

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Interacción Entre El Sustrato Y La Concentración De La Solución Nutritiva En El Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L).

Por:

JAIME CRUZ TORRES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Interacción Entre El Sustrato Y La Concentración De La Solución Nutritiva En El Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L).

Por:

JAIME CRUZ TORRES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



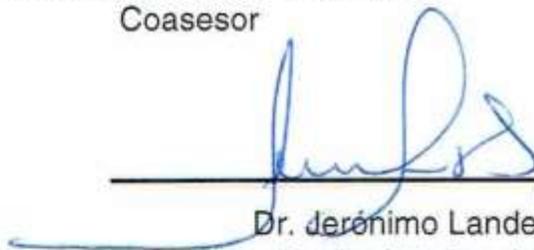
Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar
Asesor Principal



Dra. Daniela Alvarado Camarillo
Coasesor



Dr. José Alfredo Hernández Maruri
Coasesor



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



Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2023

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

Yo como autor de esta tesis con nombre: Interacción Entre El Sustrato Y La Concentración De La Solución Nutritiva En El Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L). Aclaro que es creación personal, única no copiada de alguna otra tesis, obra, investigación etc., o de cualquier otro artículo en cualquiera de sus versiones electrónica o impresa.

Así mismo, que soy plenamente consciente de que no respetar estos extremos es objetivo de sanciones universitarias o de cualquier orden legal.

Pasante



Jaime Cruz Torres

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme cumplir este gran logro, a mi familia en especial a mis padres, Isidra Torres Hernández y Saúl Cruz Gómez que me dieron la vida y su apoyo incondicional, a mis hermanos.

Agradecido con mis asesores en especial al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar, por su gran apoyo confianza y paciencia igual para mis coasesores la Dra. Daniela Alvarado Camarillo al Dr. José Alfredo Hernández Maruri, gracias por darme su tiempo y su apoyo.

A mis familiares amigos y maestros que en algún momento me brindaron su apoyo de cualquier forma, se agradece.

Índice de Contenido

I.	Introducción.....	1
	Objetivo General.....	3
	Objetivos Específicos	3
	Hipótesis.....	3
II.	Revisión de Literatura	4
	Origen	4
	Descripción Botánica	4
	Flor.....	4
	Raíz.....	4
	Tallos.....	4
	Hoja.....	4
	Fruto.....	5
	Semillas.....	5
	Tipos de pepino.....	5
	Producción de Pepino en México	6
	Producción de Pepino a Nivel Mundial	6
	Exportación	7
	Importación	7
	Manejo del Cultivo Agronómico	7
	Preparación del terreno.....	7
	Conductividad Eléctrica.....	7
	Época de siembra	7
	Clima	8
	Etapas fenológicas del pepino	8
	Riego.....	9
	Fertilización	9
	Viento.....	10
	Poda.....	10
	Aclareo de frutos	10
	El deshoje	11

Plagas y enfermedades.....	11
Cosecha.....	11
Fisiopatías del pepino.....	12
La Agricultura Protegida en México	13
Hidroponía	14
Solución Nutritiva.....	14
Sustratos.....	15
La Fibra/polvo de Coco.	16
El Peat Moss.	16
La perlita.	17
III. Materiales y Métodos	18
Localización Geográfica del Área Experimental	18
Variedad Utilizada.....	18
Área Utilizada	18
Manejo del Cultivo de Estudio	18
Siembra.....	18
Riego.....	18
Podas.....	18
Tutoreo.....	19
Cosecha.....	19
Tratamientos.....	19
Variables a Evaluar.....	20
Diseño Experimental.....	21
IV. Resultados y Discusión	22
Rendimiento.....	22
Diámetro Ecuatorial	24
Diámetro Distal y Proximal del Fruto	24
Longitud de Fruto.....	25
Firmeza de Fruto	25
Número de Hojas.....	26
Número de Frutos Cosechados	26
Peso Fresco del Tallo	27

Peso Seco de la Hoja	27
Concentración de NO_3^- en la Savia de Pecíolo.....	27
Concentración de K^+ en la Savia de Pecíolo.....	29
Concentración de Ca^{2+} en la Savia de Pecíolo	30
V. Conclusiones.....	31
VI. Bibliografía.....	32

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Estados con mayor producción de pepino en México.....	6
Cuadro 2. Etapas fenológicas del pepino (Arias, 2007).	9
Cuadro 3. Tratamientos aplicados a plantas de pepino consistentes en tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner y dos sustratos a base de peat moss, fibra de coco y perlita.	19
Cuadro 4. Variables evaluadas con los materiales empleados y su descripción.....	20
Cuadro 5. Rendimiento y características físicas del fruto en pepino cultivado en dos sustratos y bajo tres concentraciones de solución nutritiva.....	22
Cuadro 6. Número de frutos cosechados y parámetro de crecimiento vegetativo en plantas de pepino cultivado en dos sustratos y bajo concentraciones de la solución nutritiva.	26
Cuadro 7. Concentración de iones seleccionados en el extracto de savia del peciolo en hojas de pepino cultivado en dos sustratos y bajo tres concentraciones de solución nutritiva.	28

Índice de Figuras

Figura 1. Rendimiento de fruto en plantas de pepino en respuesta a la interacción entre la concentración de la solución nutritiva y el sustrato de cultivo empleado.	23
Figura 2. Concentración de nitratos (NO_3^-) en savia de peciolo de plantas de pepino en respuesta a la interacción de la solución nutritiva y en el sustrato de cultivo empleado.....	29
Figura 3. Concentración de potasio K^+ en la savia del peciolo de plantas de pepino en respuesta a la interacción entre la concentración de la solución nutritiva y el sustrato de cultivo empleado.	30

RESUMEN

La producción mundial de pepinos, que en muchos países depende en gran medida del cultivo con calefacción y luz artificial, se ha visto afectada por el aumento de los precios de la energía en todo el mundo, actualmente el aumento en los precios de los fertilizantes, así como el aumento de plagas y enfermedades ha inducido a los productores a buscar otras herramienta y técnicas de mayor producción por metro cuadrado aprovechando al máximo los insumos como es el agua los fertilizantes y el uso de sustratos que tengan las características físicas y químicas que el cultivo de pepino requiere, mientras se desarrollan en un ambiente controlado. El presente estudio tiene por objetivo determinar el efecto de la interacción entre el sustrato de cultivo con la concentración de la solución nutritiva en el cultivo de pepino. Las plantas fueron tratadas con la solución Steiner a diferentes concentraciones (75% 100% y 125%) y dos mezclas de sustratos (mezcla uno: 80% peat moss+ 20% perlita, mezcla dos: 40% fibra de coco + 40% peat moss + 20% perlita). el diseño utilizado fue completamente al azar con ocho repeticiones y una planta por repetición. El sustrato a base de peat moss favoreció el rendimiento y desarrollo vegetativo de las plantas de pepino, lo cual estuvo asociado con un aumento en el contenido de K^+ en la savia. La solución nutritiva al 75 % promovió la mayoría de las variables como es el rendimiento, la calidad del fruto medida como diámetro distal y proximal, diámetro ecuatorial, longitud del fruto, firmeza, número de frutos cosechados, así como parámetros de crecimiento vegetativo. Sin embargo, el aumento de todos estos parámetros estuvo asociado con una reducción en la concentración de NO_3^- , K^+ y Ca^{2+} en la savia del peciolo.

I. Introducción

El pepino, *Cucumis sativus* L., pertenece a la familia de cucurbitáceas y es una hortaliza que se cultiva en condiciones tropicales y subtropicales alrededor del mundo; es una especie nativa del norte de India (Kapuriya *et al.*, 2017). La producción de pepino en general es de relevancia productiva y económica a nivel nacional e internacional. A nivel nacional, las entidades federativas de mayor relevancia en la producción de ésta hortaliza primeramente es Sinaloa, la cual es conocida por su trascendencia para el país en el sector agrícola; Sonora y Michoacán son los que le siguen en orden de importancia (Ramírez Hernández y González, 2021).

La agricultura protegida ofrece beneficios como son los altos rendimientos y calidad obtenida, mayores niveles de sanidad e inocuidad de los productos obtenidos, y mayor seguridad en la producción debido a independencia del clima (Amhpac, 2013). La implementación de la producción hortícola en invernadero disminuye el riesgo en la producción e incrementa la rentabilidad, además de que genera fuentes de trabajo, disminuye la contaminación ambiental y los daños a la salud (Grijalva y Robles, 2003).

El sustrato representa un componente importante en la agricultura protegida a través de los sistemas hidropónicos de producción (Agroequipos, 2018). Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo ya sea de origen natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta y que este puede intervenir o no en la nutrición vegetal (Fertilab, s.f.). Es importante enfatizar que antes de decidir por el uso de un sustrato se debe conocer sus diferentes propiedades, así como considerar diversos factores como el físico, económico y ecológico (Horticultivos, 2021). Un buen sustrato debe tener ciertas características físicas como una elevada capacidad de retención de agua, una porosidad de aproximadamente el 25%, uniformidad del tamaño de las partículas, baja densidad aparente y una estructura estable que impida la contracción o expansión del medio (Beltrano y Gimenez, 2015).

Entre los sustratos más utilizados en horticultura se encuentra la turba, o peat moss, así como la fibra/polvo de coco y la perlita. La turba es un sustrato orgánico natural de uso más general y tradicional en la horticultura. Se distinguen dos tipos de turba: poco descompuestos, los cuales son materiales de reacción ácida, pobres en minerales por estar muy lavados, debido a su origen de zonas altas y de precipitaciones abundantes, y que conservan parcialmente su estructura y un buen equilibrio entre agua y aire después del riego. El segundo tipo son las turbas negras,

las cuales no tienen estructura, con frecuencia muy salinizadas y que presentan menor aireación que las anteriores. Son apropiadas para mezclas con materiales que mejoren sus propiedades deficientes (Florian y Roca, 2011).

La fibra o polvo de coco es obtenida durante el desfibrado de la nuez del coco procedente del mesocarpio de la misma; son fibras largas que se emplean para diversas actividades. Mediante un proceso de trituración y cribado se obtiene un sustrato de excelente calidad muy utilizado en hidroponía, además de ser 100 % orgánico, lo cual le otorga una cualidad biodegradable y ecológica; con un buen manejo en la hidroponía se puede utilizar de 3-5 años, para luego ser incorporado como abono orgánico para mejorar la fertilidad de los suelos. Posee una porosidad del 95 %, una capacidad de retención de humedad es del 58 %, lo que permite que las raíces se desarrollen vigorosamente y así soportar situaciones de estrés hídrico de hasta 72 horas, lo cual es importante para cualquier imprevisto en la explotación además de un buen contenido de potasio (Jiménez, s.f.).

La nutrición de las plantas en hidroponía, se brinda a través de una solución nutritiva balanceada y equilibrada que se formula a partir de un análisis de agua, la especie vegetal a cultivar, su etapa fenológica y las condiciones ambientales que se tengan. La solución nutritiva es un conjunto de sales minerales disueltas en el agua, que puede variar su proporción dependiendo de la especie y la etapa fenológica de la planta (Oasis, s.f.). Las primeras soluciones nutritivas surgieron hacia 1860 y continuaron su desarrollo hasta mediados de siglo pasado, figurando entre las clásicas la de Knop en 1860, Crone en 1900, Arnon en 1902 y Hogland en 1950 (Intagri, s.f.).

En 1961, Steiner en Holanda, propuso el concepto de la solución nutritiva universal. Esta solución nutritiva clasifica a los nutrimentos según su carga eléctrica. Los aniones (carga negativa) considerados son el fosfato (H_2PO_4^-), el nitrato (NO_3^-) y el sulfato ($\text{SO}_4^{=}$), mientras los cationes (carga positiva) considerados son potasio (K^+), calcio (Ca^{++}) y magnesio (Mg^{++}). Steiner propuso que debe existir una relación entre estos aniones y cationes para que las plantas puedan aprovecharlos al máximo. Determinó que las relaciones entre los aniones deben ser de 60 % de NO_3^- , 5% de H_2PO_4^- y 35% de SO_4^- . Para el caso de los cationes 35% de K^+ , 45% de Ca^{++} y 20% de Mg^{++} (Intagri, s.f.). En el presente estudio se plantea determinar cuál de los sustratos, a base de fibra/polvo de coco y de turba, es el más favorable para la producción de pepino en condiciones de cultivo sin suelo y si la concentración de la solución nutritiva tiene alguna relación con el sustrato más adecuado.

Objetivo General

Determinar el efecto de la interacción entre el sustrato de cultivo con la concentración de la solución nutritiva en el cultivo de pepino.

Objetivos Específicos

Definir el efecto del sustrato a base de peat moss y de polvo/fibra de coco sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de frutos en pepino.

Evaluar el crecimiento rendimiento y calidad de frutos del pepino a la concentración de la solución nutritiva.

Determinar la interacción entre los factores sustrato con concentración de la solución nutritiva en el crecimiento rendimiento y calidad de frutos en pepino.

Hipótesis

El cultivo de pepino responde a la interacción entre el sustrato a base de peat moss o polvo/fibra de coco con la concentración de la solución nutritiva mostrando un aumento en el rendimiento, crecimiento y calidad cuando la combinación de estos factores es la óptima.

II. Revisión de Literatura

Origen

El pepino se considera originario de la India, siendo domesticado en Asia y de ahí introducido a Europa (Wehner y Aynard, 2003). Aparecen registros de este cultivo en Francia en el siglo IX, en Inglaterra en el siglo XIV y en Norteamérica a mediados del siglo XVI, ya que Cristóbal Colón llevó semillas a América (Infoagro, 2003).

Descripción Botánica

Flor

Su flor es de corto pedúnculo y pétalos amarillos, aparecen en las axilas de las hojas y pueden ser hermafroditas o unisexuales, aunque los primeros cultivares conocidos eran monoicos y solamente presentaban flores masculinas y femeninas y en la actualidad todas las variedades comerciales que se cultivan son plantas ginoicas, es decir, sólo poseen flores femeninas que se distinguen claramente de las masculinas porque son portadoras de un ovario ínfero (Hortoinfo, s.f.).

Raíz

El pepino posee un sistema radical muy potente y extenso con una raíz principal pivotante que alcanza los 60 cm de profundidad, hasta más de 1 m en suelos sueltos y profundos. De la raíz se ramifican numerosas raíces secundarias muy finas que se extienden superficialmente en cultivos enarenados donde el agua y fertilizantes están muy próximos, en una franja de tierra de unos centímetros de profundidad (Reche, 2011).

Tallos

Sus tallos son rastreros postrados y con zarcillos, con un eje principal que da origen a varias ramas laterales principalmente en la base, entre los 20 y 30 cm de longitud. Son trepadores, llegando a alcanzar de longitud hasta 3.5 m en condiciones normales (Bionica, 2010).

Hoja

Las hojas son pecioladas, con peciolo largo y erguidos, grandes, palmi-nervias, acorazonadas, opuestas a los zarcillos, simples, alternas, de limbo lobulado, divididas en 3-4 lóbulos más o menos pronunciados, el central más puntiagudo, dependiendo de la variedad, y que a veces no se aprecian notablemente. Bordes suavemente dentados, recubiertas de una vellosidad fina, de tacto áspero sobre todo en hojas viejas y con nervios muy pronunciados por el envés (Reche, 2011).

Fruto

El fruto es un pepónide áspero o liso, dependiendo de la variedad, que vira desde un color verde claro, pasando por un verde oscuro hasta alcanzar un color amarillo cuando está totalmente maduro, aunque su recolección se realiza antes de su madurez fisiológica. La pulpa es acuosa, de color blanquecino, con semillas en su interior repartidas a lo largo del fruto (Infoagro, s.f).

Semillas

Las semillas se presentan en cantidad variable y son ovales, algo aplastadas y de color blanco-amarillento (Infoagro, s.f).

Tipos de pepino

Pepinos cortos.

El pepino persa, también conocido como mini pepino, pepino Libanes y Beit Alpha, produce frutos sin semillas o partenocárpicos. Los frutos son cortos en longitud, de color verde oscuro, sabor dulce y tienen una piel delgada que no requiere pelarse para ser consumidos (Haifa, 2014). Este tipo de pepino produce frutos de alta calidad y son dos o tres veces más rendidores que los del tipo europeo (Shaw y Cantliffe, 2001).

Pepinos medianos.

El pepino tipo americano, también conocido como pepino Slicer y francés, produce frutos sin semillas también conocidos como partenocárpicos. Existen varios tipos de pepinos partenocárpicos producidos bajo invernadero, dentro de los que destacan el pepino americano y el pepino pickle (Johnny's-Selected-Seeds, 2016).

Son pepinos de tamaño medio-largos, que logran alcanzar una longitud de entre 20 y 25 cm, aunque hay variedades con frutos de menor tamaño. Llegan a tener un peso de entre 300 a 400 g y un diámetro de 3 a 6 cm. Tienen una forma cilíndrica y piel o cáscara de color verde oscuro que puede ser lisa o con protuberancias y/o espinas. La piel o cascara es gruesa por lo que requiere remover para ser consumidos (Intagri, s.f).

Pepinos largos.

Conocidos como pepinos tipo Holandés, Europeo, continental, Inglés o Almería. Son frutos con longitudes superiores a los 25 cm, llegando a alcanzar 40 cm. Logran pesos medios que van desde los 400 hasta los 500 g y 4 cm de diámetro. Tienen una piel o cáscara lisa o asurcada sin espinas delgada que no necesita quitarse

para consumirlos. Son frutos de color verde oscuro brillante y de sabor dulce (Intagri, s.f.).

Producción de Pepino en México

En México, la producción de pepino para 2021 se cultivaron 15,897.36 ha, con un rendimiento total de 1,159,933.69 ton y un valor de \$7,691,577.38, estos datos abarcan las diferentes modalidades de producción (Siacon-ng, 2021). Las entidades federativas de mayor producción de pepino en México se muestran en el Cuadro 1. Después de la sandía, calabaza y melón, el cultivo de pepino es la cucurbitácea más cultivada en México (Ramos, 2015).

En México los estados con mayor producción según (Siacon-ng, 2021), son los siguientes:

Cuadro 1. Estados con mayor producción de pepino en México

Estados	Superficie cultivada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
Sinaloa	3,400.94	342,150.42	100.60
Morelos	1,585.52	81,155.91	51.19
Michoacán	1,764.79	64,99.64	36.83
Guanajuato	1,279.75	61,709.12	48.22
San Luis Potosí	174.00	41,332.19	237.54

Producción de Pepino a Nivel Mundial

La producción mundial de pepinos, que en muchos países depende en gran medida del cultivo con calefacción y luz artificial, se ha visto afectada por el aumento de los precios de la energía en todo el mundo. Algunos países productores, como los Países Bajos y Francia, han reducido el uso de dichos métodos para que la producción siga siendo rentable (Fresh-Plaza, 2021).

En todo el mundo se producen 80,646,131 ton de pepino por año. China es el mayor productor de pepino del mundo con un volumen de producción de 61,949,091 ton por año, la Federación Rusa ocupa el segundo lugar con una producción anual de 1,992,968 ton y en tercer lugar se encuentra Turquía con 1,811,681 ton, México se encuentra en séptimo lugar (Atlas-Big, 2021).

Exportación

Según (Faostat, 2020), México es el país con mayor exportación de pepino a nivel mundial con una cantidad de 809,814 ton seguido de España con 707,093 ton, después Países Bajos con 470,422 ton, Irán con 200,000 ton y por último Canadá con 173,344 ton.

Importación

Los países con mayor cantidad de importaciones de pepino son Estados Unidos con 994,903 ton, Alemania 596,986 ton, seguido de Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, con 195,542 ton y por último Iraq con 187,000 ton (Faostat, 2020).

Manejo del Cultivo Agronómico

Preparación del terreno

Se debe seleccionar un terreno de preferencia con topografía plana, con un grado de pendiente de 2% como máximo, que disponga de agua para riego si se desea una producción continua (Casaca, 2005). El pepino puede cultivarse en cualquier tipo de suelo de estructura suelta, bien drenado y con suficiente materia orgánica (Allmacigos, s.f.)

El cultivo en sustrato e hidroponía consiste en la producción de vegetales sin la utilización del suelo, por ello también se los denomina “sistemas de cultivo sin suelo”. Cuando las raíces se desarrollan en el agua se denomina “Hidroponía” y cuando lo hacen en un medio sólido, diferente del suelo, “cultivo en sustrato”, utilizándose gran diversidad de sustratos y/o mezclas de ellos (Puerta, 2020).

Conductividad Eléctrica

El pepino es una planta medianamente tolerante a la salinidad (algo menos que el melón), de forma que si la concentración de sales en el suelo es demasiado elevada las plantas absorben con dificultad el agua de riego, el crecimiento es más lento, el tallo se debilita, las hojas son más pequeñas y de color oscuro y los frutos obtenidos serán torcidos. Si la concentración de sales es demasiado baja el resultado se invertirá, dando plantas más frondosas, que presentan mayor sensibilidad a diversas enfermedades (Allmacigos, s.f.).

Época de siembra

El pepino puede cultivarse todo el año, tanto en épocas secas (sí se cuenta con riego), como de temporal. En general abarca un periodo de desarrollo de 4 a 6

meses. En México se presentan dos ciclos agrícolas, el primero durante la época de lluvias en primavera-verano y el segundo durante la época de sequía en otoño-invierno (Hydro-Environment, s.f.).

La siembra se hace colocando la semilla en horizontal a 1,5 cm de profundidad, si esta se hace de forma directa induce a un mejor enraizado en otoño y verano temprano (Solis, s.f.).

Los pepinos generalmente se siembran cuando la temperatura del suelo excede los 15 °C y las temperaturas del aire no bajan por debajo de 10 °C por la noche. En regiones más frías, los pepinos se pueden cultivar como trasplantes en el invernadero 18-24 días antes de la siembra en el campo. Debido a que son un cultivo de temporada cálida, no deben ser trasplantados hasta que la temperatura del suelo alcance 15° C a 3 pulgadas por debajo de la superficie del suelo. Pueden ser cultivadas en camas elevadas con mantillo de plástico negro, azul o plateado y usando riego por goteo para un crecimiento óptimo y rendimiento de las plantas (Penn-State-Extension, 2017).

No se pueden dar reglas exactas para esto, pues depende de la época de plantación, zona, variedad en cultivar. Las plantas irán más apretadas cuando más baja sea la temperatura o en las zonas más alejadas de la costa. Las variedades híbridas son más vigorosas exigen más espacio que las corrientes (Arteaga y Albertos, 1968).

Clima

Es un cultivo de clima templado, que al aire libre no soporta los fríos: cuando la planta está en el periodo de desarrollo, si ocurre una disminución fuerte de temperatura durante algunos días, puede dar lugar a que la planta florezca antes de tiempo (Casaca, 2005).

El pepino se adapta a climas cálidos y templados y se cultiva desde las zonas costeras hasta los 1,200 m sobre el nivel del mar. Sobre 40°C el crecimiento se detiene, con temperaturas inferiores a 14°C, de igual manera, y en caso de prolongarse esta temperatura, se caen las flores femeninas (Casaca, 2005).

La planta muere cuando la temperatura desciende a menos de 1°C, comenzando con un marchitamiento general de muy difícil recuperación (Casaca, 2005).

Etapas fenológicas del pepino

El crecimiento de la planta de pepino es bastante acelerado durante casi todo el ciclo del cultivo, reduciendo el ritmo sólo en los estados finales cuando la planta inicia el proceso de senescencia (Sqm-vitas, s.f.), las etapas fenológicas se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Etapas fenológicas del pepino (Arias, 2007).

Etapa fenológica	Días después de la siembra
Emergencia	4-5
Inicio de emisión de guías	15-24
Inicio de floración	27-34
Inicio de cosecha	43-50
Fin de cosecha	75-90

Riego

Se recomienda el riego por goteo, el cual requiere de una buena disponibilidad de agua para obtener altas producciones; la cantidad de agua se define de acuerdo a la edad del cultivo, tipo de sustrato y a la evapotranspiración potencial del lugar. Si la planta presenta una deficiencia de agua, retrasará su desarrollo y las plantas serán menos vigorosas (Hydro-environment, s.f.).

Debe evitarse el encharcado o inundado del suelo, ya que las raíces del pepino son muy sensibles y puede provocar asfixia, podredumbre y ataque de hongos de suelo (Hydro-environment, s.f.).

Los periodos críticos de riego en el cultivo del pepino son: durante la germinación de la semilla, la floración y en la formación de frutos. Se recomienda aplicar agua en estos períodos de forma oportuna y controlada (Hydro-environment, s.f.).

Es importante que los riegos sean suministrados regularmente. Un crecimiento completo de la planta de pepino utiliza en el verano cerca de 5 L (1.3 galones) de agua por día. Una regla común que se sigue para aplicar riegos es: a mayor cantidad de luz solar mayor transpiración, de esta manera se deberán aplicar grandes cantidades de agua regularmente. Aplicar menos agua durante períodos nublados (Johnson y Hickman, 1989).

Fertilización

En la fertilización debe haber un balance nutricional con todos los elementos necesarios para el buen desarrollo del pepino. Aún más importante que la fertilización es manejar correctamente el agua de riego, el cual es un factor crítico para obtener una óptima nutrición ya que toda la nutrición que logra el cultivo es a través del agua en el suelo. Es preciso enfatizar que el riego es el nutriente más importante que tiene la planta. Si se riega mucho se lixivia y se diluyen mucho los nutrientes. Si se riega poco la planta no tiene disponibilidad de los mismos (Arias, 2007).

El balance de los nutrientes es tan importante como las relaciones que deben existir entre el N:K, el K:Ca y el Ca:Mg, con el propósito de evitar tener antagonismo y

poder controlar el desarrollo de las plantas y su resistencia a los factores ambientales o enfermedades. Una buena nutrición balanceada permite tener el desarrollo adecuado de la planta para optimizar el rendimiento. Las aplicaciones foliares de nutrientes pueden ser necesario de vez en cuando, pero la verdadera nutrición de una planta se realiza a través del sistema radicular que es el órgano especializado en esta labor (Arias, 2007).

Viento

Este es un factor determinante en la producción de pepino. El viento de varias horas de duración y velocidades arriba de 30 km/ hora acelera la pérdida de agua de la planta, baja la humedad relativa del aire y aumenta las exigencias hídricas de la planta. Esto reduce la fecundación de los estilos florales. En resumen, el viento disminuyendo el crecimiento, reduce la producción, acelera la senilidad de la planta, y daña hojas, flores y frutos. Por este motivo debe cultivarse en lugares resguardados o poner barreras rompevientos (Arias, 2007).

Poda

Las plantas de pepino presentan dos tipos de crecimiento continuo durante el periodo de desarrollo, un crecimiento vegetativo donde se producen nuevas hojas y tallos y un crecimiento reproductivo que genera nuevas flores, frutos y semillas. Estos órganos se conocen como órganos vertederos (Casilimas, 2012).

La forma de poda más comúnmente usada en pepino bajo condiciones de invernadero consiste en eliminar por abajo de los 40 a 50 cm del tallo principal todos los brotes que salgan, al igual que las hojas y los frutos que se vayan formando. A partir de los 40 a 50 cm, se eliminan todos los brotes laterales que aparecen en el tallo principal, dejando un fruto en cada axila, hasta que este alcance el alambre superior usado para el entrenado de la planta. Una vez que una o dos hojas han desarrollado por arriba del alambre, el punto terminal del tallo principal es eliminado, dejando crecer libremente en el extremo superior de la planta dos brazos laterales, eliminando la yema terminal cuando la planta está cerca del suelo (Hochmuth, 2001).

Aclareo de frutos

Deben limpiarse de frutos las primeras 7-8 hojas (60-75 cm), de forma que la planta pueda desarrollar un sistema radicular fuerte antes de entrar en producción. Estos frutos bajos suelen ser de baja calidad, pues tocan el suelo, además de impedir el desarrollo normal de parte aérea y limita la producción de la parte superior de la planta (Santacruz, s.f.).

Los frutos curvados, malformados y abortados deben ser eliminados cuanto antes, al igual que aquellos que aparecen agrupados en las axilas de las hojas de algunas variedades, dejando un solo fruto por axila, ya que esto facilita el llenado de los restantes, además de dar también mayor precocidad (Santacruz, s.f.).

El deshoje

El deshoje de hojas viejas, de las partes bajas de la planta, facilitará la aireación. No es recomendable la supresión de más de dos hojas, cada vez, siempre detrás de los frutos ya recolectados y aplicando un fungicida a continuación para cicatrizar (Castillo y Bretones, 1983).

Plagas y enfermedades

El aspecto fitosanitario es uno de los aspectos que incide sobre la productividad, el cual incluye la interacción de diferentes organismos vivos, tales como hongos, bacterias, nemátodos, insectos, etc., estos organismos atacan el cultivo, utilizándola como alimento y medio de reproducción, afectando el crecimiento y desarrollo del mismo (Intagri, 2017).

Las plagas más importantes de este cultivo son: plagas de suelo Nematodos (*eloidogine spp.*), Trips (*Frankliniella occidentalis*), Minadores (*Liriomyza mik*), Mosca Blanca (*Trialeuodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*), Araña roja (*Tetranychus urticae Koch* y *T. cinnabarium*) (Intagri, 2017).

Las enfermedades destacadas son: gota o tizón tardío (*Phytophthora infestans*), Moho Gris (*Botrytis cinérea*), Mildiu polvoso (*Sphaerotheca fuliginea*), Mildiu veloso (*Pseudoperonospora cubensis*), Marchitez Fusariana (*Fusarium oxysporum*), Damping-Off y el Virus del mosaico del pepino (CMV) (Intagri, 2017).

Cosecha

Los pepinos se cosechan en diversos estados de desarrollo, cortando el fruto con tijeras en lugar de arrancarlo. El período entre floración y cosecha puede ser de 55 a 60 días, dependiendo del cultivar y de la temperatura. Generalmente, los frutos se cosechan en un estado ligeramente inmaduro, próximos a su tamaño final, pero antes de que las semillas completen su crecimiento y se endurezcan. La firmeza y el brillo externo son también indicadores del estado prematuro deseado. En el estado apropiado de cosecha un material gelatinoso comienza a formarse en la cavidad que aloja a las semillas (Casaca, 2005).

Fisiopatías del pepino

Solis (s.f.) menciona que las fisiopatías no atribuidos a parásitos son:

Frutos deformes y con punta. Son causados por una mala nutrición, (cambios bruscos de CE), exceso de salinidad, falta de luz, cambios bruscos de temperatura o excesiva de frutos. En variedades como las monopistilares estos problemas son menos frecuentes.

Frutos cuello de botella. Desarrollan un estrechamiento marcado en su parte cercana al pedúnculo. Causado por bajas temperaturas y fertilizaciones con exceso de nitrógeno y bajas en potasio.

Aborto de frutos. Puede ser debido a un mal abonado o a un exceso de carga de frutos. También puede deberse a una fitotoxicidad o a un cambio brusco de temperatura y/o humedad.

Frutos amarillos. Se puede deber a la falta de luz, exceso de vegetación, alta densidad. Otra causa puede ser la caída brusca de la CE Falta de microelementos, fundamentalmente Fe y Mn.

Frutos curvados. Causados por contacto directo de los frutos con el suelo, un desarrollo de las plantas excesivamente vigoroso, bajas iluminaciones, ataques de plagas como es el trips, mal abonado, etc.

Frutos en forma de maza. Se produce por una mala polinización natural en las plantas; variedades ginoicas no se ven afectadas por este fenómeno. Por causa de una mala fertilización de potasio o por una aplicación excesiva ácido giberélico.

Piel de lagarto o piel rayada. se forman estrías en la piel que luego cicatrizan. Se producen por cambios bruscos de temperatura y humedad de condensación.

Asfixia radicular. Afecta las plantas jóvenes, por falta de oxígeno causada por el estancamiento del agua en la zona de actividad radicular. También se produce en suelos duros y con altos niveles de sodio.

Exceso de radiación: Causa quemaduras de las yemas terminales en las plantas que aún no han llegado al emparrillado y deshidratación de los frutos pequeños que se desarrollan en las partes más expuestas de la planta.

Falta de luz. Produce plantas ahiladas y de color pálido, además del amarilleo de los frutos y de las hojas basales, que no pueden metabolizar los nitratos.

La Agricultura Protegida en México

Bielinski *et al.* (s.f.), señalan que es toda estructura cerrada, cubierta por materiales transparentes o semitransparentes, que permite obtener condiciones artificiales de microclima para el cultivo de plantas y flores en todo tiempo y bajo condiciones óptimas. La agricultura protegida brinda diferentes beneficios como lo son: Independencia de las condiciones climáticas externas (viento, lluvia, frío), capacidad de control, posibilidad de extender la producción de todo el año, más productividad, calidad y seguridad alimentaria posibilidad de usar suelos degradados o improductivos, mayor eficiencia en el uso de recursos (suelo, agua, fertilizantes, energía, mano de obra), más eficiencia en el control de plagas y enfermedades, beneficio social: trabajo más estable a lo largo de todo el año, y mayor beneficio económico (Parra, 2017).

Las instalaciones para la protección de cultivos pueden ser muy diversas entre sí; por las características y complejidad de sus estructuras, así como por la mayor o menor capacidad de control ambiental. Una primera clasificación de los diversos tipos de protección, puede hacerse distinguiendo entre "mulching" o acolchado de suelos, cubiertas flotantes, micro y macrotúneles, invernaderos y casas malla (Santos *et al.*, s.f.).

Los problemas asociados con la producción de hortalizas a campo abierto, como las inclemencias del tiempo y el control de plagas, como los insectos chupadores y vectores de virus, así como la necesidad de una agricultura más eficiente y productiva han contribuido al rápido desarrollo de la agricultura protegida en México (Lamsa, 2019).

La agricultura protegida inicia en el centro de México en el periodo entre 1950 y 1960, con unos cuantos invernaderos instalados. Posteriormente, a medida que transcurrieron los años, se fue incrementando el número de hectáreas bajo agricultura protegida. En la década de los 80's se inicia formalmente con la producción de plántulas, hasta el día de hoy, que existen más de 57,000 hectáreas de agricultura protegida en México, posicionándose entre las naciones con más superficie de agricultura protegida en el mundo (Steelway, 2020).

La Asociación Mexicana de Horticultura Protegida (AMHPAC), señala que México ocupa el sexto lugar mundial en cuanto a superficie de agricultura protegida, a través del uso de invernaderos y mallas para la producción de hortalizas, como jitomate y pimiento, mientras que los macrotúneles se emplean para la producción de frutas, como arándanos y fresas (Inforural, 2020).

La AMHPAC estima que el 50% de la superficie de agricultura protegida en el país se concentra en Sinaloa (22%), Jalisco (15%) y Baja California (12%). En su reporte

“Agricultura Protegida en México”, esta organización revela que el ritmo de crecimiento de este tipo de cultivos es de 12% anual, con una infraestructura instalada con valor calculado en 3 mil 500 millones de dólares (Inforural, 2020).

Un invernadero es una construcción agrícola que genera un microclima ideal para el desarrollo y crecimiento de los cultivos, con el propósito de aumentar su rendimiento y mejorar la calidad del producto final. Además, otro objetivo fundamental de los invernaderos es lograrla producción sistemática y fuera de estación de cultivos hortofrutícolas u ornamentales (Banco-de-patentes-SIC, 2014).

Algunas de las variables que podemos controlar son la Ventilación, riego, tipo y condiciones del suelo, necesidades nutritivas, fertirrigación, pH, CE, densidad de plantación, humedad, temperatura, luminosidad (Qampo, 2017).

Hidroponía

El término hidroponía se genera de dos palabras griegas: hydro (agua) y ponos (labor o trabajo). La unión de estas palabras significa trabajar en agua. La hidroponía puede definirse entonces como la ciencia del cultivo de plantas sin uso de tierra, en un medio inerte, siendo este medio el agua o incluso un sustrato distinto del suelo tal como lo conocemos, sino, por ejemplo: granza de arroz, grava, carbón o piedra volcánica, entre otros. A este medio se le agrega una solución nutriente que contiene todos los elementos esenciales requeridos por la planta para su crecimiento normal (Barboda, 2005).

Solución Nutritiva.

Una solución nutritiva consta de agua con oxígeno y de todos los nutrientes esenciales en forma iónica y, eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de fierro y de algún otro micronutriente que puede estar presente (Steiner, 1968).

Relaciones entre iones.

Las soluciones nutritivas deben estar adaptadas a las concentraciones a las que efectivamente las plantas absorben los nutrientes y las interacciones entre ellos (Santos y Ríos, 2016).

Las concentraciones de cada nutriente hay que tener en cuenta las relaciones entre ellos. Puede haber problemas por precipitación de sales insolubles o por factores limitantes de tipo fisiológico para las necesidades de un determinado cultivo (Santos y Ríos, 2016).

Conductividad eléctrica.

Otro factor importante en el diseño de una solución nutritiva es la cantidad total de iones disueltos en agua, representada por la conductividad eléctrica (CE) de la

solución nutritiva. La CE se suele expresar en dS/m, mS/cm o $\mu\text{S/cm}$ ($1\text{dS/m} = 1\text{mS/cm} = 1000\ \mu\text{S/cm}$) (Santos y Ríos, 2016).

Por una parte, a menor conductividad, más fácilmente la planta captará el agua (la salinidad crea una "resistencia" a la entrada de agua a la planta, al tener un potencial osmótico mayor), por otra, hay que asegurarse que la planta absorbe la cantidad precisa de elementos. Además, en ciertas fases del cultivo, interesa obtener una CE diferente de la óptima para el crecimiento vegetativo, para controlar éste. En otros casos, el trabajar con CE relativamente altas en algunos cultivos puede mejorar la calidad de la fruta (Santos y Ríos, 2016).

pH.

El tercer factor a tener en cuenta en una solución nutritiva es el pH. Este parámetro juega un papel fundamental en la disponibilidad de los elementos para la planta, bien por la insolubilización de éstos por tornarse a una forma no asimilable por las raíces. En determinados casos, los dos procesos se dan a la par. Por otra parte, los pH extremos dañan directamente las raíces (Santos y Ríos, 2016).

Una forma gráfica de observar la influencia del pH en la disponibilidad de los nutrientes es mediante diagramas de Troug, que representa gráficamente mediante el grosor de una barra: mayor grosor, más disponibilidad. Normalmente se suele presentar el aplicable a suelos, pero también existen diagramas más adaptados a cultivos sin suelo. El rango de pH óptimo para la disponibilidad del conjunto de nutrientes es de 5.5 a 6.5 en sustratos mientras que, en suelos, sería ligeramente más alto (6.2 - 6.9). En general, se considera que un pH entre 5.5 y 6.0 sería el óptimo para una solución nutritiva de cultivo sin suelo, mientras que este valor podría subir a 6.5 – 7.0 cuando se está fertirrigando suelos (Santos y Ríos, 2016).

Sustratos

Los sustratos no siempre presentan todas las características deseadas para un buen desarrollo de raíz, lo cual se necesita tener una buena textura, aireación, adecuada retención de humedad, adecuada densidad, baja o nula capacidad de intercambio catiónico, alta capacidad de amortiguadora, baja en sales solubles, libre de plagas, enfermedades y sustancias tóxicas entre otras. Se debe tener en cuenta que un sustrato cualquiera que sea no posee todas estas características ideales, pero al momento de elegir uno debe de cumplir con algunas de ellas, además de ser abundante en la región y de bajo costo (Agriculturers, 2015).

Para una buena mezcla de sustratos, López (2021) señala que los materiales base deben ser consistentes para producir un sustrato de calidad y predecible. Es importante conocer la estructura y las propiedades químicas y físicas de los

ingredientes que utiliza para garantizar que la mezcla de sustrato que produzca sea consistente, lote tras lote.

La Fibra/polvo de Coco.

Es un sustrato renovable y abundante. Es un subproducto de la industria del coco con un consumo mundial de 5 millones de ton/año. La fibra de coco se refiere a la parte del mesocarpio del fruto de coco. Es decir, es un remanente una vez obtenidos aceite y pulpa de coco (Fertilab, 2018).

La fibra/polvo de coco está constituida por una capa externa o cubierta y una interna o xilema. En la xilema posee una alta proporción de pectina, mientras en la cubierta tiene mayores concentraciones de lignina. Esencialmente son materiales compuestos por celulosa, hemicelulosa y lignina. Estas características la hacen resistente, especialmente a la tracción, además es muy elástica y de diámetro pequeño en corte transversal. Otra característica que permite usarlo por más de un ciclo de producción (hasta 3-5 años) es su resistencia a la degradación por microorganismos, además de ser muy liviana (Fertilab, 2018).

El Peat Moss.

También conocido como turba, es un sustrato que se forma a través de la descomposición de la materia orgánica que se encuentra principalmente en zonas pantanosas; éste se caracteriza por ser una masa ligera y esponjosa fácil de manipular, la cual permite que los cultivos cuenten con las condiciones adecuadas para su desarrollo, cualidad que ayuda a obtener mayores rendimientos a la hora de cultivar y al mismo tiempo cuida del medio ambiente (Portal Frutícola, 2018).

El peat moss es un ingrediente muy común en la formulación de mezclas para la producción orgánica ya que está disponible en una gran variedad, es relativamente económico, tiene las características físicas deseadas, se descompone lentamente y retiene una gran cantidad de agua y aireación. La mayoría del peat moss utilizado en Norte América proviene de Canadá y es cosechado en cantidades moderadas de manera renovable y sustentable (Berger, 2018).

El peat moss generalmente tiene un pH de 3.5 a 4.0, por lo que es común agregar caliza a la mezcla para balancear el pH. El peat moss no es una fuente de nutrientes, pero ayuda a la mezcla a retener los nutrientes ya que incrementa su capacidad de intercambio catiónico. El peat moss ayuda a la mezcla de sustrato orgánico a que no se compacte y de esta manera puede extender la vida de la mezcla más del doble de tiempo (Berger, 2018).

La perlita.

La perlita es un material de procedencia volcánica que se expande mediante un proceso de calentamiento a 1.000-1.200°C. Químicamente está compuesto por sílice y óxidos de aluminio, hierro, calcio, magnesio y sodio. La granulometría del material, una vez procesado, es muy variable y sus propiedades físicas varían de acuerdo a los porcentajes de cada uno de los rangos de tamaños considerados (Horticom, 2007).

En lo referente a las propiedades químicas puede considerarse la perlita como un sustrato prácticamente inerte, con nula C.I.C. y pH ligeramente alcalino y de fácil neutralización por su buena inercia química. Entre las ventajas cabe destacar la estabilidad de la estructura, la capilaridad, la baja densidad y la buena relación aire/agua, si se eligen granulometrías adecuadas (Horticom, 2007).

III. Materiales y Métodos

Localización Geográfica del Área Experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en el área del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, la cual se encuentra en con las coordenadas geográficas de 25°22' latitud norte y a 101°22' latitud oeste, con una altura de 1742 msnm.

Variedad Utilizada

La variedad Centauro, la cual presenta una alta producción, adaptabilidad, vigorosa, con hojas de color verde muy oscuro. Muy adaptada a diferentes condiciones de cultivo, Excelente conservación post-cosecha, fruto de color verde oscuro y muy buena adaptación a condiciones de calor y alta luminosidad (Fito, 2022).

Área Utilizada

El trabajo se estableció bajo invernadero tipo túnel encalado con una radiación promedio de $700 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y con una humedad relativa promedio de 60 % y temperatura promedio de 28 °C, de una longitud 30 m de largo y 8 m de ancho, y una altura de 4 m, con pared húmeda y extractores.

Manejo del Cultivo de Estudio

Siembra

La siembra se llevó a cabo de forma directa el 19 de marzo del año 2021, en bolsas negras de 10 L.

Riego

El riego se realizó de forma manual, donde se aplicó una solución nutritiva base de KNO_3 156.705mg/L, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 755.52mg/L, KH_2PO_4 204.15mg/L, K_2SO_4 182.91mg/L, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 178.35mg/L, HNO_3 318.15mg/L, en los primeros 15 días, posteriormente se aplicaba la solución nutritiva a cada tratamiento de 4 L con un pH en promedio de 5.5, y una CE de 1.5 hasta 2.5 dS m^{-1} . El riego se aplicó diariamente a cada una de las plantas cuando el tensiómetro indicara 8 cb durante todo el cultivo, manteniendo un drenaje promedio de 30%.

Podas

La primera poda que se realizó en el cultivo fue la de eliminar los primeros brotes axilares de cada planta para que esta se fuera en un solo tallo y se realizó en todo el cultivo, después la siguiente poda fue la de quitar las hojas más bajas que son las más viejas, se eliminaron las hojas enfermas y dañadas.

Tutoreo

El tutoreo se realizó a partir del 25 de abril, colocándose un anillo a la base de la planta, el cual estaba unido a una rafia de color blanco amarrado a un alambre galvanizado a 3 m de altura.

Cosecha

La cosecha se inició el 17 de mayo, se realizó de forma manual y con navaja, después de cortar el fruto se etiquetó para obtener los datos a evaluar de cada fruto, se cosechó cada tres días hasta el 25 de junio.

Tratamientos

Los tratamientos que se utilizaron fue la solución Steiner en diferentes concentraciones y con dos mezclas de sustrato a base de peat moss y fibra/polvo de coco como se muestra en el Cuadro 3. El pH inicial del sustrato a base de peat moss fue de 5.8 y la CE de 0.2 dS m⁻¹, mientras que el sustrato basado en fibra de coco/peat moss/perlita de 6.4 y una CE de 0.2 dS m⁻¹.

Cuadro 3. Tratamientos aplicados a plantas de pepino consistentes en tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner y dos sustratos a base de peat moss, fibra de coco y perlita.

Tratamientos	Sustrato	Steiner %
1	Peat moss 80% + Perlita 20%	75%
2	Peat moss 80% + Perlita 20%	100%
3	Peat moss 80% + Perlita 20%	125%
4	Fibra de coco 40% + Peat moss 40% + Perlita 20%	75%
5	Fibra de coco 40% + Peat moss 40% + Perlita 20%	100%
6	Fibra de coco 40% + Peat moss 40% + Perlita 20%	125%

Variables a Evaluar

Las variables evaluadas en las plantas se indican en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Variables evaluadas con los materiales empleados y su descripción.

Variable	Determinación de la medición	Descripción de la técnica
Diámetro ecuatorial del fruto (mm)	Vernier	Se tomó una medida únicamente en la mitad de los frutos.
Diámetro distal superior del fruto (mm)	Vernier	Se tomó una única medida en la parte distal del fruto.
Diámetro proximal inferior del fruto (mm)	Vernier	Se tomó una única medida en la parte proximal del fruto.
Longitud del fruto (cm)	Regla plástica	Se midió de extremo a extremo del fruto para obtener su longitud.
Rendimiento de fruto (g)	Báscula	Se colocó la báscula en un lugar plano y se pesó cada uno de los frutos.
Firmeza del fruto (kg)	Penetrómetro	Se eliminó el epicarpio del fruto con una navaja en la zona ecuatorial y después se perforó con el penetrómetro.
Numero de frutos cosechados	Unidades	Se contaron todos los frutos cosechados de cada planta
Longitud de tallo (cm)	Cinta métrica	Se quitaron todas las hojas y después se midió el tallo
Peso fresco de tallo (g)	Báscula digital de 3000g x 0.1g	Se cortó el tallo en partes pequeñas y se pesó posteriormente.
Peso fresco de hojas (g)	Báscula digital de 3000g x 0.1g	Se cortaron todas las hojas y se procedió a pesarlas.
Peso seco de tallo (g)	Báscula digital de 3000g x 0.1g	Se cortó el tallo en segmentos y se colocó en bolsas de papel colgadas por ocho días para su secado.
Peso seco de hojas (g)	Báscula digital de 3000g x 0.1g	Se cortaron las hojas y se picaron, posteriormente se procedió a colocar en bolsas de papel por 8 días para su secado.

Contenido de NO_3^- , K^+ y Ca^{2+} en el peciolo de la hoja (ppm)	Medidores de NO_3^- , K^+ y Ca^{2+}	Antes de tomar las muestras, se midió la temperatura y posteriormente se cortaron los peciolos de las ultimas hojas bien desarrolladas de varias plantas por tratamiento; después se colocaron en una bolsa y se trituraron en un mortero la savia obtenida se pasó a medir en el sensor anteriormente calibrado.
---	--	---

Diseño Experimental

El experimento consistió en evaluar tres concentraciones de la solución nutritiva en combinación con dos mezclas de sustratos con un total de seis tratamientos. El experimento se estableció bajo un diseño factorial en bloques al azar con ocho repeticiones de una planta cada uno los datos obtenidos se analizaron mediante ANOVA y en caso de detectar significancia estadística las medias se separaron mediante la prueba de Duncan con $p < 0.05$.

IV. Resultados y Discusión

Rendimiento

El rendimiento de fruto fue afectado tanto por los sustratos como por la concentración de la solución nutritiva (Cuadro 5). Asimismo, la interacción entre ambos factores fue significativa (Cuadro 5). Las plantas desarrolladas en un sustrato a base de peat moss tuvieron un rendimiento 13% mayor al obtenido en las plantas que se crecieron en el sustrato a base de fibra de coco (Cuadro 5). En cuanto al efecto de la concentración de la solución nutritiva, cuando esta fue al 75% las plantas tuvieron un rendimiento 18% mayor al obtenido cuando se empleó al 100% y 39% mayor al obtenido con la solución nutritiva al 125% (Cuadro 5).

Cuadro 5. Rendimiento y características físicas del fruto en pepino cultivado en dos sustratos y bajo tres concentraciones de solución nutritiva

		Rendimiento por planta (g)	Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro proximal (mm)	Diámetro distal (mm)	Longitud del fruto (cm)	Firmeza (kg/cm ³)
SUSTRATO	Peat 80% + Perlita 20%	5094.7a	51.52a	45.65b	49.51a	24.57a	6.23a
	Coco 40% + Peat 40% + Perlita 20%	4508.2b	52.19a	47.03a	49.12a	26.51a	6.20a
	ANOVA	p=0.0115	p=0.13	p=0.0012	p=0.2241	p=0.1252	p=0.6892
SOLUCION	75%	5603.8a	52.65a	47.62a	50.07a	28.05a	6.48a
	100%	4755.2b	51.54b	46.07b	49.08b	24.41b	6.12b
	125%	4045.4c	51.38b	45.30b	48.8b	24.16b	6.09b
	ANOVA	p<.0001	p=0.053	p=0.0002	p=0.0093	p=0.0314	p=0.0152
	INTERACCION	p=0.0112	p=0.975	p=0.352	p=0.3843	p=0.1039	p=0.2624

Promedios seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas de acuerdo a la prueba de Duncan con $p < 0.05$.

La interacción entre ambos factores muestra que independientemente del sustrato utilizado, el rendimiento tiende a disminuir al elevar la concentración de la solución nutritiva (Figura 1). Sin embargo, cuando se emplea la solución nutritiva al 75%, el rendimiento de fruto es sustancialmente aumentado cuando se usa el peat moss como base del sustrato, llegando a ser hasta de un 31% mayor que en el sustrato a base de fibra de coco.

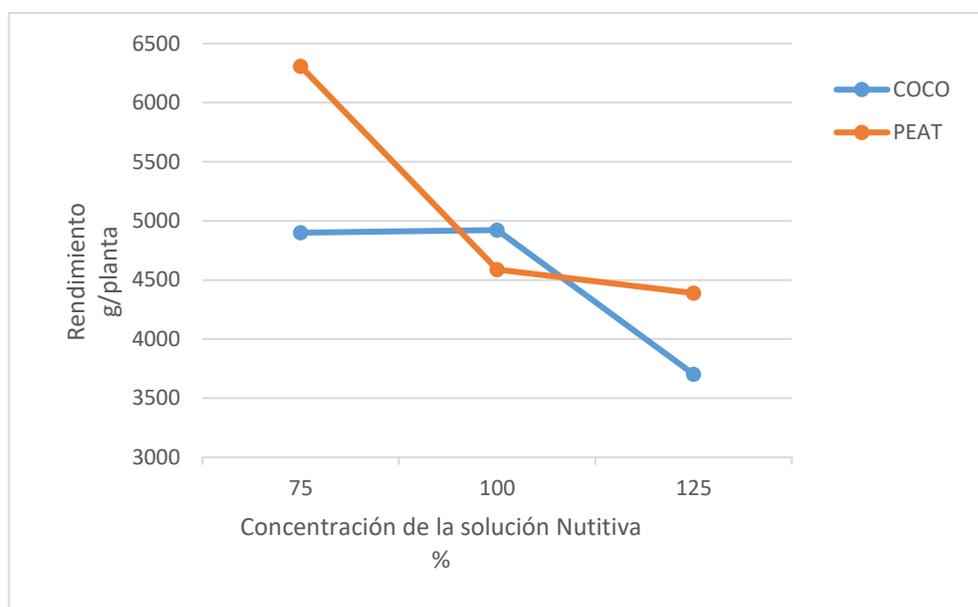


Figura 1. Rendimiento de fruto en plantas de pepino en respuesta a la interacción entre la concentración de la solución nutritiva y el sustrato de cultivo empleado.

Considerando los resultados anteriores y una densidad de 30,000 plantas/ha las plantas tratadas con sustrato a base de peat moss al 80% más perlita al 20%, usando la solución Steiner al 75 % presentaron un rendimiento más alto que fue de 189.2 ton/ha en un periodo de 42 días desde la primera hasta la última cosecha. López *et al.* (2011), señalan que obtuvieron un rendimiento promedio de 175 ton/ha, estos resultados son similares a los obtenidos en el presente experimento, aunque si consideramos el tiempo de cosecha que fue más corto en nuestro estudio, los resultados indican que estos son superiores a ese rendimiento con un 8%. Por otro lado, Moreno *et al.* (2017), reportó un rendimiento de 160 ton/ha con la solución Steiner al 75%, en un periodo de 100 días; comparando estos resultados con los obtenidos en el presente estudio se observa que obtuvimos un rendimiento de un 18% mayor.

El mayor rendimiento obtenido con un sustrato a base de peat moss puede deberse a que este material tiene una mayor capacidad de retención de agua y opone una menor resistencia a la absorción de esa agua por parte de las plantas en comparación con el sustrato a base de fibra de coco, Vargas *et al.* (2008), señalan que la porosidad total de peat moss es elevada (de un 96%), y tiene un suficiente contenido de aire del 41% en volumen y una alta capacidad de retención de agua total de 687mL L⁻¹ y un 25% agua de disponible para las plantas.

El rendimiento fue mayor con una solución nutritiva al 75%, esto podría deberse a que las soluciones menos concentradas tienen un mayor potencial hídrico y por lo tanto las plantas pueden absorber el agua con menor esfuerzo; Graff (s.f.), señala

que el agua pura tiene una energía libre muy alta debido a que todas las moléculas pueden moverse libremente. Allmacigos (s.f), señala que el pepino es una planta medianamente tolerante a la salinidad (algo menos que el melón), de forma que si la concentración de sales en el suelo es demasiado elevada las plantas absorben con dificultad el agua de riego, el crecimiento es más lento, el tallo se debilita, las hojas son más pequeñas y de color oscuro y los frutos obtenidos serán torcidos. Con esto podemos decir que el pepino es una planta que prefiere sustratos de alta retención de agua y solución nutritiva de baja concentración que permitan absorber con facilidad el agua, sugiriendo que el pepino es una planta altamente demandante de agua fácilmente disponible para satisfacer sus necesidades hídricas.

Diámetro Ecuatorial

El diámetro ecuatorial del fruto no mostró efecto significativo de los sustratos utilizados, pero, la concentración de la solución nutritiva si afecto significativamente (Cuadro 5). Las plantas nutridas con una solución nutritiva al 75% de concentración tuvieron un diámetro ecuatorial de fruto aproximadamente 2.2% mayor a los obtenidos con la solución nutritiva al 100% y 125%. La interacción entre los sustratos y las concentraciones en la solución nutritiva no fue significativa. Cruz *et al.* (2020), señalan en sus resultados después de evaluar genotipos que los pepinos medianos presentan un diámetro ecuatorial entre 50.01 y 50.37 mm, mientras que López *et al.* (2011), señalan un promedio de 50 mm. Comparando lo anterior con nuestros resultados podemos decir que los frutos obtenidos estuvieron por encima de esos resultados, lo cual puede deberse a la diferente nutrición de los cultivos y diferentes tipos de poda, aunque esto también estuvo relacionado con la mayor capacidad para absorber el agua por parte de las plantas cuando se empleó la solución nutritiva al 75% (Cuadro 5).

Diámetro Distal y Proximal del Fruto

El diámetro distal mostró un efecto significativo por parte de los sustratos utilizados y también por parte de la solución nutritiva pero no hubo interacción significativa (Cuadro 5). Las plantas tratadas con el sustrato a base de fibra de coco presentaron un efecto significativo del 3% mayor al diámetro distal de los frutos de plantas tratadas con peat moss. En cambio, cuando se usó la solución nutritiva al 75% se presentó un diámetro proximal de 3% mayor al obtenido con la solución nutritiva al 100% y un 5% más que la solución nutritiva al 125% (Cuadro 5).

El diámetro proximal del fruto no presentó efecto significativo por parte del sustrato utilizado (Cuadro 5), pero si presentó efecto significativo por parte de la solución nutritiva al 75%, ya que fue 2% mayor a los resultados de las plantas tratadas con la solución nutritiva del 100% y un 3% más que las plantas tratadas con la solución nutritiva al 125% (Cuadro 5). No se presentó interacción entre estos factores.

Los resultados sugieren que los frutos tienden a ser más puntiagudos en el ápice cuando se cultivan en peat moss o bien cuando se emplean solución nutritiva de alta concentración. Los frutos que tienen estas características son menos favorecidos por los precios en el mercado ya que se prefieren frutos más cilíndricos. Nuestros resultados sugieren que esta característica de calidad de los frutos puede mantenerse en rangos aceptables manejando la solución nutritiva a un 75% de concentración, por lo que también es un parámetro que podría estar relacionado con la mayor absorción de agua en solución nutritiva de alto potencial hídrico. El hecho de que los pepinos terminan más en forma de punta en el extremo distal en peat moss pudiera deberse a la carga de frutos que se presentó en este tratamiento, ya que se obtuvieron rendimientos más altos, lo que implica una probable competencia interna entre los frutos de la planta por el agua.

Longitud de Fruto

La longitud del fruto no presentó efecto significativo por parte del sustrato, en cambio sí presentó efecto por parte de la solución nutritiva al 75%, ya que los frutos fueron 16% más largos que los frutos de plantas tratadas con la solución nutritiva al 100% y 125% (Cuadro 5). No se presentó interacción significativa. López *et al.* (2021), señalan que en su experimento en promedio el pepino mediano presentó una longitud de 23.2 cm, mientras que Intagri (2021), señala que los pepinos de tamaño medio-largos, logran alcanzar una longitud de entre 20 y 25 cm. los resultados superan esta categoría mediano y largo (Cuadro 5).

Firmeza de Fruto

La firmeza del fruto no presentó efecto significativo por parte de los sustratos utilizados en el experimento, pero por otro lado la solución nutritiva al 75% sí presentó un efecto significativo, el cual fue de 5% mayor firmeza de fruto comparado con el obtenido con la solución nutritiva al 100% y un 6% más al de la solución nutritiva al 125% (Cuadro 5). López *et al.* (2011), señalan que la firmeza de los frutos en su investigación se mantuvo en un promedio de 4.8 kg/cm³, mientras que nuestro resultado es mucho mayor; La mayor firmeza puede estar relacionado con el estado hídrico del fruto, ya que a mayor contenido de agua el fruto va a resistir más la entrada del penetrómetro debido a la turgencia celular.

Cuadro 6. Número de frutos cosechados y parámetro de crecimiento vegetativo en plantas de pepino cultivado en dos sustratos y bajo concentraciones de la solución nutritiva.

		Número de hojas	Número de frutos	Longitud del tallo (m)	Peso fresco del tallo (g)	Peso seco del tallo (g)	Peso seco de la hoja (g)
SUSTRATO	Peat 80% + Perlita 20%	41.29a	12.2a	3.17a	140.89a	15.69a	83.08a
	Coco 40% + Peat 40% + Perlita 20%	39.41b	10.82b	3.24a	142.9a	19.85a	69.71b
	ANOVA	0.0015	0.0146	0.4394	0.6737	0.1227	0.0087
SOLUCION	75%	40a	12.43a	3.29a	158.09a	20.5a	88.36a
	100%	40.18a	12a	3.18a	134.49b	17.49a	73.61b
	125%	39.87a	10.12b	3.13a	133.1b	15.32a	67.22b
	ANOVA	0.1809	0.0041	0.3405	0.0008	0.2791	0.0044
INTERACCION		0.117	0.1194	0.0739	0.0909	0.4971	0.8055

Promedios seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas de acuerdo a la prueba de Duncan con $p < 0.05$

Número de Hojas

El número de hojas por planta presentó un efecto significativo por parte del sustrato ya que con peat moss este fue 4% mayor que con la fibra de coco (Cuadro 6); por otro lado, de la solución nutritiva no se presentó algún efecto significativo ni hubo interacción entre estos factores. Marcano *et al.* (2012) evaluaron tres variedades de pepino y encontraron que a las seis semanas las plantas presentaban en promedio 29 hojas por planta, mientras que nuestra investigación presenta un 40% más que su trabajo; esto puede deberse a la diferencia de tiempo en que se evaluaron las plantas.

Número de Frutos Cosechados

El número de frutos cosechados presentó un efecto significativo en las plantas tratadas con sustrato de peat moss, siendo superior en un 11% al número de frutos cosechados en las plantas tratadas con fibra de coco (Cuadro 6), por otro lado, las plantas tratadas con la solución nutritiva al 75% y 100% presentan un 17% mayor número de frutos que las plantas tratadas con la solución nutritiva al 125% (Cuadro 6). Rahil y Qanadillo (2015), indican que las plantas de pepino en invernadero producen un promedio de 24 a 31 frutos por planta, mientras que López *et al.* (2011),

señala que en un híbrido “Esparon” tiene un rendimiento por planta de 17.7 frutos por planta. Como se ha discutido previamente, el mayor número de frutos y en su caso el mayor peso de estos, está relacionado con la capacidad de extraer el agua por parte de las plantas cuando la solución nutritiva tiene una menor concentración de iones debido a su alto potencial hídrico y al corto periodo de cosecha.

Peso Fresco del Tallo

El peso fresco del tallo no presentó algún efecto positivo por parte del sustrato utilizado en el experimento (Cuadro 6), pero si presentó efecto significativo la solución nutritiva al 75% de un 17% mayor a la solución nutritiva al 100% y un 18% mayor a los resultados obtenidos con la solución nutritiva del 125% (Cuadro 6).

Peso Seco de la Hoja

El peso seco de las hojas presentó un efecto significativo por parte del sustrato de peat moss de un 19% mayor a los resultados obtenidos con la fibra de coco (Cuadro 6), por otro lado, la solución nutritiva al 75% presentó un efecto significativo de un 20% mayor a la solución nutritiva del 100% y un 31% mayor a la solución nutritiva del 125%, por parte de estos factores no se presentó una interacción significativa.

Concentración de NO_3^- en la Savia de Pecíolo

El contenido de NO_3^- en la savia presentó un efecto significativo por parte del sustrato a base de fibra/polvo de coco, el cual fue de un 22% sobre las plantas tratadas con peat moss; por otro lado, la solución nutritiva al 125% presentó también un efecto significativo 27% mayor a la solución nutritiva al 100% y 204% mayor a la solución nutritiva al 75% (Cuadro 7).

Los resultados obtenidos muestran que existe una interacción significativa independientemente de los sustratos utilizados y la solución nutritiva, como podemos observar en la Figura 2. El contenido de NO_3^- aumentó de forma proporcional a la concentración de la solución nutritiva con el sustrato de fibra/polvo de coco, pero en el sustrato a base de peat moss el contenido de NO_3^- se mantiene similar al obtenido con la solución nutritiva al 100% (Figura 2). Lo anterior puede estar relacionado con un efecto de dilución ya que las plantas de pepino absorbieron más NO_3^- pero este se diluyó entre la mayor número de frutos formados y en el mayor peso de los mismos. El mayor crecimiento vegetativo y rendimiento implican la formación de más biomasa por parte de las plantas, lo que pudiese traer como consecuencia que el NO_3^- absorbido se diluya en esa mayor cantidad de biomasa, lo que explicaría la menor concentración de NO_3^- Figura 2.

Cuadro 7. Concentración de iones seleccionados en el extracto de savia del peciolo en hojas de pepino cultivado en dos sustratos y bajo tres concentraciones de solución nutritiva.

		NO₃⁻ ppm	K⁺ ppm	Ca²⁺ ppm
SUSTRATO	Peat 80% + Perlita 20%	3579.2b	4662.5a	524.42a
	Coco 40% + Peat 40% + Perlita 20%	4366.7a	4270.8b	584.17a
	ANOVA	0.0088	0.0014	0.1187
SOLUCION	75%	2568.8c	4113.3c	436.88b
	100%	4112.5b	4418.8b	610a
	125%	5237.5a	4850.0a	617.5a
	ANOVA	<0.0001	<0.0001	<0.0011
	INTERACCION	<0.0096	<0.0001	=0.3066

Promedios seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas de acuerdo a la prueba de Duncan con $p < 0.05$

En el sustrato a base de fibra de coco se presentó un mayor contenido de NO₃⁻ en 22% al obtenido con peat moss, esto puede deberse a que la fibra de coco almacena menos solución nutritiva en comparación con el peat moss pero la planta la toma de forma más concentrada mientras que el sustrato de PM tiene la capacidad de retener más agua, pero esta menos concentrada por un mayor volumen de agua.

Los resultados de la solución nutritiva son todo lo contrario a los rendimientos del fruto, entre más aumenta el contenido de N en la solución nutritiva, más aumenta el contenido de N, pero su rendimiento disminuye (Figura 2), lo cual sostiene la posibilidad de un efecto de dilución/concentración relacionado con la carga de fruto. La CE aumenta proporcionalmente al contenido de sales que contiene la solución nutritiva y esto puede causar un estrés en la planta que limite su rendimiento. Flores *et al.* (2020) dicen que valores mayores de CE dificultarán la absorción de agua por las raíces debido a la alta presión osmótica generada por las sales disueltas. Por el contrario, valores menores de CE afectarán el rendimiento del cultivo y provocarán deficiencias nutricionales.

Barraza (2017), trabajó con la solución Steiner al 25%, 50%, 75% y 175% y en sus resultados encontró que la solución nutritiva al 75% presentó el nivel más alto de absorción de N, sin embargo, la solución nutritiva al 175% presentó mayor rendimiento. Esta diferencia pudiera deberse a que su trabajo se realizó en tezontle rojo como sustrato.

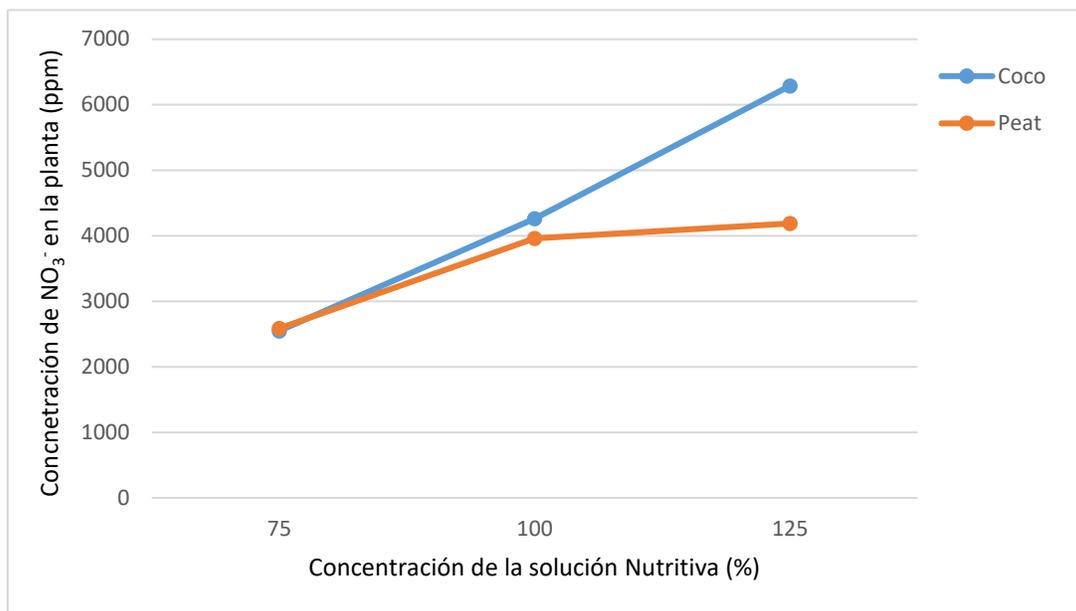


Figura 2. Concentración de nitratos (NO_3^-) en savia de peciolo de plantas de pepino en respuesta a la interacción de la solución nutritiva y en el sustrato de cultivo empleado.

Concentración de K^+ en la Savia de Peciolo

La concentración de K^+ se vio afectado por el sustrato ya que con peat moss fue un 9% mayor que en las plantas tratadas con fibra de coco (Cuadro 7); en cuanto a la solución nutritiva, las plantas tratadas con la solución nutritiva al 125% presentaron un 9% más K^+ que las plantas que fueron tratadas con la solución nutritiva al 100% y un 17 % más que las plantas tratadas con la solución nutritiva al 75%, independientemente estos factores presentan una interacción significativa (Cuadro 7). El contenido de K^+ en plantas desarrollas en peat moss aumentó al elevarse la concentración de la solución nutritiva, mientras que las plantas tratadas con el sustrato a base de fibra de coco este se mantiene en un nivel similar a pesar de la concentración de la solución nutritiva (Figura 3).

De acuerdo con los resultados anteriores de forma general podemos decir que el contenido de K^+ aumenta de la misma forma que aumenta la concentración de la solución nutritiva aplicada a cada tratamiento. El K^+ se considera un ion en el que las plantas muestran consumo de lujo, por lo que entre mayor disponibilidad exista en el medio de cultivo las plantas van a tender a acumularlo (Marschner, 2012). El hecho de que en las plantas tratadas en fibra de coco no se haya observado puede deberse a que los pepinos pudiesen haber extraído menos agua del sustrato, y por lo tanto menos nutrientes, en comparación con el peat moss.

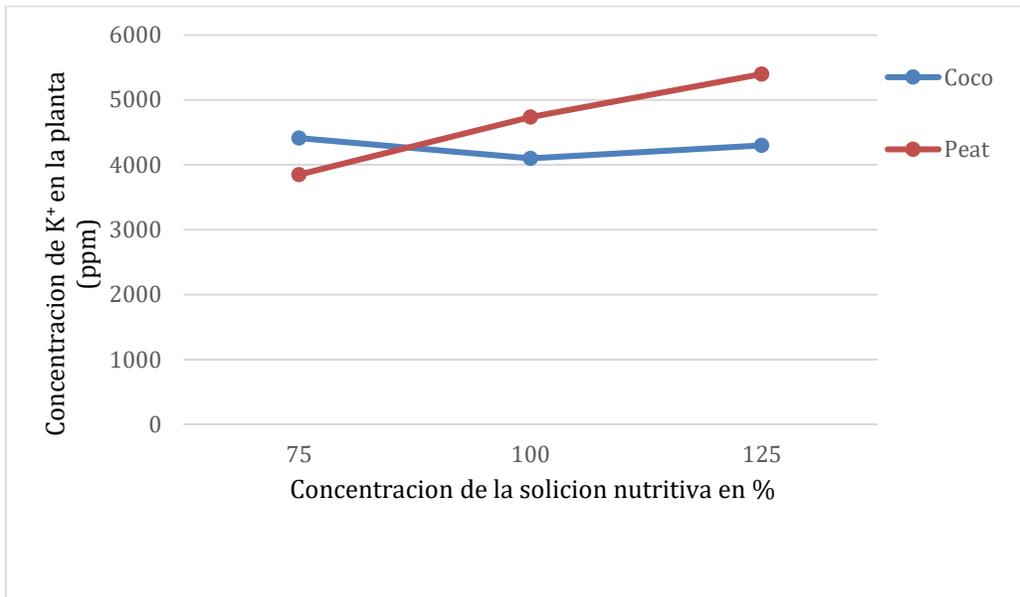


Figura 3. Concentración de potasio K^+ en la savia del peciolo de plantas de pepino en respuesta a la interacción entre la concentración de la solución nutritiva y el sustrato de cultivo empleado.

Concentración de Ca^{2+} en la Savia de Peciolo

La concentración de Ca^{2+} no fue afectado por el sustrato utilizado, pero si por la concentración de la solución nutritiva (Cuadro 7); las plantas tratadas con la solución nutritiva al 100% y 125% presentaron un efecto significativo de más 4% que la planta tratada con la solución nutritiva al 75%, esto se puede deber a las concentraciones de las soluciones nutritivas y a la poca movilidad del calcio, en esta variable no se presentó interacción significativa (Cuadro 7).

V. Conclusiones

El sustrato a base de peat moss favoreció el rendimiento y desarrollo vegetativo de las plantas de pepino, lo cual estuvo asociado con un aumento en el contenido de K^+ en la savia.

La solución nutritiva al 75 % promovió la mayoría de las variables como es el rendimiento, y la calidad del fruto medida como diámetro distal y proximal, diámetro ecuatorial, longitud del fruto, firmeza, número de frutos cosechados, así como parámetros de crecimiento vegetativo. Sin embargo, el aumento de todos estos parámetros estuvo asociado con una reducción en la concentración de NO_3^- , K^+ y Ca^{2+} en la savia del peciolo.

La interacción entre ambos factores permite concluir que el mayor rendimiento de fruto de pepino se obtiene con el empleo de sustratos a base de peat moss y con soluciones nutritivas diluidas al 75% de su concentración.

VI. Bibliografía

- Agriculturers. (2015). *Agriculturers*. Obtenido de <https://agriculturers.com/conoce-tipos-de-sustrato-para-tu-cultivo-hidroponico/>
- Agroequipos. (2018). *Los sustratos agrícolas y sus propiedades*. Obtenido de Agroequipos del valle: <https://www.agroequipos.com.mx/index.php/node/1687>
- allmacigos. (s.f.). *El cultivo del pepino*. Obtenido de <http://www.allmacigos.cl/bt/EL%20CULTIVO%20DEL%20PEPINO.pdf>
- Amhpac. (2013). *Mexico boasts nearly 21 thousand hectares under protected agriculture*. Obtenido de <http://www.houseofproduce.com/news/production/?storyid=141>
- Arias, S. (2007). *Manual de producción de pepino*. Obtenido de https://www.academia.edu/20040853/Manual_para_Produccion_de_Pepino
- Arteaga F y Albertos R. (1968). *Cultivo del pepino bajo plástico*. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1968_21-22.pdf
- Atlas-big. (2021). *Atlas-big*. Obtenido de <http://atlasbigps://www.atlasbig.com/es-mx/paises-por-produccion-de-pepino>
- Banco-de-patentes-SIC. (2014). *Tecnologías relacionadas con invernaderos para flores*. Bogota, Colombia. Obtenido de https://www.sic.gov.co/recursos_user/boletines_tecno/boletin_invernaderos_19jun.pdf
- Barboda, J.L., (2005). *Manual de producción hidropónica para hortalizas de hoja en sistema NFT*. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6581/manual-hidroponia-NFT.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Berger. (2018). *Berger*. Obtenido de <https://www.berger.ca/es/recursos-para-los-productores/tips-y-consejos-practicos/entendiendo-la-relacion-y-beneficios-del-peat-moss-y-la-composta-en-las-mezclas-de-sustrato/#:~:text=El%20peat%20moss%20no%20es,m%C3%A1s%20del%20doble%20de%20tiempo.>
- Barraza, F. V. (2017). *Absorción de N, P, K, Ca y Mg en cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) bajo sistema hidropónico*. Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Agrícolas, Montería (Colombia). Obtenido de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2011-21732017000200343#c1

Santos, M. B., Obregón, O. H. A., y Salamé D.T.P. (s.f.). *Producción de Hortalizas en Ambientes Protegidos: Estructuras para*. Obtenido de https://horticulture.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk1816/files/extension_material_files/Santos_academic_paper_estructuras_para_la_agricultura_protegida.pdf

Bionica. (2010). *Guía técnica del cultivo de "pepino"*. Recuperado el 19 de marzo de 2022, de <http://www.bio-nica.info/biblioteca/pepino%20guia%20tecnica.pdf>

Casaca, Á. D. (2005). *El cultivo del pepino*. Obtenido de <https://dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-del-pepino,-F.pdf>

Casilimas, H. (2012). *Manual de producción de pepino bajo invernadero*. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=5QZHEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA13&dq=manual+de+produccion+de+pepino+en+invernadero&ots=384_7Vh6lp&sig=YmYZfyzSI5mRdmTbP-HYQBWRca0#v=onepage&q=manual%20de%20produccion%20de%20pepino%20en%20invernadero&f=false

Castillo, F. y Bretones, C. (1983). *El pepino en invernadero*. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Hort%2FHort_1983_9_17_24.pdf

Faostat. (2020). *Exportaciones de Pepinos, pepinillos en México*. Recuperado el 12 de febrero de 2022, de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/TCL/visualize>

Fertilab. (2018). *Beneficios de la Fibra de Coco*. Obtenido de <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/Beneficios%20de%20la%20fibra%20de%20coco%20como%20sustrato.pdf>

Flores, M., Gonzalez, E. y Escalona, V. (2020). *Manejo de la solución*. Universidad de Chile, Centro de investigación poscosecha. Obtenido de <http://www.microhortalizas.uchile.cl/doc/fichas/7.%20Manejo%20de%20la%20soluci%C3%B3n%20nutritiva.pdf>

Florian, M. P., y Roca D. (2011). *Sustratos para el cultivo sin suelo*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Dolors_Roca/publication/237100771_Sustratos_para_el_cultivo_sin_suelo_Materiales_propiedades_y_manejo/links/0deec51b8657d36d7e000000/Sustratos-para-el-cultivo-sin-suelo-Materiales-propiedades-y-manejo.pdf

- Fresh-Plaza. (2021). *www.freshplaza.es*. Obtenido de *www.freshplaza.es*:
<https://www.freshplaza.es/article/9404053/resumen-del-mercado-global-del-pepino/>
- Graff, P. (s.f). *Potencial hídrico*. Obtenido de
<https://www.agro.uba.ar/users/batista/EE/papers/potencial%20hidrico.pdf>
- Grijalva, R., y Robles, F. (2003). *Avances en la producción de hortalizas en invernaderos*. INNIFAP-CIRNO-CECAB, Sonora. Mexico.
- Haifa. (2014). *Nutritional recommendation for cucumber*. Obtenido de
<http://www.haifa-group.com/files/Guides/Cucumber.pdf>
- Hochmuth, (2001) *Producción y calidad de pepino (Cucumis sativus L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda*. Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería, Sonora, Mexico. Obtenido de
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34292011000200003&script=sci_arttext&tlng=e
- Horticom. (2007). *Sustratos*. Obtenido de
<http://www.horticom.com/tematicas/cultivosinsuelo/pdf/sustratos.pdf>
- Horticultivos. (2021). *www.horticultivos.com*. (A. C. C.V., Editor) Obtenido de *www.horticultivos.com*:
<https://www.horticultivos.com/featured/sustratos-cultivos-hortícolas-propiedades/>
- Hortoinfo. (s.f.). *Hortoinfo*. Obtenido de
<https://www.hortoinfo.es/index.php/informes/cultivos/518-cultivo-del-pepino>
- Hydro-environment. (s.f.). *Guía para el cultivo de pepino*. Obtenido de
https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=377
- Infoagro. (2003). *Infoagro*. Obtenido de
https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_pepino__parte_i_.asp
- Infoagro. (s.f). Recuperado el 18 de marzo de 2022, de
<https://www.infoagro.com/hortalizas/pepino.htm>
- Inforural. (2020). *México potencia mundial en agricultura protegida*. Inforural. Obtenido de <https://www.inforural.com.mx/mexico-potencia-mundial-en-agricultura-protegida/#:~:text=M%C3%A9xico%20es%20potencia%20mundial%20en,alta%20productividad%20de%20los%20agricultores>.

- Intagri. (2017). *Producción de pepino en invernadero*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/produccion-de-pepino-en-invernadero>
- Johnny's-Selected-Seeds. (2016). *Greenhouse Cucumber*. Recuperado el 18 de marzo de 2022, de <http://www.johnnyseeds.com/>
- Johnson, H, y G. Hickman, 1989. *Greenhouse Cucumber*. University of California, Leaflet 2775. Cooperative Extension. Obtenido de https://www.google.com/search?q=cultivo+de+pepino+pdf&rlz=1C1PRUI_enMX944MX944&ei=_jI6Yq3ONbjRkPIP-9-P
 Aw&start=10&sa=N&ved=2ahUKEwixYblyNr2AhW4KEQIHfvvA88Q8NMDegQIARBP&biw=1366&bih=657&dpr=1#
- Marcano, C., Acevedo, I., Contreras, J., Jimenez, O., Escalona, A. y Perez P. (2012). *Crecimiento y desarrollo del cultivo pepino (Cucumis sativus L.) en la zona hortícola de Humocaró bajo, estado Lara, Venezuela**. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000800012
- Marschner, P. (2012). *Nutrición Mineral de las Plantas Superiores, 2ª Ed.* Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/281735847_Mineral_Nutrition_of_Higher_Plants_2nd_Edn
- Moreno, E. C., Sanchez, C. y Noriega J. L. (2017). *Concentraciones de solución nutritiva, volúmenes de sustrato y frecuencias de riego en pepino bajo invernadero*. Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México. Obtenido de <https://www.riego.mx/congresos/comeii2017/assets/documentos/ponencias/extenso/COMEII-17040.pdf>
- Lamsa. (2019). *La agricultura protegida en México*. Obtenido de <http://www.lamsa.com.mx/node/1715>
- Lopez, J. C. (2021). *Pro-mix*. Obtenido de <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/principios-basicos-de-los-sustratos/>
- Lopez, E. J., Rodruguez, C. J., Huez, L. M. A., Garza, O. S., Jimenez L. J., y Leyva, E. E. I. (2011). *Producción y calidad de pepino (Cucumis sativus L.)*. Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería, Hermosillo, Sonora. Obtenido de https://dagus.unison.mx/publicaciones/indexadas/Pepino-Invernadero-Poda%20_IDESIA2011.pdf

- Parra, J. J. (2017). *Principales retos de la horticultura protegida española*. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/3-visiondelainvestigacionespanaijeronimopez_tcm30-379494.pdf
- Penn-State-Extension. (2017). *Penn-State-Extension*. Obtenido de <https://extension.psu.edu/produccion-de-pepino>
- Portalfruticola. (2018). *Principales características del Peat Moss, turba rubia, para los cultivos*. Obtenido de <https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/09/21/principales-caracteristicas-del-peat-moss-turba-rubia-para-los-cultivos/>
- Puerta, A. V. (2020). *El cultivo en sustrato e hidroponía: una alternativa que contribuye con la sustentabilidad de las producciones intensivas*. Obtenido de <https://inta.gob.ar/noticias/el-cultivo-en-sustrato-e-hidroponia-una-alternativa-que-contribuye-con-la-sustentabilidad-de-las-producciones-intensivas>
- Qampo. (2017). *Qampo*. Obtenido de <https://qampo.es/blog/cultivos-protegidos-e-invernaderos/>
- Ramírez O, Hernandez J y González F.J. (2021). *Análisis económico persa en condiciones de invernadero en guerrero y estado de México, 2020*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/141/14167610009/html/>
- Reche, J. (2011). *Cultivo del pepino en invernadero*. Madrid. Obtenido de <https://docplayer.es/7488408-Cultivo-del-pepino-en-invernadero-jose-reche-marmol-ingeniero-tecnico-agricola-ingeniero-agronomo.html>
- Santacruz, G. (s.f.). *El cultivo de pepino*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos-pdf5/cultivo-de-pepino/cultivo-de-pepino>
- Santos y Ríos . (2016). *Cálculo de Soluciones Nutritivas en suelo y en agua*. Obtenido de https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/otro_622_soluciones_nutritivas.pdf
- Shaw, N. y D. Cantliffe. (2001). *Beit Alpha Cucumber: A new Greenhouse Crop for Florida*. University of Florida.
- Siacon-ng. (2021). *Agrícola estatal*. Recuperado el 12 de febrero de 2022, de <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>
- Solis, A. (s.f). *El cultivo del pepino en varios sistemas de producción*. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/oca/bitstream/20.500.11799/34851/1/secme-20128.pdf>

- Sqm-vitas. (s.f.). Obtenido de <http://www.sqm-vitas.com/es-pe/nutrici%C3%B3nvegetaldeespecialidad/informaci%C3%B3nporcultivos/pepino.aspx#tabs->
- Steelway. (2020). *Steelway*. Obtenido de <https://www.steelway.mx/post/el-crecimiento-de-la-agricultura-protegida-en-m%C3%A9xico>
- Steiner, 1968. Citado por Favela et al 2006. (s.f.). *Manual para la preparación de soluciones nutritivas*. Torreon, Coahuila. Obtenido de https://www.nutricaodeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Manual_Soln_Nutritivas.pdf
- Vargas, T. P., Castellanos, R. J. Z., Sanchez, G. P., T., Tijerina, Chavez. L., López, R. R.M., y Ojodeagua, A. J. L. (2008). *caracterización física, química y biológica de sustratos de polvo de coco*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/610/61031410.pdf>
- Wehner, T. y Aynard, D. (2003). *Cucumbers, melons, and other cucurbits*. Nuw York, USA.