la firmeza de frutos de pepino.....	32
Figura 5. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el peso seco de hojas.. ....	34
Figura 6. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre la longitud de frutos de pepino.. ....	36
Figura 7. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el peso de frutos de pepino.....	37
Figura 8. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el número de raíces secundarias en el cultivo de pepino.....	38
Figura 9. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre las proteínas en frutos de pepino.....	40

Figura 10. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre los fenoles totales en frutos de pepino.....	41
Figura 11. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre los flavonoides en frutos de pepino.....	43
Figura 12. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre la capacidad antioxidante en frutos de pepino..	44
Figura 13. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el contenido de vitamina C en frutos de pepino..	46

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Macroelementos utilizados para la preparación de Solución nutritiva Steiner en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero. ....	<b>20</b>
Cuadro 2. Microelementos utilizados para la preparación de Solución nutritiva Steiner en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero. ....	<b>20</b>
Cuadro 3. Fertilizante líquido orgánico (Bio energy Biofertilizante) utilizado para la preparación de Solución nutritiva en el cultivo de pepino en invernadero. ....	<b>21</b>

## RESUMEN

Para mantener una alta productividad de los cultivos, se requieren altas cantidades de fertilizantes, los cuales si no son utilizados racionalmente pueden afectar negativamente al ambiente; lo anterior impulsa la búsqueda de alternativas de fertilización sustentables que, además de suplir los requerimientos nutrimentales de los cultivos, no afecten significativamente el rendimiento y la calidad de los frutos. En base a lo anterior el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la conductividad eléctrica de dos soluciones nutritivas (solución ecológica y solución de Steiner) sobre el rendimiento y la calidad nutracéutica y capacidad antioxidante en el fruto de pepino (*Cucumis sativus* L) bajo condiciones de invernadero.

Los tratamientos evaluados consistieron en tres soluciones nutritivas ecológicas con diferente conductividad eléctrica: 1.7, 2.2, 2.7 dS m<sup>-1</sup> y un tratamiento testigo solución nutritiva Steiner (2.00 dS m<sup>-1</sup>). Los resultados muestran que con la conductividad eléctrica de 2.2 dS m<sup>-1</sup> en la solución nutritiva ecológica, se incrementa la biosíntesis de metabolitos secundarios como fenoles totales, y la actividad antioxidante en los frutos de pepino. El uso de soluciones nutritivas ecológicas en el cultivo de pepino favorece la calidad del fruto (antioxidantes, fenoles y flavonoides); sin embargo, se afecta negativamente en el rendimiento del cultivo, ya que el tratamiento testigo obtuvo mejor rendimiento.

**Palabras clave:** Rendimiento, Compuestos bioactivos, Solución nutritiva ecológica.

## INTRODUCCIÓN

El pepino (*Cucumis sativus L.*) es una de las hortalizas con mayor demanda en el mundo. Existen pocos datos sobre el desarrollo y crecimiento de esta hortaliza por la cual se requiere información para mejorar la producción (Yáñez-Juárez et al., 2012). En México es un cultivo importante por el consumo y recursos generados en su producción. Los estados de Sinaloa, Michoacán, Sonora y Morelos destacan como principales productores de esta hortaliza. En el año agrícola 2019 a nivel nacional fueron sembradas 16,200 ha de pepino de las cuales se obtuvieron 826,402 toneladas que generaron 5, 496,036 millones de pesos por su comercialización (SIAP, 2019).

La agricultura protegida es una tecnología de producción que ofrece varios beneficios como menos riesgos de producción ante factores climáticos, menor incidencia de plagas y enfermedades, y mayor rendimiento y calidad de los productos cosechados, entre otros (Sánchez *et al.*, 2014).

Para que las plantas de pepino (*Cucumis sativus L.*) crezcan sin limitaciones nutricionales, la solución nutritiva debe tener un pH entre 5.5 a 6.5, una conductividad eléctrica (CE) entre 1.5 y 3 dS m<sup>-1</sup>, y los nutrimentos minerales deben estar disociados en proporciones y concentraciones que eviten precipitados y antagonismos (Adams, 2004). La planta modifica el consumo de nutrimentos en función de sus fases de crecimiento y desarrollo, condiciones climáticas, y



características de la solución nutritiva como la CE, pH y oxígeno disuelto (Terabayashi *et al.*, 2004; Jones, 2005; Sonneveld y Voogt, 2009).

En general, el cultivo de pepino recibe altas dosis de fertilizantes, especialmente nitrogenados los cuales han afectado negativamente al medio ambiente (Gallardo *et al.*, 2009). Estos problemas han impulsado la búsqueda de alternativas de fertilización sustentables que, además de suplir los requerimientos nutrimentales de los cultivos, no afecten significativamente el rendimiento y la calidad de los frutos (Nieto *et al.*, 2002). Una alternativa para satisfacer la demanda nutricional de los cultivos, además de disminuir los costos y la dependencia de los fertilizantes sintéticos, es la utilización de algunos materiales orgánicos (Capulín *et al.*, 2007).

Recientemente, se han publicado numerosos artículos sobre antioxidantes naturales, como los polifenoles, flavonoides, vitaminas, y productos químicos volátiles (Moon y Shibamoto, 2009). Los compuestos fenólicos han sido objeto de considerable atención por ser factores potencialmente protectores contra el cáncer y las enfermedades del corazón, en parte debido a sus propiedades antioxidantes potentes y su ubicuidad en una amplia gama de alimentos consumidos comúnmente de origen vegetal (Cartea *et al.*, 2010).

Las soluciones nutritivas orgánicas además de ser fuente de nutrimentos para los cultivos producidos en condiciones protegidas, incrementa la calidad nutracéutica de los frutos; por lo que su uso, es una opción viable con el cual se ayuda a minimizar la dependencia hacia los fertilizantes convencionales y sus efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana. Los compuestos fenólicos han sido objeto de considerable atención por ser factores potencialmente

protectores contra el cáncer y las enfermedades del corazón, reducen el riesgo de sufrir enfermedades como diabetes, son capaces de estimular el sistema inmunológico para ayudar a combatir las infecciones y proteger la piel del envejecimiento prematuro, debido a sus propiedades antioxidantes potentes y su ubicuidad en una amplia gama de alimentos consumidos comúnmente de origen vegetal (Cartea *et al.*, 2010). La investigación científica aporta datos sobre el beneficio del consumo cotidiano de alimentos con antioxidantes y la protección que pueden proporcionar para prevenir los riesgos de padecimientos, aunque se reitera que se requieren más estudios. Bajo esta perspectiva, esta investigación tuvo como objetivo evaluar la conductividad eléctrica de soluciones nutritivas orgánicas y de Steiner sobre el rendimiento y la calidad de pepino en condiciones de invernadero.

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto de la conductividad eléctrica de una solución nutritiva ecológica sobre el rendimiento y calidad nutracéutica en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero.

**Objetivos específicos**

Cuantificar el rendimiento del cultivo de pepino por efecto de la conductividad eléctrica de una solución nutritiva.

Determinar el efecto de la conductividad eléctrica de las soluciones nutritivas sobre la calidad nutracéutica y capacidad antioxidante de frutos de pepino.

**Hipótesis**

La solución nutritiva ecológica mejora significativamente la calidad nutracéutica y capacidad de antioxidante de los frutos de pepino.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Agricultura protegida en México**

La agricultura protegida permite controlar algunos factores ambientales y establecer condiciones óptimas para el crecimiento y desarrollo de las plantas, con ello se reduce el efecto que las condiciones climáticas externas tienen sobre los cultivos. Además, este sistema de producción tiene otras ventajas entre las que destacan la generación de empleos, aumento en los rendimientos, producción sostenida durante todo el año, inocuidad en los cultivos, ahorro de agua y establecimiento de cultivos en suelos con problemas de degradación o con químicos. Los principales cultivos establecidos bajo Agricultura Protegida en México son tomate (70%), pimiento (16%), pepino (10%), otros (4%) (SAGARPA, 2012).

### **Origen del Pepino**

Según la Fundación de Desarrollo Agrícola (FDA 1992) y Bolaños (2001) la especie *Cucumis sativus* L. reporta su origen en las regiones tropicales de Asia, siendo cultivado en la India desde hace más de 3000 años. La especie es una de las hortalizas de mayor relevancia de acuerdo a su consumo per cápita principalmente como hortaliza fresca; en México el cultivo de pepino es la cuarta hortaliza de mayor importancia siendo además el segundo país exportador a nivel mundial y el primer proveedor de mercado de los Estados Unidos (Mejía, 2010; Barraza, 2012).

De la misma manera, Muñoz-Macías, (2015) dice que es originario del sudeste de Asia y su cultivo se extendió hacia el cercano Oriente; fue conocido por los

griegos y los romanos antiguos, incluso su cultivo era forzado y lo introdujeron hacia el este de China y después a Europa (Maroto *et al.*, 2010).

El mismo ha alcanzado gran importancia debido a la gran diversidad de climas y la adaptabilidad que presenta, ya que esta hortaliza se cultiva en 29 estados de México (SAGARPA, 2010).

### **Características botánicas**

Raíz, el pepino es una planta de las familias de las hortalizas que desarrolla una raíz principal que llega a medir alcanzar una profundidad en el suelo entre 100 y 120 cm. De la raíz mayor se desprenden muchas raíces secundarias, estas son ramificaciones múltiples que extienden de forma horizontal, en su mayoría se encuentran ubicadas en una parte del suelo que oscila del suelo a 10 a 20 cm (Off, 2010)

Tallo, el pepino es herbáceo, de color verde, anguloso, cuadrangular, espinoso (con vellosidad), su crecimiento es del tipo indeterminado, rastroso y trepador. El tallo principal da origen a la división en diferentes ramas laterales, sobre él se desarrollan nudos y de cada nudo se emite una hoja y un zarcillo, este sale del nudo opuesto a las hojas (estos zarcillos son hojas adaptadas a la función trepadora), en la axila de cada hoja aparece un brote lateral y una o varias flores. En la zona del cuello de la planta, el tallo al estar en contacto con el suelo tiene la capacidad de emitir raíces adventicias, de mucha utilidad en situaciones de estrés post-plantación y muy útiles cuando se aporcan las plantas tras el trasplante (Maroto, 2011)

Hojas, son simples, acorazonadas, alternas, pero opuestas a los zarcillos. Posee de 3 a 5, lóbulos angulados y triangulares, de epidermis con cutícula delgada, por lo que no resiste evaporación excesiva (Biónica, 2010).

Flor, es una planta monoica, dos sexos en la misma planta, de polinización cruzada. Algunas variedades presentan flores hermafroditas y las flores se sitúan en las axilas de las hojas en racimos y sus pétalos son de color amarillo. Estos tres tipos de flores ocurren en diferentes proporciones, dependiendo del cultivar. Al inicio de la floración, normalmente se presentan sólo flores masculinas; a continuación, en la parte media de la planta están en igual proporción, flores masculinas y femeninas y en la parte superior de la planta existen predominantemente flores femeninas. De manera general, los días cortos, temperaturas bajas y suficiente agua, inducen la formación de mayor número de flores femeninas y los días largos, altas temperaturas, sequía, llevan a la formación de flores masculinas (Bionica, 2010).

Fruto, se considera como una baya falsa (pepónide), alargado, mide aproximadamente entre 15 y 35 cm de longitud. Además, es un fruto carnoso, más o menos cilíndrico, exteriormente de color verde, amarillo o blanco e interiormente de carne blanca. Contiene numerosas semillas ovaladas de color blanco amarillento y de tamaño mediano (FAO, 2006). En estadíos jóvenes, los frutos presentan en su superficie espinas de color blanco o negro (Bionica, 2010).

## **Producción de pepino en México**

El pepino es una hortaliza de verano de las más importantes producidas bajo condiciones de invernadero; México es uno de los principales proveedores de hortalizas frescas hacia los Estados Unidos, permitiendo llevar a cabo un comercio competitivo y dinámico (Borbon *et al.*, 2018).

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es uno de los cultivos hortícolas de mayor consumo a nivel mundial por su valor nutrimental (Waris *et al.*, 2014), de alto potencial económico por ser un producto de exportación que se cultiva y consume en muchas regiones del mundo (Vasco, 2003; Gálvez, 2004).

En México este cultivo es muy importante, ya que nuestro país es el principal exportador mundial de esta hortaliza y es relevante también para el consumo nacional (López-Elias *et al.*, 2011). La tendencia en el incremento de las áreas de producción nacional y mundial de pepino se atribuye a su alta rentabilidad y a su ciclo vegetativo corto (Fernández *et al.*, 2018).

Existen variedades con alta productividad y las buenas prácticas de manejo son un factor importante para el incremento del rendimiento y, con ello, divisas y empleos (Hernández, 2014).

De acuerdo con información del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la producción de pepino en 2019 fue de 803 mil 706 toneladas. En México, casi 60% de la producción se concentró en tres entidades principalmente: Sinaloa, Sonora y Michoacán (Procuraduría Federal del Consumidor, 2020).

### **Calidad del fruto.**

De acuerdo a la variedad de pepino podemos encontrar en el mercado varios tipos de fruto: europeo, holandés, americano, del este medio y oriental (Chacón-Padilla y Monge Pérez, 2017). El pepino es un fruto no climatérico que se consume en estado inmaduro (Barraza-Álvarez, 2015). Su composición es mayormente agua (alrededor de un 95 %), además contiene 3.6 % de carbohidratos, 0.65 % de proteínas y pocas calorías ( $150 \text{ kcal kg}^{-1}$ ) (Tsuchida *et al.*, 2010). Sin embargo, su consumo se justifica por su valor nutricional ya que contiene minerales como: calcio (20 mg), fósforo (22 mg), hierro (0.3 mg); vitaminas A (17  $\mu\text{L}$ ), B1 (0.03 mg), B2 (0.04 mg), C (12.6 mg), miosina (0.09 mg), calorías (11 cal), agua (96.4), proteína (0.5 g), carbohidratos (2.6 g), fibra (0.4 g) y ceniza (0.4 g) por cada 100 g de parte comestible (Hidalgo-Rosas, 2020).

### **Agricultura Orgánica**

La agricultura orgánica, biológica o ecológica, es un sistema de producción basado en la utilización óptima de los recursos naturales sin emplear productos de síntesis química. Los alimentos orgánicos se producen bajo un conjunto de procedimientos que tienen tres objetivos principales: la obtención de alimentos más saludables, un ingreso mayor para los agricultores y la protección del ambiente a través del uso de técnicas no contaminantes, y que además disminuyan el empleo de energía y de sustancias inorgánicas (Schwentenius y Gómez, 2007).



La agricultura orgánica es una alternativa para la producción sostenida de alimentos limpios y sanos, puesto que es un sistema de producción, en el cual no se utilizan insumos contaminantes para las plantas, ser humano, agua, suelo y ambiente (Rodríguez *et al.*, 2007).

Actualmente, los consumidores prefieren alimentos libres de agroquímicos, inocuos y con un alto valor nutricional; una opción es la producción orgánica; sin embargo, debe transcurrir de tres a cinco años sin aplicación de agroquímicos, incluyendo fertilizantes, tiempo que la mayoría de los productores no están dispuestos a arriesgar su capital (Márquez y Cano, 2005).

### **Soluciones nutritivas**

Las soluciones nutritivas consisten en una mezcla de elementos que son esenciales tanto para el crecimiento como para el desarrollo de la planta; los elementos se proporcionan en sus formas asimilables y en las concentraciones adecuadas para la planta.

Grupo Latino (2010), define a la solución nutritiva como un conjunto de compuestos y formulaciones que contiene los elementos esenciales disueltos en el agua, que las plantas necesitan para su desarrollo. Los estudios de la fisiología vegetal determinaron que ciertos elementos esenciales afectan el desarrollo de la planta, partiendo de esto se inició la mezcla de compuestos del cuales fueron evaluados hasta llegar a una solución, que hasta hoy en día siguen modificando para diferentes cultivos por la variabilidad tanto genética como medio ambiente. Pero es importante que esta tenga los elementos esenciales los que permitirán sobrevivir a la planta

como son: Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) que son los más demandados para su desarrollo, y los micronutrientes (Cl, B, Fe, Mn, Zn y Mo) que son elementos que se requieren en menor proporción.

Sánchez y Escalante (2001), define a la solución nutritiva como, el conjunto de elementos nutritivos requeridos por las plantas, disueltos en agua. En diferentes experimentos se ha probado que para el crecimiento y desarrollo de las plantas son necesarios los elementos como: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre, magnesio, hierro, manganeso, boro, cobre, zinc, molibdeno, cloro y níquel.

Izquierdo (2005), dice que, de los 16 elementos químicos considerados necesarios para el crecimiento de las plantas, 13 son nutrientes minerales.

El pepino al igual que los demás cultivos necesitan de una serie de elementos químicos que se denominan elementos nutritivos, los cuales son indispensables para el desarrollo de su ciclo vital, la solución nutritiva es considerada como uno de los componentes principales del sistema hidropónico, dado que en ella están contenidos los nutrientes esenciales que el sustrato en casi todas las veces no aporta hacia las plantas, lo cual es necesario entregar los nutrientes mediante soluciones nutritivas (Sánchez *et al.*, 2014).

### **Solución nutritiva ecológica**

Algunas propuestas han conducido a una agricultura orgánica y/o ecológica, la cual incluye los sistemas agrícolas que optimizan la calidad de la agricultura y el

medio ambiente en todos sus componentes. Aunque el concepto de nutrición casi siempre se ha asociado con fertilizantes, en el contexto orgánico se refiere a todos los componentes que permiten el buen desarrollo de la planta (Usman *et al.*, 2003).

### **Bionergy biofertilizante**

Fertilizante orgánico hecho a partir de bioles de nopal, además es un mejorador de suelo y complemento nutricional. Mejora el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos.

### **pH en la solución nutritiva**

En cuanto a su pH el cultivo del pepino se adapta a un pH ideal óptimo que oscila de entre los 5.5 y 7, evitándose los suelos ácidos con pH menores de 5.5. (Valadez, 1998)

Según Guzmán (2004), el rango conveniente de pH que permite a las plantas una absorción adecuada de los elementos nutritivos sin riesgo de carencias de ninguno de ellos es de 6.5.

### **CE en la solución nutritiva**

León (2006), dice que la conductividad eléctrica es un parámetro que mide el total de sales disueltas en el agua y evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, se expresa en mili Siemens sobre centímetro, esto permite conocer si la solución excede o carece de la cantidad de nutrientes para cultivos hortícolas. El rango de conductividad eléctrica adecuado para el crecimiento de las plantas se encuentra entre: 1,5 - 2,5 dS m<sup>-1</sup>.

Si la solución nutritiva supera el límite de rango óptimo de conductividad eléctrica se debe agregar agua o, en caso contrario, si se encuentra por debajo del rango óptimo deberá renovarse totalmente (Zepeda, 2012).

### **Compuestos bioactivos**

Los compuestos bioactivos, son sustancias encontradas en la naturaleza, formando parte de la cadena alimenticia se dividen en dos grupos, los compuestos esenciales y no esenciales. Se le atribuyen distintas funciones biológicas como: las actividades antioxidantes, antitrombóticas, anticoagulantes, antiinflamatorias, antiproliferativas, antihipertensivas, antidiabéticas y cardioprotectores. Éstas son algunas de las funciones que han sido vinculadas para prevención de diferentes enfermedades coronarias como cáncer, diabetes y enfermedades cardiovasculares. Algunos micronutrientes (vitaminas A, D, E y C, zinc y magnesio), fitoquímicos (carotenoides, polifenoles), ácidos grasos (omega – 3, omega – 6) y proteínas bioactivas (lactoferrina, lactoglobulina) son algunos ejemplos de sustancias benéficas para la salud (Acevedo-Fani *et al.*, 2020).

### **Capacidad antioxidante**

Los antioxidantes tienen como función principal proteger y retrasar el proceso de envejecimiento del fruto ante los radicales libres. Los radicales libres son los causantes del envejecimiento y favorecen al ataque de patógenos, generando marchitez en la zona de la epidermis (Gutiérrez-Zavala *et al.*, 2007).

La actividad antioxidante engloba una serie de compuestos presentes en frutas y hortalizas como: tocoferoles, ácidos fenólicos, flavonoides, vitamina C y

carotenoides, han sido relacionados a los efectos positivos que hay en la salud humana, ha tomado auge como resultado de su relación con la disminución de enfermedades catastróficas (Rojas-Barquera y Narváez-Cuenca, 2009).

El estrés oxidativo es caracterizado por una alteración en el balance oxidante (prooxidante), donde la generación de especies reactivas de oxígeno excede la capacidad del sistema de defensa antioxidante enzimático y no enzimático a nivel celular o sistémico (Salekzamani *et al.*, 2019).

Los compuestos fenólicos han sido objeto de considerable atención por ser factores potencialmente protectores contra el cáncer y las enfermedades del corazón, en parte debido a sus propiedades antioxidantes potentes y su ubicuidad en una amplia gama de alimentos consumidos comúnmente de origen vegetal (Cartea *et al.*, 2011).

La demanda de alimentos orgánicos está aumentando constantemente debido en parte a los beneficios derivados de su consumo. Los polifenoles, tales como flavonoides y ácidos fenólicos, son un grupo de metabolitos secundarios de las plantas con efectos sobre la salud presumiblemente beneficiosos (Soltoft *et al.*, 2010).

Su contenido puede variar entre las plantas individuales de la misma especie, que se asocia con una serie de condiciones internas y externas, tales como factores genéticos, ambientales y agronómicos. También influyen en el contenido de antioxidantes factores climáticos y del suelo, así como agronómicos tales como: el método, lugar y fecha de plantación, fertilización, abono, la salinidad pueden contribuir a la formación de condiciones de estrés durante el crecimiento de las

plantas y aumentar el contenido de antioxidantes en las plantas (Biesiada y Tomczac, 2012).

La fertilización tiene influencia sobre el estado de fitoquímico de los cultivos. El fertilizante inorgánico reduce el nivel de antioxidantes, mientras que los fertilizantes orgánicos aumentan el contenido antioxidante de la planta. Las diferencias genotípicas son los factores principales que causa una gran variación en el contenido de vitamina, la capacidad antioxidante y contenido fenólico (Faezah *et al.*, 2013).

### **Análisis fisicoquímicos en alimentos**

Algunos de los análisis más comunes realizados en la industria de alimentos son potencial de hidrogeno o pH el cual deriva de la necesidad de cuantificar la acidez y la alcalinidad mediante una escala basada en la concentración de los iones hidronio ( $H_3O^+$ ) en una solución y se utiliza un potenciómetro. En cambio, los °Brix se basan en controlar la cantidad de azúcar que va a contener ese producto, siendo medida por un refractómetro (Clapés, 2015).

El método radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil o DPPH es un radical orgánico, nitrogenado estable el cual se basa en la reducción que experimenta el radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil por parte de los antioxidantes que se presenten en la muestra que se esté analizando para transformar en el DPPH estable; es posible identificar por la variación de color que se da pasando de morado a violeta (radical DPPH) al color amarillo (DPPH estable), siendo determinado por longitud de onda de 5176 ó

515 nm. En este procedimiento se utiliza el patrón de referencia Trolox (análogo sintético a la vitamina E) (Villanueva, 2020).

### **Manipulación del ambiente y calidad nutricional de las plantas**

Algunas investigaciones han demostrado que es posible manipular los mecanismos de defensa de las plantas y niveles de antioxidantes y fitoquímicos específicos por medio de la ingeniería de genes, con la aplicación de fertilizantes químicos u orgánicos, o con inductores químicos naturales o artificiales que funcionan como señalizadores, antioxidantes y promotores de oxidación controlada (Kocsy *et al.*, 2001; Benavides *et al.*, 2002).

De igual manera, el propio sistema de señalización y de regulación de la adaptación ambiental es potencialmente útil para en cierta forma, dirigir la respuesta de las plantas hacia los fenotipos que se consideran adecuados; es decir, aquellos que tienen altos niveles de antioxidantes; por lo cual la manipulación de algunos factores del entorno de crecimiento de las plantas pueden aumentar la capacidad antioxidante total, sin que este cambio se relacione con respuestas negativas en el crecimiento o desarrollo de las plantas. Ejemplo de ello es el uso de soluciones nutritivas (inorgánicas y orgánicas) en sistemas hidropónicos con un aumento moderado en los niveles de salinidad, con el propósito de producir frutos de pepino con mayor cantidad de antioxidantes (De Pascale *et al.*, 2001; D Amico *et al.*, 2003; ccSgherri *et al.*, 2007).

En concordancia a que los actuales consumidores ya no sólo están interesados en la apariencia de los productos, sino también en su contenido de compuestos

antioxidantes tales como flavonoides, fenólicos totales,  $\beta$ -caroteno y ácido ascórbico entre otros, los cuales están naturalmente presentes en los productos vegetales (Wang y Wu, 2010). La importancia de dichos compuestos bioactivos radica en que su consumo es asociado con un menor riesgo de enfermedades crónicas degenerativas (Llacuna y Mach, 2012); ya que estos alimentos funcionales atenúan el estrés oxidativo, que dan lugar a la desintegración de la membrana celular, daños en proteínas y mutación del ADN (Ravishankar *et al.*, 2013; Xiao *et al.*, 2014). De ahí la importancia de incrementar la concentración de compuestos fitoquímicos con propiedades antioxidantes en los frutos y vegetales.

Diversos estudios epidemiológicos han demostrado que una dieta rica en frutas y verduras puede prevenir o ralentizar la aparición de estas enfermedades, debido a la presencia de compuestos bioactivos en dichos alimentos. Los compuestos bioactivos o también llamados fitoquímicos, son compuestos beneficiosos para la salud que, aunque no son esenciales para nuestro organismo, potencian la acción de otros nutrientes (Martínez-Navarrete *et al.*, 2008).

Entre estos compuestos bioactivos se encuentran los compuestos fenólicos o polifenoles, un amplio grupo de compuestos con un elevado poder antioxidante, capaz de prevenir los procesos degenerativos ocurridos en el organismo debido a un exceso de radicales libres. Las situaciones más corrientes que generan mayor cantidad de radicales libres son: la respiración, la digestión, el tabaquismo, la detoxificación, la enfermedad (principalmente infección, inflamación y alergias), el estrés crónico o agudo, la exposición a los rayos solares, la exposición a los contaminantes y una aportación excesiva alimentaria (Hernández *et al.*, 2020).



## **MATERIALES Y METODOS**

### **Localización Geográfica del Área experimental**

El presente trabajo se realizó en invernadero durante los meses de agosto-diciembre 2021 dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN-UL). Que se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas 103° 25' 57" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich y 25° 31' 11" de Latitud Norte, con una altura de 1,123 msnm (CNA, 2005).

### **Forma del Invernadero**

La forma del invernadero está construido por arcos curvos semicirculares, con una estructura totalmente metálica, cubierto con una película plástica transparente, el piso es de piedra granulada de color blanco, el sistema de enfriamiento tiene una pared húmeda y un par de extractoras de aire caliente, ambos sistemas están sincronizados para accionarse por los sensores las macetas cuentan con un sistema de riego está programado para dar dos riegos por día la superficie del invernadero es de 2.7 m<sup>2</sup>.

### **Diseño Experimental y descripción de tratamientos**

El diseño experimental empleado fue completamente al azar con tres concentraciones de la solución nutritiva ecológica: T1 solución nutritiva ecológica (1.7 dS m<sup>-1</sup>), T2 solución nutritiva ecológica (2.2 dS m<sup>-1</sup>), T3 solución nutritiva ecológica (2.7 dSm<sup>-1</sup>) y un tratamiento testigo de solución nutritiva Steiner (2.00 dS

m<sup>-1</sup>). Con cuatro repeticiones cada uno, resultando un total de 16 unidades experimentales.

## **Riego**

Los riegos con agua sola se realizaron diariamente. A los 18 días después de la siembra se empezó a aplicar el riego con solución nutritiva, en el cual se aplicó con una solución nutritiva Steiner al 25%. Los niveles de concentración de la solución nutritiva para cada etapa del cultivo se ajustaron según lo fue requiriendo la planta. La aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos se realizó manualmente de la siguiente manera.

## **Fertilización**

### **Fertilización inorgánica**

Se tomó como base la solución nutritiva Steiner sobre la cual se realizaron las modificaciones para obtener el tratamiento testigo, se utilizaron tambos de 60 litros. En donde se agregaron los fertilizantes que a continuación se mencionan, partiendo de los cálculos realizados para aplicarlos en gramos (g) por litro (L), como se observa en el cuadro. Inmediatamente se agitó constantemente hasta que se equilibrara.

**Cuadro 1.** Macroelementos utilizados para la preparación de Solución nutritiva Steiner en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero.

Porcentaje de solución nutritiva Steiner	Cantidad de agua (L)	Multical (g)	Magnisal (g)	Multi-NPK (g)	Siarizan (g)
100%	60	13.88	16.8	33.36	9.8
25%	60	3.47	4.2	8.34	2.45

**Cuadro 2.** Microelementos utilizados para la preparación de Solución nutritiva Steiner en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero.

Porcentaje de solución nutritiva Steiner	Cantidad de agua (L)	Sulfato de hierro ( $FeSO_4$ ) (g)	Sulfato de manganeso ( $MnSO_4$ ) (g)	Sulfato de molibdeno ( $MoSO_4$ ) (g)	Sulfato de cobre ( $CuSO_4$ ) (g)	Sulfato de zinc ( $ZnSO_4$ ) (g)
100%	60	1.44	0.3912	0.01368	0.0264	0.00552
25%	60	0.36	0.0978	0.00342	0.0066	0.00138

### Fertilización orgánica (Bio energy Biofertilizante)

A los 25 días el volumen de solución nutritiva orgánica a las macetas se aplicó de acuerdo a las etapas fenológicas del cultivo, se inició con ½ litro diario para cada planta y después se le fue aumentando a 1 litro antes de la floración y 2 litros en la etapa reproductiva.

**Cuadro 3.** Fertilizante líquido orgánico (Bio energy Biofertilizante) utilizado para la preparación de Solución nutritiva en el cultivo de pepino en invernadero.

Tratamientos	Conductividad eléctrica dS m <sup>-1</sup>	Cantidad de agua (L)	Cantidad de solución Bio energy biofertilizante (ml)
<b>1</b>	1.7	2	120
<b>2</b>	2.2	2	200
<b>3</b>	2.7	2	300

### Labores culturales

#### Tutorado

Esta práctica es imprescindible para mantener la planta erguida. El tutorado se comenzó a los 25 días después de la siembra. Para sujetar la planta se realizó con hilo de polipropileno (rafia) colocándolo de uno de sus extremos a la zona basal de

la planta y de otro a un alambre por encima de la planta. Conforme la planta fue creciendo se fue guiando su crecimiento rodeando progresivamente al hilo de sujeción con el ápice principal.

### **Poda**

Se eliminaron de forma manual los brotes laterales y sarmientos que salían en los tallos principales por debajo de los 50 cm del tallo principal al igual que las hojas y los frutos que vayan formando.

### **Deshoje**

El deshoje consistió en eliminar las hojas enfermas y secas para mejorar la ventilación de entre las plantas.

### **Cosecha**

Se marcaban todos los pepinos aptos para cosechar con la identificación de la maceta para proceder con la toma de sus datos. Se realizaron tres cosechas. Se consideraban los frutos listos para la cosecha los que tenían el desprendimiento de la flor o ausencia de espinas.

## **Variables evaluadas**

### **Altura de la planta**

La altura de la planta se determinará midiendo con una cinta métrica escala 0 a 5 m desde la base del tallo hasta el ápice de la planta al finalizar el corte del quinto racimo. Para el diámetro de tallo se utilizará un vernier digital marca Truper modelo 14388 y se expresaron en milímetros (mm).

### **Rendimiento**

Se determinó con el peso de cada uno de los frutos en una báscula digital, posteriormente se una suma total de los frutos de cada planta se multiplicó por los metros cuadrados que fue 1.2 m<sup>2</sup>.

### **Diámetro ecuatorial**

Para esta variable se midió la parte media del fruto con un vernier.

### **Sólidos solubles totales (° Brix)**

Se tomaron tres frutos de cada tratamiento y por repetición y se perfora cuidadosamente cada fruto para obtener una gota de jugo el cual fue depositada en un refractómetro manual (Master Refractometer Automatic Atago) los valores se reportarían en °Brix.

### **Firmeza del fruto**

Se determinará con un penetrómetro de la marca FRUIT PRESSURE TESTER FT 327 utilizando una puntilla de 8 mm de diámetro, para esto se retira la cutícula.

### **Peso fresco y Peso seco**

Para determinar peso seco de hoja, tallo y raíz, se separaron las hojas, tallo y raíz. Enseguida fueron pesados para registrar su peso fresco y posteriormente se esperó a que secaran las plantas para registrar su peso seco.

### **Calidad nutracéutica del fruto**

#### **Vitamina C**

La determinación de vitamina C (ácido ascórbico) del fruto de pepino se realizó utilizando un titulador automático. Para ello se pesaron 2 g de muestra, se maceraron, filtraron y aforaron a 50 mL con agua destilada. La muestra se tituló con el reactivo de Thielmann hasta la aparición de una coloración rosa, anotándose el volumen gastado.

Después, se utilizó 5.2 diclorofenolindofenol ( $1 \times 10^{-3}$  N) para titular 50 mL del diluido. Para determinar la titulación, el color rojizo debe persistir durante unos segundos. Si desaparece al agitar la muestra significa que aún queda vitamina C sin oxidarse. Una vez obtengamos el color rojizo, dejamos de añadir colorante y calculamos con el volumen gastado. El resultado se reporta como mg 100 g PF.

### **Fenoles totales**

Los fenoles totales se midieron por colorimetría utilizando el método Folin-Ciocalteu, propuesto por Singleton *et al.* (1985). Los fenoles de la muestra de 0.5 g fueron extraídos con metanol. Se agregaron 750  $\mu\text{L}$  de al 2% en un tubo de ensayo, seguido de la adición de 250  $\mu\text{L}$  del reactivo Folin-Ciocalteu al 50%, más un volumen final de 1375  $\mu\text{L}$  de  $\text{H}_2\text{O}$  desionizada, añadiendo 250  $\mu\text{L}$  del extracto enzimático. Los resultados de fenoles totales se expresaron en mg de ácido gálico  $\text{g}^{-1}$ .

### **Flavonoides**

El análisis de flavonoides se realizó siguiendo método de Zhishen *et al.* (1999). Los compuestos fueron extraídos con metanol. Una cantidad de 0.5 g se homogeneizó con 5 mL de metanol. Se centrifugó a 4000 rpm durante 10 minutos a  $4^\circ\text{C}$ . Para la mezcla se colocaron 250  $\mu\text{L}$  de la alícuota en un tubo de ensayo, seguido de la adición de 75  $\mu\text{L}$  de  $\text{NaNO}_2$  y se agitó mediante un vortex. Después de cinco minutos se agregaron 150  $\mu\text{L}$  de  $\text{ALCL}$ ; luego, se agregó un volumen de 500  $\mu\text{L}$  de  $\text{NaOH}$ , más un volumen final de 2.025 de  $\text{H}_2\text{O}$ . La absorbancia fue medida inmediatamente por espectrofotometría A510. Los flavonoides fueron cuantificados basados sobre una curva estándar de catequina.

### **Capacidad antioxidante**

Para la obtención de resultados de la capacidad antioxidante fue necesario determinarlo por el método  $\text{DPPH}^{\cdot\cdot}$  *in vitro* usando algunas modificaciones en la técnica de Brand-Williams *et al.* (1995).



Se preparó una solución etanólica a una concentración de  $0.025 \text{ mg mL}^{-1}$  de DPPH<sup>+</sup> (Aldrich®, EUA). Se mezclaron 50  $\mu\text{L}$  del extracto con 950  $\mu\text{L}$  de solución de DPPH, dejándolo reposar por 30 min. Después de dejar las muestras en reposo, se usó un espectrofotómetro (Thermo Scientific Multiskan SkyHigh®, EUA) para medir la absorbancia a 515 nm. Los resultados se expresaron en equivalente a  $\mu\text{M}$  Trolox  $100 \text{ g}^{-1}$  PF.

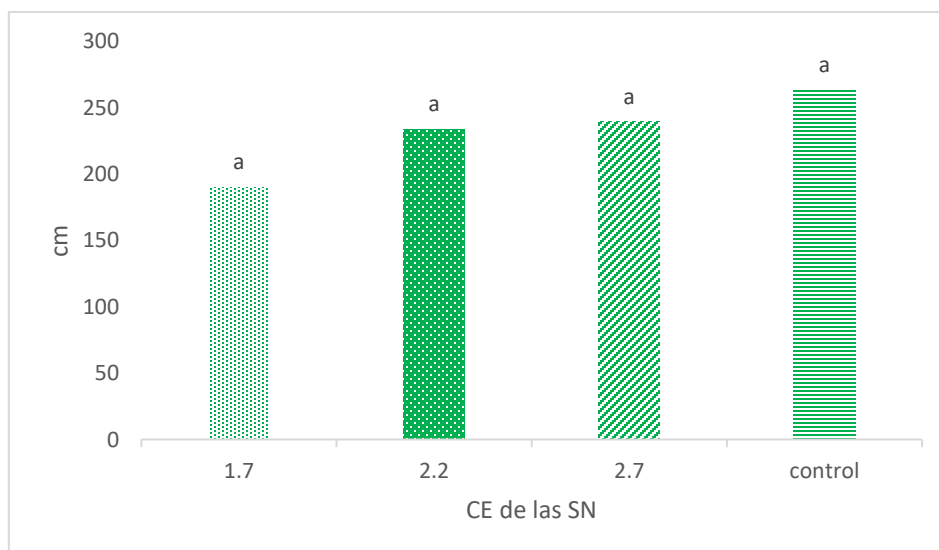
### **Análisis de datos**

Los resultados obtenidos fueron analizados utilizando el programa estadístico SAS 9.2 (SAS Institute Inc., 1999), y en la comparación de medias se usó la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Altura de Planta

El análisis de varianza para la altura de la planta (AP) no mostró diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre los tratamientos evaluados (Figura 1), la mayor altura de planta correspondió al tratamiento testigo con la (solución nutritiva Steiner). No obstante, los datos de la altura obtenidos son mayores a los reportados por Mendez *et al.*, (2016) en su trabajo de investigación en *Cucumis sativus L.* con porcentajes de lixiviado de vermicompost en invernadero, en el que utilizó como testigo solución nutritiva Steiner 100%, alcanzando una altura de 215 cm. Por otra parte, se reportaron resultados similares por Díaz (2013) en su trabajo de producción orgánica y calidad nutracéutica de frutos de pepino bajo condiciones protegidas utilizando vermicompost más arena en diferentes porcentajes obtuvo una altura media de planta de 237 cm en comparación al T3 solución nutritiva ecológica (2.7 dS m<sup>-1</sup>).

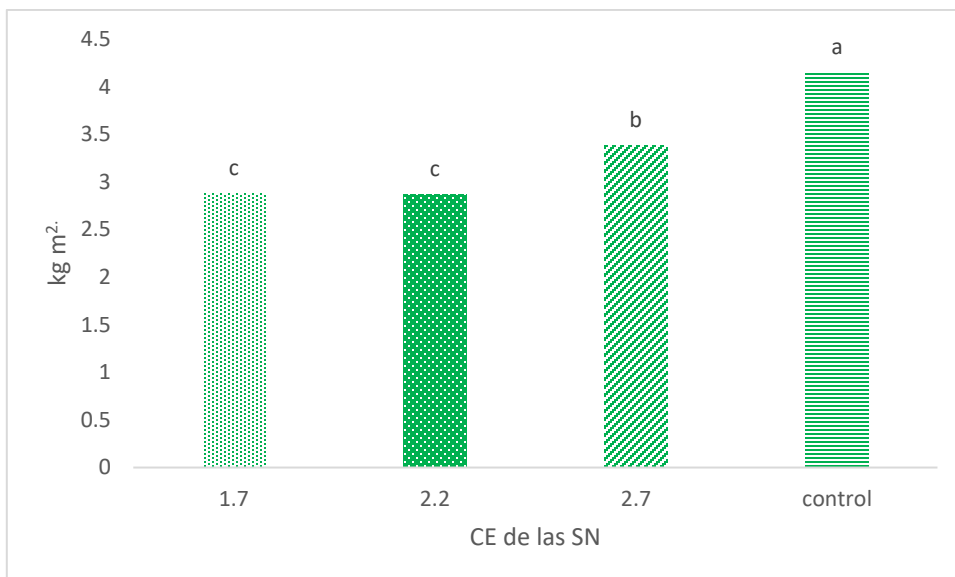


**Figura 1.** Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre la altura de planta. Letras diferentes indican una diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

En el caso de la solución nutritiva Steiner obtuvo mejores resultados que la solución nutritiva orgánica, podría deberse a que tuvo un suministro adecuado de nutrientes, al mismo tiempo, un balance entre iones y cationes los cuales favorecen niveles adecuados de clorofila, crecimiento vegetativo vigoroso y alta calidad fotosintética (Galindo *et al.*, 2014). De igual manera, se ha reportado con tratamientos con base de solución nutritiva orgánica, contiene suficiente materia orgánica, nitrógeno y fósforo. Dicho lo anterior, el fósforo es muy importante en las etapas de enraizamiento y floración de cualquier cultivo, ya que es determinante sobre la formación de raíces y sobre el tamaño de las flores (Iglesias, 2006).

### **Rendimiento**

En el rendimiento se encontró diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 2). El tratamiento que presentó el mejor rendimiento fue el testigo (Solución nutritiva Steiner 100%).



**Figura 2.** Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento de frutos de pepino. Letras diferentes indican una diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Los resultados de esta investigación son menores a los encontrados por López *et al.*, (2011) en su trabajo de pepino, obtuvo un rango entre 9.36 y 16.04 kg m<sup>-2</sup>. el que utilizó como testigo solución nutritiva Steiner 100%. Mientras que Nava (2017) Obtuvo una media de 9.50 kg/m<sup>2</sup>. El tratamiento que presentó mayor rendimiento fue el testigo T1 (solución nutritiva Steiner 100%) con 11.52 kg m<sup>2</sup>.

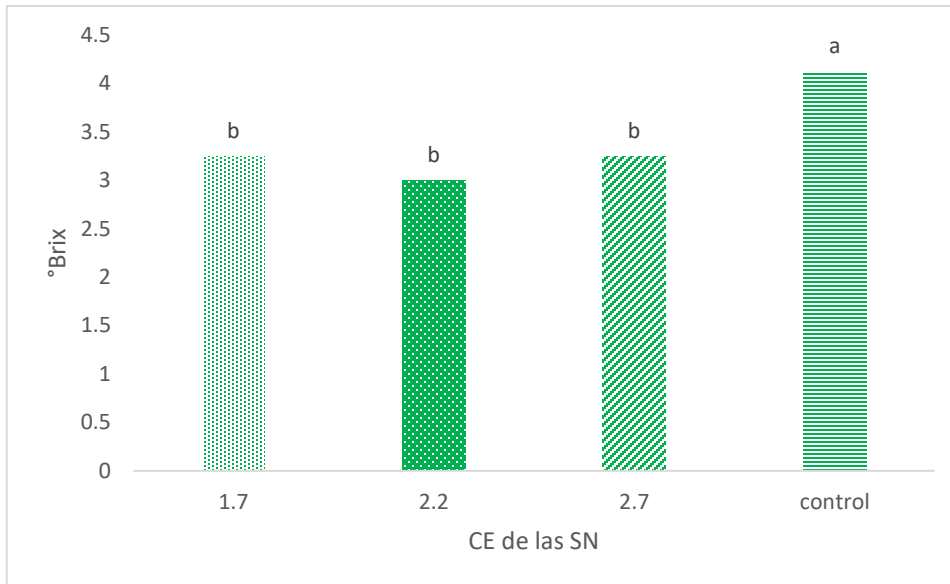
Esto se debe que, durante el desarrollo del cultivo, se tuvo presencia de mosquita blanca tanto ninfas como adultos ya que succionan savia directamente de las plantas, lo cual limita el desarrollo de estas reduciendo severamente los rendimientos (Nava Joachin, 2017).

Sin embargo, Nava y Cano (2000) nos dicen que en el cultivo de pepino el umbral económico de esta plaga es de 2.4 adultos por hoja. Por lo tanto, se debe estar pendiente en la presencia de este insecto ya que transmite más de 30 agentes causales de enfermedades virales y al incrementar la población afecta a las plantas impactando en una reducción significativa en el rendimiento.

De igual manera durante la etapa vegetativa también se presentaron temperaturas altas extremas, a pesar que se cuenta con el control de clima dentro del invernadero esto pudo haber repercutido en la polinización y como consecuencia en el amarre de frutos y el rendimiento. Jaramillo *et al.*, (2016) nos dicen que cuando las temperaturas son mayores de 25 °C y menores de 12 °C la fecundación no se da o es muy baja, ya que se disminuye la cantidad y calidad del polen produciendo caída de flores y deformación de frutos.

### **Sólidos solubles totales**

Los °Brix en los frutos de pepino mostraron diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos como se muestra en la Figura 3. El tratamiento que mayor valor de °Brix presentó fue el testigo (Solución nutritiva Steiner 100%).



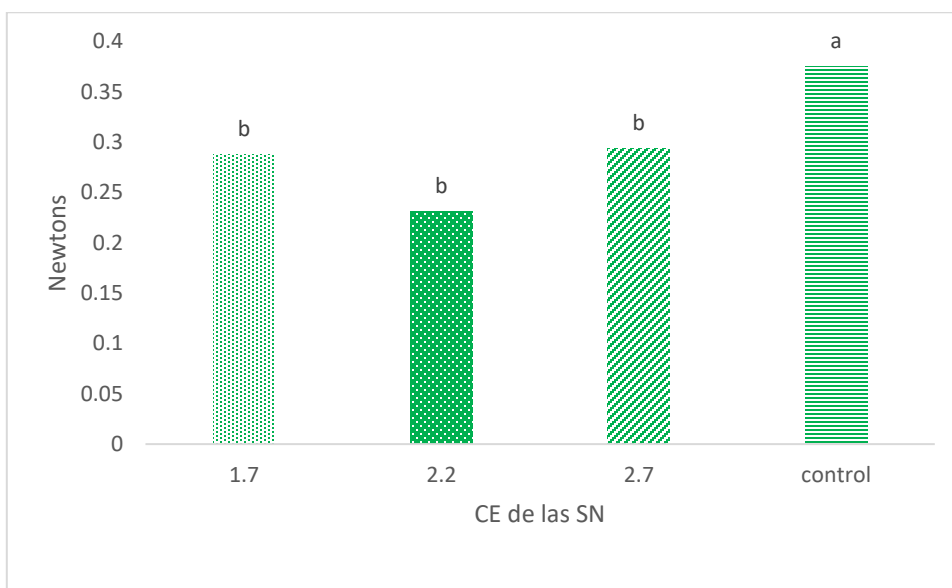
**Figura 3.** Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre los sólidos solubles totales en frutos de pepino. Letras diferentes indican una diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Fortis-Hernández *et al.*, (2013) en su trabajo de investigación obtuvo en su tratamiento 6 arena y solución Steiner al 100 % un valor de 4.8, estos resultados son similares a los obtenidos en este experimento con el tratamiento testigo (Solución nutritiva Steiner al 100%) con 4.125 °Bx. Por otra parte, Roblero (2007) en su trabajo de producción de pepino en sustrato orgánico bajo condiciones de invernadero obtuvo una media en °Brix de 3.14. Este resultado es similar al encontrado en el presente trabajo, ya que los °Brix de solución nutritiva ecológica fue de 3.16. Además, Santiago (2014) en su trabajo de evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción y calidad del cultivo de pepino bajo invernadero, reportan medias para °Brix de 3.6 y 4.9 respectivamente. Los pepinos son frutos no climatéricos porque carecen de la capacidad de continuar su

maduración luego de ser separados de la planta, además se caracterizan por presentar valores bajos de sólidos solubles totales, por lo que la acumulación de azúcares durante la etapa de crecimiento y maduración no experimenta cambios significativos. De acuerdo con Moreno *et al.*, (2015) nos dicen que las aplicaciones de nitrógeno incrementan los sólidos solubles totales en la parte comestible del pepino.

### Firmeza del fruto

Se encontró diferencia significativa entre los tratamientos en la firmeza del fruto (Figura 4). El testigo (Solución nutritiva Steiner 100%) obtuvo la mayor firmeza.



**Figura 4.** Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre la firmeza de frutos de pepino. Letras diferentes indican una diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

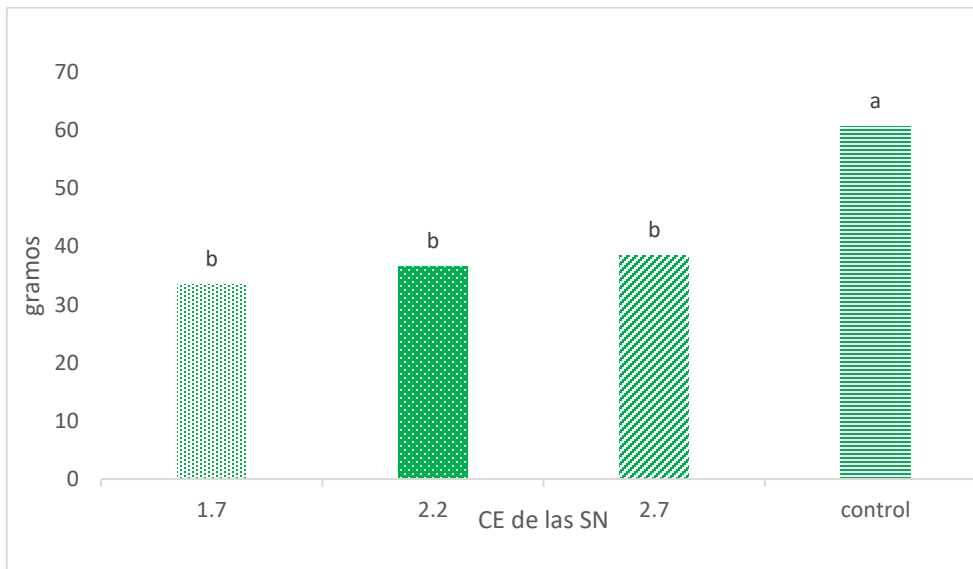
López-Morales *et al.*, (2022) mencionan que la firmeza del fruto es una de las características importantes en las hortalizas debido a que definen el grado de madurez, y está asociado con el color y sabor de un fruto, por lo tanto, se relaciona con la calidad. En su trabajo de investigación, la firmeza del fruto de pepino no presentó diferencia significativa para ninguno de los tratamientos evaluados y los resultados obtenidos son de 0.47 a 0.79.

De acuerdo con Barraza-Álvarez (2015) menciona que la buena calidad de los frutos de pepino esta principalmente representa en la uniformidad de la forma, firmeza, color verde oscuro del exocarpo, tamaño y ausencia de defectos de crecimiento o manejo, así como de pudriciones y amarillamiento. Una de las consecuencias de la poca firmeza de los frutos de pepino, es la rápida pérdida de calidad visual y sensorial, manifestada en primera instancia en marchitamiento, así como alta susceptibilidad a pudriciones, amarillamiento y deshidratación, las cuales se caracterizan por el desarrollo de tejido esponjoso y menor turgencia, debido a la mayor pérdida de agua de las células por transpiración, producto de la plasmólisis y la menor acumulación de azúcares en las paredes celulares (Verheul *et al.*, 2013).

### **Peso seco (hojas)**

Se presentó diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 5). El tratamiento con mayor peso fue el testigo.





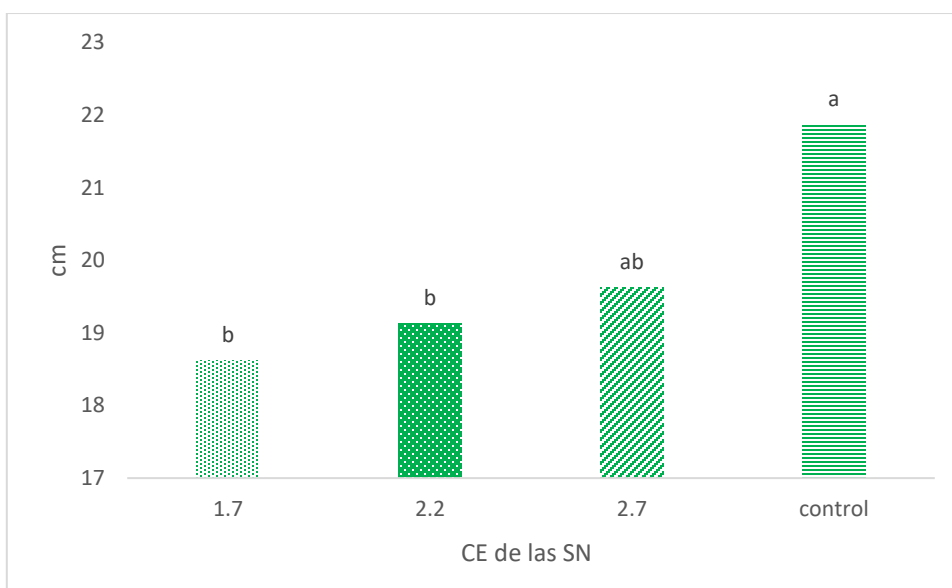
**Figura 5.** Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el peso seco de hojas. Letras diferentes indican una diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Díaz (2013) en su trabajo de producción orgánica y calidad nutraceutica de frutos de pepino bajo condiciones protegidas reporta peso de: materia seca aérea 56.66 g, esto puede deberse a que la fertilización fue con Solución nutritiva Steiner ya que este aporta porcentajes de algunos nutrientes lo que incrementa mayor nutrición y a la vez mayor crecimiento. Mientras tanto la fertilización orgánica produce una reducción en la producción de biomasa, motivada por una deficiencia nutrimental, particularmente de nitrógeno y a la presencia de una alta concentración de ciertos iones ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ). De igual manera la temperatura afecta la distribución de biomasa porque las altas temperaturas ( $> 35 \text{ }^\circ\text{C}$ ) estimulan el desarrollo e incrementan la aparición de flores y frutos, así como, el índice de

abortos, debido al incremento de la demanda total de asimilados (Galindo *et al* 2014).

### Longitud del fruto

De acuerdo al análisis de varianza para la variable de longitud de fruto se encontró diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 6). El tratamiento testigo (Solución nutritiva Steiner 100%) obtuvo mayor longitud de fruto. De acuerdo con Díaz (2013) en su trabajo de producción orgánica y calidad nutracéutica de pepino bajo condiciones protegidas, reporta una longitud de 20.79 cm, además Santiago (2014) en su trabajo de evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción y calidad del cultivo de pepino bajo invernadero, reporta una longitud de 18.55 cm. Estos resultados son similares a los obtenidos en el presente trabajo, ya que el largo de fruto va de 18.625 cm a 21.875 cm.

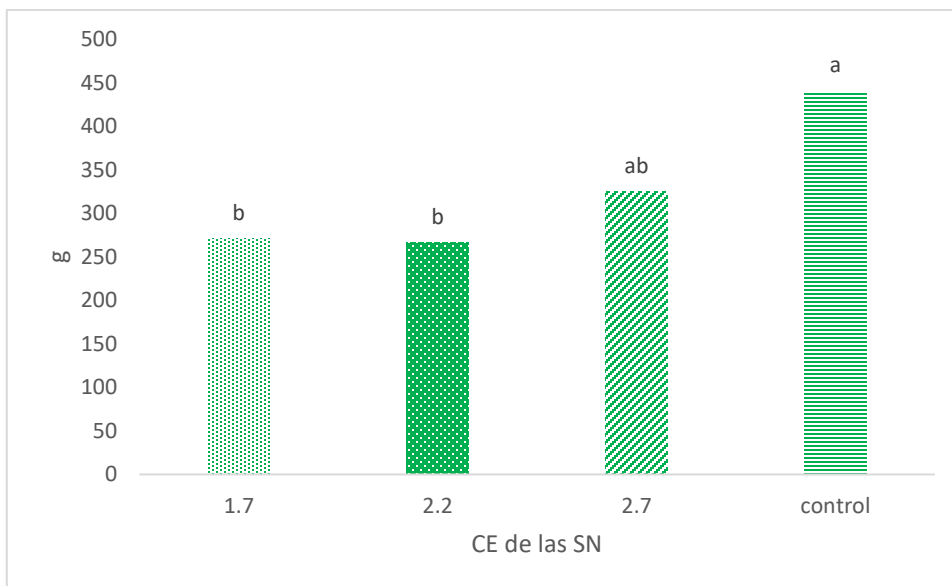


**Figura 6.** Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre la longitud de frutos de pepino. Letras diferentes indican una diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Estos resultados indican que los sustratos orgánicos representan una opción viable como fuentes de nutrientes para la longitud de pepino en invernadero cuando se busca disminuir el uso de fertilizantes convencionales. En este sentido, Díaz-Franco *et al.*, (2017) indican que la fertilización orgánica puede ser competitiva con la fertilización sintética, aunque los abonos orgánicos tienen menor cantidad de nutrimentos, en comparación con los fertilizantes inorgánicos, la disponibilidad de dichos elementos es más constante durante el desarrollo del cultivo por la mineralización lenta y gradual a que están sometidos.

### **Peso de fruto**

De acuerdo al análisis de varianza para la variable peso de fruto se presentó diferencia significativa entre los tratamientos evaluados (Figura 7). El tratamiento que obtuvo mayor peso fue testigo T1 (solución nutritiva Steiner al 100%) con 440.58 g.



**Figura 7.** Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el peso de frutos de pepino. Letras diferentes indican una diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

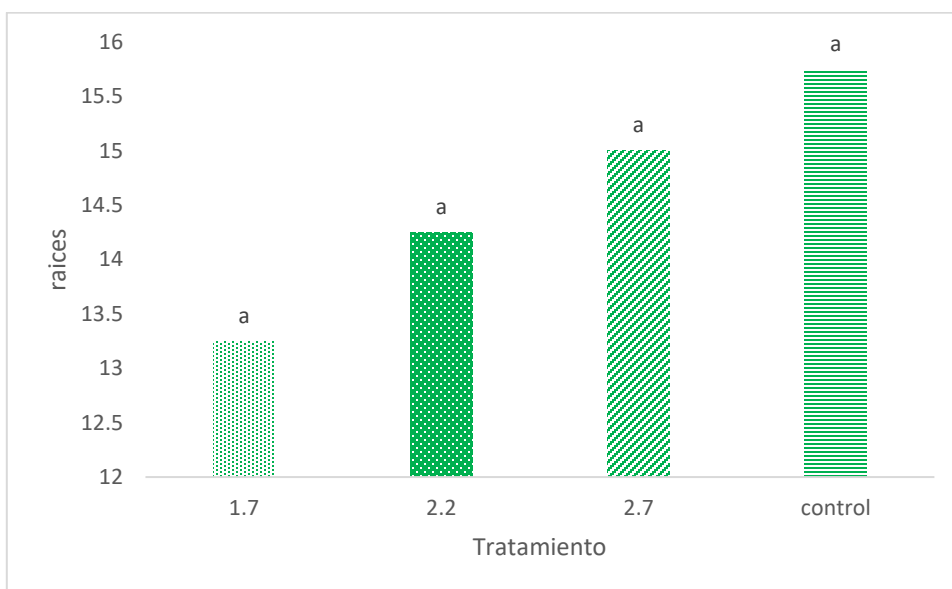
Los resultados del presente trabajo con la solución nutritiva ecológica no superaron a los reportados por López *et al.*, (2011) en su trabajo de producción y calidad de pepino bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda ya que ellos obtuvieron una media de peso de fruto de 337 g y el promedio de los tres tratamientos con solución nutritiva ecológica fue de 287.88 g.

Por otra parte los resultados del presente trabajo para peso de fruto son similares a los reportados por Castro (2011) en la evaluación de la producción de pepino con abonos orgánicos en invernadero ya que reporta una media en peso de fruto de 277 g. Esto pudo haber sido por el manejo cultural (poda) que se le dio al cultivo durante su desarrollo, ya que con una poda se pretende mantener las plantas con la vegetación suficiente eliminando brotes secundarios y frutos hasta una altura de 60

cm. Sin embargo, los resultados podrían haber sido por los balances de fertilización ya que los requerimientos en el cultivo de pepino varían en las diferentes etapas de desarrollo, cabe destacar la importancia de la relación N/K a lo largo de todo el ciclo de cultivo (Iglesias, 2006).

### Raíces secundarias

Las raíces secundarias no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, los resultados fueron los siguientes, donde el tratamiento testigo tuvo el mejor resultado con una media de 15.75 raíces secundarias (Figura 8).



**Figura 8.** Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el número de raíces secundarias en el cultivo de pepino. Letras diferentes indican una diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

En cuanto a la evaluación de las dosis de la solución nutritiva orgánica, se pudo apreciar notoriamente su influencia sobre las características registradas, de tal

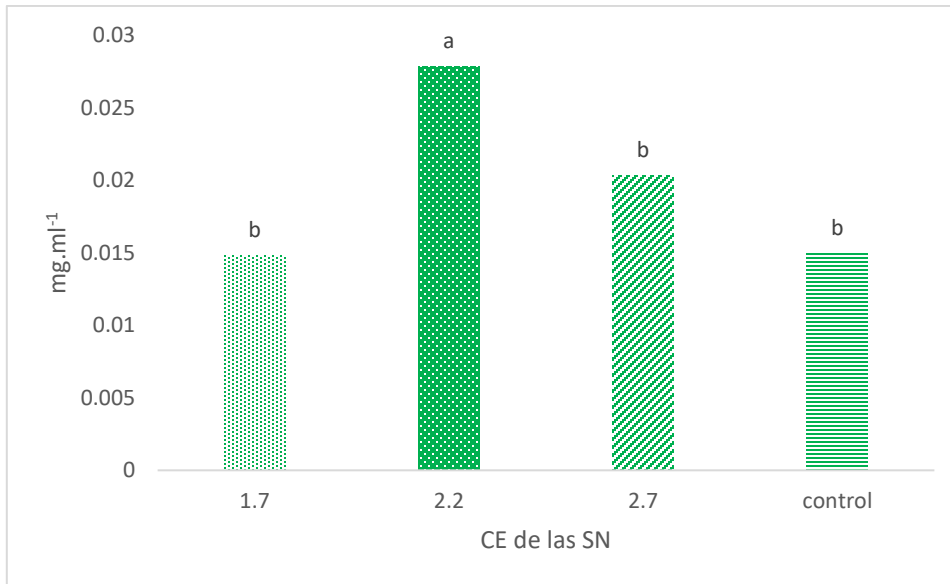
manera que a medida que la dosis se incrementó, también se produjo un aumento de número de raíces secundarias.

Esto permite puntualizar, que la dosis juega un papel determinante en los efectos que puedan producir la amplia gama de productos que se puedan aplicar a los cultivos, mejorándose su efecto (Toalombo, 2013). Sin embargo, se debe explorar la dosis de mejores resultados posibles, ya que un incremento desmedido, podría causar efectos negativos tanto para el cultivo, así como para el medio ambiente (Devine *et al.*, 2008).

A pesar de tener menor cantidad de raíces secundarias con las soluciones nutritivas orgánicas debido a la deficiencia de nutrimentos, su uso es una opción para producir alimentos orgánicos y sanos cuando se quiere disminuir el impacto negativo de los fertilizantes convencionales.

### **Proteína**

Se encontró diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 9). El tratamiento de mayor número fue T2 (C.E de 2.2 dS m<sup>-1</sup> de solución nutritiva ecológica).



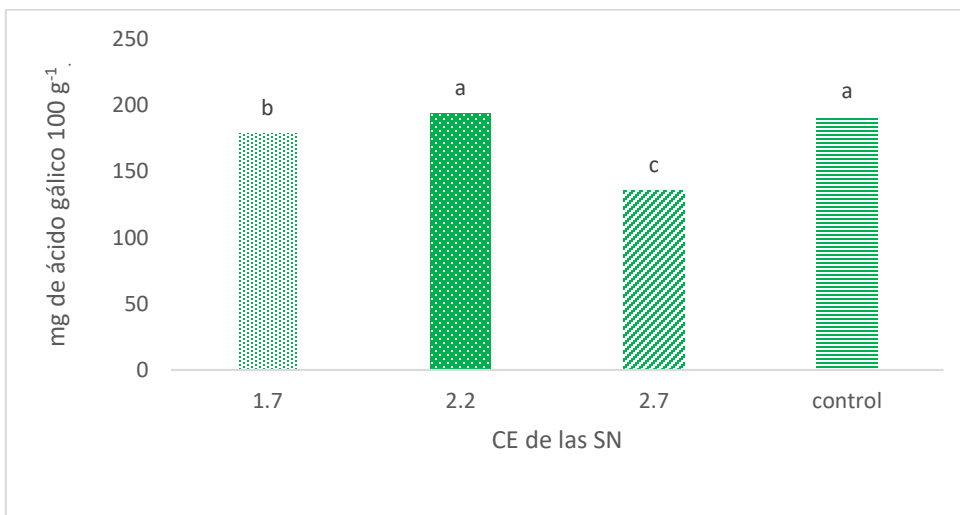
**Figura 9.** Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre las proteínas en frutos de pepino. Letras diferentes indican una diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

De acuerdo con Hernández-Saavedra y Ramírez-Serrano (2004) la exposición a un estrés moderado induce un mejoramiento en la resistencia a un estrés mucho más severo (tolerancia cruzada), por lo tanto, como respuesta a una condición de estrés, la célula produjo una serie de proteínas adicionales a aquellas que se sintetizaban antes de la condición de estrés. Los frutos del T1 y de control presentaron una disminución en la concentración de proteína total con respecto al resto de los tratamientos, sugiriendo que altas concentraciones de soluciones nutritivas orgánicas mejoran la estructura secundaria de las proteínas.

## Calidad nutracéutica del fruto

### Fenoles totales

Los fenoles totales presentaron diferencia significativa entre los tratamientos evaluados (Figura 10). El tratamiento que sobresalió fue el T2 (C.E de 2.2 dS m<sup>-1</sup> de solución nutritiva ecológica). Estos resultados presentan similitudes con lo reportado por Moncayo Luján *et al.*, (2015) en su trabajo de producción orgánica de albahaca en invernadero en Comarca Lagunera donde nos dicen que los extractos de plantas tratadas con soluciones de origen orgánico presentaron mayor contenido de compuestos fenólicos totales. El mayor contenido se presentó en las plantas tratadas con solución orgánica y finalmente la solución nutritiva Steiner que aportó el menor contenido de compuestos fenólicos totales.



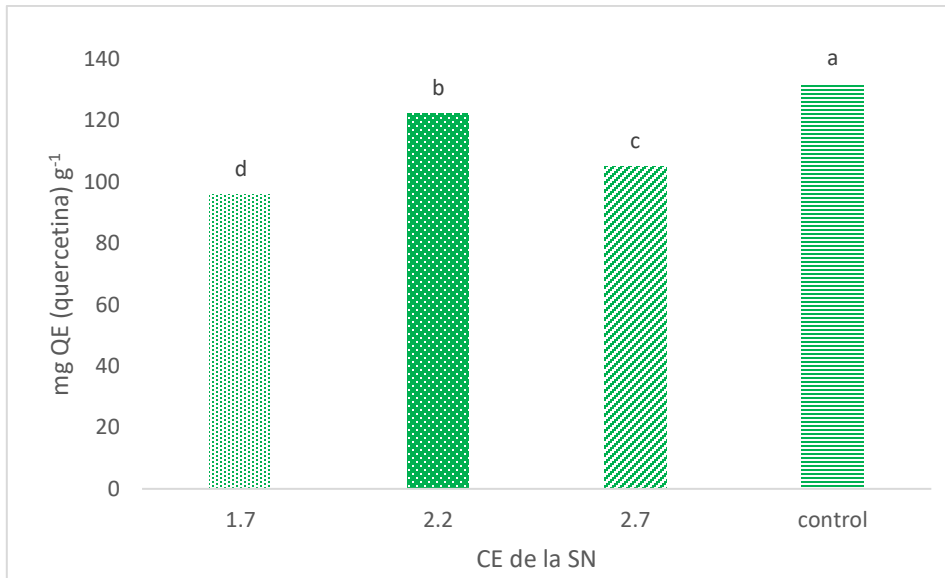
**Figura 10.** Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre los fenoles totales en frutos de pepino. Letras diferentes indican una diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).



Preciado-Rangel *et al.*, (2021) en su investigación determinó la calidad y el rendimiento de frutos de pimiento morrón en respuesta a la conductividad de la solución nutritiva. Los resultados mostraron que una conductividad eléctrica de 2.0 dS m<sup>-1</sup> o superior incrementó los compuestos bioactivos, pero disminuyó el rendimiento y la firmeza de los frutos. El incremento en el contenido total de fenoles y antioxidantes totales fue en promedio de 46.6 y 25.6 %, respectivamente, entre la CE de 3.0 dS m<sup>-1</sup> respecto a 1.5 dS m<sup>-1</sup>. La respuesta se atribuye a que la CE alta en la SN induce a un estrés salino; por lo tanto, las plantas incrementan las sustancias antioxidantes para su defensa ante el estrés oxidativo (Liu *et al.*, 2008; Khanahmadi *et al.*, 2010). La respuesta de incremento en compuestos bioactivos es positiva para los consumidores, pues se ha demostrado que el consumo de alimentos ricos en compuestos bioactivos se asocia a un riesgo menor de enfermedades por cáncer y prevención de enfermedades cardiovasculares (Petr y Erdman, 2005).

### **Flavonoides**

Se presentó diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 11). El tratamiento que sobresalió fue el testigo (Steiner).



**Figura 11.** Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre los flavonoides en frutos de pepino. Letras diferentes indican una diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

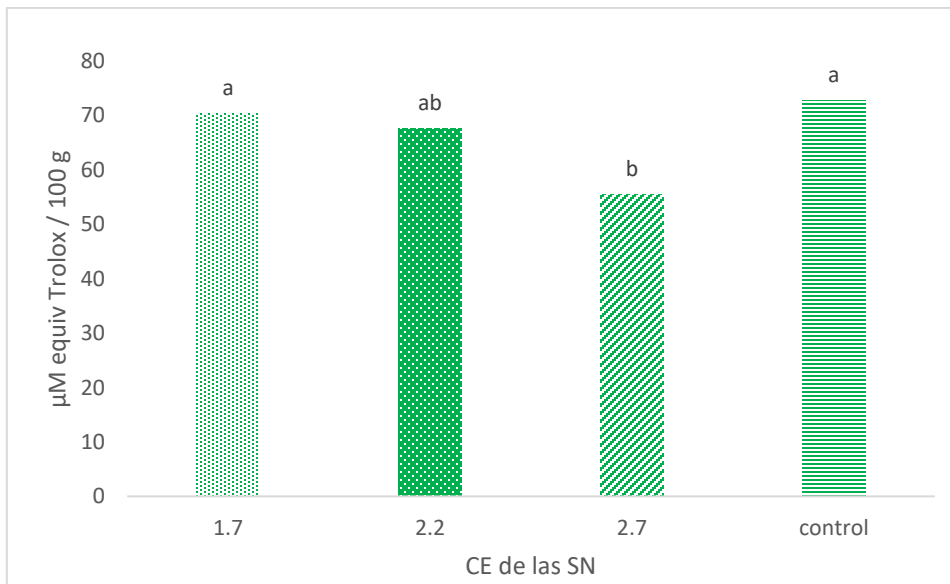
En algunos trabajos recientes muestran que los flavonoides más abundantes en el cultivo de pimiento son la quercetina y la luteolina. Son influenciados altamente por el ambiente en el que se cultivaron las plantas, siendo, en general el cultivo al aire libre la condición más favorable para su acumulación, independientemente del manejo orgánico o convencional; asimismo, se observaron diferencias en la acumulación de flavonoides entre los genotipos de pimiento (Castellanos-Ruiz, 2019).

Por otro lado Meckelmann *et al.* (2015) al evaluar atributos de calidad como el contenido de capsaicinoides, flavonoides, tocoferoles, capacidad antioxidante,

polifenoles totales, color extraíble y color de superficie de 23 accesiones de ají peruano, perteneciente a cuatro especies domesticadas *Capsicum annuum*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum chinense* y *Capsicum frutescens*, cultivadas en diferentes condiciones meteorológicas y prácticas agrícolas en tres localidades, demostraron que el medio ambiente y localidades tiene una influencia alta en las características de calidad evaluadas en las accesiones.

### Capacidad de antioxidante

De acuerdo al análisis se presentó diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 12). El tratamiento con mayor concentración fue el testigo (Solución nutritiva Steiner 100%).



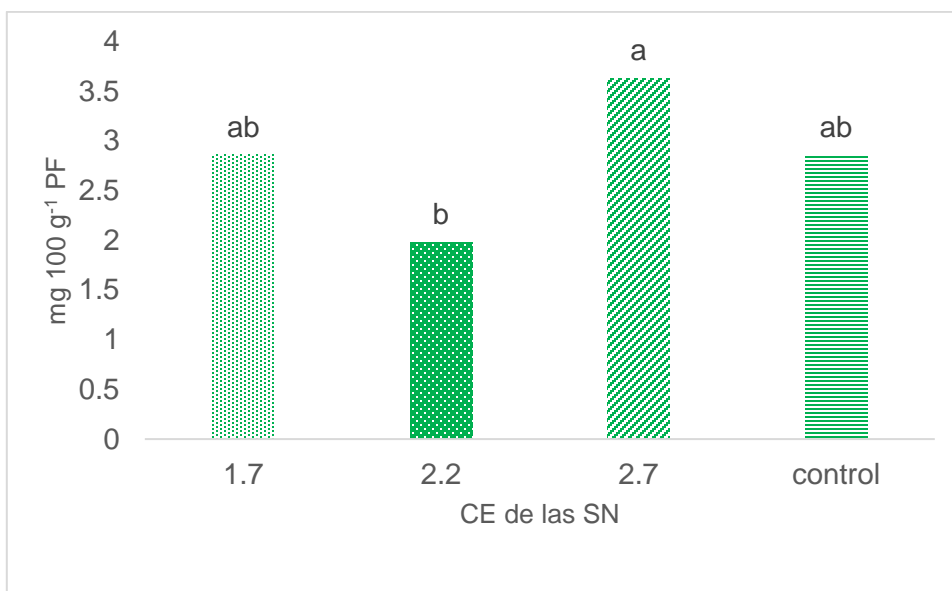
**Figura 12.** Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre la capacidad antioxidante en frutos de pepino. Letras diferentes indican una diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Martinez *et al.*, (2018) indica que la capacidad de antioxidante en sus investigaciones presentó variación ( $P < 0,05$ ) como respuesta a la modificación de la CE de la solución nutritiva, cuyos valores estuvieron entre 45,96 y 53,01 mm TEAC  $g^{-1}$ . En otros resultados, Bhandari *et al.*, (2016). Indicaron para nueve cultivares comerciales de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) una media de 46,3 mmol TE  $kg^{-1}$  de peso seco, con un rango de 34,9 a 54,2; éstos mismos autores señalaron para líneas de germoplasma un dato promedio de 54,5, con un rango de valores que superó a las variedades comerciales (40,8 a 74,5 mmol TE  $kg^{-1}$  de peso seco). Sin embargo, también existen reportes donde la modificación en los valores de la conductividad eléctrica (3,0, 6,0 y 9,0 dS  $m^{-1}$ ) de la solución no afectó de manera significativa el comportamiento de la capacidad antioxidante (508,1 a 627,4 mol TEAC 100  $g^{-1}$ ) en frutos de tomate cherry 'Mascote' (Bertoldi *et al.*, 2008).

A pesar de esto, se ha demostrado que la alta o baja actividad antioxidante no siempre va a la par con la concentración de compuestos fenólicos. Ávila y Ruales (2016) mencionan que los factores que llegan a influir en la capacidad antioxidante de los frutos vienen dados desde la planta, por ejemplo, las partes expuestas a la luz aumentan su capacidad antioxidante, mientras que las partes que llegan a estar cubiertas por sombra presentan menor capacidad antioxidante. Por otro lado, el riego; ya que al presentarse un estrés hídrico aumenta la capacidad antioxidante, mientras que al saturar el suelo y las raíces tienen el agua siempre disponible, la capacidad antioxidante y contenido fenólico se ve disminuido.

## Vitamina C

De acuerdo al análisis de varianza para esta variable se presentó diferencia altamente significativa entre los tratamientos (Figura 13). El tratamiento que obtuvo mayor concentración fue el T3 (C.E de 2.7 dS m<sup>-1</sup> de solución nutritiva ecológica) con 3.63 g/100.



**Figura 13.** Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el contenido de vitamina C en frutos de pepino. Letras diferentes indican una diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Reganold *et al.*, (2010) y Terrazzan *et al.*, (2006) mostraron que en cultivos orgánicos los frutos presentan una concentración mayor de vitamina C y en este caso, las bacterias promotoras de crecimiento pueden ser catalogadas de esta manera (tratamientos orgánicos). Por otro lado, Cantillano *et al.*, (2012) explican

que la disminución de la vitamina C (ácido ascórbico) está estrechamente ligada a la pérdida de agua. También depende de varios factores, entre otros el clima y la época de recolección.

Con el uso de BIONERGY BIOFERTILIZANTE es una buena alternativa de nutrición para obtener alimentos sanos de alta calidad. El contenido de vitamina c tiene acción antioxidante, y como vitamina, interviene en la formación de colágeno, glóbulos rojos, huesos y dientes, al tiempo que favorece la absorción de determinados nutrientes (hierro, folatos y ciertos aminoácidos) y aumenta la resistencia frente las infecciones. Como antioxidante, contribuye a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y de cáncer.

## **CONCLUSIONES**

La aplicación de soluciones nutritivas orgánicas representa una opción factible, para producir frutos de pepino con una mayor calidad nutracéutica. Con una conductividad eléctrica de  $2.2 \text{ dS m}^{-1}$  en la solución nutritiva ecológica, se incrementó los fenoles totales y los flavonoides de frutos de pepino. Sin embargo, su uso disminuye el rendimiento. El uso de soluciones nutritivas ecológicas es una alternativa factible para la preservación del medio ambiente al promover una reducción en el uso de fertilizantes y obtener alimentos funcionales.

## REFERENCIAS

- Acevedo-Fani, A., Dave, A. y Singh, H. (2020). Estructuras ensambladas en la naturaleza para la entrega de compuestos bioactivos y su potencial en alimentos funcionales. *Fronteras en Química*. 8: 564021. <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.564021>
- Adams P. (2004) Aspectos de la nutrición mineral en cultivos sin suelo en relación al suelo. *In: Tratado de Cultivo sin Suelo*. G. M. Urrestarazu (ed). Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp. 81-111.
- Armenta, B. D., Baca, C. G., Alcántara, G. G., Kohashi, S. J., Valenzuela, U. G., & Martínez, G. A. (2001). Relaciones de nitratos y potasio en fertirriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate. *Rev. Chapingo Ser. Hort.*, 7: 61–75.
- Ávila, J. y Ruales, J. (2016). Influencia del estrés luminoso e hídrico en la postcosecha, propiedades físico-químicas y estimación de la capacidad antioxidante del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) genotipo gigante amarillo. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 17: 30-40.
- Barraza, F. 2012. Acumulación de materia seca del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. Montería, CO, *Temas Agrarios*. 17:18-29.
- Barraza-Álvarez, F. V. (2015). Calidad morfológica y fisiológica de pepinos cultivados en diferentes concentraciones nutrimentales. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 9(1), 60. <https://doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3746>

- Benavides-Mendoza, A. (Compilador). 2002. Eco fisiología y Bioquímica del Estrés en Plantas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Horticultura, Buenavista, Saltillo, Coah. México. 287 p.
- Bertoldi, FC, ES Santa Ana, J.L. Barcelos-Oliveira, y R. Simoni. 2008. Propiedades antioxidantes del tomate cherry hidropónico cultivado en aguas residuales desalinizadas. Acta Hortica. 843:197-202. doi:10.17660/ActaHortic.2009.843.25.
- Bhandari, SR, MC Cho y J. G. Sotavento. 2016. Variación genotípica en contenido de carotenoides, ácido ascórbico, fenoles totales y flavonoides, y actividad antioxidante en líneas seleccionadas de cultivo de tomate. Hortic., Enviro Biotech. 57:440-452. doi:10.1007/s13580-016-0144-3.
- Biesiada, A. y Tomczak, A. 2012. Factores bióticos y abióticos que afectan el contenido de los compuestos antioxidantes elegidos en vegetales. Verdura boletín de investigación de cultivos 76: 55-78 Pág.
- BIONICA. (Febrero de 2010). Guía técnica del cultivo de pepino. Recuperado el 18 julio de 2022, de <http://www.bionica.info/biblioteca/pepino%20guia%20tecnica.pdf>
- Bolaños, A. 2001. Introducción a la Olericultura. Editorial UNED. San José, Costa Rica. 351 p



- Borbon, M, C, Arvizu, A.M, García F. A, Robles, P. J., 2018, Ventajas comparativas del Pepino Mexicano de exportación hacia los Estados Unidos, *Revista Mexicana de Agro negocios*, Vol. 43, México.
- Cantillano, R. F. F., Ávila, J. M. M. D., Peralba, M. D. C. R., Pizzolato, T. M. y Toralles, R. P. (2012). Actividad antioxidante, compuestos fenólicos y ácido ascórbico de frutillas en dos sistemas de producción. *Horticultura Brasileira*. Botucatu, 30(4), 620-626.
- Capulín, G. J., Núñez, E. R., Aguilar, A., Estrada, B. M., Sánchez, J. P., & Mateo, S. (2007). Uso de estiércol líquido de bovino acidulado en la producción de pimiento morrón. *Rev. Chapingo Ser. Hort*, 13, 5–11.
- Cartea , M. E. , Francisco , M. , Soengas , P. , & Velasco , P. (2010). Compuestos fenólicos en vegetales Brassica. *Molecules* (Basilea, Suiza), 16(1), 251–280. <https://doi.org/10.3390/molecules16010251>
- Cartea, M.E., Francisco, M., Soengas, P., & Velasco, P. 2011. Fenólico Compuestos en vegetales Brassica. *Moléculas* 16:251–280 pág.
- Castellanos-Ruiz, J.A. 2019. Compuestos bioactivos en pimientos tradicionales en diferentes condiciones de cultivo. Trabajo final de grado en Biotecnología. Universitat Politècnica de València. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural (ETSIAMN). Valencia, España. 44 p.

- Castro, A., J.M. 2011. Producción de pepino (*cucumis sativus* L.) con abonos orgánicos en invernadero. Tesis. UAAAN UL. Torreón, Coahuila, México. Pp.1-57.
- Chacón Padilla, K., & Monge Pérez, J. E. (2017). Rendimiento y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivado bajo invernadero. *Pensamiento Actual*, 17(29), 39–50. <https://doi.org/10.15517/pa.v17i29.31550>
- Clapés, C. (2015). Energía y nutrientes. En C. y. Clapés, Alimentación y dietoterapia (Nutrición aplicada en la salud y la enfermedad 66). Interamericana McGRAW - Hill.
- CNA, C. N. D. A. 2005. Gerencia regional. Cuencas centrales del norte. Subgerencia Regional Técnica y Administrativa del Agua. Torreón Coahuila, México.
- D Amico, M. L.; R. Izzo, F. Tognoni, A. Paradossi, F. Navari-Izzo. 2003. Sea water irrigation: antioxidants and quality of tomato berries (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Acta Hort.*609: 59-65
- De Pascale, S., A. Maggio, V. Fogliano, P. Ambrosino, A. Ritieni. 2001. El riego con agua salina mejora el contenido de carotenoides y la actividad antioxidante del tomate. *J. Hort. Ciencia Biotecnología*, 76, 447–453.
- Devine, G. E., Ogusuku, E., & Furlong, M. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*. 25(1): 74-100

- Díaz, M., H.A. 2013. Producción orgánica y calidad nutracéutica de frutos de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones protegidas. Tesis maestría. UAAAN-UL. Torreón Coahuila México. Pp. 1-52.
- Díaz-Franco, A., Alvarado-Carrillo, M., Alejandro-Allende, F., & Ortiz-Chairez, F. E. (2017). Uso de abono orgánico y micorriza arbuscular en la producción de repollo. *Rev. Chapingo Ser. Zonas Áridas*. 16(1): 15–21.
- Faezah, O.N., Aishah, H.S., Kalsom, U. 2013. Evaluación comparativa de fertilizantes orgánicos e inorgánicos sobre fenólicos totales, flavonoides totales, actividad antioxidante y glucósidos cianogénicos en yuca (*Manihot esculenta*). *African Journal of Biotechnology* 18: 2414-2421
- Fernández CM, Quesada-Roldán G. (2018). Crecimiento y rendimiento del pepino holandés en ambiente protegido y con sustratos orgánicos alternativos. *Agronomía Mesoamericana*. 29(2): 235-250.
- Fortis-Hernández, M., Sánchez-Tapia, C., Preciado-Rangel, P., Salazar-Sosa, E., Segura-Castruita, M. A., Orozco-Vidal, J. A., Trejo-Valencia, R. (2013). Sustratos orgánicos tratados para producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema protegido. *Ciencia y Tecnol. Agrop. México.*, 1(2): 1–7.
- Fundación de Desarrollo Agropecuario, INC (FDA). 1992. Cultivo de pepino. Boletín Técnico no.15. República Dominicana.

- Galindo, P., F.V. Fortis, H., M. Preciado, R., P. Trejo, V., R. Segura, C., M.A. Orozco, V., J.A. 2014. Caracterización físico-químico de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis Sativus* L.) bajo sistema protegido. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 5(7): 1219-1232
- Gallardo , M. , Thompson , R. B. , Rodríguez , J. S. , Rodríguez , F. , Fernández , M. D. , Sánchez , J. A. , Magan , J. J. (2009). Simulación de transpiración, drenaje, absorción de N, lixiviación de nitratos y concentración de absorción de N en tomate cultivado en sustrato abierto. Gestión del Agua Agrícola: 96(12): 1773–1784. <https://doi.org/10.1016/j.agosto.2009.07.013>
- Gálvez, H. F. (2004). El cultivo de pepino en invernadero. In: Manual de Producción Hortícola en Invernadero. 2a ed. R J Castellanos (ed). INTAGRI. Celaya, Gto. México. 282-293.
- GRUPO LATINO, 2010. Manual de cultivos hidropónicos. Colombia.
- Gutiérrez-Zavala, Á., Ledesma-Rivero, L., García-García, I. y Grajales-Castillejos, O. (2007). Capacidad antioxidante total en alimentos convencionales y regionales de Chiapas, México. Revista Cubana de Salud Pública. Disponible en línea: <https://www.scielosp.org/article/rcsp/2007.v33n1/10.1590/S08643466200700100008/>

- Guzmán, G., 2004. Hidroponía en casa, una actividad familiar. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sistema Unificado de Información Institucional. Costa Rica. 25 p
- Hernández, J. (2014). Evaluación de bioestimulantes a base de fosfitos para el control de enfermedades en el cultivo de pepino; Guanagazapa, Escuintla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Ambientales.
- Hernández, Rodríguez, Villafuerte, Marrero y Mora. (2020). Influencia de los radicales libres en la génesis de la aterosclerosis. Revista Finlay, 10(2); 170-178.
- Hernández-Saavedra, N. Y., & Ramírez-Serrano, R. (2004). Expresión diferencial y función de superóxido dismutasas de cobre-zinc bajo estrés metálico en la levadura marina *Debaryomyces hansenii*. Revista de Biotecnología Marina, 6: 1–5.
- Hidalgo-Rosas, R. J. (2020). Evaluación del rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) ante la aplicación de bioestimulantes a base de algas marinas en la zona de Simón Bolívar provincia del Guayas.
- Iglesias, N. 2006. Producción de hortalizas bajo cubierta. Instituto nacional de tecnología agropecuaria (INTA). Boletín de divulgación técnica. Núm.49. 3° edición. Argentina.
- Izquierdo, J. 2005. Hidroponía Popular, Oficina Regional de la FAO, Santiago – Chile. 50 p.

- Jaramillo, N., J.E. Rodríguez, V.P. Aguilar, A., P.A. 2016. Factores climáticos y su influencia en la producción de tomate. Disponible desde: <[http://digitool.gsl.com.mx:1801/webclient/StreamGate?folder\\_id=0&dvs=1479940140850~794](http://digitool.gsl.com.mx:1801/webclient/StreamGate?folder_id=0&dvs=1479940140850~794)>. [Consulta 23 de noviembre de 2016].
- Juárez L., P., R. Bugarín M., R. Castro B., A. L. Sánchez M., E. Cruz C., C. R. Juárez R., G. Alejo S. y R. Balois M. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *Revista Fuente*. 3: 21-27.
- Khanahmadi , M., Rezazadeh , S.H. , Taran , M. 2010 Propiedades antioxidantes de *Smyrniium cordifolium* Boiss. (Umbelíferas) extracto. *Asian Journal of Plant Sciences*. 9(2): 99-103. doi:10.3923/ajps.2010.99.103.
- Kocsy, G., B. Toth, T. Berzy, G. Szalai, A. Jednakovits y G. Galiba. 2001. Actividad de glutatión reductasa inducida y tolerancia al frío por un derivado de hidroxilamina BRX-156 en maíz y soja. *Ciencia de las Plantas* 160:943-9 57
- León, G. (2006). *Guía de cultivos en invernadero*. 2ª ed. Ciudad de México
- Liu , X. , Hua , X. , Guo , J. , Qi , D. , Wang , L. , Liu , Z. , Jin , Z. , Chen , S. , Liu , G. 2008 estrés en plantas de tabaco transgénicas sobreexpresando VTE1 para aumentar la producción de tocoferoles de *Arabidopsis thaliana*. *Cartas de biotecnología*. 30(7): 101-116. doi:10.1007/s10529-008-9672-y.
- Llacuna, L., y Mach, N. (2012). Papel de los antioxidantes en la prevención del cáncer. *Revista española de nutrición humana y dietética*, 16(1), 16–24. [https://doi.org/10.1016/s2173-1292\(12\)70067-4](https://doi.org/10.1016/s2173-1292(12)70067-4)

- López Elías J, Rodríguez J.C, Huez L.M.A, Garza O.S, Jiménez L.J, Leyva E.E.I. 2011. Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. IDESIA. Chile. Vol.29. Num.2. Pp.21-27.
- López-Morales, M. L., Leos-Escobedo, L., Alfaro-Hernández, L., & Morales-Morales, A. E. (2022). Impacto de abonos orgánicos asociados con micorrizas sobre rendimiento y calidad nutraceútica del pepino. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*. 13(5): 785–798. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i5.2868>
- Maroto J. (2011). "HortiCultura Herbácea". Madrid – España.: 3era edición. Ediciones Mundiprensa.
- Maroto, J.; Miguel, A. y Pomares, F. 2010. El cultivo de pepino. Fundación Caja Rural Valencia. Ediciones Mundi-prensa. Madrid. ES. 322 p.
- Márquez, H. C., Y Cano, R. P. (2005). Producción orgánica de tomate Cherry bajo invernadero. *Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista*.
- Martínez, M., Rodríguez-Pérez, J., Cruz-Alvarez, O. Y Colinas-León, M. (2018). Rendimiento y calidad fisicoquímica en líneas experimentales de *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme cultivadas con diferentes niveles de conductividad eléctrica. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*., 2 (34): 152-164
- Martínez-Navarrete, N., del Mar Camacho Vidal, M., & José Martínez Lahuerta, J. (2008). Los compuestos bioactivos de las frutas y sus efectos en la salud.

Actividad Dietética. 12(2): 64–68. [https://doi.org/10.1016/s1138-0322\(08\)75623-2](https://doi.org/10.1016/s1138-0322(08)75623-2)

Meckelmann, S.W., Riegel, D.W., Zonneveld, M., Rios, L., Peña, K., Mueller Seitz, E., Petz, M. 2015. Capsaicinoides, flavonoides, tocoferoles, capacidad antioxidante y atributos de color en 23 chiles nativos peruanos (*Capsicum* spp.) cultivados en tres lugares diferentes. *European Food Research Technology*. 240: 273-283. <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2325-6>.

Mejía, R. 2010. Comparación del método de siembra del pepino (*Cucumis sativus* L.) con dos tipos de acolchado plástico y riego por goteo. Tesis Ing. Agrónomo en Irrigación. Universidad Autónoma Agraria. México.

Méndez Pérez, A. (2016). Evaluación de la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) con porcentajes de lixiviado de vermicompost en invernadero. Tesis Licenciatura. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/8315>

Moncayo Luján, M. del R., Álvarez Reyna, V. de P., González Cervantes, G., Salas Pérez, L., & Chávez Simental, J. A. (2015). Producción orgánica de albahaca en invernadero en Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana*. 33(1): 69–77.

Moon, J. K. (2009). Ensayos de antioxidantes para componentes vegetales y alimentarios *Química agrícola y alimentaria*. 57: 1655–1666.

Moreno P., E., F. Sánchez C., L. L. González M., C.A. Pérez M. y N. Magaña L. 2011. Efectos del volumen de sustrato y niveles de N-P-K en el crecimiento de plántulas de pepino. *Terra Latinoamericana*. 29: 57-63. Moreno, V., D.



- Hernández, H., B.N. Barrios, D., J.M. Ibáñez, M., A. Cruz, R., W. Berdeja, A., R. 2015. Calidad poscosecha de frutos de pepino cultivados con diferente solución nutritiva. *Revista mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6(3): 637-643
- Muñoz Macías, N. M. 2015. Respuesta del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) a la nutrición química y orgánica bajo riego por goteo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Agrarias. Ecuador.
- Nava Joachin, B. (2017). Evaluación de la calidad y producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) con porcentajes de solución nutritiva Steiner en invernadero. Tesis Licenciatura. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42608/BRENDA%20DEL%20ROCIO%20NAVA%20JOACHIN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nava, C., U. Cano, R., P. 2000. Umbral económico para la mosquita blanca de la hoja plateada en melón en la Comarca Lagunera, México. *Revista Agrociencia*. 34(2): 227-234
- Nieto, A., Murillo, B., Troyo, E., Larrinaga, J., & García, H. (2002). El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia*. 27: 417–421.
- Off, S. (2010). Manual de cultivos de hortalizas y flores, Omega Toluca de Lerdo, México.

Petr, L., Erdman, J. 2005. Licopeno y riesgo de enfermedad cardiovascular. En: Packer L. U, Obermueller-Jevic, Kramer SK (eds) Retinoides carotenoides: acciones biológicas salud humana AOCS Press, Champaign, IL, pp 204-217.

Preciado-Rangel, P., Rueda-Puente, E., Valdez-Aguilar, L., Reyes-Pérez, J., Gallegos-Robles, M. y Murillo-Amador, B. (2021). Conductividad eléctrica de la solución nutritiva y su efecto en compuestos bioactivos y rendimiento de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. (52): 1-12

Procuraduría Federal del Consumidor. (2020). *Pepino, fresco y saludable*. Gob.Mx. Recuperado noviembre 9, 2022, de <https://www.gob.mx/profeco/documentos/pepino-fresco-y-saludable?state=published>

Ravishankar, D.; Rajora, A.; Greco, F. y Osborn, E. 2013. Los flavonoides como posibles compuestos para la terapia contra el cáncer. *El Inter. J. Bioquímica. Biol celular*. 45:2821-2831.

Reganold, J. P., Andrews, P. K., Reeve, J. R., Carpenter-Boggs, L., Schadt, C. W., Alldredge, J. R., Ross C. F., Davies N. M. y Zhou, J. (2010). Calidad de frutos y suelos de agroecosistemas de fresa orgánica y convencional. *Más uno*. 5(9): 2346

- Roblero, S., S. 2007. Producción de pepino (*Cucumis Sativus* L.) en sustrato orgánico bajo condiciones de invernadero. Tesis. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila, México. pp.1-70.
- Rodríguez, D. N., & Cano R. Y E. Favela, P. (2007). Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. Memorias del Simposio Internacional de Agricultura Sustentable. 27(4): 319-327
- Rojas-Barquera, D., Narváez-Cuenca, C.-E. (2009). Determinación de vitamina C, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) cultivadas en Colombia. Quimica Nova. 32(9): 2336-2340. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422009000900019>
- SAGARPA. 2012 (Consultado el 20 de junio, 2022. <http://www.gob.mx/sagarpa>)
- Salekzamani, S., Ebrahimi-Mameghani, M. y Rezazadeh, K. (2019). La actividad antioxidante de la alcachofa (*Cynara scolymus*): Una revisión sistemática y metanálisis de estudios en animales: Actividad antioxidante de la alcachofa (*Cynara Scolymus*). Investigación en Fitoterapia: 33(1): 55–71. <https://doi.org/10.1002/ptr.6213>
- Sánchez, F.; Gonzales, L. Moreno, E. Pineda, J. & Reyes, E. (2014). Dinámica nutrimental y rendimiento de pepino cultivado en hidroponía con y sin recirculación de la solución nutritiva. Revista Fitotecnia Mexicana. 37(3): 261-269

Sánchez, F; Escalante, E., 2001. Un sistema de producción de plantas; hidroponía, principios y métodos de cultivo. Tercera edición. México, Universidad Autónoma de Chapingo. pp. 193.

Santiago, L., G. 2014. Soluciones nutritivas orgánicas en la producción y calidad del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero. Tesis maestría. UAAAN-UL. Torreón Coahuila, México. pp. 1-61.

Schwentenius, R. R., & Gómez, C. M. (2007). *México Orgánico. Experiencias, Reflexiones, Propuestas*. SSN-e. 9(1): 7-15

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2012. Agricultura protegida 2012. En <http://www.sagarpa.gob.mx>. Fecha de consulta: 10 de abril de 2022.

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2010. México.

Sgherri, C., Navari-Izzo, F., Pardossi, A., Soressi, G. P. e Izzo, R. (2007). La influencia del agua de mar diluida y el estado de maduración sobre el contenido de antioxidantes en frutos de diferentes genotipos de tomate. *Revista de Química Agrícola y Alimentaria*. 55(6): 2452–2458. <https://doi.org/10.1021/jf0634451>

SIAP. (2019). Anuario estadístico de la producción agrícola a nivel nacional 2019. Retrieved from <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

- Soltoft, M., Nielsen, K.H., Laursen, S., Husted, U., Halekoh y Knuthsen, P. 2010. Efectos de los sistemas de cultivos orgánicos y convencionales sobre el contenido de flavonoides en cebolla y ácidos fenólicos en zanahoria y papa. *Diario de Química Agrícola y Alimentaria*. 58: 10323-10329.
- Terabayashi, S., Muramatsu, I., Tokutani, S., Ando, M., Kitagawa, E., Shigemori, T., Date, S., & Fujime, Y. (2004). Relación entre el semanario tasa de absorción de nutrientes durante las etapas de fructificación y peso del fruto del tomate (*Lycopersicon esculentum* mill.) cultivado hidropónicamente. *Engei Gakkai Zasshi*. Engei Gakkai (Japón), 73(4), 324–329. <https://doi.org/10.2503/jjshs.73.324>
- Terrazzan, P., Aguila, J. S., Heiffig, L. S. y Kluge, R. A. (2006). Caracterización fisicoquímica de fresas refrigeradas en sistemas de cultivo convencionales y orgánicos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 8: 33-37.
- Toalombo, M. (2013). Aplicación de abonos orgánicos líquidos tipo biol al cultivo de mora (*Rubus glaucus benth*). Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 92 p.
- Tsuchida, H., Kozukue, N., Han, G.-P., Choi, S.-H., Levin, C. E. y Friedman, M. (2010). El almacenamiento a baja temperatura de los pepinos induce cambios en el contenido de ácidos orgánicos y en la actividad de la citrato sintasa. *Biología y Tecnología Poscosecha*. 58(2): 129–134. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.06.006>

- Usman, D. C. Usman, P. C. Bonilla, C. R. y Sánchez, M. S. 2003. Efecto de la fertilización orgánica sobre la producción de follaje y rendimiento de semilla de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) Variedad Unapal Precoso. Acta Agronómica. 52 (1-4): 59-63
- Valadez L. A. 1998. Producción de Hortalizas. Editorial Noriega. México DF.
- Vasco, M. R. (2003). El cultivo del pepino bajo invernadero. In: Técnicas de Producción en Cultivos Protegidos. F F Camacho (ed). Caja Rural Intermediterránea, Cajamar. Almería, España. 691-722.
- Verheul, M. J., Slimestad, R. y Johnsen, L. R. (2013). Cambios fisicoquímicos y evaluación sensorial de pepinos rebanados de diferentes orígenes. Europa J. Hort. Sci. 78(4): 176–183.
- Villanueva, M. (2020). Comparación de la Capacidad Antioxidante en Vainas Frescas y Vainas Secas de *Caesalpinia spinosa* “Tara” Mediante el Método de 2,2 –difenil-1-picrilhidraizil (DPPH). Tesis de pregrado, Universidad privada Antonio Guillermo Urrelo, Cajamarca, Perú.
- Wang, Y. y Wu, W. H. 2010. Detección y señalización de plantas en respuesta a la deficiencia de K<sup>+</sup>. mol. Planta. 3:280-287
- Waris, M. H., I.; Kan, A.; Ahmed, F.; Iqbal, M.; Shoaib, M.; Ullah, Z. (2014). “Proyección de variedades de pepino contra mildiú veloso ¿*Pseudoperonospora cubensis*? y su manejo químico”. Pak. J. Fitopatología. 29: 321-329

Xiao, J.; Muzashvili, T. y Georgiev, M. 2014. Avances en la glicosilación biotecnológica de flavonoides valiosos. *Biotecnología. Adv.* 32:1145-1156.

Yáñez Juárez, M. G., León de la Rocha, J. F., Godoy Angulo, T. P., Gastélum Luque, R., López Meza, M., Cruz Ortega, J. E., Y Cervantes Díaz, L. (2012). Alternativas para el control de la cenicilla (*Oidium* sp.) en pepino (*Cucumis sativus* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 3(2): 259–270. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i2.1461>

Yáñez, R.J.N. 2002. Nutrición y regulación del crecimiento en hortalizas y frutales. 22 Pág.

Zepeda, L. (2012). Efecto de la solución nutritiva en el rendimiento de lechuga (*Lactuca Sativa* L). En dos sistemas hidropónicos: camas flotantes y aeroponía, (Tesis de pregrado) Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro Qro.