

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto De La Humedad Relativa En Interacción Con La Concentración De La Solución Nutritiva Sobre el Rendimiento y Calidad de Pepino (*Cucumis sativus L.*).

Por:

ESAU HERNÁNDEZ VELÁZQUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARÍA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto De La Humedad Relativa En Interacción Con La Concentración De La Solución Nutritiva Sobre el Rendimiento y Calidad de Pepino (*Cucumis sativus* L.).

Por:

ESAU HERNÁNDEZ VELÁZQUEZ

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

Mc. Alfonso Rojas Duarte

Coasesor

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



Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre, 2021

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes. Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Esau Hernández Velázquez

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida y salud, por su protección y por fuerzas en cada momento, por sus bendiciones y por la dicha de cumplir una meta más.

A mis padres por formarme como una persona de principios y valores.

A mis hermanos los cuales en su momento me brindaron su ayuda y apoyos durante mi carrera profesional.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme la oportunidad, de pertenecer como alumno y realizar mis estudios, además de bríndame herramientas durante mi estancia para mi formación.

Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar por permitir llevar a cabo este proyecto de tesis, Por sus conocimientos compartidos desde las aulas, por el tiempo, paciencia y el apoyo brindado durante mi formación.

A la Dra. Daniela Alvarado por su colaboración y conocimientos compartidos, su dedicación y disponibilidad durante la realización de este trabajo.

Al Mc. Alfonso Rojas Duarte por el tiempo y disponibilidad en la revisión de este trabajo.

A compañeros, amigos y familiares que de una manera me brindaron su apoyo y ayuda durante mi carrera profesional.

DEDICACIÓN

A Dios por fortalecerme en cada momento, por ser misericordioso conmigo, por regalarme a una familia y permitir lograr mis sueños.

A mis padres Rufino Hernández Santizo y Eulvina Velázquez Ortiz, por los ánimos y sus palabras de aliento, por el apoyo incondicional que me dieron para lograr mi carrera.

A mi Prometida Dania Guadalupe Morales Pérez por su paciencia, confianza, dedicación, tiempo, esfuerzo, por sus palabras que siempre me levantaron el ánimo y por ser uno de mis grandes motivos para lograr mi carrera.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
Botánica del Pepino.....	3
Origen.....	3
Descripción Botánica.....	3
Clasificación.....	4
Cultivo de Pepino en México	5
Importancia.....	5
Zonas Productoras.....	6
Exportación.....	7
Estados Productores.....	7
Manejo del Pepino.....	8
Fechas de Siembra.....	8
Germinación.....	9
Suelo.....	9
Siembra.....	9
Etapas Fenológicas.....	10
Riego.....	10
Poda.....	11
Tutoreo.....	12
Fisiopatías.....	12
Cosecha.....	12
Agricultura Protegida en México.....	13
Solución Nutritiva.....	15
pH.....	16
CE.....	16
Concentración de Nutrientes.....	16
Función de los Elementos.....	17
Efecto del Ambiente en el Cultivo de Pepino.....	18
Radiación.....	18
Fotoperiodo.....	19
Temperatura.....	19
Humedad relativa.....	20
CO ₂	20
Relación Entre HR y DVP.....	21

III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
Sitio Experimental.....	23
Material Vegetal.....	23
Acondicionamiento.....	23
Manejo del Cultivo.....	23
Siembra y Trasplante	23
Riego	23
Poda	24
Tutoreo.....	24
Cosecha.....	24
Tratamientos.....	24
Diseño Experimental.....	25
Variables.....	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
Variables Vegetativas.....	27
Concentración Nutrimental del Fruto	27
Longitud y Diámetro del Fruto.....	30
Rendimiento Total y Curvatura del Fruto.....	33
Rendimiento y Calidad del Fruto por Corte.....	35
V. CONCLUSIONES	39
VI. LITERATURA CITADA	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estados principales productores de pepino en México.	8
Cuadro 2. Ciclo fenológico del cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus L.</i>).....	10
Cuadro 3. Tratamientos aplicados para el cultivo de pepino en diferentes HR.....	24
Cuadro 4. Variables evaluadas y su descripción.....	25
Cuadro 5. Efecto de la humedad relativa (HR) y la concentración de la solución nutritiva en el contenido de algunos nutrientes en el fruto, peso fresco (PF), diámetro de tallos (DT) y pH promedio del sustrato.....	27
Cuadro 6. Efecto de la humedad relativa (HR) y la concentración de la solución nutritiva en el rendimiento total de fruto y algunas variables relacionadas.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Concentración de Ca en el fruto de plantas de pepino crecidas en cámaras con humedad relativa (HR) e irrigadas con soluciones nutritivas de diferente concentración.....	29
Figura 2. Peso fresco de hojas de plantas de pepino crecidas en cámaras de con humedad relativa (HR) e irrigadas con soluciones nutritivas de diferente concentración.....	30
Figura 3. Diámetro ecuatorial del fruto en plantas de pepino crecidas en cámaras con humedad relativa (HR) e irrigadas con soluciones nutritivas de diferente concentración.....	32
Figura 4. Rendimiento total de fruto en plantas de pepino crecidas en cámaras con humedad relativa (HR) e irrigadas con soluciones nutritivas de diferente concentración.....	33
Figura 5. Curvatura de fruto en plantas de pepino crecidas en cámaras con humedad relativa (HR) e irrigadas con soluciones nutritivas de diferente concentración.....	35
Figura 6. Comportamiento de rendimiento de fruto por semana de cosecha en plantas de pepino bajo diferentes HR y con soluciones nutritivas a tres concentraciones.....	36
Figura 7. Comportamiento de la longitud de fruto por semana de cosecha en plantas de pepino bajo diferentes HR y con soluciones nutritivas a tres concentraciones.....	37
Figura 8. Comportamiento del diámetro ecuatorial de fruto por semana de cosecha en plantas de pepino bajo diferentes HR y con soluciones nutritivas a tres concentraciones.....	38
Figura 9. Comportamiento del curvamiento de fruto por semana de cosecha en plantas de pepino bajo diferentes HR y con soluciones nutritivas a tres concentraciones.....	39

RESUMEN

La creciente producción de pepino bajo invernadero y las condiciones cambiantes del medio ambiente hacen que sea necesaria la información de factores técnicos, como el manejo de la solución nutritiva y su interacción con las condiciones del ambiente, estas, en forma inadecuada llegan a disminuir el rendimiento de pepino. El presente estudio tiene como objetivo evaluar el comportamiento del cultivo de pepino bajo diferentes HR y concentraciones de la solución nutritiva. Las plantas se desarrollaron bajo tres HR diferentes (35,50 y 65 %), teniendo como testigo la HR de 35 % (humedad del invernadero) y la SN de 100 %, para los demás tratamientos se aplicó una concentración más alta y baja (75 y 125 %) durante todo el ciclo de cultivo. El diseño que se utilizó fue completamente al azar con 4 repeticiones y dos plantas por repetición. El peso fresco del tallo, el rendimiento total y los parámetros de calidad de fruto en la planta aumentaron al elevar la HR y bajar la concentración en la SN, en comparación con la HR testigo que el rendimiento fue favorecido por el aumento de la concentración en la SN. El peso fresco de hojas fue mayor al tener una HR baja y una concentración de 75 % en la SN, mientras que la altura de la planta no presentó diferencia en las HR pero fue mayor con una SN de 75 %. La HR alta incrementó el contenido de Ca en el fruto, más la concentración de K fue favorecida al tener una HR baja y una concentración alta en la SN, por otro lado la HR de 35 y 65 % presentaron mayores contenidos de NO₃ en el fruto. La HR y la concentración de la SN afectaron el crecimiento, rendimiento y calidad de fruto de las plantas, aumentándolo con una HR alta y una concentración de la SN baja superando las condiciones de baja HR, sin embargo el contenido de K fue mayor al utilizar una SN de 125 %.

Palabras clave: producción bajo invernadero, concentración, solución nutritiva, humedad relativa.

I. INTRODUCCIÓN

El pepino (*Cucumis sativus* L) es una cucurbitácea que se cultiva en regiones tropicales y subtropicales en todo el mundo (Veena et al., 2013; Sharma et al., 2018). De acuerdo con las estadísticas, a nivel mundial se cultivaron 2.144.673 ha de pepino, con un rendimiento promedio de 3.76 kg.m², siendo China el principal productor (FAO, 2016). México en el 2020 ocupó el 5^o lugar en producción de pepino participando con el 1.4 % del volumen, pero en el mercado de compra y venta, México y EU son los principales (SIAP, 2020).

La producción de pepino en invernadero ha incrementado ya que permite tener las condiciones necesarias para producir fuera de temporada, es un cultivo altamente rentable, presenta una precocidad en la cosecha y cuenta con rendimientos altos (Singh et al., 2017). Bajo este sistema de producción se tiene un mejor control de los factores ambientales, un control de plagas y enfermedades y el uso eficiente del agua (Sengar y Kothari, 2008).

López, (2018) menciona que la erosión de los suelos y la escasez de agua, son factores que ha propiciado la implementación de cultivos sin suelo, donde se logra potencializar los rendimientos y obtener frutos de excelente calidad, además de un uso más eficiente del agua y fertilizantes.

Para cultivar en un sistema de cultivo sin suelo es necesario tener conocimientos sobre la nutrición mineral debido a que es la clave para obtener buenos rendimientos y calidad del fruto (Fanasca et al., 2006), la composición de la solución nutritiva (SN) (Villegas et al., 2005), la concentración de los nutrientes, la relación entre cationes y aniones, además del control de la conductividad eléctrica (CE), el pH y la temperatura (Adams y Ho, 1995; Villegas et al., 2005).

Las plantas crecen y se desarrollan de acuerdo a sus procesos fisiológicos, bioquímicos y moleculares que responden a las variaciones al ambiente físico, químico y biótico en el que se desarrolla (Lambers et al., 2008). Por ello es importante estudiarla respuesta fisiológica de los organismos a la interacción con el ambiente (Etherington, 1982). Los factores ambientales que influyen sobre la respuesta de las plantas son la temperatura, humedad, precipitación, radiación, suelo y condición nutricional (Li et al., 2015), con esto se puede determinar las condiciones más adecuadas para lograr altos rendimientos en los cultivos y mejor calidad de los productos (Fischer et al., 2009).

La deficiencia de la humedad en la atmosfera (McAdam et al., 2016), se relaciona con el proceso de transpiración, lo que afecta la calidad y el rendimiento pepino (Lu et al., 2015; Du et al., 2018). A través del (DVP) se puede determinar un estado más preciso de la planta, junto con la temperatura y humedad relativa (HR) (Zolnier et al., 2000).

Objetivo General

Evaluar el comportamiento del cultivo de pepino bajo diferentes HR y concentraciones de la SN

Objetivos Específicos

Determinar la HR óptima para el cultivo de pepino de acuerdo al rendimiento.

Comparar el efecto de tres SN en el crecimiento y rendimiento de pepino.

Definir el efecto de la interacción entre la HR y la concentración de la SN en el crecimiento, rendimiento y calidad de frutos de pepino

Hipótesis

La HR afectará el rendimiento y calidad de pepino en cada SN.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Origen

El pepino es originario de las regiones tropicales del sur de Asia, aparentemente fue cultivado en la India hace más de 3000 años. Su cultivo se expandió posteriormente a Grecia, Roma y se introdujo a China (Roa, 2015). Al ser conocido por los griegos y los romanos antiguos, su cultivo fue forzado y lo introdujeron después a Europa (Maroto et al., 2010).

Gálvez, (2004) dice que fue introducido por los romanos en otras partes de Europa; donde aparecen registros del pepino 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 las semillas a América, el primer híbrido apareció en 1872.

Descripción Botánica

Raíz

Tiene un sistema radicular muy bien desarrollado ya que es un cultivo de gran productividad. Consta de una raíz principal que se ramifica rápidamente para dar origen a raíces secundarias superficiales con una forma alargada, fina y de color blanco (Gálvez ,2004.). Su raíz es abundante, llega a alcanzar hasta 1.2 metros de longitud, pero se ramifica principalmente en los primeros 20 a 30cm bajo el suelo (Ojedas, 2011).

Tallo

Cuenta con un tallo anguloso y espinoso de porte rastrero y trepador, de cada nudo parte una hoja y un zarcillo, así mismo emite un brote lateral y una o varias flores. Este puede llegar alcanzar hasta 3,5 metros de longitud en condiciones normales (Ruiz, 2011).

Hojas

De largo pecíolo, gran limbo acorazonado, con tres lóbulos más o menos pronunciados (el central más acentuado y generalmente acabado en punta), de color verde oscuro y recubierto de un vello muy fino (Corozo, 2014).

Flor

Su pedúnculo es corto y sus pétalos de color amarillos. Presenta flores gamopétalas que aparecen en las axilas de las hojas y pueden ser hermafroditas o unisexuales, dependiendo si la planta es monoica o dioica, aunque actualmente todas las variedades comerciales que se cultivan son plantas dioicas, es decir, sólo poseen flores femeninas que se diferencian claramente de las masculinas porque son portadoras de un ovario ínfero o por presentar un diminuto pepino cubierto de vellosidad que se desarrolla antes de la floración. Las flores femeninas vienen solitarias y las masculinas agrupadas o aveces en parejas y también hasta tres

flores por nudo, tiene una simetría actinomorfa o regular, ovario fusiforme adherente al cáliz y éste solidario a la corola de 5 pétalos (Reche, 2011).

Fruto

El fruto es un pepónide áspero o liso, con un color verde claro o verde oscuro, (según su variedad). Presenta un color amarillento cuando está totalmente maduro y tiene una pulpa acuosa de color blanquecino (SIAP, 2020).

Semilla

El número de semillas que contienen es variable, están repartidas a lo largo del interior del fruto. Son de forma ovalada, aplastadas y de color blanco-amarillento (SIAP, 2020). Prácticamente todas las variedades que se cultivan para uso comercial songinoicas y partenocarpías (INIFAP, 2014)

Clasificación

El pepino cuenta con varios cultivares en el mercado, con diferentes características de tamaño, forma, coloración de los frutos, textura de la cáscara, sabor y características vegetativas (Crosby, 2008).

Se pueden clasificar según su origen, como es el caso de los tipos holandés y francés (también llamados europeos) y el tipo asiático.

Otro criterio de clasificación es el tamaño del fruto: largo (tipo holandés), mediano (tipo americano o slicer y francés) y pequeño (tipo Beit Alpha, mini o pepinillo). Otros investigadores dicen que los tipos más comunes de pepino son: americano, europeo, del este medio, holandés y oriental (López et al, 2015).

Méndez (2016) y Zamora (2017) describen al pepino persa y al pepino americano con las siguientes características.

Pepino americano o slicer

Es una planta ginoica, presenta un solo fruto en cada nudo con una piel áspera, cuenta con frutos partenocarpícos, con pequeñas espinas y protuberancias, al igual es más resistente al manejo en campo y al traslado a los centros de consumo comparados con los frutos de pepino Europeo y Persa. Son de color oscuro y cáscara gruesa lo que necesita retirar la cascara para ser consumido, al mismo tiempo le permite tener un buen comportamiento en poscosecha, estos se cosechan de 18 a 23 cm de longitud (Crosby, 2008; Johnny's, 2014).

Pepino persa o beit y alpha

Produce frutos partenocárpícos, se caracteriza por presentar frutos cortos, tiene un sabor dulce y tienen una piel delgada que no requiere pelarse para ser consumido, produce varias flores por nudo lo que le permite tener un mejor rendimiento que el tipo europeo o americano.

Sus frutos son delgados con cáscara lisa y sin espinas, de color verde claro uniforme, estos se cosechan con una longitud de 8 a 13cm (Crosby, 2008); es recomendado para invernaderos pero se deben de proteger de los insectos y la deshidratación (Johnny's, 2014).

Pepinos tipo holandés

Son de sabor suave, sin semillas llegan alcanzar una longitud de 30 a 36cm, su cáscara es delgada, lisa y sin espinas, debido a su cascara delgada no requiere de pelado para su consumo (Crosby, 2008),son cultivados principalmente en invernadero (Johnny's, 2014; Grijalva et al., 2011).

Pepinos tipo asiático

Cuenta con muchas espinas, son muy largos y requieren tutorado para mantener los frutos rectos (Johnny's, 2014).

Cultivo de Pepino el México

Importancia

En la actualidad el pepino tiene una gran importancia, se ubica como la cuarta hortaliza mayor consumida después del tomate (*Solanumlycopersicum*L.), la col (*Brassicaoleraceal. var. capitata*) y la cebolla (*Allium cepa* L.), su producción se centra principalmente en Europa y América del Norte (Revista Mexicana De Comercio Exterior, 2021). Coveña, (2015) Informa que China se destaca como el principal productor mundial con 23 millones de ton/año, seguido de Turquía con casi dos millones, Irán y Estados Unidos con casi millón y medio por año.

En México esta hortaliza juega un papel muy importante debido a que se genera una gran demanda tanto en los mercados nacionales como internacionales, donde se tiene una producción con más de 700 000 ton al año (Revista Mexicana De Comercio Exterior, 2020).

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) menciona que México es el principal exportador de frutas y hortalizas a Estados Unidos y Canadá, el pepino cuenta con un 83 % de participación en el mercado (ASERCA, 2015). En 2017 México se situó como el noveno productor de pepinos y pepinillos a nivel mundial (FAOSTAT, 2018).

Según las estadísticas, a nivel mundial se ocupa 2.144.672ha para la producción de pepino obteniendo un rendimiento promedio de 3.76 kg.m², China con el mayor rendimiento de 5.37 kg.m², en segundo Rusia con 2.9 kg.m² y Turquía el tercero con un rendimiento de 2.87 kg.m² (FAO, 2016).

En México, la producción de pepino se ha mantenido del año 2000 al 2014 con una superficie cultivada entre las 15,000 y 20,000ha, presentando una tendencia decreciente de la superficie sembrada. Así mismo, se tiene una evolución creciente de la producción y se ha incrementado la tecnificación en los procesos de

producción, junto con la productividad a través del uso de invernaderos y malla sombra (Borbón et al, 2018).

En los últimos seis años había tenido un volumen de producción ascendente, llegando a 1072 toneladas en 2018, pero en el 2019 debido a una menor superficie sembrada y un incremento en el siniestro de 2.4 % hicieron que la producción decreciera 22.9 % en comparación con el año pasado (SIAP, 2020).

En el año 2020, México ocupó el quinto lugar como productor mundial de pepino con una producción de 826 485 ton. El cultivo de pepino participa con el 5.3 % de la producción nacional de hortalizas, donde se registra que se siembra un aproximado de 16 000 ha con un rendimiento de 51.3 ton.ha, así mismo cuenta con un consumo per cápita de 136 g (SIAP, 2020).

En 2014 se sembraron 1 008 ha de pepino bajo invernadero, obteniendo un rendimiento promedio de 110.4 ton.ha, aunque hay regiones como en el estado de Sonora que se estableció una plantación de 26 ha en el mismo año y se obtuvo un rendimiento promedio de 305.4 ton.ha, siendo el estado con mayor rendimiento nacional (SIAP, 2017).

El pepino se produce todo el año, y se comercializa en dos categorías; como pepino para rebanar (consumo fresco) y para encurtir; la primera ocupa el 80.0% del volumen total, mientras que la segunda se va a la agroindustria(Hidroponia.mx, 2017). Según el SIAP,(2020) de enero a mayo se produce el 61 % de la producción total anual debido a la producción a campo abierto, finalmente el resto de la producción es cosechado bajo agricultura protegida teniendo una gran importancia por su contribución en la generación de empleo en el campo (Green et al., 2012).

El pepino, cuya parte comestible es un fruto inmaduro, tiene una gran importancia debido sus cualidades refrescantes (López, 2003). Tiene un contenido de agua de 95%, lo que le confiere una función diurética, y es utilizado en muchos casos en el ámbito medicinal (Ene et al., 2016),se considera una buena fuente de minerales y vitaminas (Sarhan y Ismael, 2014) y está siendo utilizado en la industria farmacéutica y de cosméticos (Kristková*et al.*, 2003).

Zonas Productoras

El estado de Sinaloa tiene el gran poder de exportación de pepino en el país, más la adaptación de este cultivo en el noroeste del país ha permitido que se extienda a otras regiones como: Michoacán, Morelos, Veracruz, Baja California, Guanajuato, y Jalisco, pero éstas no necesariamente con el fin de exportación (Reho, 2015), sino que se dedican a satisfacer la demanda interna nacional (Bayer, 2018).

De acuerdo con los 10 principales estados productores de pepino en México, la producción se centra en la parte centro, centro-occidente, noreste y sureste del país (SIAP, 2020).

Exportación

Según el TRADEMAP (2015), los 10 países con mayores importaciones en el mundo son: EEUU con 772,852 ton, Alemania con 510,927 ton y otros en menor medida como: Rusia, Reino Unido, Países Bajos, Francia, República Checa, Bélgica, Canadá y Polonia.

Según la Secretaría de Economía, España y México son los principales exportadores de pepinos y pepinillos en el mundo, España como el primer país con 743 millones de dólares, seguido de México con un valor de 648 millones de dólares, presentando un aumento del 14.7 % interanual (Revista Mexicana De Comercio Exterior, 2020).

Borbón et al, (2018) observó que del año 2000 al 2013, las exportaciones de Canadá crecieron a una tasa promedio del 17%, mientras que las de México a una tasa anual promedio de 10%, así como otros países que han aumentado su exportación son República Dominicana, Honduras, y los Países Bajos.

México produce el 1.4 % del volumen mundial del fruto curbitaceo teniendo como competidor Estados Unidos. En 2020 México tuvo una exportación de 808 926 ton de pepino representando el 72 % del volumen total nacional, sus principales compradores son EEUU y Canadá y otros países como Reino Unido, Costa Rica y Alemania (SIAP, 2020). En cuanto a la comercialización de hortalizas frescas, las exportaciones de tomate participan con el 46%, los chiles con el 26% y el pepino con el 13% (Borbón et al., 2018).

Sin embargo las exportaciones mexicanas se enfrentan a parámetros de calidad, sanidad e inocuidad, rangos que se tienen que cumplir para su exportación (Borbón et al., 2018). La AMS-USDA (2017) hace énfasis en los criterios para normas de calidad específicos que son: tipo de empaque, tamaño, firmeza, color, libre de daños por maltrato y enfermedades, entre otros.

Estados Productores

En el año 2020 a nivel nacional se obtuvo una producción de alrededor de 826 485 mil toneladas de pepino siendo los principales estados productores Sinaloa, Sonora y Michoacán, cultivando el 58.6 % de la producción nacional. El 80 % de la producción pertenece al pepino tipo slicer (americano) y un 10 % pepinillo (SIAP, 2020).

Cuadro 1. Estados principales productores de pepino en México.

RANK	Entidad federativa.	volumen (ton)
Total nacional		826,485
1	Sinaloa	268,878
2	Sonora	152,457
3	Michoacán	67,653
4	Morelos	52,103
5	Guanajuato	43,539
6	Yucatán	36,062
7	Baja California	29,622
8	San Luis Potosí	27,530
9	Zacatecas	22,679
10	Jalisco	20,454
	Otros	105,508

Fuente:(SIAP, 2020).

Manejo del Cultivo

Fechas de Siembra

La producción de pepino europeo en invernaderos al noroeste de México ha sido una gran oportunidad, al obtenerse rendimientos de 14,0 a 16,0 kg.m² durante el invierno en un tiempo de 3 meses, permitiendo realizar dos siembras consecutivas con el fin de prolongar la ventana de producción (Hernández, 2006).

Para obtener un buen rendimiento y calidad de fruto es necesario seleccionar la fecha de siembra y variedad más apropiada a las condiciones climáticas (Macías et al., 2007; Macías et al., 2009).

Es indispensable programar las fechas de siembra para ciertas regiones, esto puede estar acondicionada a una reglamentación fitosanitaria (Valenzuela y Borbón et al., 2018), o bien puede ser modificada, para aprovechar una ventana de comercialización en el mercado de exportación (Valenzuela y Borbón, 2007). Sánchez et al. (2006) realizó investigaciones donde al acortar el ciclo vegetativo se puede aumentar el número de ciclos por año.

Zamora (2017) menciona que de acuerdo al ciclo de siembra se hace la plantación, para el sub-ciclo de otoño-invierno se realiza la plantación en los meses de agosto y septiembre, se planta en septiembre y se comienza la cosecha en octubre. Durante la temporada de primavera-verano se realiza a mediados de diciembre para trasplantar en febrero, más es una temporada donde las plantas provienen de viveros o se realiza ya siembra directa.

Germinación

La producción de plántulas de pepino es sexual por semilla, donde se utilizan generalmente semilleros desinfectados (Torres, 2015), para la germinación se puede utilizar cualquier sustrato comercial que permita un buen anclaje a la plántula.

La semilla se planta a una profundidad de 1.5 cm, el tiempo de emergencia de la plántula es de 3-5 días con una temperatura de 27 °C (80 °F) tanto de día como de noche. La temperatura ideal para la producción de plántula es de 23 – 27°C con una mínima de 16°C ya que por debajo causaría destrucciones a la plántula. Se menciona que el periodo de plántula lleva alrededor de 20 a 30 días y se puede trasplantar cuando presentan hojas verdaderas (Zamora, 2017), Se recomienda utilizar plántulas de pepino con características compactas y pequeñas, aumentando así su supervivencia en la adaptación al trasplante (Qian et al., 2019).

Suelo

El pepino es un cultivo que puede ser producido directamente en suelo, o en sistemas sin suelo, en aire libre o invernadero, estos tiene una gran efectividad con el uso de acolchado plástico, todas las labores culturales al suelo deben ser implementadas.

Para cultivo sin suelo se puede utilizar varios tipos de sustratos desde medios orgánicos como: corteza de pino, turba y fibra de coco, También sustratos como la perlita, vermiculita, grava, arena y lana de roca utilizando como macetas bolsas de polietileno (Zamora, 2017).

Para el cultivo del pepino es recomendable utilizar suelos fértiles y bien drenados, como los arenosos hasta los franco-arcillosos que tengan una buena capacidad de retención de agua, preferentemente ideal para su desarrollo, los suelos francos que poseen abundante materia orgánica con una profundidad mayor a 60 cm permiten un buen desarrollo radicular con excelentes rendimientos (García, 2008). El pH, puede mantenerse en un rango de 6,5 – 7,8 (neutro), soportando incluso un pH hasta de 7,5, pero se deben evitar los suelos ácidos (Schnitman, 2007).

Siembra

Los marcos de plantación deben estar basados en la época de siembra utilizada, al material de siembra, textura del suelo, sistema de riego, ambiente y prácticas culturales (Casaca, 2005). Sin embargo, hay mínimos estudios realizados para la optimización de la densidad de plantación en nuevas variedades, pero es necesario tener una densidad adecuada sobre todo en variedades con costos de semilla elevados (López et al., 2011).

Ortiz et al. (2009) hizo una investigación en el cultivo de pepino, donde se realizaron podas de las yemas laterales o terminales y obtuvieron que el menor rendimiento por planta se compensa con una alta densidad de población, que a su vez influye en la precocidad, tallos gruesos, porte bajo, entrenudos cortos y hojas pequeñas. Una buena técnica para el uso de menos plantas y una mayor densidad de tallos por m², es dejando que tallos laterales se desarrollen (Kleinhenz et al., 2006;

Rahmatianet al., 2014). Teniendo como ventaja el incremento del número de frutos por m⁻², con un menor número de plantas por superficie. Así mismo, una sobrepoblación de tallos disminuye el número de frutos, el peso promedio de los frutos y el tamaño durante todo el ciclo productivo (Peil y Gálvez, 2004).

Bajo condiciones de invernadero y usualmente manejados a un tallo, se utilizan espaciamientos de 1.5 a 2 m entre hileras y 0.2 a 0.3 m entre plantas, logrando de 1.7 hasta 3.3 plantas m² (López et al., 2011). Ayala et al. (2019) en su investigación relacionando a la densidad de plantas y numero de tallos para pepino, determinó que se recomienda una densidad de 1.68 a 2.22 plantasm² para invernadero, debido a la productividad de esta hortalizas.

Etapas Fenológicas

El ciclo de pepino es muy corto y asi mismo tiene variaciones según la variedad, condiciones edafoclimáticas, lugar donde se cultive y el manejo agronomico a implementar (Arias, 2007; Corozo, 2014).

Cuadro 2. Ciclo fenológico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*)

Etapas fenológicas	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

Fuente: Arias (2007) citado por Govea (2019).

Riego

El riego dentro de un sistema de producción no significa solamente proveer agua, más bien es regar de forma eficiente y no excesiva (Reyes, 2012). Zitter et al. (2004) citado por Moreno et al. (2017) menciona que el riego es implementado en todos los cultivos, pero el pepino demanda una buena cantidad de agua en la zona de las raíces para que pueda tener un buen rendimiento, ya que la falta del mismo ocasionaría un retraso en el crecimiento o desarrollo de la planta. Las etapas fenológicas donde principalmente necesita una adecuada aplicación de riego son germinación, floración y formación de frutos (López, 2003).

En agricultura protegida se utiliza usualmente el riego por goteo, donde se aplican la mayor parte de los nutrientes que va de acuerdo al estado fenológico y al ambiente donde se está desarrollando (Casanova et al. 2007). En las primeras etapas se puede mantener una buena humedad con uno o dos riegos al día para la formación de un buen sistema radicular (Zamora, 2017).

En Australia, bajo invernadero con el uso de un sistema de flujo de agua abierto, se emplean el consumo de agua de acuerdo las estaciones del año, donde el verano aplican un promedio de 5 a 6 L/ planta al día (Burt, 2007).

Una observación que podemos considerar al momento del riego es aplicar mayor cantidad de agua en días soleados y menor en días nublados (Johnson y Hickman, 1986, citado por Zamora, 2017).

Poda

Hay distintos tipos de poda que se implementan, las principales son la eliminación de brotes, hojas viejas y/o enfermas y la poda de los primeros frutos cercanos al suelo. Se puede comenzar a partir de la tercera semana después del trasplante (Ramírez y Mercado, 2012).

Esta labor se realiza con el objetivo de obtener plantas sanas, frutos de mayor calidad, mejorar la ventilación, luminosidad y facilitar otras prácticas culturales (Olalde et al., 2014.).

Poda de formación

Manejo a un tallo; la planta se forma con un tallo principal, eliminado brotes, hojas y frutos por debajo de los primeros 40 cm, seguido de una poda semanal de brotes laterales. Se puede eliminar la yema apical una vez allá alcanzado la altura del alambre de tutorado o esté cerca de alcanzar el suelo (López et al., 2013).

Manejo a dos tallos; al comienzo se realizan las mismas labores que el manejo a un tallo, se diferencia por dejar un solo fruto por nudo, y al presentar una o dos hojas por arriba del alambre, el ápice principal es eliminado dejando crecer en los extremos superiores de la planta dos brazos laterales, eliminando la yema terminal cuando la planta está cerca del suelo (Hochmuth, 2001).

El deshoje

Consiste en la eliminación de hojas maduras y/o enfermas, las hojas se retiran por completo evitando dejar trozos de peciolo en el tallo, debe realizarse con precauciones para no desarrollar o propagar enfermedades través de las heridas (Decognet et al., 2010). La finalidad de esta práctica es tener un mejor manejo cultural sobre la planta, acelerar la maduración de frutos posteriores, aumentar la exposición a la luz y promover una mejor ventilación evitando los microclimas para el desarrollo de patógenos en las hojas senescentes (Elad y Shtienberg, 1995).

Se recomienda eliminar frutos o botones florales hasta los 45 cm de altura, esto ayuda a un mejor desarrollo en el crecimiento vegetativo, debido al desvío de nutrientes a otras partes de la planta, aumentando la actividad fotosintética y por lo tanto generando posteriores frutos de mayor calidad (Suthar et al., 2007; Shivaraj et al., 2018).

Tutoreo

En condiciones protegidas, se realiza con el objetivo de lograr un mayor aprovechamiento de la energía de la luz y una mejor ventilación, nos ayuda a una menor incidencia de plagas y enfermedades, facilita la cosecha, permite el uso de una mayor densidad de población y obtener frutos con mayor calidad (Olalde et al.,2014). Para tutoreo se puede utilizar diferentes tipos de espalderas, en invernadero se sostiene la planta con hilo de polipropileno, fijado en la parte basal de la planta (anudado o con anillos) y sujetado al tutor horizontal, que debe tener una mayor altura de la planta (Grijalva et al., 2010).

Fisiopatías

Valencia, (2017) dice que son problemas fisiológicos (no atribuibles a parásitos), los principales son:

Frutos deformes y apuntados: los factores que influyen son, una deficiente o irregular nutrición, cambios bruscos de CE, exceso de salinidad, falta de luz, caída brusca de las temperaturas o exceso de frutos por planta.

Cuello de botella: se observa en los frutos con un estrechamiento marcado en su parte cercana al pedúnculo. Se ocasionan por bajas temperaturas y uso excesivo de nitrógeno en relación al potasio.

Frutos abortados: es causado por una mala fertilización o un exceso de fructificación. También por un cambio brusco de temperatura y/o humedad.

Amarilleo de los frutos: se presenta por falta de luz, exceso de vegetación, alta densidad o por carencias de micro elementos, fundamentalmente Fe y Mn.

Frutos curvados: sus principales causas son el contacto directo de los frutos con el suelo, un exceso del desarrollo vigoroso de la planta, ataques de trips.

Rayado de los frutos o "piel de lagarto": la piel del fruto se estalla y forma estrillas que luego cicatrizan, Se presenta cuando se producen cambios bruscos de temperatura y humedad de condensación.

Cosecha

Es un cultivo de ciclo corto y con un alto índice de acumulación de biomasa, su cosecha comienza de los 45 a 58 días después de la siembra, los frutos deben estar bien desarrollados, tiernos, con la forma y olor característico del pepino (Acevedo et al., 2012). Zamora, (2017) menciona que en un ensayo con variedades de pepino bajo túneles, la cosecha inició a los 48-60 días con una frecuencia de 2 a 3 veces por semana, en un tiempo de 3 meses, del mismo modo nombra que los criterios para cosecha se basan en el color, forma, tamaño y libres de daños.

Las características como longitud, diámetro y apariencia del fruto, son importantes porque ayudan a determinar la calidad de la fruta, puede variar según el tipo de pepino y esto genera la preferencia o rechazo de los consumidores (Zhang et al.,

2019). López et al. (2015), en su investigación con pepino americano obtuvo frutos que cumplieron con los estándares de calidad comportándose con un peso promedio de 380 g, 25.6 cm de longitud y 5.2 cm de diámetro.

Agricultura Protegida en México

La agricultura protegida se refiere a los sistemas de producción que utilizan estructuras y técnicas para cubrir las plantas, protegiéndolos de factores ambientales (lluvia, viento e intensidad de la luz), y creando condiciones óptimas para su desarrollo (Bastida, 2017).

En la actualidad con el uso de estos sistemas de producción, se busca un uso más eficiente de agua, fertilizantes y la reducción del uso de plaguicidas, con un incremento en el rendimiento de los cultivos, aportando las diferentes condiciones necesarias para que su ciclo de producción sea más largo. Por lo tanto es necesario conocer el tipo de cobertura, el manejo del cultivo y las variedades óptimas para cada zona (Ramírez y Nienhuis, 2012).

Se considera agricultura protegida el uso de invernaderos, casa sombra, malla sombra, acolchados, enmallados y toda técnica de protección que altere total o parcialmente las condiciones del medio ambiente hacia las plantas. (SIAP/SAGARPA, 2016). Al colocar algún tipo de cubierta se modifican los factores climáticos, radiación solar, temperatura, humedad relativa, concentración de CO₂ y velocidad del viento, esto altera el metabolismo y consumo de agua de las plantas, reflejándose en el rendimiento y calidad del fruto (Tanny, 2012).

Un invernadero se caracteriza por ser un lugar cerrado, estático, accesible, permite el uso de maquinaria agrícola, utiliza mayormente una cubierta exterior translúcida de vidrio o plástico, donde se aprovecha la radiación solar que, al atravesar la cubierta, calienta el ambiente y los objetos que hay dentro (SIAP, 2018).

Con el uso de esta tecnología hay diversos sistemas de producción que actualmente se utilizan en todo el mundo, entre los más importantes está la siembra en bolsa, la técnica de película nutritiva, en el suelo y cultivo hidropónicos, estos se diferencian por el riego que utilizan y la técnica para la entrega de nutrientes a la planta (SIAP, 2018). El uso de sustratos en invernaderos es una técnica que ha tomado gran importancia, es un sistema de producción sin suelo donde se suministra una solución nutritiva completa al cultivo (Hochmuth, 2015).

La producción bajo invernadero ofrece al productor la ventaja de tener un control sobre el abastecimiento de agua y fertilizantes a la planta de acuerdo a su etapa fenológica, además impedir el ingreso de insectos plaga, producir fuera de temporada y factores ambientales como temperatura, disponibilidad de CO₂, ventilación y luminosidad (Boulard et al., 2004; Teitel et al., 2010).

En México, la agricultura protegida se realiza desde hace muchos años, pero del año 1970 a la actualidad ha tenido un importante crecimiento en la superficie cubierta, presentando su mayor crecimiento en los últimos 14 años (AMHPAC, 2017).

De acuerdo al SIAP (2003) sólo se sembraron 132 ha, de agricultura protegida en el país, para el 2017, publicó un total de 42,515 ha, es decir, que ha tenido un crecimiento promedio de 3 000 ha anual (AMHPAC, 2017).

Aurelio, (2017) dice que hay diversos factores que han impulsado el desarrollo de la agricultura protegida en México, de los principales la exportación de hortalizas, frutillas y flores de corte hacia los Estados Unidos y Canadá. Así mismo el alto rendimiento de los cultivos, un mejor manejo, la implementación de tecnologías y el uso eficiente de los insumos ha permitido el crecimiento de la implementación de estas estructuras (Moreno et al, 2011; Chacón et al., 2012)

En México se ha desarrollado en diferentes regiones el país tanto en condiciones de clima templado como zonas áridas y clima tropical, la mayor superficie instalada es al noroeste, occidente y norte de la república (Bastida, 2011). El 42 % de la superficie se ubica en los estados de Baja California, Baja California Sur, Sinaloa y Sonora y el 22 % comprende entre los estados de Colima, Jalisco, Nayarit y Michoacán, el resto de distribuyen en todo el país, de acuerdo con los niveles de tecnología los invernaderos de mediana tecnología se han desarrollado en la región del bajo y los de alta tecnología se han instalado en los estados de Baja California y Sinaloa (SIAP, 2017).

De las principales hortalizas producidas en agricultura protegida son el tomate rojo (jitomate) con 68 %, pepino 15 % y chile verde 14% (AMHPAC, 2017). En la modalidad de macro túnel los cultivos producidos son fresa y frambuesa (SIAP, 2018).

Una de las principales hortalizas de importancia económica es el pepino ya que a nivel nacional y mundial es altamente consumido y demandado, su producción es durante todo el año, esto es posible debido a que se cuenta con infraestructura tecnológica de agricultura protegida que nos permite crear un ambiente ideal para su desarrollo en óptimas condiciones, con ello se aumentan los rendimientos y calidad del producto (Vladimirovna et al., 2015). Para pepino bajo invernadero se logran rendimientos de más de 500 ton.ha. Año, aunque presenta un bajo precio en el mercado su alta productividad lo hace un cultivo rentable (SAGARPA, 2012). Este cultivo presenta una mayor producción en el ciclo otoño invierno con 68% y el 32% en primavera-verano (SIAP, 2015).

Para el cultivo de pepino bajo invernadero se utilizan variedades partenocarpicas, se implementa un manejo igual al tomate indeterminado, donde se cultivan a un solo tallo y los brotes axilares se eliminan de forma regular (Maboko et al., 2011; Max et al., 2016; Mendoza et al., 2018).

Los tipos de pepino mayormente cultivadas en México bajo agricultura protegida son tipo americano, europeo y pickle, con un total de 1 647 ha en malla sombra y 694 en invernadero (SIAP, 2018). Los pepinos americanos europeos y persas producidos bajo invernadero no requieren de algún polinizador para el amarre de frutos (Koske, 1981).

Al mismo tiempo no se puede decir que no existe suficiente sobre la producción de pepino bajo condiciones protegidas en relación al manejo agronómico y efectos del medio ambiente en la planta (Tafuya, 2019)

Solución Nutritiva

Una solución nutritiva es un agregado de compuestos y formulaciones que contienen los elementos esenciales disueltos en agua, que las plantas requieren para su crecimiento y desarrollo (FAO, 2007).

La hidroponía tiene su base en la nutrición vegetal, para el uso de sistemas hidropónicos es necesario tener conocimientos sobre la nutrición de las plantas, por medio del uso de soluciones nutritivas y tener un estado óptimo de nutrición, esto nos permitirá tener un éxito con el uso de este sistema de producción (Resh, 1997). Según Anjanappa et al. (2012) y Carmona et al. (2015) también es necesario el conocimiento de la cantidad de absorción de los nutrientes minerales de la planta, que necesitan para llevar a cabo sus diferentes procesos metabólicos y obtener buenos rendimientos alcanzando una meta, una vez obtenidos los requerimientos se mantiene la cantidad óptima para la planta a través de una solución nutritiva, con una cantidad adecuada de fertilizantes

Sívori ,(1986) en sus investigaciones demuestra que en la planta existen alrededor de 90 elementos minerales que interactúan con las plantas, mas no todos son principales para el crecimiento y desarrollo de los cultivos, se ha encontrado que solamente 18 tienen funciones más específicas en la planta considerándose como esenciales. Se dividen en macros y micros nutrimentos, los macros son requeridos en grandes cantidades como el C, H, O, primarios el N, P, y K y secundarios Ca, Mg y S. Los micro nutrimentos son absorbidos en escasas cantidades: Fe, Cu, Cl, Mn, Mo, Zn, Co y Ni (Cornell University, 2010). El movimiento de estos nutrientes en la planta, comienzan desde la raíz por la vía apoplástica y/o por vía simplástica, para luego llegar al xilema y ser transportados a los tejidos de las hojas (White y Brown 2010).

Para la formulación de soluciones nutritivas, existen soluciones base como la de Steiner o la de Hoagland entre otras. Sin embargo el uso y la concentración, depende del ambiente y el objetivo a estudiar, usando así soluciones nutritivas diluidas o concentradas donde se regular la cantidad y porciones referente a las sales minerales (Gómez y Sánchez, 2003), para un uso óptimo de la solución es necesario controlar factores como pH y CE (Cooper, 1979). Steiner (1961, 1984) menciona que la composición química de una solución nutritiva se determina por las porciones relativas de aniones y cationes, la concentración iónica total y el pH. De Rijck y Schrevens (1997) dice que el pH es fijado siendo una propiedad que no puede ser variado en cada solución, como las sales minerales.

Coic (1973) y Steiner, (1973, 1980) mencionan que los factores que inciden en la composición y concentración de la solución nutritiva son el tipo de cultivo, la fase de desarrollo, el medio ambiente y el tipo de hidroponía, agrega también que la planta absorbe los iones en su propia relación mutua, además el mismo autor establece

que una solución nutritiva debe tener los iones en forma libre, donde el pH influye en la disponibilidad de algunos iones. En condiciones de pH alto causa la precipitación de Ca y H_2PO_4 .

pH

En la solución de Steiner usualmente se usa un rango de 6.0 a 6.5, con la disociación de los fosfatos y carbonatos se tiene una mayor capacidad amortiguadora y un equilibrio con respecto al pH. Más el pH de una solución nutritiva tiende a variar de acuerdo con la absorción aniones y cationes en la planta, es decir que a medida que la planta absorbe una proporción mayor de aniones que de cationes, se incrementa el pH de la solución (Steiner, 1968).

CE

La CE es un estimador de la concentración total de sales y debe ser regulada a lo largo del cultivo (Graves, 1983). El rango de CE que se necesita para un correcto crecimiento de las plantas, se sitúa entre 1,5 a 3,0 dS/m, dependiendo de la especie y de la CE del agua con que es preparada la solución (Carrasco et al., 1996).

En el caso de pepino presenta sensibilidad a la salinidad, niveles altos de salinidad afectan su crecimiento y productividad, ocasiona un desequilibrio iónico y un estrés osmótico (Khodayari et al., 2018).

Adams y Hand, (2015) menciona que, en las plantas de pepino la cantidad de absorción aumenta en relación al crecimiento de los órganos. Para que las plantas de pepino crezcan sin limitaciones nutricionales, la solución nutritiva debe tener un pH entre 5.5 a 6.5, una CE entre 1.5 y 3 dS m⁻¹, y los nutrimentos minerales deben estar disociados en proporciones y concentraciones que eviten precipitados y antagonismos (Adams, 2015). Si el pH es alcalino recomienda usar ácido nítrico o ácido fosfórico para bajar el nivel de alcalinidad, o adicionar agua del grifo cuando la CE supere los 2.5dS/m (Zamora, 2017)

Concentración de Nutrientes

El cultivo de pepino tiene una gran flexibilidad para adaptarse a los sistemas de producción, facilitando la investigación del comportamiento fisiológico en diferentes condiciones nutrimentales (Randolph, 1999).

Según Sánchez y Escalante, (1988) recomienda para pepino la siguiente concentración de los nutrientes (en mg L⁻¹): N = 140, P = 40, K = 175, Ca = 140, Mg = 40, S = 140, Fe = 1.5, Mn = 0.5, B = 0.5, Cu = 0.1, y Zn = 0.1

Barraza, (2017) en su trabajo de investigación sobre pepino evaluó la absorción de nutrientes utilizando cuatro concentraciones de la solución universal Steiner y obtuvieron que en la solución con más alta concentración 175 % las plantas tuvieron un mejor crecimiento y rendimiento, igual determinaron que a medida que se disminuyó la concentración también lo hizo con la absorción y el rendimiento en la

planta. En (2012) el mismo autor hizo otra investigación usando las mismas concentraciones en la solución y obtuvo una menor expresión de crecimiento y rendimientos, en comparación con la solución del 175 % en 2017 que fue de 8.2 kg. Planta.

Pérez, (2017) comparó el efecto de la concentración de tres soluciones nutritivas: 50 %, 75 %, y 100 %, bajo diferentes volúmenes de sustratos en invernadero y determinaron que la concentración no tuvo diferencia significativa sobre el rendimiento, pero encontró que con el uso de una solución nutritiva al 50 % de concentración, la planta tuvo menor altura, menor acumulación de materia seca y menor diámetro del tallo que las concentraciones del 75 % y 100 %, aunado a esto sugiere el uso de una solución al 75 % y 8 L en volumen de sustrato , teniendo un rendimiento de 16 kg.m⁻² de pepino con un periodo de 100 días.

Parra, (2016) evaluó en efecto de tres relaciones NO₃⁻/aniones (40, 60 y 80/100) y tres de K⁺/cationes (15, 35 y 55/100) sobre el crecimiento, composición mineral y el rendimiento de pepino (*Cucumis sativus* L) y encontró que el mayor rendimiento se obtuvo con la relación intermedia (NO₃⁻/aniones y K⁺/cationes).

Marschner, (1995) menciona que las plantas de pepino no exigen grandes cantidades de nutrientes minerales, siendo suficiente un 50 % de concentración en la solución nutritiva para lograr la misma expresión de rendimiento, con una mayor frecuencia de riego.

Por otro lado hace falta conocer el abastecimiento y la distribución del agua de riego durante el día, usando parámetros como frecuencia de riegos por día, debido que el pepino por su amplia lámina foliar, alta densidad estomática y cutícula delgada es una hortaliza muy exigente en agua (Zitter et al., 2004).

Función de los Elementos

Cada uno de los elementos cumplen diferentes funciones en la planta, roles estructurales y bioquímicos (Miller, 2014).

Nitrógeno: es uno de los principales nutrientes en gran parte de los cultivos, este elemento es el mayor constituyente de proteínas, nucleótidos, clorofila y numerosos metabolitos y componentes celulares (Borlottiet al., 2012; Hochmuth y Hanlon, 2013). Farag et al. (2010) dice que está ligada con la acumulación de materia seca. La deficiencia del N se observa con un crecimiento achaparrado de las plantas, hojas cloróticas debido a la poca fotosíntesis, floración prematura y acortamiento del ciclo biológico (Danesh et al., 2012).

Fosforo: según Feleafel et al. (2014) indica que influye sobre el vigor, el crecimiento y fortalecimiento del sistema radicular. Actúa también sobre el aumento en la producción de frutos (Ortas, 2010; Ghehsareh et al., 2011). El poco suministro de P causa poco crecimiento, atrofia del sistema radicular y la disminución en la disponibilidad de otros nutrientes como el Ca (Zhang y Shi, 2008).

Potasio: Jilani et al. (2009) y Prajapati y Modi (2016) establecen que el potasio interviene en el tamaño y calidad de frutos, en la formación de semillas, en la

longitud de raíces y tallo principal, en el número de ramas, flores y frutos; además influye en procesos metabólicos como precursor de la formación de celulosa y clorofila, que se ven reflejados en el rendimiento del cultivo.

Calcio: Barraza, (2017) encontró que la absorción del calcio en comparación con los demás macronutrientes, en pepino es el elemento mayor absorbido. Sus efectos en la planta son el incremento del crecimiento reproductivo y rendimiento, ayudan a mantener la calidad y firmeza de los frutos (Kazemi, 2013). Así mismo la acumulación durante el ciclo tiene presencia en los frutos interviene en la expansión y acumulación de agua Adams y Hand (2015).

Magnesio: Según Ghehsareh et al., (2011) y Zhu et al. (2015) el Magnesio, es un elemento básico en la formación de la clorofila e influye sobre la realización de la fotosíntesis. También confiere en la rigidez y el color verde del fruto (Valenzuela et al., 1994). La deficiencia de este elemento se presenta en las hojas adultas con la pérdida del color verde, clorosis intervenal y secamiento de la lámina foliar que inicia en el borde de la hoja, esto afecta a su vez a la fotosíntesis y la acumulación de materia seca (Carmona et al., 2015).

Efecto del Ambiente en el Cultivo de Pepino

Radiación

La radiación solar es la principal fuente de energía, es de gran importancia debido a que es un factor ambiental determinante en la producción de materia seca y el rendimiento de la planta. En el espectro de radiación, la luz visible ocupa solamente una pequeña franja, entre 400 y 700 nm (o bien 380-710 nm), situada entre la radiación ultravioleta (UV) y la infrarroja (IR), constituyendo la denominada radiación fotosintéticamente activa (RFA) (Fischer y Orduz, 2012).

Mavi y Tupper, (2004) argumentan que las plantas perciben la radiación solar en tres diferentes formas; la intensidad lumínica que es la cantidad de energía radiante por unidad y unidad de tiempo, la calidad de luz que es la distribución espectral de la radiación (de 400- 700 nm) y las horas luz por día que se refiere al fotoperiodo.

La luz regula en gran medida el crecimiento y desarrollo de las plantas. Pero, el aumento de la radiación ultravioleta-B ha presentado un impacto negativo, provocando una disminución de la fotosíntesis y de la producción de biomasa. Las plantas dicotiledóneas son más susceptibles al daño por la radiación UV-B ya que presentan hojas anchas y de orientación más bien horizontal a diferencia de las plantas monocotiledóneas que presentan hojas delgadas con orientación vertical e interceptan menos la radiación UV-B horizontal, y por lo tanto toleran niveles más elevados de radiación UV-B. En su mayoría los efectos del aumento de la radiación UV-B, es en el área foliar, presentado una reducción a través del menor tamaño de las hojas, se ha observado en distintas especies cultivadas como: arveja, pimentón, soya (Ríos, 2009).

El aprovechamiento lumínico se relaciona con el crecimiento de la planta y la formación de frutos, por lo tanto una reducción de la intensidad lumínica afecta sobre todo la inducción del botón floral, su diferenciación, el cuajado, tamaño, color, calidad de los frutos y el menor grado el crecimiento (Dussi, 2007).

Pero una baja intensidad lumínica reduce la fotosíntesis neta afectando el desarrollo y la producción de la planta (Nuez, 1995). Y causa el alargamiento de los entrenudos, tallos más delgados, hojas anchas y finas y escaso desarrollo del sistema radical (Coletto, 1995).

El pepino es un planta sensible a la radiación ultravioleta Parra, (2005) trabajo con plántulas de pepino expuestas a radiación ultravioleta durante 18 días, estas mostraron que la radiación UV-B produjo cambios a nivel foliar, tanto en su morfología como en su crecimiento, donde tuvo presencia de clorosis y el enrollamiento foliar en consecuencia de la radiación UV-B.

Fotoperiodo

La producción de pepino tiene diferente comportamiento ante el fotoperiodo, crece, florece y fructifica en días cortos (menos de 12 horas), pero es un cultivo que tiene un mejor comportamiento en días largos. Soporta intensidades de luz altas y puede ser cultivado en terrenos soleados debido a su exigencia a las horas luz (Carrasco, 2008). Una baja radiación o pocas horas luz afecta la formación de flores, cuando los días son cortos se induce mayor número de flores femeninas y con días largos favorece la formación de flores masculinas (López, 2003).

Temperatura

Existen factores que influyen sobre la temperatura dentro del invernadero, como la radiación solar y la permeabilidad de los materiales de recubrimiento (Alpi y Tognoni, 1999). En invernaderos con el uso de sombreo, se logra reducir la temperatura de 1 a 3 °C con respecto a la temperatura exterior (Pérez, 2017).

Valencia, (2017) menciona los diferentes rangos de temperatura para pepino, siendo la óptima de día es de 24-28 °C y de noche 18-20 °C. El crecimiento se detiene cuando la temperatura está por encima de 40 °C y menor a 13 °C, con una temperatura de 4°C la planta muere. Por otro lado, cuando se tiene temperaturas altas en la floración, se afecta la viabilidad del polen y la producción disminuye. Con temperaturas mayores a 30°C se presenta desequilibrios en las plantas (Vasco, 2003).

Al tener un aumento de la temperatura se induce un incremento en la fotorrespiración, que es un mecanismo de protección del aparato fotosintético y que no conlleva fijación del CO₂ (Sofo et al., 2005). Según Schöffl et al. (1999) al presentarse temperaturas más altas del límite de tolerancia por un tiempo determinado, provoca daños irreversibles, a nivel celular, en cuestión de minutos.

La calidad del fruto es muy sensible a las altas temperaturas, cuando se superan los 26-30 °C se observan alteraciones en diversos parámetros de calidad como el color del fruto, la textura y las características organolépticas (Adams et al., 2001;

Muholland et al., 2003; Fleisher et al., 2006). Por lo tanto, un buen control de la temperatura en el invernadero basada en los niveles adecuados determinan la buena calidad de los frutos, durante la fase generativa es fundamental para mejorar la productividad (Lorenzo, 2012).

Humedad Relativa

Tamaro, (2012) indica que el cultivo de pepino tiene requerimientos particulares de HR, esto debido a su extensa superficie foliar, durante el día la humedad óptima es de 60%-70% y en la noche de 70%-90%, además una alta HR durante el día provoca la disminución de la transpiración y la fotosíntesis, así mismo genera ambientes que favorecen la presencia de enfermedades fúngicas.

El proceso de transpiración se debe a las diferencias de presión de vapor entre el interior y exterior de la planta, cuando se presenta altas temperaturas, se aumenta la transpiración, sube la humedad del aire y baja el DVP.

En un invernadero, durante el día baja la HR y aumenta por la noche llegando concentraciones arriba del 90 %, cuando en etapas de poca vegetación se tiene temperaturas altas, la HR baja hasta 25 %, recurriendo a la ventilación y la nebulización para un mejor control de la HR. Una humedad excesivamente alta presenta efectos negativos en la planta reduciendo la transpiración y el crecimiento, beneficia la aparición de fisiopatías y la carencia de calcio. Pero una baja humedad provoca en cierre de estomas en la hoja y reduce la transpiración, esto afecta al desarrollo de la planta y del fruto de manera que se desarrolla más lentamente y de menor calidad, presentando frutos con la punta afilada y deforme (Valencia, 2017).

CO₂

El CO₂ es de gran importancia para las plantas, es utilizado para los procesos fotosintéticos donde obtiene azúcares y otros compuestos, es decir que a través de la fotosíntesis la planta extrae el carbono de la atmósfera (en forma de CO₂) y lo convierte en biomasa (Carvajal, 2001). Van, (2007) menciona que la tasa de fotosíntesis es restringida por la intensidad de luz, concentración de CO₂ y por la temperatura.

De acuerdo con el tipo de fijación de CO₂, la planta tendrá una asimilación diferente, estas se clasifican en plantas; C-3, C-4 o CAM. En cada tipo de planta, la eficiencia del uso del agua y la tasa de fijación de CO₂ es diferente.

En pepino se es una planta C-3, mantiene los estomas abiertos durante el día para permitir la fijación de CO₂, esto provoca la pérdida de agua por transpiración ocasionando un estrés ambiental, lo que conlleva a un cierre estomático y una disminución de la fotosíntesis (Lara et al., 2010).

Según Valencia, (2017) dice que la concentración de CO₂ en la atmósfera es de 300 ppm, y el ideal para el cultivo es de 700 ppm (en cultivo forzado), la fertilización con CO₂ tiene un aumento en la precocidad, rendimiento y calidad de la cosecha. Al tener un aumento de CO₂, aumenta la fotosíntesis neta sobre todo el especies C3,

más una alta temperatura se reduce por efecto del aumento en la fotorespiración (Jarma et al., 2012). Reche, (2014) Indica que el pepino con niveles de CO₂ cercanos a 500 ppm, incrementa su absorción logrando un mejor crecimiento y producción.

Relación entre HR y DVP

La humedad del aire es indicada como déficit de presión de vapor (DPV) (McAdam et al., 2016), el DVP es la diferencia entre la presión de vapor de saturación y la presión de vapor real, se puede determinar conociendo la temperatura y la humedad relativa, está estrechamente relacionada con el proceso de transpiración de la planta (Lu et al., 2015; Du et al., 2018). Por otro lado, el DPV se relaciona con la tensión actual a la que están sometidas las partículas de agua en el aire (vapor), con respecto a las condiciones térmicas en donde este se saturaría, produciendo la condensación (punto de rocío donde se produce la HR (100%), ayuda a determinar las necesidades de riego y/o necesidad de aumentar la HR, controla la conductancia estomática así como la fotosíntesis (Grange y Hand, 1987). También caracteriza y ayuda al control de un microclima, lo que permite observar o controlar desordenes fisiológicos (Prenger y Ling, 2001).

Desde la física, la relación suelo-planta-atmósfera es un trascurso pasivo impulsado por gradientes de energía libre. La fuerza motriz de movimiento del agua, se determina por el gradiente de potencial de agua en fase líquida (desde el suelo a las hojas) y la diferencia en DPV a lo largo de la fase de gas (de la hoja interna a la atmósfera) (Fricke et al., 2016).

La presión de vapor nos permite captar el flujo de agua en el sistema (Grange y Hand, 1987), esto determina la capacidad máxima de transpiración de las plantas, lo que determina su fotosíntesis (cuando otros factores no son limitantes) y la producción de la planta.

En la hoja, si el DVP aumenta la transpiración también y inversamente, más la eficiencia fotosintética no necesariamente aumentaría (Azcón y Talón, 2000). Debido a la respuesta de las estomas frente al estrés hídrico modificando así la conductancia estomática o transpiración (Hernández et al., 1989).

Los estomas son pequeños poros que están en la superficie de la hoja y regulan el intercambio de gases en el interior de la hoja y la atmósfera (vapor de agua y CO₂) (Hetherington y Woodward, 2003). El cierre estomático en las plantas se da cuando la diferencia entre la presión de vapor hoja-aire y la temperatura arrojan valores altos, presentando como consecuencia una reducción en la conductancia estomática y en la asimilación de CO₂ (Ribeiro et al., 2009). En algunas plantas la conductancia estomática es alta hacia el mediodía cuando se presenta DVP bajo, mientras en otras, disminuye cuando las hojas están expuestas a altos niveles de DPV (Ishida et al., 1996).

El efecto “feed-forward” propuesto por Farquhar, (1978) explica que la conductancia estomática y la tasa transpiratoria se restringen en el transcurso del día de acuerdo al aumento en el DPV, indicando que el proceso de apertura y cierre de estomas es

muy sensible a los cambios ambientales (Oren et al., 1999; Zhang, 2003; Pires et al., 2011).

Estudios realizados en tomate por Zhang et al. (2017), comentan que en plantas desarrolladas con un DVP bajo se llega a reducir principalmente la fuerza impulsora del agua, causando una disminución en la transpiración y el estrés hídrico moderado. Con esto se tiene un alivio del estrés hídrico al reducir la función estomática sostenida del DVP y la fotosíntesis, generando una mejor producción de biomasa y fruta.

El DPV también actúa en la óptima absorción de nutrientes, Fernández et al. (2001) y Argus, (2009) determinan que tiene que haber una diferencia en la presión de vapor entre la superficie de la hoja y la atmósfera, de esa manera tener una absorción de nutrientes desde el sustrato. Al tener un DPV bajo (en valores absolutos), la HR se allá próxima a la saturación provocando una reducción en la transpiración del cultivo, inhibiéndose la absorción de nutrientes como el calcio que es un nutriente de baja movilidad en la planta.

Al igual se determina que la regulación del DVP, ayuda a tener una temperatura y HR óptima, propiciando una correcta actividad fotosintética en la planta y por ende un aumento en la productividad dentro del invernadero (Zhang et al., 2015). Grange y Hand (1987) y Argus, (2009) señalan cuando el DPV es cero, la HR y la temperatura permiten que se alcance el punto de rocío, generando condensación de agua en las paredes del invernadero y sobre el cultivo.

Baker, (1990) indica que los valores adecuados de DPV para la mayoría de los cultivos en invernadero se encuentran en un rango de 0.5-0.8 kPa, con esto se obtiene un rendimiento adecuado y se reduce la presencia de enfermedades fúngicas.

Así mismo Janse y Welles, (1984) menciona que las plantas cultivadas bajo un DVP bajo presenta daños en el fruto, se ablanda más rápido, tienen menos calidad y una menor vida en poscosecha. Lorenzo, (2012) dice que Cuando el DPV es alto, la elevada transpiración por área foliar o el efecto directo del DPV pueden reducir la conductancia estomática y la fotosíntesis neta. Además, Gautier et al., (2001) dice que las plantas que crecen con un DVP óptimo presentan frutos de buena calidad. En el caso de tomate con un DVP optimo se tiene un mayor contenido de azúcar, mayor peso de la materia seca y un bajo número de frutos, pero por otro lado, plantas crecidas con un DVP alto (mayores de 1.5 kPa) presenta marchitez, plantas atrofiadas y hojas crujientes (Gautier et al., 2001; Shamshiri et al., 2018).

Las atmósferas húmedas próximas a la saturación causan: la reducción de la tasa de transpiración, disminución del transporte de iones hacia las zonas de crecimiento y desequilibrio hormonal. Estas alteraciones pueden incidir en el crecimiento y desarrollo y provocar morfologías anormales y fisiopatías (Lorenzo, 2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio Experimental

El experimento se llevó a cabo en el periodo de julio a noviembre del 2021 en Saltillo Coahuila, dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el área de invernaderos del Departamento de Horticultura, cuyas coordenadas son: 25°21'23.55" latitud N, 101°25'16" longitud O y 1763 msnm.

Material Vegetal

Las semillas que se utilizaron para establecer el experimento fueron de pepino híbrido Centauro con características de crecimiento indeterminado, planta vigorosa, abierta, con hojas de color verde oscuro, destaca por adaptarse a distintas condiciones de cultivo, genera frutos con excelente conservación post cosecha y se adapta adecuadamente a condiciones de calor y mucha luminosidad.

Acondicionamiento del microclima

Se crearon tres condiciones de clima diferente dentro del invernadero, se utilizó plástico transparente calibre 200 para la realización de tres cámaras de crecimiento; la primera consistió en tapar la parte de arriba y los lados para mantener la HR del invernadero, presentando en promedio una HR 35% durante el día siendo la cámara testigo. En la segunda cámara se cubrieron todos los lados y se abrieron dos ventanas de aproximadamente 70 x 60 cm en la parte media de la altura de la cámara para lograr mantener una HR de 50 %. La tercera cámara se taparon todos los lados y se abrió solamente una ventada de 60x60 manteniendo la HR en 75 %.

Para el aumento de la HR de utilizaron humidificadores de 8 cabezas conectados a un sensor de humedad, donde indicaba la HR deseada, al marcar + -5 de la HR se apagaría los humidificadores. Así mismo para una correcta distribución de la HR se instalaron ventiladores dentro de las cámaras.

Manejo del cultivo

Siembra y Trasplante

Se realizó la siembra el día 24 de julio, como sustrato de germinación se utilizó peat moss y perlita en una relación 80:20 volumen/volumen en contenedores de unicel. El trasplante se realizó el día 11 de agosto del 2021, en bolsas de polietileno negras de 10 L de capacidad. Como sustrato se utilizó al igual peat moss y perlita en una relación 80:20 volumen/volumen donde se ajustó el pH con bicarbonato de sodio quedando el ajuste en 5.9.

Riego

El riego fue proporcionado a mano con soluciones nutritivas, en la etapa de germinación se le aplicó 300 ml por planta hasta el trasplante. Antes del trasplante se le aplicó una lámina de riego de 6 cm con agua, durante el desarrollo del trabajo

para el agua de riego se le ajusto el pH y la CE antes de cada riego, el ajuste de pH se hizo con HNO₃ conservándolo en un rango de 5.5 a 6.5.

Para la aplicación oportuna de los riegos se instalaron en cada cámara tensiómetros de baja tensión de la compañía IRROMETER modelo LT, ideales para medir la humedad del sustrato. Los riegos se aplicaron a cada cámara cuando el manómetro del tensiómetro marcaba 7 centibares, al terminar de regar el tensiómetro marcaba 0 centibares, aplicando la cantidad de 4 L con un 30 % de drenaje, lo cual indicaba que el sustrato tenía la humedad suficiente.

Poda

Tallo: Se podó a un solo tallo, comenzando 20 días después del trasplante cuando la planta emitió sus primeros chupones, seguido hasta el término del experimento se podó dos veces por semana hoja; se podaron las hojas después del primer corte hasta término del experimento manteniendo una hoja bajo el siguiente fruto a cosechar.

Tutoreo

Se realizó utilizando hilo de polipropileno, fijando la planta en el parte basal con un anillo, sosteniéndolo de un alambre a 2.5 m de altura, en seguida se fue enredando la planta al hilo según su crecimiento y fijando más anillos para un mejor manejo.

Cosecha

Se realizó a mano, utilizando tijeras, así mismo se identificaron para después tomar los datos correspondientes. La primera cosecha se realizó el día 27 de septiembre, después se mantuvo una a dos cosechas por semana hasta el día 30 de octubre que se realizó la última cosecha.

Tratamientos

La solución nutritiva fue a base de la solución Steiner y luego distribuyéndolo a diferentes concentraciones.

Cuadro 3. Tratamientos aplicados para el cultivo de pepino en diferentes HR.

Tratamiento	% de concentración Steiner
1	75
2	100
3	125

Diseño Experimental

La unidad experimental consistió en 3 cámaras con diferente HR, mientras que fueron tres las soluciones nutritivas evaluadas; cada tratamiento consto de 4 repeticiones con 2 plantas por repetición en cada unidad experimental. Los tratamientos en las dos cámaras como en el testigo se distribuyeron en un diseño de bloques completamente al azar. Los datos se analizaron con análisis de varianza y la prueba de comparación de medias múltiples de acuerdo a la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) utilizando el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión. 9.0.

Variables a Evaluar

Cuadro 4. Variables evaluadas y su descripción.

Variable	Determinación de la medición con:	Descripción de la técnica
Longitud de fruto (mm)	Cinta métrica	Se midió del extremo distal al proximal del fruto para determinar la longitud del fruto
Diámetro ecuatorial (mm)	Vernier manual calibre 0-130mm	Se realizó una sola medida tomando como referencia la parte centro del fruto
Peso de fruto por semana (g)	Báscula digital, capacidad de 3000 g X 0.1 g	Se promedió el peso de los frutos recolectados en la semana de cada SN.
Curvatura del fruto(mm)	Cinta métrica	Se tomó una base plana, donde se colocó el fruto, y se midió la distancia de la base al índice distal.
Rendimiento (g por planta)	Báscula digital, capacidad de 3000 g X 0.1 g	Se promedió; Peso total de frutos (g) / Número de plantas.
Altura de la planta	Cinta métrica De 1 a 10 m	Se tomó la base del tallo en el cm 0 y se tomó la lectura en la parte terminal del tallo.
Peso fresco de hojas (g).	Báscula digital, capacidad de 3000 g X 0.1 g	Se recolecto las hojas, se colocó en un recipiente antes pesado y se tomó la lectura.
Peso fresco de tallo (g).	Báscula digital, capacidad de 3000 g X 0.1 g	Se cortó en trozos, se le agrego a una recipiente, luego se tomó la lectura.

Diámetro basal del tallo (mm).	Vernier manual calibre 0-130mm	Se colocó en la base del tallo y se tomó la lectura.
PH del sustrato	Penetró metro,	Se tomaron 3 lecturas (estrato bajo, medio y alto del sustrato) y se promedió.
Concentración de NO ₃ , Ca, y K en el fruto (ppm).	Sensores de cada elemento de la marca HORIBA.	Se tomó la muestra en invernadero, se llevó a laboratorio se macero y el recolecto el jugo y se tomaron las lecturas correspondientes.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variabes Vegetativas

La HR de las cámaras de crecimiento tuvo un efecto significativo sobre la concentración de iones en el fruto y el peso fresco de hojas y tallo (Cuadro 5). Por otro lado, la concentración de la SN afectó la altura de la planta y el peso fresco de hojas y tallos (Cuadro 1). En general la interacción entre la HR con la concentración de la SN no presentó efectos significativos, con excepción del peso fresco del tallo (Cuadro 5).

El peso fresco de hojas y tallos disminuyó en plantas cuando estas crecieron bajo HR de 65%, pero se incrementó en las plantas crecidas con una HR de 50% (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de la humedad relativa (HR) y la concentración de la solución nutritiva en el contenido de algunos nutrientes en el fruto, peso fresco (PF), diámetro de tallos (DT) y pH promedio del sustrato.

Factor		Análisis en fruto ppm			Altura m	PF hojas g	PF tallo g	DT mm	pH
		NO ₃ ⁻	Ca ⁺⁺	K ⁺					
Cámara HR%	35	73.8a	46.2b	1388a	4.1	336.6 b	219.7 b	13	6.05
	50	54.5b	47.2b	1213b	4.2	384.1 a	258.6 a	14	6.01
	65	71.7a	57.4a	1226b	4.3	279.1 c	251.6 a	14	6.04
Solución nutritiva %	75	69.8	51.3	1258	4.2 a	360.0 a	260.2 a	14	6.00
	100	65.9	50.3	1267	4.2 a	325.8 ab	251.9 a	13	5.90
	125	64.3	49.2	1300	4.0 b	313.9 b	217.8 b	13	6.00
Interacción		P=0.648	P=0.111	P=0.785	P=0.516	P=0.255	P=0.047	P=0.452	P=0.564

Estos resultados aparentemente son diferentes a los de Pérez, (2017), quien utilizó tres concentraciones de SN: 50, 75 y 100 %, y obtuvo diferencia en la altura y diámetro basal del tallo, siendo menor la SN de 50 % a diferencia de las SN con 75% y 100 %. En contraste, nuestros resultados indican que la altura de tallo así como el peso fresco disminuye al elevar la SN a 125% de concentración. Estas diferentes tendencias se deben a los niveles empleados por Pérez, (2017) ya que es su estudio se obtuvo mayor altura y diámetro en las SN de 75% y 100%, lo cual concuerda con lo observado en el presente estudio, lo que permite concluir que concentraciones de la SN muy bajas o muy altas, 50% y 125% respectivamente, son perjudiciales para el desarrollo de las plantas de pepino.

Concentración Nutricional en Fruto

En comparación con las plantas del tratamiento testigo (HR = 35%), las plantas crecidas bajo una HR de 50% mostraron una reducción significativa en la concentración de NO₃ y K, mientras que aquellas bajo 65% de HR mostraron un incremento en Ca y una reducción en K (Cuadro 5). El peso fresco de las hojas fue aumento por efecto de la HR de 50%, pero en plantas con 65% este parámetro disminuyó, más el peso fresco del tallo fue mayor en plantas crecidas con HR más elevadas (Cuadro 5).

El fruto de pepino es considerado como un acumulador de K. Ruiz y Romero (2005) demostraron que al incrementar la concentración de K en la SN de 75 a 150 ppm se incrementó el rendimiento de frutos, mientras que con 300 ppm de K se incrementó la absorción, translocación y reducción del NO₃. Las SN empleadas en nuestro estudio contenían 204, 263 y 341 ppm cuando la concentración fue del 75%, 100% y 125%, respectivamente; sin embargo, no se detectó efecto significativo en estos parámetros por parte de la SN (Cuadro 5). La disminución de NO₃ en frutos de plantas crecidas con 50% de HR y de K en aquellas crecidas con 50% y 65% de HR, pudiera estar asociado con la menor tasa de transpiración de las plantas bajo condiciones de alta HR, ya que al reducirse la transpiración también se reduce la absorción de agua y nutrimentos por parte de la raíz (Valencia, 2017), o bien a un efecto de dilución asociado con una mayor producción de frutos.

En la mayoría de los cultivos, el N ocasiona un incremento del área foliar lo cual puede ser producto de un mayor número y tamaño de hojas (McCullough et al., 1994). El N se considera de gran importancia tanto para el fruto como en la planta, ya que es un componente del ADN y ARN, proteínas, enzimas, clorofila, ATP, auxinas y citoquininas (Hawkesford et al., 2012); este nutriente se puede proveer a las plantas en cuatro formas: nítrica, amoniacal, ureíca y aminoácidos, aunque la forma nítrica es absorbida preferentemente por las plantas (Masclaux et al., 2010). En las cámaras de 35% y 65% HR, la absorción del N pudo haber sido mayor, lo que se reflejó en una mayor concentración de NO₃ en el fruto.

Con relación a la concentración de K en el fruto, las plantas irrigadas con la SN 125 % fueron las que presentaron más K 1300 ppm, este resultado se asemeja con los de Terraza (2016) donde el K presentó una mayor concentración en el tallo al aumentar relaciones K/cationes en la SN. Así mismo Méndez, (2018) evaluó la calidad nutraceutica de pepino y encontró que la SN con mayor dosis de K el contenido de compuestos fenólicos y flavonoides totales, así como la capacidad antioxidante de frutos de pepino fue mayor. Barraza, (2016) encontró en pepino que una dosis alta de K fomentó la acumulación de N en las hojas.

En base a los resultados reportados por Terraza (2016) y Barraza, (2016) es posible plantear la posibilidad de que los frutos de pepino hayan disminuido en algo su calidad nutraútica cuando crecieron en cámaras al 50% y 65% de HR, sin embargo, algunos autores han señalado que una menor concentración de K en hortalizas de hojas es benéfico para pacientes que sufren de problemas renales y que no pueden procesar este elemento (Alvarado et al., 2020), por lo que en estos casos sería un aspecto positivo de nuestros resultados. Con los resultados se puede de decir que la calidad nutricional y nutraceútica del fruto de pepino es afectada, tanto como por la fertilización y las condiciones ambientales, aunque Beckles, (2012) también comenta que puede ser afectada por el genotipo.

El K está relacionado con la calidad organoléptica y una concentración mayor de fitonutrientes (Lester et al., (92010). Otro estudio menciona que K favorece el aumento de los ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas, clorofila, carotenoides, licopeno y las vitaminas (Ibrahim y Jaafar, 2012).

A pesar de la baja concentración de K en las plantas crecidas con 65 % de HR, el Ca en los frutos si se incrementó en condiciones de alta HR, por lo que el Ca está relacionado con la HR; aunque la interacción no fue significativa, la Figura 1 muestra que la mayor concentración de Ca se obtuvo en la SN al 75 %, presentando un incremento de 11.9 ppm a con relación a la SN 100 % aunque estadísticamente no allá diferencia significativa en las SN. Con esto se puede concluir que con una HR adecuada para el cultivo y una SN menor concentrada aumentará su concentración en el fruto. Puesto que el Ca está relacionado con la firmeza de los frutos (Hawkesford et al., 2012), es posible que aquellos cosechados en la cámara con 35% y 50% HR fueron de menor firmeza (Kazemi, 2013). El Ca cumple la función de agente reafirmante, debido a que los iones de calcio actúan sobre las cadenas de pectina para formar puentes entre éstas, aumentando la fuerza de la pared celular (Contreras et al., 2011).

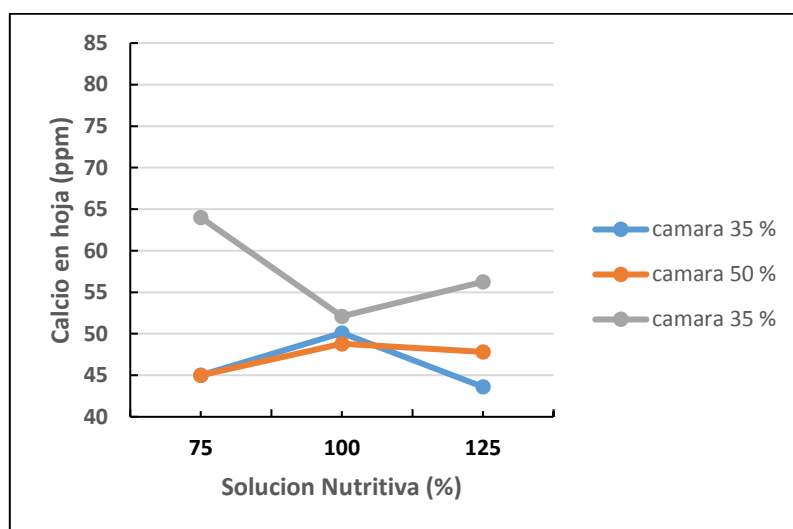


Figura 1. Concentración de Ca en el fruto de plantas de pepino crecidas en cámaras con humedad relativa (HR) e irrigadas con soluciones nutritivas de diferente concentración.

De acuerdo a la Figura 1, los resultados obtenidos en el presente estudio son similares a los de Terraza (2016), quien evaluó la concentración de Ca en las hojas y tallo, y determinó que al aumentar la relación de K⁺/cationes en la SN, la concentración de Ca presente en dichos órganos disminuyó. Algo parecido con los frutos en este trabajo donde al aumentar la concentración de la SN, en la cámara con 65 % de HR la concentración de Ca fue mayor, esto se puede deber a una reducción en el antagonismo del K con el Ca (Fageria, 2001).

La no disminución de Ca en el fruto contrasta con lo mencionado por Valencia, (2017) quien señala que una HR alta afecta negativamente al cultivo, disminuyendo la transpiración y el crecimiento y favorece la aparición de fisiopatías como la humectación, la gutación y la carencia de Ca.

Una disminución en la firmeza de los frutos de pepino debido a la menor concentración de Ca, causa la rápida pérdida de calidad visual y sensorial, manifestada en primera instancia en marchitamiento (Suslov y Cantwell, 2012; Moreno et al., 2013), 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).

La Figura 2 muestra que la interacción entre la SN y la HR de las cámaras de crecimiento afectó diferencialmente el peso fresco de hojas; se puede observar que al aumentar la concentración de la SN el peso disminuye, pero esta disminución es más marcada en las plantas de la cámara al 35% de HR. Estos datos son parecidos a los reportados por Pérez, (2017), en su trabajo con tres concentraciones de SN: 50%, 75% y 100 %, ya que encontró que las plantas en la SN al 75% con una frecuencia de riego de 4 a 7 veces por día, obtuvieron un mayor peso de materia seca con referente a las otras concentraciones. Por lo tanto nuestros datos sugieren que una baja o alta concentración en los nutrientes en la SN con una baja HR el peso fresco de las hojas disminuye.

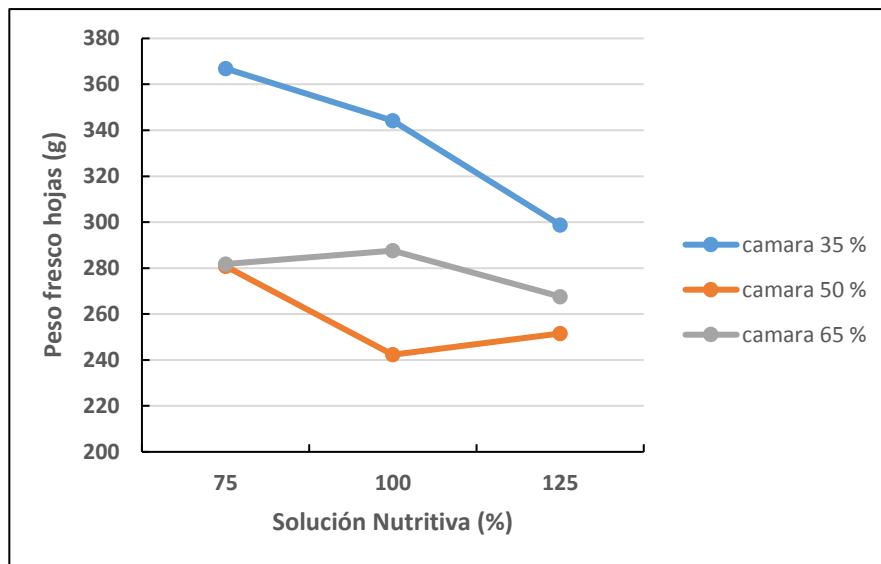


Figura 2. Peso fresco de hojas de plantas de pepino crecidas en cámaras de con humedad relativa (HR) e irrigadas con soluciones nutritivas de diferente concentración.

Longitud y Diámetro de Fruto

La HR de las cámaras de crecimiento también tuvo un efecto significativo sobre el rendimiento, longitud, diámetro y rectitud del fruto (Cuadro 6). La concentración de la SN no presentó efecto en estas variables excepto en el rendimiento total (Cuadro 6). La interacción de los factores fue significativa para el rendimiento total así como para el diámetro de frutos y la rectitud.

Cuadro 6. Efecto de la humedad relativa (HR) y la concentración de la solución nutritiva en el rendimiento total de fruto y algunas variables relacionadas.

Factor		Rendimiento total (g)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Curvatura (mm)
Cámara HR%	35	3888.7 c	223.0 b	51.2 b	9.3 a
	50	4436.3 b	221.5 b	51.7 b	9.7 a
	65	5205.4 a	235.3 a	54.0 a	7.5 b
Solución nutritiva	75	5043.7 a	229.0	52.4	9.2
	100	4222.7 b	225.3	51.3	9.1
	125	4261.0 b	225.5	53.0	8.2
Interacción		P=0.001	P=0.265	P=0.049	P=0.044

Las plantas crecidas con una alta HR presentaron mayor rendimiento, longitud, diámetro y uniformidad de los frutos, a diferencia de los frutos obtenidos en las cámaras con 35% y 50% de HR (Cuadro 6).

Nuestros resultados son similares a los de Adame, (2020), en un sistema de subirrigación utilizando cuatro concentraciones de SN (50%, 75%, 100%, y 125 %) en pepino, donde tampoco detectó diferencia significativa en el diámetro, longitud, peso de fruto y índice distal, sin embargo, el aumento en la concentración de la SN estuvo asociada con una reducción en el rendimiento total (Cuadro 6). El hecho de que los frutos obtenidos sean de mayor longitud y diámetro ecuatorial cuando las plantas se desarrollaron bajo condiciones de 65% de HR y se regaron con SN cuya concentración fue de 125% implica que tales frutos fueron más grandes, lo cual pudo estar asociado con la disminución en la concentración de K previamente señalada (Cuadro 5).

Los valores de diámetro de fruto en las cámaras con 35% y 50 % (Cuadro 6) de HR son iguales al obtenido por Té (2008), quien obtuvo un diámetro promedio de 5.1 cm en pepino americano. Otro estudio realizado por Wittwer y Honma (1997) y Té (2008) encontraron que el diámetro del fruto en pepino oscila de 50 a 57 mm, así mismo se dice que el diámetro no debe ser mayor a 60 ml (USDA, 1997). Por lo tanto nuestro resultado en la cámara con mayor HR fue mayor al promedio obtenidos por (TE, 2008), encontrándose en el rango mencionado por (Wittwer y Honma, 1997; y Té, 2008)). Por su parte Santiago, (2020) menciona que el diámetro de fruto es una variable que está en función del material genético más que de la fertilización utilizada, esto coincide con nuestros resultados ya que de acuerdo concentración de la SN fue mínima la diferencia obtenida.

En la Figura 3 se observa que en las cámaras con mayor HR la disminución de la SN con respecto al testigo (SN 100 %) favoreció el aumento del diámetro del fruto, lo contrario al aumentar la concentración de la SN el diámetro disminuyó, a diferencia de la cámara con 35 % de HR, sin embargo, al incrementar la

concentración de la SN hay una tendencia a disminuir el diámetro de los frutos, excepto cuando las plantas estuvieron en la cámara con 35% de HR ya que el diámetro aumento al pasar de una SN al 100% hacia el uso de una SN al 125% (Figura 3). Estos datos sugieren que en general para obtener frutos de mayor diámetro deben emplearse SN más diluidas.

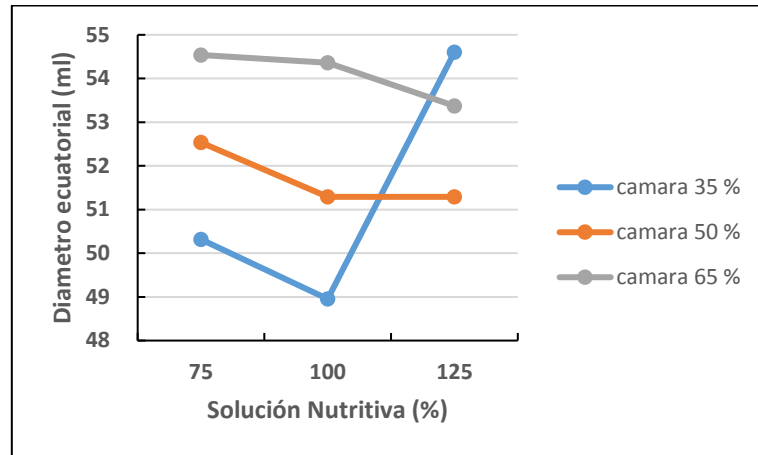


Figura 3. Diámetro ecuatorial del fruto en plantas de pepino crecidas en cámaras con humedad relativa (HR) e irrigadas con soluciones nutritivas de diferente concentración.

Otro estudio realizado por Barraza, (2018) observa que la longitud y diámetro ecuatorial de frutos de pepino fueron mayores con la SN al 175% de concentración, con diferencias estadísticas significativas respecto a las restantes tratamientos de menor concentración, lo cual corrobora que lo observado en el presente estudio en cuanto a que un aumento en la concentración de la SN bajo un ambiente con baja HR puede ser favorecedor para estos parámetros.

En el presente estudio los frutos obtenidos se encuentran en el rango de calidad para exportación, exigiendo un diámetro máximo de 70 mm y una longitud mínima 15 cm (Lara, 2007). Sin embargo de acuerdo a la Norma Mexicana-FF-023.1982 para México los pepinos se clasifica en tres grupos para México: Extra, con un diámetro mínimo de 35 mm a 60 mm, con una longitud mínima de 165 mm, No.1 tener un grosor < 35mm a 50 mm y una longitud de < 140 mm a 165 mm, No.2 un diámetro de 51 mm a > 65mm y una longitud de 140 a >165 mm. Con base a esto los pepinos cosechados en las tres cámaras se encuentran en la clasificación extra, presentando un diámetro > a 35 mm y < a 60 mm, superando a la vez la longitud de 165 mm.

Wittwer y Honma, (1997), Té, (2008) y De Gannes et al. (2014) indican que la longitud del pepino americano se centra en un rango de 20 a 25 cm, no siendo menor de 15 cm (USDA, 1997). Con esto se puede decir que los pepinos

cosechados en este trabajo están entre el rango de longitud que mencionan los autores.

Rendimiento Total y Curvatura de Fruto

El rendimiento y el diámetro del fruto incrementaron al ir aumentando la HR, mientras que los frutos mostraron una menor curvatura (Cuadro 2). La HR en general afectó de manera significativa el rendimiento total de fruto, observándose la interacción con la concentración en la SN (Cuadro 2), obteniéndose un mayor rendimiento las plantas crecidas en un ambiente, con un 65% de HR y una SN de 75 %.

Por lo tanto, el aumento en la HR además el desarrollo de los cultivos también incrementa el rendimiento del cultivo de pepino, sugiriendo que las condiciones de medio ambiente normal en los invernaderos no son las óptimas. Valencia (2017) indica que para el cultivo de pepino, debido a su gran superficie foliar y su alta capacidad de transpiración, se recomienda una HR entre 60% y 70% en el día, por lo que basándonos en los requerimientos del cultivo mantener la HR adecuada favorecerá el aumento del rendimiento.

De acuerdo con la Figura 4, se demuestra que dependiendo de las condiciones de HR en que se desarrolle la planta, el aumento de la concentración de la SN no siempre puede ir acompañada del aumento en el rendimiento, demostrándose en las cámaras con 50% y 65% de HR el mayor rendimiento se obtuvo con las soluciones al 75%.

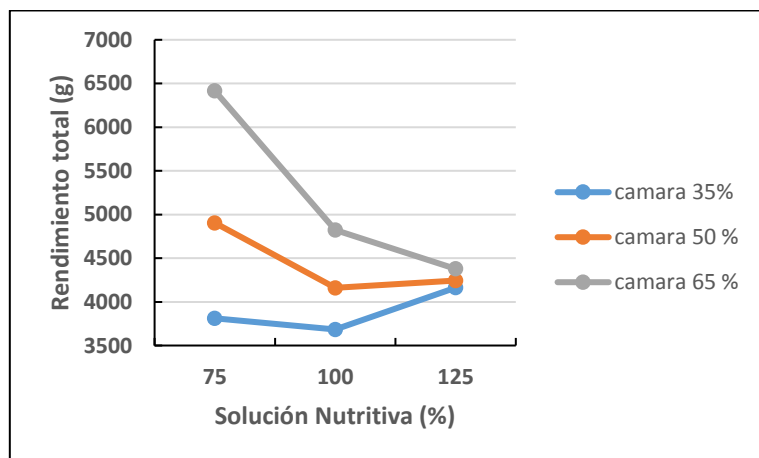


Figura 4. Rendimiento total de fruto en plantas de pepino crecidas en cámaras con humedad relativa (HR) e irrigadas con soluciones nutritivas de diferente concentración.

Shaw et al. Y Shine (2004), reportaron una producción acumulada de fruto de 6.3 kg por planta, en un periodo de cinco meses. Zamora, (2017) reportó 12 kg cuando el cultivo tuvo un ciclo de seis meses. Santiago, (2020) con un manejo de poda de despunte a 2 m y un ciclo de producción de 70 días alcanzó una producción de 4.87 kg por planta, indicando que se puede lograr hasta cinco ciclos por año. En

el presente estudio la SN de 75 % arrojó un rendimiento de 6500 g por planta equivalente a 6.5 kg durante un periodo de 3 meses superando los rendimientos de los trabajos antes mencionados, remarcando la importancia de la HR y la concentración de la SN en el cultivo .

El bajo rendimiento en la cámaras con baja HR puede estar relacionado a que las plantas, en condiciones de baja o nula humedad sufren estrés y se les impide el intercambio de O₂, CO₂ y nutrientes. Ponce, (2013) indica que cuando hay una humedad baja en el medio donde se desarrollan los cultivos estas tienden a disminuir su crecimiento.

Por otro lado los resultados obtenidos en la cámara con menor HR son similares a los de Adame, (2020), quien en su investigación con el uso de subirrigación obtuvo un mayor número de frutos con el uso de la SN a un 125%, más los frutos no cumplían con parámetros de calidad, lo mismo en esta cámara el rendimiento mayor fue en la SN 125 % pero a su vez presentó la mayor curvatura en los frutos siendo de menor calidad.

De acuerdo a la interacción la HR con la forma del fruto (curvatura) (Figura 5), se observa que en las cámaras con 35% y 50% de HR se obtuvieron frutos con características más irregulares con relación a la cámara con mayor HR, donde la forma de los frutos fue más uniforme, sin embargo de acuerdo con la SN de 75 y 100 % fueron de mejor calidad, ya que para que los frutos sean considerados de mejor calidad deben contar con un índice cercano a 1.0 mm/ml (Barreiro ,2018). En contraste con los ambientes con 35 y 50 % de HR, los frutos cosechados se consideraron de menor calidad comparados con los obtenidos en la cámara al 65%, lo cual se considera un factor perjudicial ya que los frutos se clasifican de mala calidad comercial. Con esto se concluye que las HR altas y las concentraciones de SN bajas darán lugar a frutos con una curvatura menor, siendo estos más rectos.

La obtención de estos resultados se puede decir que se debe al requerimiento de HR por el cultivo que se sitúa entre 60% y 70% durante el día, ya que en ambientes con niveles bajos de humedad, la hoja cierra los estomas para reducir la transpiración, lo que afecta al desarrollo de la planta y del fruto, creciendo más lentamente y es de menor calidad, con la punta afilada y deforme (Valencia, 2017).

Barreiro, (2018), indica que un fruto de pepino, para ser considerado de buena calidad, debe tener una forma alargada y cilíndrica (pepónide); dicha forma tiene diámetros uniformes o parecidos en la parte proximal, ecuatorial y distal del fruto. Por tanto en el estudio los resultados fueron más favorables, en los frutos cosechados en la cámara con 65 % de HR con las SN de 75% y 100%, dichos tratamientos tienen una uniformidad más regular en el fruto. Adame, (2020) reportó algo similar en los tratamientos bajo subirrigación, ya que con una menor concentración de la SN se cosechó frutos con una forma ideal al tener en ambos índices proximal y distal un valor semejante.

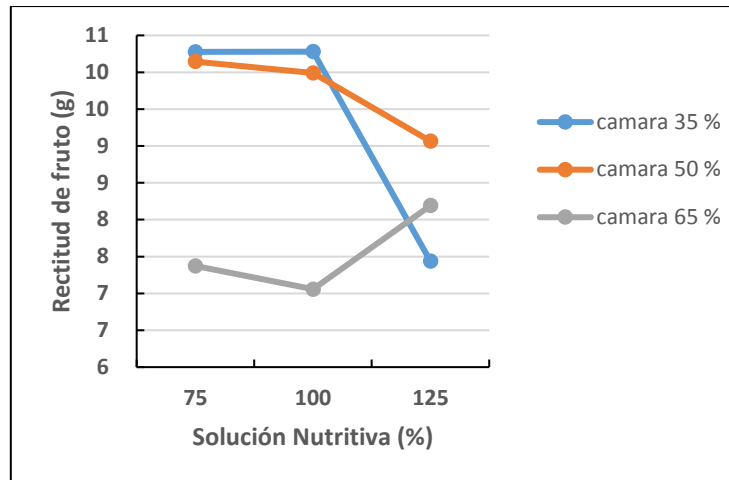


Figura 5. Curvatura de fruto en plantas de pepino crecidas en cámaras con humedad relativa (HR) e irrigadas con soluciones nutritivas de diferente concentración.

Rendimiento y Calidad de Fruto por Corte

En la Figura 6 se muestra la respuesta a las SN con relación al rendimiento por semana; es posible observar que en las cámara con 35% HR la cosecha comenzó a reflejarse mas en la 2^a semana, a diferencia de las camaras con mayor HR, ya que la cosecha fue regular desde la 1^{er} semana.

Con la menor HR en las tres SN el rendimiento fue mayor en las 3^{er} semana, a diferencia de los ambientes con 50% y 65% de HR en los que se presentó el mayor rendimiento en la 4^{ta} semana con la SN de 75 %, otro aspecto se basa que en los tres ambientes y en las tres SN de la 1^{ra} a la 3^{ra} semana aumento continuamente el rendimiento diferenciandose de la 4^{ta} semana donde en la camara con 35 % HR comenzo a disminuir tanto como la SN de 100 y 125 para las otras camaras, así mismo se destaca que de la 4^{ta} a la 5^{ta} semana en las tres camaras y en las tres SN el rendimiento disminuyó.

Barraza, (2015), empleando cuatro concentraciones de SN, observó que en la SN de menor concentración las plantas tardaron más al entrar en producción con relación a las otras SN, lo cual explica que dicha concentración suministró nutrimentos en cantidad insuficiente afectando el índice de área foliar (Den Nijs, 1980), del cual depende el suministro de foto asimilados que se utilizan para crecimiento del fruto y metabolismo de componentes estructurales que dan firmeza a las células (Schapendonk y Brouwer, 1984). Nuestros resultados arrojan un comportamiento similar en la cámara con baja HR donde se retardó la entrada a cosecha y disminuyó más rápidamente, a diferencia de las demás cámaras.

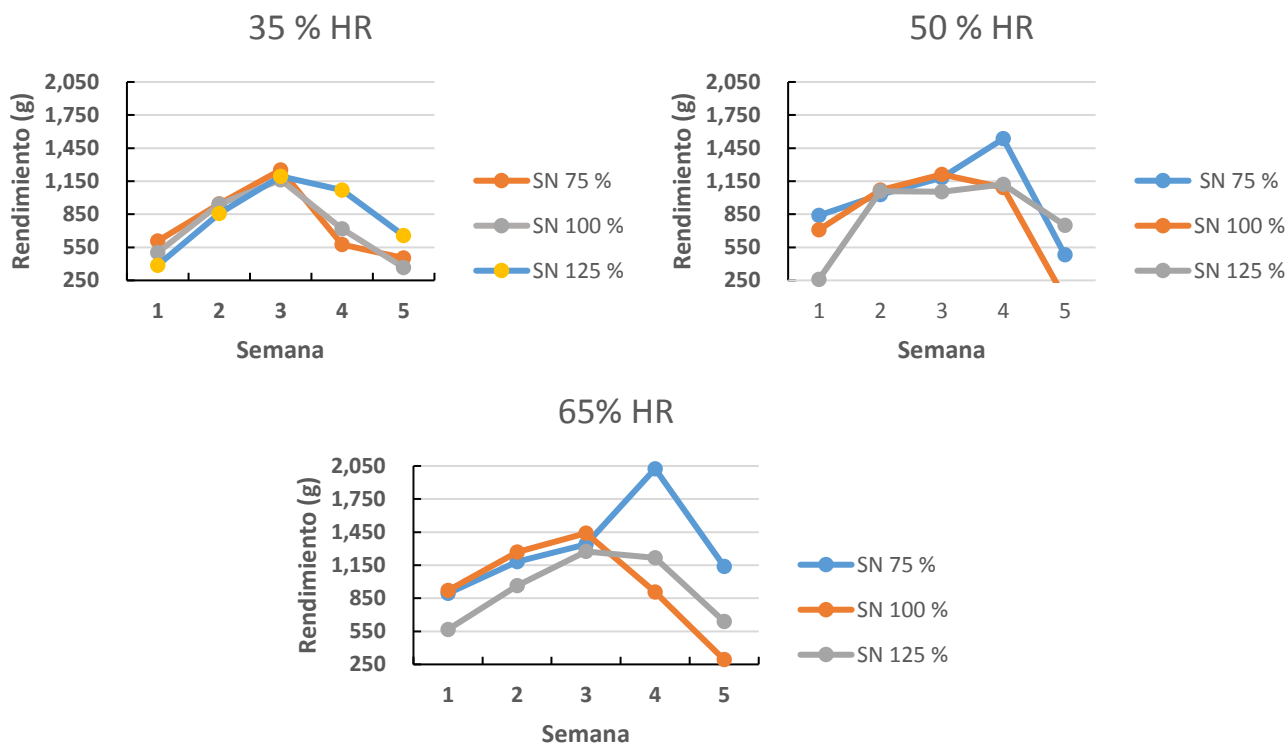


Figura 6. Comportamiento de rendimiento de fruto por semana de cosecha en plantas de pepino bajo diferentes HR y con soluciones nutritivas a tres concentraciones.

El comportamiento de la longitud del fruto (Figura 7) de acuerdo a las SN, fue similar en las cámaras con 35% y 50% de HR manteniendo valores semejantes en el ciclo del cultivo, a excepción de la SN 125% en la cámara con 35% de HR que en la última semana la longitud se redujo indicando los valores más bajos. Caso contrario se presentó en la cámara con mayor HR ya que la longitud de los frutos fue aumentando desde el inicio hasta el final de la cosecha, obteniéndose los frutos más largos en estas condiciones de HR.

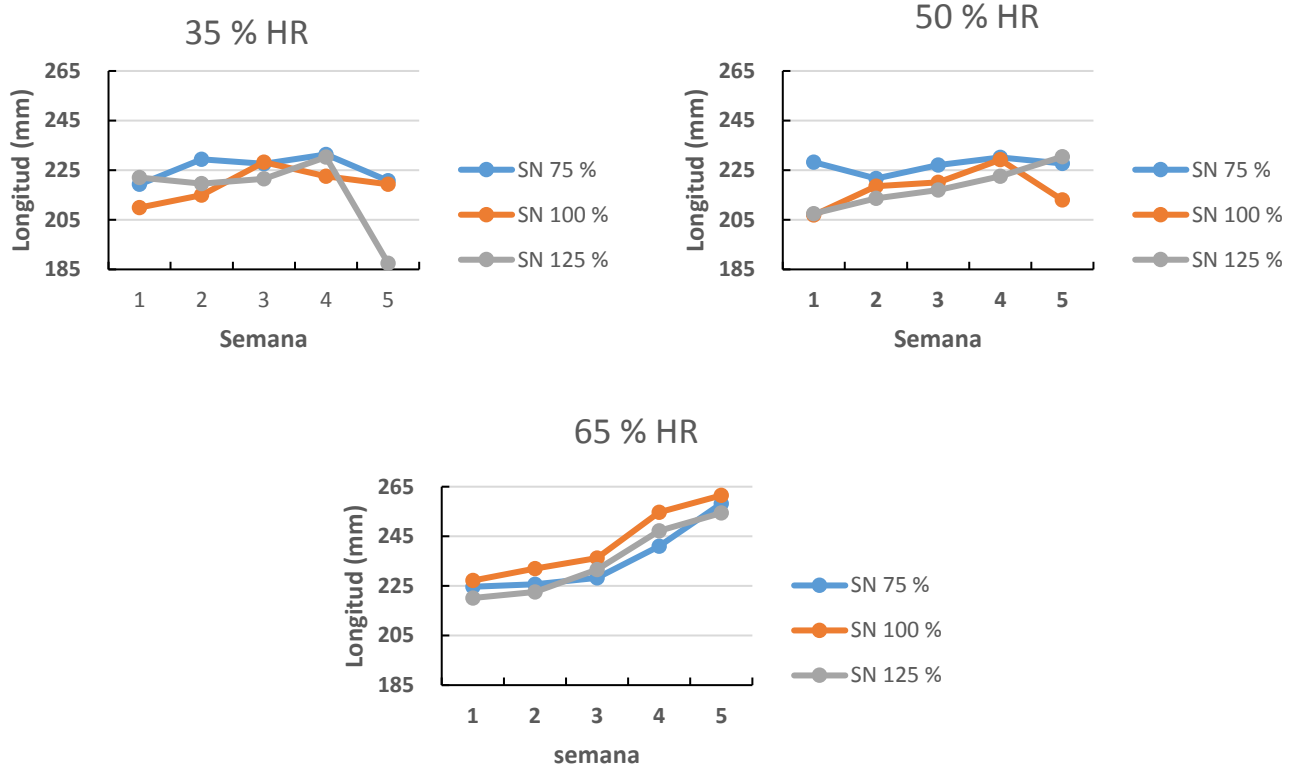


Figura 7 Comportamiento de la longitud de fruto por semana de cosecha en plantas de pepino bajo diferentes HR y con soluciones nutritivas a tres concentraciones.

En la (Figura 8), se explica como influyeron las SN sobre el diametro de fruto en las diferentes cámaras durante las cinco semanas de cosecha. Los frutos de menor diametro se obtuvieron en la cámara con 35% de HR durante la 1ª semana, especialmente cuando se emplearon las soluciones al 75% y 100% de concentración; sin embargo, en la 3ª semana los valores fueron similares en las tres SN. En la ultima semana, en las cámaras con 35% y 50% de HR disminuyeron a diferencia de la cámara con 65% de HR que aun presento su mejor diametro en el fruto, las SN de 100 % en la cámara con 50 % de HR y la SN 125 % en la cámara con 65% presentaron un crecimiento acendente hasta la 4ª o 5ª semana.

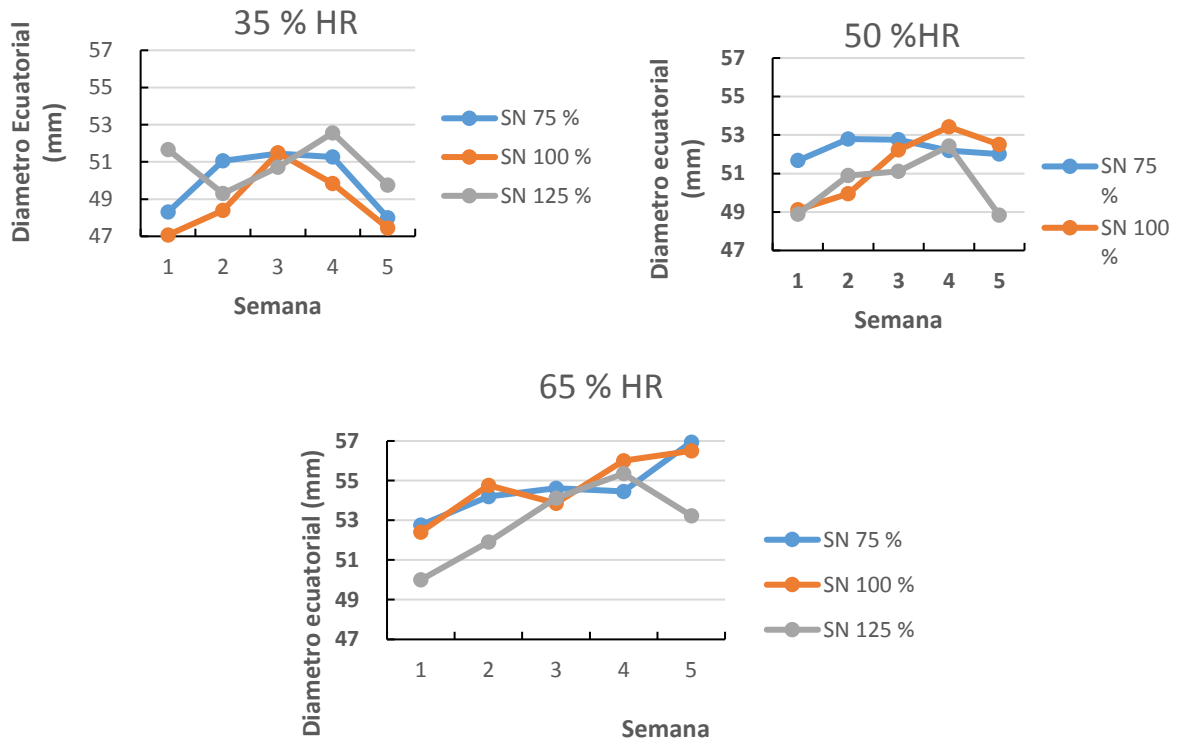


Figura 8 Comportamiento del diametro ecuatorial de fruto por semana de cosecha en plantas de pepino bajo diferentes HR y con soluciones nutritivas a tres concentraciones.

Rectitud (figura 9), con relación a la forma del fruto se observa que en la cámara con 35 % HR se obtuvieron los frutos con características más irregulares, sobre todo en la SN de 100 % que presentó un incremento desde el inicio del cultivo, en la 2da y 3ra semana los frutos tuvieron la misma forma en las tres SN en las cámaras con 50 % de HR, lo mismo en la cámara con 65 % de HR solo únicamente en la 3ra semana. Por lo tanto se determina que los frutos más uniformes se durante todo el ciclo se obtuvieron en la cámara con 65 % de HR, con las SN 75 y 100 % afirmando con la HR adecuada para el cultivo la forma de los frutos es más regular con la menor concentración de la SN.

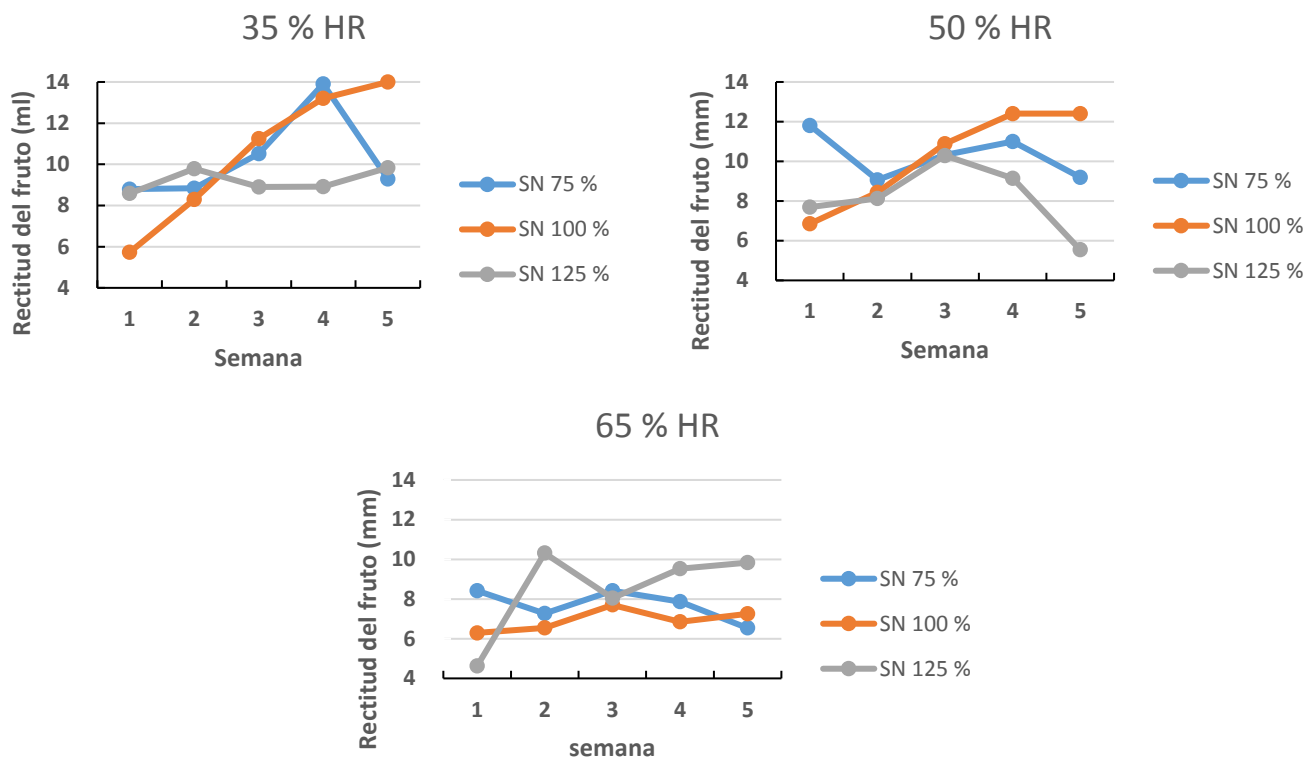


Figura 9 Comportamiento del curvamiento de fruto por semana de cosecha en plantas de pepino bajo diferentes HR y con soluciones nutritivas a tres concentraciones

V. CONCLUSIONES

La HR afectó el crecimiento, rendimiento y calidad del fruto de pepino, el contenido de NO_3 y K, el peso fresco del tallo, el rendimiento y parámetros del fruto, ya que estos aumentaron al desarrollar las plantas con una HR de 65 %.

La SN óptima depende de las condiciones ambientales en las cuales se implementa, las tendencias marcan que la disminución de SN a 75% en una HR alta mejoró el rendimiento, las variables de la planta (altura, peso fresco de hojas y tallo) y calidad de fruto (longitud, diámetro y curvatura), sin embargo el aumento de la SN a 125% de concentración aumentó el contenido de K en el fruto y el rendimiento en una baja HR. El aumento de la HR debe ir acompañada con una baja concentración de la SN para obtener buenos rendimientos y frutos de buena calidad.

VI. LITERATURA CITADA

- Adame, A, D, Y. 2020. Efecto de la concentración de la solución nutritiva en la producción del cultivo de pepino en un sistema de subirrigación. Tesis. UAAAN. Saltillo. Coahuila.
- Adams, S, R., Cockshull, K, E. y Cave, C, R, J. 2001. Effect of temperature on Growth and Development of Tomato Fruits. *Annals of Botany*. 88:869-877
- Adams, P. y Hand, D. 2015. Effects of humidity and Ca level on dry-matter and Ca accumulation by leaves of cucumber (*Cucumis sativus L.*). *Journal of Horticultural Science*. 68:767-774.
- Adams, P. y Ho, L, C. 1995. Uptake and distribution of nutrients in relation to tomato Fruit Quality. *International Symposium on Solanacea for Fresh Market*. 412: 374-387.
- Acevedo, I., Marcano, C., Contreras, J., Odaliz, J., Escalona, A. y Pérez, P. 2012. Characterization of agronomic crop management of cucumber (*Cucumis sativus L.*) at Humocaro Bajo, Lara state, Venezuela. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología, Producción Agrícola*. 30:36-42.
- Aguilera, A. 2011. *Fusarium oxysporum f. sp cucumerinum*. Formato PDF. Disponible en: <http://elhocinoadra.blogspot.com/2011/01/fusarium-oxysporum-f-sp-cucumerinum.html> (consultado: 20/10/2021).
- Aurelio, B, T. 2017. Evolución y Situación Actual de la Agricultura Protegida en México. In *Memorias VI Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas*. 21-22.
- Alvarado, C, D., Valdez, A, L, A., González, F, J, A., Rascón, A, E. Y Peña. R, F, M. 2020. Response of hydroponic lettuce to aeration, nitrate and potassium in the nutrient solution. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil and Plant Science*. 70: 341-348.
- Anjanappa, M., Venkatesha, J. y Kumara, B. 2012. Dry matter accumulation and uptake of nutrients by cucumber (cv. Hassan Local) as influenced by organic, inorganic and bio- fertilizers. *Karnataka. Agriculture Science*. 25:552-554.
- Argus. 2009. Understanding and using VPD, argus application Note. Canadá. 13.
- Arias, S. 2007. Manual de producción de pepino. Las Limas, Cortes, Honduras. Edición USAID.
- Ayala, T, F., López, C, C, A., Yáñez, J, M, G., Díaz, V, T., Velázquez, A, T, J. y Parra, D, J, M. 2019. Plant density and stem pruning in greenhouse cucumber production. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícola*. 10:1-12.

- Azcon, B, J. Y Talón, M. 2000. Fundamentos de la Fisiología Vegetal. McGraw-Hill Interamericana. 52:581-1.
- Barker, J, C. 1990. Effects of day and night humidity on yield and fruit quality of glasshouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum Mill.*). Journal of Horticultural Science. 65:323-331.
- Barraza, A, F, V. 2012. Acumulación de materia seca del cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*) en invernadero. Montería, CO. Temas Agrarios.17:18-29.
- Barraza, A, F, V. 2015. Calidad morfológica y fisiológica de pepinos cultivados en diferentes concentraciones nutrimentales. Revista Colombiana Ciencias Hortícolas. 9:60-71.
- Barraza, A, F, V. 2017. Absorción de N, P, K, Ca y Mg en cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*) bajo sistema hidropónico. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas.11:343-350.
- Barraza, A, F. 2012. Acumulación de materia seca del cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*) en invernadero. Temas Agrarios.17:18-29.
- Barraza, A, F. V. 2018. Extracción de Fe, Mn, Zn, Cu y B en cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 12:611-620.
- Barreiro, M, J, F. 2018. Efectos de la aplicación de fosfito de potasio en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*). Tesis. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Bastida, T, A. 2011. Los invernaderos y la agricultura protegida en México. Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México.
- Bastida, T, A. 2017. Evolución y Situación Actual de la Agricultura Protegida en México. Sexto congreso internacional de investigación en ciencias básicas y agronómicas. 21-22.
- Beckles, D, M. 2012. Factors Affecting the Postharvest Soluble Solids and Sugar Content of Tomato (*Solanum lycopersicum L.*) Fruit. Postharvest Biology and Technology. 63:129-140.
- Borbón, M, C, G., Arvizu A, M., García, F, A. y Robles, P, J. 2018. Ventajas comparativas del pepino mexicano de exportación hacia estados unidos. Revista Mexicana de Agronegocios. 43:3-6.
- Borlotti, A., Vigani, G. y Zocchi, G. 2012. Iron deficiency affects nitrogen metabolism in cucumber (*Cucumis sativus L.*) plants. BMC Plant Biology. 12:1-15.
- Boulard, T., Fatnassi, H., Roy, J, C., Lagier, J., Fargues, J., Smits, N., Rougier, M., Jeannequin, B. 2004. Effect of greenhouse ventilation on humidity of inside air and in leaf boundary-layer. Agricultural and Forest Meteorology. 125:225-239.

Bravo, J. 2013. Paquete tecnológico de pepino. Recuperado de <http://es.slideshare.net/josecito91/cultivo-de-pepino-29191910>.(20/10/2021).

Burt, J. 2007. Growing Cucumbers in Protected Cultivation in Western Australia. Department of Agricultura and Food Perth Australia. 3:13-14.

Carmona, V., Costa, L. y Filho, A. 2015. Symptoms of nutrient deficiencies on cucumbers. International Journal of Plant and Soil Science. 8:1-11.

Carrasco, G. 2004. Tratado de cultivo Sin suelo. Editorial Mundi-Prensa. 03:541-554.

Carrasco, G. y Izquierdo, J. 1996. La empresa hidropónica de mediana escala: la técnica de la solución nutritiva recirculante ("NFT"). Universidad de Talca. 56-90.

Carrasco, R, L. 2009. Efecto de la radiación ultravioleta-b en plantas. Idesia Arica. 27:59-76.

Carvajal, M., Cesar, M., Carlos, A, L., María, I, M, C. y Martínez, B. 2001. Investigación sobre la absorción de co2 por los cultivos más representativos de la región de murcia. Departamento de Nutrición Vegetal. CEBAS-Consejo Superior de Investigaciones Científicas 3010. SPAIN.

Casaca, A. 2005. Guías tecnológicas de frutas y vegetales. El cultivo del pepino. Folleto Técnico.

Casanova, S, A., Gómez ,O., Hernández, M., Chailloux, M., Depestre T., Pupo R, F., Hernández J.C., Moreno V., León M., Igarza A., Duarte C., Jiménez I., Santos, R., Navarro A., Marrero A., Cardozo H., Piñero, F., Arozarena., Villarino, R., Hernández, I, M., Martínez, E., Martínez, M., Meriño, B., Bernal, B., Martínez, H., Salgado, M, J., Socorro, A., Cañet, F., Fi, J., Rodríguez, A. y Osuna, A. 2007. Manual para la producción protegida de hortalizas. Instituto de Investigaciones Hortícolas. Editorial Liliana Dimitrova. La Habana Cuba.

Chacón, P, K. y Monge, P, J, E. 2017. Evaluación de rendimiento y calidad de tres genotipos de pepino tipo mini (*Cucumis sativus L.*) cultivados bajo invernadero en Costa Rica, durante la época seca. Tecnología en Marcha. 30:14-26.

Coic, Y. 1973. Les problèmes de composition et de concentration des solutions nutritives en culture sans sol. In Proceedings of IWOSC 1973 3rd International Congress on Soilless Culture. 158-164.

Coletto, J, M. 1995. Crecimiento y desarrollo de las especies frutales. 2ª Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 4:5-6.

Contreras, A., Laura, A., Heredia, J, B., Sánchez, A, César, E., Angulo, E., Miguel Ángel. y Villarreal, R, M. 2011. Efecto del genotipo y sales de calcio en la calidad de tomates frescos cortados. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 1:39-45.

Coveña, L. 2015. Evaluación de tres híbridos de pepino (*Cucumis sativus* L.) con dos poblaciones de siembra bajo el sistema de hidroponía Universidad de Guayaquil. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Guayaquil-Ecuador.

COOPER, A. 1979. The ABC of NFT. Casper Publications. Australia. 35.

Cornell University. 2010. Basic concepts of plant nutrition. En: NRCCA, <https://nrcca.cals.cornell.edu/nutrient/CA1/CA010102.php>. (consulta: septiembre de 2021).

Corozo, S. 2014. Fertilización química en la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en Esmeraldas. Universidad Técnica Estatal De Quevedo. Ecuador. 74.

Crosby, L., C. 2008. Growth and consumer evaluation of *Cucumis sativus* L. cultivated in controlled environments (Tesis de maestría en Horticultura). Texas Tech University, Texas, EEUU.

Danesh, R., Bidarigh, E, S., Azarpour, M. y Bozorgi, J. 2012. Study effects of nitrogen fertilizer management and foliar spraying of marine plant *Ascophyllum nodosum* extract on yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.). Journal Agriculture. Crop Sciences. 4:1492-1495.

De Rick, E. y Schrevens, G. 1977. pH influenced by the elemental composition of nutrient solution. Journal. Plant nutrition. 20:911-923.

De Gannes, A., Heru, K, R., Mohammed, A., Paul, C., Rowe, J., Sealy, L. y Seepersad, G. 2014. Tropical Greenhouse Manual for the Caribbean. CARDI, Trinidad and Tobago. P. 157.

Den Nijs, A, P, M. 1980. Adaptation of the glasshouse cucumber to lower temperatures in winter by breeding. Working-party on Greenhouse Cucumber. 118:65-71.

Du, Q., Zhang, D., Jiao, X., Song, X. y Li, J. 2018. Effects of atmospheric and soil water status on photosynthesis and growth in tomato. Plant Soil and Environment. 64:13-19.

Dussi, M, C. 2007. Intercepción y distribución lumínica en agroecosistemas frutícolas. Árboles frutales. Ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Argentina Gabriel O Sozzi. 6:229.

Elad, Y. y Shtienberg, D. 1995. Botrytis cinerea in greenhouse vegetables: chemical, cultural, physiological and biological controls and their integration. Integrated Pest Management Reviews. 1:15–29.

Etherington, J, R. 1982. Environmental and Plant Ecology. New York. Wiley. 498.

- Fanasca, S., Colla, S., Maiani, D., Venneria, S., Roupael, Y., Azzini, E. Y Saccardo, F. 2006. Changes in antioxidant content of tomato fruits in response to cultivar and nutrient solution composition. *Journal Agriculture. Food Chem.* 54:4319-4325.
- Fageria, N, K. 2001. Nutrient interactions in crop plants. *Journal of plant nutrition.* 24:1269-1290.
- Farquhar, G, D., 1978. Feedforward responses of stomata to humidity. *Aust. Journal of Plant Physiology.* 5:787-800.
- Farag, A., Abdrabbo, M. y Hassanein, J. 2010. Response of cucumber for mulch colors and phosphorus levels under greenhouse. *Egypt journal Horticulture.* 37, 53-64.
- Fleisher, D, H., Logendra, L, S., Moraru, C., Both, A., Cavazzoni, J., Gianfagna, T., Lee, T., Janes, H, W. 2006. Effect of temperature perturbations on tomato (*Lycopersicon esculentum Mill.*) quality and production scheduling. *Horticulture Science and Biotechnology.* 1:125-131
- FAO. 2015. *Statistical Pocketbook-World Food and Agriculture.* Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. 231.
- Fernández, M., Orgaz, F., Fereres, E., Lopez, J., Cespedes, A., Perez, J., Bonachela, S. y Gallardo, M. 2001. Programación del riego de cultivos hortícolas bajo invernadero en el sudeste español. Barcelona, España. 71.
- Fischer, G., Casierra, P, F. y Piedrahíta, W. 2009. Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. *Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas.* 45-67.
- Fischer, G. y Orduz, R, J, O. 2012. Ecofisiología en frutales. 54-72.
- Fricke, W. 2017. Water transport and energy. *Plant, Cell Y Environment.* 40:977-994.
- Gálvez, F. 2004. El cultivo de pepino en invernadero, Editor manual de producción hortícola en invernadero. 2:282-293.
- Gautier, H., Guichard, S. Y Tchamitchian, M. 2001. Modulation of competition between fruits and leaves by flower pruning and water fogging, and consequences on tomato leaf and fruit growth. *Annals of Botany.* 88:645- 652.
- García, T. 2008. La conversión hacia una agricultura ecológica. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. Mimeografiado. 13.
- Grange, R. Y hand, D. 1987. A review of the effects of atmospheric humidity on the growth of horticultural crops. *Journal of Horticultural Science (Reino Unido).* 62:125-134.
- Graves, C. 1983. The nutrient Film Technique. *Horticultural Reviews.* 5:43.

Ghehsareh, A., Khosravan, S. y Shahabi, A. 2011. The effect of different nutrient solutions on some growth indices of greenhouse cucumber in soilless culture. *J. Plant Breed. Crop Science.* 3:321-326.

Green, J., Lucero, L, M, F. y Sánchez, C, V. 2012. Inteligencia de Mercado de Pepino, La Paz, Baja California Sur, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR).

Grijalva, C, R, L., Macias, D, R., Grijalva, D, S, A. y Robles, C, F. 2013. Evaluación de densidades y arreglos de plantación en tomate bola en condiciones de invernadero en el noroeste de Sonora. *Biotecnia.* 12:20-28.

Grijalva, R. L., Macías, R., Grijalva, S. A., Robles, F. 2011. Evaluación del efecto de la fecha de siembra en la productividad y calidad de híbridos de pepino europeo bajo condiciones de invernadero en el noroeste de Sonora. *Biotecnia.* 13:29-36.

Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Skrumsager, M, I. y White, P. 2012. Functions of macronutrients. *Mineral Nutrition of Higher Plants.* 135-189.

Hernandez, J, M, J., Baca, C, G, A., Gustavo, A, L, A., Navarro, A, S, G., Prometo, T, T, L., Sahaugun, C, J. y Colinas, L, M, T. 2006. Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. *Interciencia.* 31:246-253.

Hernández, A., Cock, J. y Sharkawy, M. 1989. The response of leaf gas exchange and stomatal conductance to air humidity in shade-grown coffee, tea, and cacao plants as compared with sunflower. *Revista Brasileña Fisiología Vegetal.* 1:155-161.

Hernández, M, G. 2006. Manejo del pepino en invernadero. Diplomado internacional en horticultura protegida. Cd. Obregón, Sonora, México. 5:49

Hetherington A, M. y Woodward, F, I. 2003. The role of stomata in sensing and driving environmental change. *Nature.* 424:901-908.

Hochmuth, R. C. 2015. Greenhouse Cucumber Production Florida Greenhouse Vegetable Production Handbook. Horticultural Sciences Department, University of Florida. 3:1-8

Hochmuth, R, C. 2001. Greenhouse cucumber production. Florida greenhouse vegetable production Handbook. Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. 3.1-7.

Ibrahim, M, H. y Jaafar, H, Z. 2012. Primary, secondary metabolites, H₂O₂, malondialdehyde and photosynthetic responses of *Orthosiphon stamineus* Benth. to different irradiance levels. *Molecules.* 17:1159-1176.

Ishida, A., Toma, T., Matsumoto, Y., Yap, S, K., Maruyama, Y., 1996. Diurnal changes in leaf gas exchange characteristics in the uppermost canopy of a rain forest tree, *M. Dryobalanops aromatica* Gaertn. f. *Tree Physiology.* 16:779-785.

- Janse, J. y Welles G, W, H. 1984. Effects of energy saving measures on keeping quality of tomato and cucumber fruits. In Symposium on Quality of Vegetables. 18:261-270.
- Jarma, O, A., Cardona, A, C. y Araméndiz, T, H. 2012. Efecto del cambio climático sobre la fisiología de las plantas cultivadas: una revisión. Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica. 15:63–76.
- Johnny's, S, S. 2014. Cucumber types and terminology. Recuperado de <http://www.johnnyseeds.com/assets/information/cucumbers-types-terminology-8989.pdf> (consultado 20 / 10 /2021).
- Kazemi, M. 2013. Response of cucumber plants to foliar application of calcium chloride and paclobutrazol under greenhouse conditions. Bull. Env. Pharmacol. Life Sciences. 2:15-18.
- Kapuriya, V, K., Ameta, K, D., Teli, S, K., Chittora, A., Gathala, S. y Yadav, S. 2017 Effect of spacing and training on growth and yield of polyhouse grown cucumber (*Cucumis sativus* L.). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 6:299-304.
- Khodayari, A. 2018. Aviation 2006 NO_x-induced effects on atmospheric ozone and OH in Community Earth System Model (CESM), Atmos. Chem. Phys.14:9925-9939.
- Koske, J, T. 1981. Cucumbers vegetable Gardening Tips. LSU AgCenter Research Y Extension. Louisiana State University.1.
- Krístková, E., Lebeda, A., Vinter, V. y Blahousek, O. 2003. Genetic resources of the genus *Cucumis* and their morphological description. Horticultural Sciences. 30:1 - 8.
- Lambers, H., Chanpin, F. y Pons, T. 2008. Plant physiological ecology. 2:605.
- Lapinel, B. 2008. Conferencia sobre la sequía en Cuba. Revista Electrónica Granma Ciencia. 12:1.
- Lara, H, J. 2007. Perspectivas de la exportación de pepino fresco al Mercado de Ontario Canada. Tesis. Universidad de Aguascalientes.
- Lester, G, E., Jifon, J, L. y Makus, J, D. 2009. Impact of potassium nutrition on postharvest fruit quality: Melon (*Cucumis melo* L.) case study. Plant Soil. 335:117-131.
- Li, T., Ding, Y., Hu, Y., Sun, L., Jiang, C. y Liu, Y. 2015. Diurnal changes in photosynthesis in (*Sclerocarya birrea*) from South Africa and Israel after introduction and acclimatization in Wenshan, Yunnan Province, China. South African Journal of Botany. 100:101-107.
- López, J. 2018. La producción hidropónica de cultivos. Idesia Arica. 36:139-141.

- López, E, J., Garza, S., Huez, M, A., Jiménez, J., Rueda, E, O. y Murillo, B. 2015. Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en función de la densidad de plantación en condiciones de invernadero. *European Scientific Journal*. 11:25-36.
- López, J, E., Huez, L, M., Rueda, P, E, O., Jiménez, L, J., Garza, O, S., Cruz, B, F. y Rodríguez, J, C. 2013. Evaluación de dos sistemas de poda en pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero. XVI Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. 1-6.
- Lopez, E, J., Rodríguez, J, C., Huez, M, A., Garza, S., Jiménez, J. y Leyva, E, I. 2011. Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. 29: 21-27.
- López, E, J., Huez, L, M, A., Pacheco, A, F., Jiménez, L, J. y Preciado, F, F, A. 2011. Productividad y calidad de dos cultivares de pepino en respuesta a la densidad de plantación. *Biotecnia*. 13:23-28.
- López, C. 2003. Guía Técnica Cultivo de pepino. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). 17.
- Lorenzo, P. 2012. El cultivo en invernaderos y su relación con el clima. Cuadernos de estudios agroalimentarios. 3:23-44.
- Lorenzo, P., Sánchez, G, M, C., Medrano, E., Alonso, F, J., García, M, L. 2010. Sombreado. Manejo del clima en el invernadero Mediterráneo. IFAPA. 39-54.
- Lu, N., Nukaya, T., Kamimura, T., Zhang, D., Kurimoto, I., Takagaki, M. y Yamori, W. 2015. Control of vapor pressure deficit (DPV) in greenhouse enhanced tomato growth and productivity during the winter season. *Scientia Horticulturae*. 197:17-23.
- Maboko, M, M., Du Plooy, C. P. y Chiloane, S. 2011. Effect of plant population, fruit and stem pruning on yield and quality of hydroponically grown tomato. *African Journal of Agricultural Research*. 6:5144-5148.
- Macías, D, R., Grijalva, C, R, L., Robles, C, F. y Valenzuela, R, M, J. 2007. Effect of sowing date on yield and bulb quality in onion in Northwest Sonora, Mexico. *Horticultural Science*. 42:1009.
- Macías, D, R., Grijalva, C, R, L., Robles, C, F., Valenzuela, R, M, J. y Nuñez, .F. 2009. Efecto de la fecha de siembra sobre la productividad y calidad de cuatro variedades de cebolla (*Allium cepa* L.). XII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali. México. 497-501.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higer Plants. Academic Press Limited. London, Great Britain. 889.
- Maroto, J., Miguel, A. y Pomares, F. 2010. El cultivo de pepino. Fundación Caja Rural Valencia. Ediciones Mundi-prensa. Madrid. 322.
- Masclaux, D, C., Daniel, V, F., Dechorgnat, J., Chardon, F., Gaufichon, L. y Suzuki, A. 2010. Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. *Annals of botany*. 105:1141-1157.

- Mavi, H, S. y Tupper, J, G. 2004. Agrometeorology. Principles and applications of climate studies in agriculture. Food Products Press, New York, NY.
- Max, J, F, J., Schmidt, L., Mutwiwa, U, N. Y Kahlen, K. 2016. Effects of shoot pruning and inflorescence thinning on plant growth, yield and fruit quality of greenhouse tomatoes in a tropical climate. *Journal Agricultural Rural Develop.* 117:45-56.
- McAdam, S, A. Y Brodribb, T, J. 2016. Linking turgor with ABA biosynthesis: implications for stomatal responses to vapor pressure deficit across land plants. *Plant Physiology.* 171:2008-2016.
- McCullough, D, E., Girardin, P, H, M., Mihajlovic, A, A. y Tollenaar, M. 1994. Influence of N supply on development and dry matter accumulation of an old and new maize hybrid. *Can. Journal Plant Sciences.* 74:471-477.
- Mendoza, P, C., Ramírez, A, C., Martínez, R, A., Rubiños, P, J, E., Trejo, C. y Vargas, O, A, G. 2018. Efecto de número de tallos en la producción y calidad de jitomate cultivado en invernadero. *Revista Mexicana. Ciencia Agrícola.* 9:355-366.
- Méndez, A. 2016. Evaluación de la producción de pepino (*Cucumis sativus L.*) con porcentaje de lixiviado de vermicompost en invernadero. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila México.
- Méndez, D, H, A., Rangel, P, P., Chávez, E, S., Esparza, R, J, R., Hernandez, M, F. y Reyna, A, M, P. 2018. El potasio en la calidad nutracéutica de frutos de pepino hidropónico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 20.
- Miller, A. 2014. Plant mineral nutrition. John Wiley y Sons. Chichester, England: John Wiley y Sons, Ltd. 6 .
- Moreno, E, C., Sánchez, F. y Noriega, J. 2017. Calibración Y Caracterización De Un Sensor Congreso Nacional De Riego Y Drenaje Comeii. 485:1–11.
- Moreno, D., Cruz, W, E., García, A, L. Y Barrios B, J. 2013. Cambios fisicoquímicos poscosecha en tres cultivares de pepino con y sin película plástica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 4:909-920.
- Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Ojeda, T, C, N. 2011. producción y calidad de genotipos de pepino (*Cucumis sativus L.*) bajo un sistema organico a campo abierto. Tesis. UAAAN UL. Torreon Coahuila Mexico. 2-47.
- Olalde, V., Matache, A., Carreño, E., Martínez, J. y Ramírez, M. 2014. El sistema de tutorado y poda sobre el rendimiento de pepino en ambiente protegido. VE. *Revista Científica Interciencia.* 39:712-717.

Ortas, L. 2010. Effect of mycorrhiza application on plant growth and nutrient uptake in cucumber production under field conditions. Spanish Journal of Agricultural Research. 8:116-122.

Ortiz, C, J., Sánchez C, F., Mendoza C, M, C. y Torres, G, A. 2009. Desirable Traits For Cucumber Plants Grown Under Greenhouse And Hydroponics At High Plant Densities. Revista Fitotecnia Mexicana. 32:289-294.

Oren, R., Sperry, J, S., Katul, G, G., Pataki, D, E., Ewers, B, E., Phillips, N. y Schäfer, K, V, R. 1999. Survey and synthesis of intra- and interspecific variation in stomatal sensitivity to vapour pressure deficit. Plant, Cell and Environment. 22:1515-1526.

Parra, R, B, C. 2005. Fotosensibilidad de plantines de pepino de ensalada (*Cucumis sativus* L.) expuestos a radiación ultravioleta del tipo B (UV-B). Tesis. 50-20.

Parra, T, S., Baca, C, G, A., Tirado, T, J, L., Villareal, R, M., Sanchez, P, P. y Hernández, V, S. 2009. Calidad de fruto, descomposición y distribución de los elementos minerales en pepino en respuesta a silicio y al potencial osmótico de la solución nutritiva. Terra latinoamericana.

Pérez, M, E, M., Felipe, S, C., José, L, N, N. 2017. Concentraciones de solución nutritiva, volúmenes de sustrato y frecuencias de riego en pepino bajo invernadero. Iii congreso nacional de riego y drenaje comeil. Universidad Autónoma Chapingo.

Peil, R, M, N., Albuquerque, N, A, A, R. y Rombaldi, C, V. 2014. Plant density and cherry tomato genotypes in closed substrate growing system. Horticulture. Brasil. 32:234-240.

Prenger, J. y Ling, P. 2001. Greenhouse condensation control, understanding and using vapor pressure deficit (VPD). Extension Factsheet. The Ohio State University. Estados Unidos. 4.

Prajapati, K. y Modi, H. 2016. Growth promoting effect of potassium solubilizing *Enterobacter hormaechei* (KSB-8) on cucumber (*Cucumis sativus*) under hydroponic.

Ponce, P. 2013. Manejo de temperatura, riego, y más. <http://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/tu-primer-invernadero-manejo-de-temperatura-riego-y-mas-parte-ii/>. (Consultado: 01 de noviembre del 2020)

Qian, M., Rosenqvist, E., Flygare, A, M., Kalbina, I., Teng, Y., Jansen M, A, K. y Strid, A. 2019. UV-A light induces a robust and dwarfed phenotype in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) without affecting fruit yield. Scientia Horticulturae. 263:109-110.

Qiu, R., Du, T., Kang, S., Chen, R. y Wu, L. 2015. Influence of water and nitrogen stress on stem sap flow of tomato grown in a solar greenhouse. Journal of the American Society for Horticultural Science. 140:111-119.

Rahmatian, A., Delshad, M. y Salehi, R. 2014. Effect of grafting on growth, yield and fruit quality of single and double stemmed tomato plants grown hydroponically. *Horticultural Environ Biotechnol.* 55:115-119.

Ramirez, G., Rico, E., Mercado, A., Ocampo, R., Guevara, R., Soto, G. Y Godoy, H. 2012. Efecto del manejo cultural y sombreo sobre la productividad del cultivo del pepino (*cucumis sativus L.*). *Ciencia.* 5:1-9.

Reho, A, I. 2015. El pepino sinaloense continúa escalando su exportación, del 02 de mayo. Disponible en: <https://www.hortalizas.com/horticulturaprotegida/el-pepino-sinaloense-continua-escalando-su-exportacion/> (consultado: 12:10/2021).

Reyes, G, C, E. 2012. Dinámica nutrimental y rendimiento de pepino en sistemas hidropónicos con recirculación de la solución nutritiva. Tesis. Universidad Autónoma de Chapingo.

Ribeiro, R, V., Machado, E.C., Magalhães, J, R., Lobo, A, K., Martins, M, O., Silveira, J., Yin, X. y Struik, P. 2017. Increased sink strength offsets the inhibitory effect of sucrose on sugarcane photosynthesis. 208:61-69.

Roa, J. 2015. Densidad de siembra y dosis de Biol en la producción de pepino (*Cucumis sativus L.*) en Esmeralda. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador. 77.

Ruiz, J, M. y Romero, L. 2005. Relationship between potassium fertilisation and nitrate assimilation in leaves and fruits of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Annals of Applied Biology.* 140:241-245.

Ruiz, M. J., González, I, G., Flores, H., Ortiz, C., Byerly, K. y Martínez, R. 2013. Requerimientos Agroecológicos del Cultivo del pepino. Sagarpa.2.

Sánchez, D, C, F., Moreno, P, E, C. Y Contreras, M, E. 2003. Development of alternative crop systems for commercial production of vegetables in hydroponics tomato. *Acta Horticulture.* 947:179-187.

Sánchez, C, F, E., Moreno, E., Contreras, G, V. 2006. Reducción del ciclo de crecimiento en pepino europeo mediante trasplante tardío. *Revista Fitotecnia.* México. 29:87-90.

Sánchez, G, M, C., Alonso, J, F., Lorenzo, P., Medrano, E. 2010. Manejo del clima en el invernadero mediterráneo. España: Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), Consejería de Agricultura y Pesca. Andalucía. 130.

Santiago, G, A., Sergio, G, B, V., Rubén B, M., Circe A, A, G., Evangelina ,E, Q, A., Gabriel, R, E. Y Cecilia, R, J, R. 2020. Nutrient requirement and potassium nutrition in Persian cucumber with pruning to a single stem. *Terra Latinoamericana.* 39:1-10.

Sarhan, T, Z. Y Ismael, S, F. 2014. Effect of low temperature and seaweed extracts on flowering and yield of two cucumber cultivars (*Cucumis sativus L.*). *International Journal of Agricultural and Food Research.* 3:41-54.

- Schnitman, G. 2007. Principales vertientes de la agricultura orgánica. IN: Agricultura orgánica. Experiencias de cultivo ecológico en Argentina. Editorial Planeta. 333.
- Schapendonk, A, H, C. y Brouwer, Y. 1984. Fruit Growth of cucumber in relation to assimilate supply and sink activity. *Scientia Horticulturae*. 23:21-33.
- Scholberg, J., McNeal, B, L., Jones, J, W., Boote, K, J., Stanley, C, D. y Obreza, T, A. 2000. Growth and canopy characteristics of field-grown tomato. *Agronomy Journal*. 92:152-159.
- Schöffl, F., Prandl, R. y Reindl, A. 1999. Molecular responses to heat stress. *Molecular Responses to Cold, Drought, Heat and Salt Stress in Higher Plants*. Landes Co., Austin, Texas. 81-98.
- Shaw, N., Cantliffe, D., Funes, J. Y Shine, C. 2004. Successful beet alpha cucumber production in the greenhouse using pine bark as an alternative soilless media. *HortTechnology*. 14:289-294.
- Shivaraj, D., Lakshminarayana, D., Prasanth, P. y Ramesh, T. 2018. Studies on the Effect of Pruning on Cucumber cv. Malini Grown Under Protected Conditions. *Journal Curr.Microbiolgy Sciences*. 7:2019-2023.
- Sharma, S., Kumar, R., Chatterjee, S. y Sharma, H. R. 2018. Correlation and path analysis studies for yield and its attributes in cucumber (*Cucumis sativus L.*). *International Journal of Chemical Studies*. 6:2045-2048.
- Shamshiri, R, R., Jones, J, W., Thorp, K, R., Ahmad, D., Man, H, C. Y Taheri, S. 2018. Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit for microclimate evaluation and control in greenhouse cultivation of tomato: A review. *International Agrophysics*. 32:287-302.
- Singh, D, K., Ahirwar, C, S. y Kushwaha, M, L. 2017. Assessment of genetic variation in cucumber (*Cucumis sativus L.*) germplasm on correlation, path analysis and cluster analysis. *Chemical Science Review and Letters*. 6:1886- 1893.
- Sívori, M, E. 1986. Nutrición mineral. Editorial Hemisferio Sur. 245-284.
- Smitha, K. y Sunil, K, M. 2016. Influence of growing environment on growth characters of cucumber (*Cucumis sativus*). *Journal of Tropical Agriculture*. 54:201-203
- Sofo, A., Nuzzo, V., Palese, A, M., Xiloyannis, C., Celano, G., Zukowsky, P. Y Dichio, B. 2005. Net CO₂ storage in Mediterranean olive and peach orchards. *Sencie. Horticulture*. 107:17–24.
- Stanghellini, C. 2014. Horticultural production in greenhouses: efficient use of water. In *International Symposium on Growing Media and Soilless Cultivation*. 1034:25-32.

Steudle, E. y Peterson, C. 1998. How does water get through roots. Journal of experimental Botany. 49:775-788.

Steiner, A, A .1961. A Universal Method for Preparing Nutrient Solutions of a Certain Desired Composition. Plant Soil. 15:134-154.

Steiner, A, A .1966. The Influence of the Chemical Composition of a Nutrient Solution on the Production of Tomato Plants. Plant Soil. 24:434-466

Steiner, A, A .1968. Soilless culture. En Proc. 6th Colloq. Int. Potash Inst. Florence Italy. 324-341.

Steiner, A, A .1973. The Selective Capacity of Tomato Plants for Ions in a Nutrient Solution. En Proc. 3rd Int. Cong. Soilless Cult. Sassari Italy. 43-54.

Steiner, A, A .1980. The Selective Capacity of Plants for Ions and its Importance for the Composition and Treatment of the Nutrient Solution. Wageningen, Holanda. 83-94.

Steiner, A, A .1984. The Universal Nutrient Solution. En Proc 6th Int. Cong. Soilless Cult. 633-649.

Suthar, M, R., Arora, S, K., Bhatia, A, K., Singh, V, P. y Malik, T, P. 2007. Effect of pruning and ethereal Application on flowering behavior of Cucumber (*Cucumis sativus L*) under polyhouse conditions. Haryana Journal of Horticultural Sciences. 36:135-138.

Suslov, T. y M. Cantwell. 2012. Cucumber: Recommendations for maintaining postharvest quality. En: <http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/CucumberPhotos/>. (consultado: 20/ 10/ 2021).

Suslow, T. y Cantwell, M.1997. Cucumber Recommendations and Maintaining Postharvest Quality. Department of Sciences, University of California, Davis.

Suthar, M, R., Arora, S, K., Bhatia, A, K., Singh, V, P. y Malik, T, P. 2007. Effect of pruning and ethereal Application on flowering behavior of Cucumber (*Cucumis sativus L*) under polyhouse conditions. Haryana Journal of Horticultural Sciences. 36:135-138.

Tamaro, D. 2012. Guía para el cultivo de hortalizas. Editorial Limiusa. Mx. 34.

Tanny, J. 2012. Microclimate and evapotranspiration of crops covered by agricultural screens: A review. Biosystems Engineering. 114:26-43.

Tafoya, F, A., Carlos, A, L, O., Moisés G, Y, J., Tomás D, V, Teresa J, V, A. Y Juan M, P, D. 2019. Densidad de plantas y poda de tallos en la producción de pepino en invernadero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 10:1.

Té, E. 2008. Producción orgánica de tres variedades de pepino bajo condiciones de invernadero. Tesis. Universidad Autónoma de Querétaro. México.

- Teitel, M., Atias, M. Y Barak, M. 2010. Gradients of temperature, humidity and CO₂ along a fan-ventilated greenhouse. *Biosystems Engineering*. 106:166-174.
- Terraza, S, P., Gustavo, E, G, T., Werner, R, C. Y Sergio, H, V. 2016. Relación NO₃-/K⁺ en la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de pepino hidropónico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7:6.
- Tognoni, F. y Alpi, A. 1999. Cultivo en invernadero. Ediciones Mundi-Prensa.
- Torres, F, N. 2015. Agronomic behavior of the `diamond`àmanda´ and `jaguar hybrid cucumbers in three population densities in the Babahoyo area. Babahoyo: UTB.
- USITC. 2015. United States International Trade Commission. <http://www.usitc.gov/>. (Consultado en Septiembre 2021).
- Valencia, A, S. 2017. Producción de pepino en hidroponía. Universidad Autónoma del Estado de Mexico. Unidad de aprendizaje. Horticultura avanzada.
- Van, O, R. 2007. Optimal Control Design for a Solar Greenhouse. Ph. D. Thesis Wageningen University. The Netherlands. 42.
- Valenzuela, H., Hamasaki, R. y Fukuda, S. 1994. Field Cucumber production guidelines for Hawaii (No. 14488). Hitahr. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, Honolulu, HI, USA.
- Valenzuela, V, J, M. y Borbón, S, J. 2007. Chile jalapeño Fechas de siembra y manejo agronómico de acuerdo a la fecha de trasplante. XII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. Zacatecas México. 140.
- Vasco, M, R. 2003. El cultivo de pepino bajo invernadero. (Coord. Camacho FA). *Cajamar España*. 2:691-722.
- Veena, R., Sidhu, A. S., Pitchaimuthu, M. y Souravi, K. 2013. Character association for fruit yield and yield traits in Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*. 4:1108-1112.
- Verheul, M, J., Slimestad, S, L. Y Johnsen, R. 2013. Physicochemical changes and sensory evaluation of slicing cucumbers from different origins. *Journal Horticultura Ciencia*. 78:176-183.
- Villegas, T, O, G., Sánchez, G, P., Baca, C, G, A., Rodríguez, M, M, N., Trejo, M, C., Sandoval, V. y Cárdenas, S, E. 2005. Crecimiento y estado nutricional de plántulas de tomate en soluciones nutritivas con diferente concentración de calcio y potencial osmótico. *Terra Latinoamericana*. 23:49-56.
- Vladimirovn, M., Yurievna, L, O., Semenovna, R, E., Esaulko, A, N. y Sosyura, A, E. 2015. Effect of Growth Factors on the Metabolism of Cucumber Crops Grown in a Greenhouse. *Biosciences Biotechnology Research Asia*. 12:1397-1404.

White, P, J. Y Brown, P, H. 2010. Plant nutrition for sustainable development and global health. *Annals of Botany*. 105:1073-1080.

Wittwer, S, H. Y Honma, S. 1997. Greenhouse tomatoes, lettuce, and cucumbers. Section 3, Greenhouse cucumbers. Michigan State University, USA.

Zamora, E. 2017. El cultivo de pepino tipo slicer americano (*cucumis sativus* L.) bajo cubiertas plásticas. Universidad de sonora. *Cultivos Protegidos*. 5-18.

Zhang, T., Li, X., Xiao, G, Y, Y., Xiangyu, D, Q, F. y Chen, S. 2019. Genetic analysis and QTL mapping of fruit length and diameter in a cucumber (*Cucumis sativus* L.) recombinant inbred line (RIL) population. *Scientia Horticulturae*. 250:214-222.

Zhang, Y. y Shi, H. 2008. Influences of phosphate deficiency in the medium on growth, activities of antioxidant enzymes and utilization of nitrogen resource in *Cucumis sativus* hairy roots. *Chinese journal of biotechnology*. 24:1604-1612.

Zhu, S., Wu, G., Cai, H., Liu, G., Liu, R, L. y Yang, X. 2015. Effects of low magnesium on photosynthesis characteristics and antioxidant system in cucumber seedlings under low temperature. *Yingyong Shengtai*. 26:1351-1358.

Zitter, T, A., Hopkins, D, L. Y Thomas, C, E. 2004. Plagas y enfermedades de las cucurbitáceas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. 88.

Zolnier, S., Gates, R, S., Buxton, J. Y Mach, C. 2000. Psychrometric and ventilation constraints for vapor pressure deficit control. *Computers and Electronics in Agriculture*. 26:343-359.

Citas electrónicas

AMHPAC. 2013. Agricultura protegida en México. <http://www.amhpac.org/es/index.php/homepage/agricultura-protegida-en-mexico>. (consultado; 01/11/2021).

AMS-USDA. 2017. Pickling Cucumbers Grades and Standards. <https://www.ams.usda.gov/grades-standards/pickling-cucumbers-grades-and-standards>. (Consultado 23 de octubre 2021).

FAOSTAT. 2018. Cultivos. En: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. (Consultado:01/02/2020)

FAO.2016. Alimentación y agricultura. En: <http://fao.org/faostat/es/home>; (consultado; 14/01/2020).

Hidroponía, mx. 2017. Situación actual del cultivo de pepino en México. Disponible en: <http://hidroponia.mx/situacion-actual-del-cultivo-de-pepino-en-mexico/> (Consultado 23 de octubre 2021)

Norma Mexicana-FF-023.1982. Productos alimenticios no industrializados para uso humano fruta fresca (*Cucumis sativus*) especificaciones. Secretaria de comercio y fomento industrial. En: <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/1982/nmx-ff-023-1982.pdf>. (Consultado; 02/11/2021).

Seminis, mx. (2018). Producción y exportación de pepino cultivado en Mexico. Disponible en: <https://www.seminis.mx/produccion-y-exportacion-del-pepino-cultivado-en-mexico/>. (Consultado; 12 / 11 / 2021)

SIAP. 2015. Márgenes de comercialización del pepino. En: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/71326/MargenesComer_Pepino_Feb2015.pdf. (Consultado: 17/01/20).

SIAP. 2016. Servicio de Información Agrolimentaria y Pesquera. SAGARPA. Atlas agroalimentaria pepino.128-129.http://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones-siap/pag/2016/Atlas-Agrolimentario-2016. (Consultado: 27/01/20).

SIAP. 2017. Servicio de informacion agroalimentaria y pesquera. SAGARPA, Mexico. Disponible en <http://www.campomexicano.gob.mx/boletinsiap/002-e.html>. (Consultado: 25 /10 / 2021).

SIAP. 2018. Qué productos se obtienen con la agricultura protegida <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/productos-que-nos-ofrece-la-la-agricultura-protegida>. (Consultado: 28/ 10/2021).

SIAP. 2020. Servicio de informacion agroalimentaria y pesquera. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.inforural.com.mx%2Fwp-content%2Fuploads%2F2020%2F11%2FAtlas-Agroalimentario-2020.pdf&clen=38895966&chunk=true>. (Consultado: 20/ 10/ 2021).

Revista mexicana de comercio exterior. 2021. España y México lideran exportaciones de pepino [.http://www.estrategiaaduanera.mx/espana-y-mexico-lideran-exportaciones-de-pepino/](http://www.estrategiaaduanera.mx/espana-y-mexico-lideran-exportaciones-de-pepino/). (Consultado: 25 /10/ 2021).

TRADEMAP. 2015. Centro de Comercio Internacional (ITC). Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas. <http://www.trademap.org/Index.aspx>. (Consultada 27 Octubre 2021).

