

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto de la Relación Calcio-Magnesio en la Producción y Calidad de Pepino en  
Invernadero y Malla Sombra

Por:

**ISAAC GUAJARDO PAZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto de la Relación Calcio-Magnesio en la Producción y Calidad de Pepino en  
Invernadero y Malla Sombra

Por:


**ISAAC GUAJARDO PAZ**


TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Valentín Robledo Torres  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Neymar Camposeco Montejo  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía

  
Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2017

## **AGRADECIMIENTO**

Al Gran Creador del Universo, al Padre Omnipotente, Omniabarcante y Omnipresente, por la oportunidad de darme la vida, y quien sin Él no podría haber hecho nada en absoluto, que se haga su voluntad en todo el Cosmos.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme brindado la oportunidad de finalizar mi carrera profesional, dentro de una Institución, con una historia grandiosa y personas sin igual, de todo México.

Al M.C. Neymar Camposeco Montejó por brindarme la oportunidad de hacer el presente trabajo, por orientarme, por compartir sus conocimientos y experiencias, y su atenta disponibilidad.

Al Dr. Valentín Robledo Torres por su gran apoyo, experiencia, orientación y disponibilidad para el desarrollo del trabajo.

Al Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente por su valiosa colaboración y revisión de este trabajo, además de reforzarme en clases, el conocimiento agronómico necesario para llegar hasta este punto.

Al Dr. Armando Hernández Pérez por su colaboración para el presente trabajo, y también por su apoyo en clases, dándome conocimientos esenciales en la Agronomía actual.

Al M.C. Inocente Mata Beltrán por darme una de las mejores clases en la Narro al final de la carrera, y orientarme para desarrollar este escrito.

Al M.C. Álvaro García León por su gran apoyo, amistad y consejo, por brindarme un lugar para mi semestre de campo, enseñándome un sinfín de cosas.

A mis amigos, Juan Fernando Soberon N., Luis A. de la Cruz, Daniel H. Vargas, Sebastián P. Vázquez, Manuel Pérez, Bilse Barbosa, etc., por estar ahí cuando más se necesitaba y apoyarme con su amistad.

A todos mis compañeros de generación, gracias por su amistad a lo largo de esta etapa, por permitirme ser parte de su vida, y por su apoyo durante este tiempo, les deseo lo mejor a todos y cada uno de ustedes.

## DEDICATORIA

Al Gran Maestro de Maestros, a la Luz de la Verdad y el Amor, que ha depositado en todos nosotros desde tiempos inmemorables, por ser nuestro eterno Maestro y Consejero. Aquel que dijo: ¡Gloria a Dios en las alturas, y Paz en la Tierra a los hombres de buena voluntad!

A mis padres Oscar Guajardo Ríos y María Paz Ponce, a quienes agradezco muchísimo todo lo que han hecho por mí, alentando y apoyándome de forma incondicional a seguir adelante, sin importar lo que tenga que pasar. Su comprensión, amor y conocimiento, han sido uno de los pilares de una gran familia, siendo además un ejemplo a seguir en muchos aspectos. El presente trabajo también es de Ellos, porque no hubiera sido posible sin su presencia. Les expreso el gran amor que tengo por ustedes y agradezco nuevamente su constante esfuerzo, confianza y apoyo para conmigo.

A mis hermanos Bertha Guajardo Paz y Jesús Guajardo Paz por formar parte esencial de mi vida, quienes me han apoyado y han convivido siempre conmigo. También les expreso el gran amor que tengo por ustedes y les agradezco mucho su compañía y confianza.

A mis tíos, primos, abuelos y todos mis familiares, que han estado apoyándome y siendo parte de mi vida, enseñándome grandes lecciones.

A todos mis profesores y maestros que me han venido formando desde pequeño, dándome el conocimiento necesario para llegar hasta aquí como profesionalista.

A todas las personas que de una forma u otra me han apoyado y me he encontrado por la vida, amigos, compañeros, instructores, vecinos, productores, desconocidos, etc., etc., porque en todos se encuentra esa potente y maravillosa Luz que puede iluminar este mundo.

## RESUMEN

La producción de pepino es una alternativa a otros cultivos de invernadero, y representa gran parte de las exportaciones hortícolas de México a Estados Unidos; sin embargo la rentabilidad del cultivo es baja, debido al ambiente y los elevados costos en la fertilización, así que se necesita optimizarla, haciendo énfasis en el Magnesio y Calcio, por ser iones implicados en el estrés de la planta y la calidad del fruto. El trabajo se realizó en el Depto. de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coah., Méx. a 1785 msnm, en invernadero (sustrato) y malla sombra (suelo), se sembró la variedad Paraíso, en Marzo de 2017. Fueron 5 tratamientos con 4 repeticiones, haciendo una modificación en la solución de Steiner al  $Mg^{++}$  y al  $Ca^{++}$ . El T1 con  $3.4 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $Mg^{++}$  y 7 de  $Ca^{++}$ , el T2 con  $3.4 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $Mg^{++}$  y 11 de  $Ca^{++}$ , el T3 con  $5.5 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $Mg^{++}$  y 7 de  $Ca^{++}$ , el T4 con  $5.5 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $Mg^{++}$  y 11 de  $Ca^{++}$ , y el T5 (testigo) con  $4 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $Mg^{++}$  y 9 de  $Ca^{++}$ . Se evaluó el peso de fruta por planta, el núm. de frutos por planta, el peso promedio de fruto, el diámetro polar y el ecuatorial, los grados Brix, la firmeza del fruto, y el rendimiento. Se compararon las medias con un Análisis combinado y el Modelo Lineal General (GLM), se realizó la prueba de Tukey al 95%, en el programa SAS versión 9.0. Se encontró significancia entre ambientes, que en todas las variables, el más adecuado es el invernadero, a excepción de los grados Brix, donde la malla lo supera en 37%; entre tratamientos no hubo significancia, lo que nos dice que a pesar de las dosis que se aplique de  $Ca^{++}$  y  $Mg^{++}$ , es muy probable que se obtengan resultados similares dentro de cada ambiente, pudiendo disminuirse el suministro de  $Ca^{++}$  hasta  $2 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1}$  y de  $Mg^{++}$  hasta  $0.6 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1}$  con respecto a la solución de Steiner; teniendo un efecto negativo el aumentar el  $Ca^{++}$   $2 \text{ mEq}\cdot\text{L}^{-1}$  y el  $Mg^{++}$   $1.5 \text{ mEq}\cdot\text{L}^{-1}$  en el diámetro ecuatorial.

**Palabras clave:** calidad-fruto, ambientes, nutrición, invernadero, malla.

## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<i>Objetivo .....</i>	3
<i>Hipótesis.....</i>	3
<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
<i>La planta de pepino .....</i>	4
<b>Importancia del pepino.....</b>	4
<b>Origen de la especie.....</b>	4
<b>Clasificación taxonómica.....</b>	4
<b>Características botánicas.....</b>	5
<i>Requerimientos edafoclimáticos .....</i>	5
<b>Temperatura.....</b>	5
<b>Humedad.....</b>	6
<b>Luminosidad.....</b>	6
<b>Agua.....</b>	6
<b>Suelo.....</b>	6
<i>Clasificación de los pepinos.....</i>	6
<b>Pepino corto o pepino “español”.....</b>	7
<b>Pepino medio largo o tipo “francés”.....</b>	7
<b>Pepino largo tipo “Almería” o tipo “holandés”.....</b>	7
<i>Manejo del cultivo.....</i>	8
<b>Marcos de plantación.....</b>	8
<b>Siembra y trasplante.....</b>	8
<b>Tutorado.....</b>	8
<b>Poda.....</b>	9
<b>Polinización y Aclareo de frutos.....</b>	9
<b>Riego y Fertilización.....</b>	9
<i>Principales plagas y enfermedades .....</i>	12
<b>Plagas.....</b>	12
<i>Araña roja (<i>Tetranychus urticae</i>).....</i>	12
<i>Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>, <i>Trialeurodes vaporariorum</i>).....</i>	13
<i>Trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>).....</i>	13

<b>Enfermedades</b> .....	14
Oídio o Cenicilla ( <i>Sphaerotheca fuliginea</i> ).....	14
Mildiu veloso ( <i>Pseudoperonospora cubensis</i> ).....	15
Mancha angular de la hoja ( <i>Pseudomonas syringae pv. Lachrymans</i> ).....	15
<i>Cosecha y poscosecha</i> .....	16
<i>La horticultura en el mundo</i> .....	17
<i>La horticultura protegida en México</i> .....	17
<i>El pepino en la horticultura</i> .....	18
<i>Importancia de la nutrición</i> .....	19
<i>El Calcio y el Magnesio</i> .....	21
<b>Calcio</b> .....	22
<b>Magnesio</b> .....	23
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
<i>Ubicación del experimento</i> .....	25
<i>Material vegetal</i> .....	25
<i>Sitio experimental</i> .....	25
<i>Descripción de los tratamientos</i> .....	26
<i>Establecimiento y manejo</i> .....	27
<i>VARIABLES evaluadas</i> .....	28
<i>Análisis Estadístico</i> .....	28
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>29</b>
<i>Peso fruta por planta</i> .....	29
<i>Número de frutos por planta</i> .....	30
<i>Peso promedio de fruto</i> .....	32
<i>Diámetro polar</i> .....	33
<i>Diámetro ecuatorial</i> .....	35
<i>Sólidos solubles totales (grados Brix)</i> .....	36

<i>Firmeza</i> .....	38
<i>Rendimiento</i> .....	39
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	<b>41</b>
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>42</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Extracción de nutrientes del cultivo de pepino por ciclo de producción. Intagri.....	11
<b>Cuadro 2.</b> Solución original de Steiner (para una conductividad de $2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ )...	26
<b>Cuadro 3.</b> Diseño de tratamientos.....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Comparación de medias entre ambientes y sistema de cultivo para peso de fruta cosechada por planta.....	29
<b>Figura 2.</b> Comparación de medias para peso de fruta cosechada por planta con los niveles de $\text{Ca}^{++}$ y $\text{Mg}^{++}$ probados en los dos ambientes y sistemas de cultivo .....	30
<b>Figura 3.</b> Comparación de medias entre ambientes y sistema de cultivo para número de frutos por planta .....	31
<b>Figura 4.</b> Comparación de medias para números de frutos por planta con los niveles de $\text{Ca}^{++}$ y $\text{Mg}^{++}$ probados en los dos ambientes y sistemas de cultivo ...	31
<b>Figura 5.</b> Comparación de medias entre ambientes y sistema de cultivo para peso promedio de fruto .....	32
<b>Figura 6.</b> Comparación de medias para peso promedio de fruto con los niveles de $\text{Ca}^{++}$ y $\text{Mg}^{++}$ probados en los dos ambientes y sistemas de cultivo .....	33
<b>Figura 7.</b> Comparación de medias entre ambientes y sistema de cultivo para diámetro polar.....	34
<b>Figura 8.</b> Comparación de medias para diámetro polar con los niveles de $\text{Ca}^{++}$ y $\text{Mg}^{++}$ probados en los dos ambientes y sistemas de cultivo .....	34
<b>Figura 9.</b> Comparación de medias entre ambientes y sistema de cultivo para diámetro ecuatorial .....	35
<b>Figura 10.</b> Comparación de medias para diámetro ecuatorial con los niveles de $\text{Ca}^{++}$ y $\text{Mg}^{++}$ probados en los dos ambientes y sistemas de cultivo .....	36
<b>Figura 11.</b> Comparación de medias entre ambientes y sistema de cultivo para sólidos solubles totales ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) .....	37

<b>Figura 12.</b> Comparación de medias para sólidos solubles totales (°Brix) con los niveles de Ca <sup>++</sup> y Mg <sup>++</sup> probados en los dos ambientes y sistemas de cultivo ...	37
<b>Figura 13.</b> Comparación de medias entre ambientes y sistema de cultivo para firmeza .....	38
<b>Figura 14.</b> Comparación de medias para firmeza con los niveles de Ca <sup>++</sup> y Mg <sup>++</sup> probados en los dos ambientes y sistemas de cultivo .....	39
<b>Figura 15.</b> Comparación de medias entre ambientes y sistema de cultivo para rendimiento .....	40
<b>Figura 16.</b> Comparación de medias para rendimiento con los niveles de Ca <sup>++</sup> y Mg <sup>++</sup> probados en los dos ambientes y sistemas de cultivo .....	40

## INTRODUCCIÓN

Uno de los cultivos hortícolas más importantes, es el pepino (*Cucumis sativus L.*), tanto por su alta demanda, como por sus propiedades nutraceuticas, y representa gran parte de las exportaciones hortícolas de México a Estados Unidos, siendo éstas, en términos de valor, de cerca de 50,000 millones de dólares en 2015 (ASERCA, 2016). Por lo que en nuestro país su producción, es de poco más de 800 mil toneladas al año, cultivadas principalmente en los estados de Sinaloa, Sonora, Michoacán, Baja California, y Guanajuato (SIAP, 2015). Todo esto le da el puesto número 8 como productor a nivel mundial y los primeros lugares en la lista de exportadores, siendo Estados Unidos el principal consumidor con una importación del 99% de la producción, el resto va hacia Costa Rica y Canadá (SAGARPA, 2015). Cabe señalar que en México se cultivan 2 categorías principales: pepino para consumo en fresco y otro para encurtir, el primero representa el 80% del volumen total exportado, mientras que el segundo se destina para la agroindustria, y pudiéndose producir todo el año, ya sea bajo agricultura protegida o a campo abierto, permitiendo así, ser fuente de empleos (aprox. 150 jornales por hectárea), y alargando la ventana de comercialización (Hernández, 2006; SIAP, 2015).

En el 2014 se sembraron en el país, 1008 ha en invernadero, con rendimiento promedio de 110 t·ha<sup>-1</sup>. Bajo estas condiciones, la producción de pepino es una alternativa a la diversificación de cultivos en invernadero, y se obtiene de 2 a 9 veces más que si fuera cultivado a campo abierto, dependiendo del nivel tecnológico, el manejo, y las condiciones del clima, siendo éstos últimos los factores más incontrolables (López-Elías, *et al*, 2015).

Sin embargo estos factores pueden ser de menos perjuicio, si se trata un aspecto fundamental en todo cultivo, que es la nutrición mineral, pues esta es la base de la alimentación de la planta, y de allí depende, la tolerancia del cultivo a condiciones de estrés biótico o abiótico. Además el buen manejo de la nutrición aumenta el rendimiento y se obtiene un producto de buena calidad, mejorando el manejo poscosecha, en especial porque varía mucho la calidad de los frutos y la velocidad de su deterioro (Moreno *et al.*, 2013).

Siendo así que mediante la aplicación de fertilizantes se tratan de cubrir las necesidades “alimenticias” de la planta; teniendo gran importancia la disponibilidad de esos nutrientes para el cultivo, lo cual está dado por su contenido, el medio (Capacidad de Intercambio Catiónico C.I.C., del suelo o sustrato), y las interacciones que pueden presentarse entre estos (antagonismos y sinergismos) (Khalajabadi, 2012).

Uno de los elementos que intervienen de manera positiva en condiciones de estrés abiótica, es el calcio, pues forma parte estructural de la pared celular y membranas, regula el metabolismo y puede competir con el sodio, si se trata de estrés salino. Aunque también con otros cationes, como potasio y magnesio, por lo que mantener una buena relación entre ellos es esencial para evitar el estrés, que puede disminuir la producción esperada en cualquier cultivo (Khalajabadi, 2012).

La solución de Steiner por su parte, mantiene esa buena relación y tiene un balance entre cationes y aniones; sin embargo trabajos recientes afirman que ésta fórmula no está destinada para un cultivo en específico y puede tener

distintos efectos en cada planta, pudiendo ser más eficientes, otras fórmulas generadas experimentalmente (Manzano, 2015).

Por otra parte, el consumo de nutrientes ha venido creciendo, debido principalmente al aumento de los potenciales de rendimiento, por lo que las dosis de fertilización se han disparado también, y arriesgar en costosas instalaciones de agricultura protegida no es conveniente (Villalobos *et al.*, 2011)

Además existe la creciente necesidad de optimizar la fertilización química, razón de sus elevados costos y para conservar el ambiente; aunado a las pérdidas de nutrientes, por volatilización o lixiviación, que disminuyen la rentabilidad del cultivo, y acaban poco a poco con la fertilidad del suelo. Es por eso que son necesarias prácticas para conservar los recursos naturales y usar de forma eficiente los fertilizantes (Salgado-García *et al.*, 2011).

Por lo que este trabajo se determinó el siguiente objetivo e hipótesis:

### **Objetivo**

Determinar el efecto del calcio y magnesio a distintas dosis partiendo de la solución Steiner, en la nutrición del cultivo de pepino, en dos ambientes, malla sombra e invernadero.

### **Hipótesis**

Al menos uno de los tratamientos con calcio o magnesio produce diferente efecto sobre el cultivo de pepino, siendo factible reducir la fertilización de éstos.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### La planta de pepino

#### **Importancia del pepino.**

El pepino es la hortaliza más popular en ensaladas, está en la lista de los 20 productos hortícolas más importantes, ubicándose por su compra en el lugar número 7 entre los consumidores de Estados Unidos (Serrano, *et al*, 2016).

Su alta demanda, sus propiedades nutraceuticas, su versatilidad para preparar, como por generar empleos y divisas para el país, lo convierten en una hortaliza de gran trascendencia para el sector agrícola (ASERCA, 2016).

#### **Origen de la especie.**

El pepino se considera originario de la India, siendo domesticado en Asia desde hace 3000 años y de ahí introducido a Europa, para después ser llevado a América. Sus formas son muy variadas, pueden ser gruesos, delgados, largos llegando cerca de los 60 cm, o semi-esféricos y pequeños, de 5 a 10 cm (Haifa, 2010).

#### **Clasificación taxonómica.**

Reino: *Vegetal*

División: *Magnoliphyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Cucurbitales*

Familia: *Cucurbitaceae*

Género: *Cucumis*

Especie: *Cucumis sativus*

### **Características botánicas.**

Es una planta herbácea, anual, de crecimiento rastrero y ciclo vegetativo corto. Sus raíces son abundantes, pero compactas, lo cual tiende a aumentar su requerimiento de humedad en comparación con otras plantas; el tallo es postrado/rastrero, ramificado, hirsuto (tricomas espinosos) y con zarcillos. Las hojas son simples, delgadas, con pecíolo de 4-7 cm de largo, con bordes aserrados, lobuladas, y pilosas en ambas caras (CONABIO, 2005).

Tiene flores solitarias amarillas, originalmente de ambos sexos en la misma planta, así que se consideraba monoica, en la actualidad casi todas las variedades para invernadero son plantas partenocárpicas, o sea sin semilla o semillas abortadas, y ginoicas, es decir sólo poseen flores femeninas. Si estas flores se polinizan por flores masculinas o por insectos, la parte fecundada crece y aparecen frutos deformes (Reche, 2011).

El fruto es un pepónide de pulpa acuosa y blanquecina, de tamaño muy variable, áspero o liso, dependiendo de la variedad, que va de un color verde hasta alcanzar el amarillo cuando está maduro, aunque se recolecta antes de su madurez fisiológica. Contiene semillas en cantidad variable, son ovaladas y planas (INIFAP, 2014).

### **Requerimientos edafoclimáticos**

#### **Temperatura.**

El pepino requiere temperaturas óptimas que rondan los 20 a 25° C en el día, y 18 a 22° C en la noche; Si ésta sobrepasa los 30°C se observan desequilibrios en las plantas, los cuales dañan la eficiencia de la fotosíntesis y la respiración (Madrigal, 2006).



**Humedad.**

La mejor condición es de 50-80% y depende de la temperatura. Aunque puede adaptarse y soportar altas y bajas en la humedad relativa, prefiere una humedad no muy elevada, y sin cambios drásticos (Haifa, 2010).

**Luminosidad.**

Crece, florece y fructifica con normalidad en días cortos, de menos de 12 horas de luz, pero lo hace mejor si hay mayor cantidad de radiación solar, pues aumenta su producción (Madrigal, 2006).

**Agua.**

En general necesita abundante agua, pero depende de su estado fenológico, y por las temperaturas y niveles de radiación solar del lugar. Es una especie con resistencia media a la salinidad, tanto del agua de riego (Conductividad eléctrica de  $1.25 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) como de la del suelo ( $2.25\text{-}2.75 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) (INIFAP, 2014).

**Suelo.**

Puede cultivarse en una amplia gama de suelos, desde los arenosos hasta los franco-arcilloso, siempre que la tierra se mantenga suelta, con buen drenaje, con materia orgánica y un pH entre 5.5 y 7 (INIFAP, 2014).

**Clasificación de los pepinos**

La clasificación más habitual es por el tamaño de los frutos. A continuación se describen los más importantes en México.

### **Pepino corto o pepino “español”.**

También llamado pepinillo, de longitud, a veces menor de 15-20 cm. Usado para consumo en fresco y para encurtidos los más pequeños. Frutos rectos, cilíndricos, algo apuntados, de color verde oscuro y con estrías blanco amarillentas, con o sin espinas. Hay variedades tanto monoicas como ginoicas con polinización y ginoicas partenocárpicas, algunas de ellas son: “Presto RZ” (Rijk Zwaan), “Chipen” (Zeta Seeds), “Mandy” (Seminis).

### **Pepino medio largo o tipo “francés”.**

Más largo que el pepinillo, entre 20 y 25 cm. Usado para consumo en fresco. Frutos de color oscuro o verde brillante, algo amargos o sin amargor, con espinas o sin ellas, cilíndricos. También existen variedades monoicas, ginoicas, ginoicas con polinizador y de floración partenocárpica, aquí se mencionan: “Alastor” (Rijk Zwaan), “Zíngaro” (Zeta Seeds), “Paraíso” (Enza Zaden).

### **Pepino largo tipo “Almería” o tipo “holandés”.**

Frutos muy largos, casi cilíndricos, mayores de 25 cm, lisos, más o menos asurcados, sin espinas, muy digestivos y de sabor suave. Las plantas son muy frondosas con hojas grandes. Son los más cultivados en invernadero, para ser exportados, por lo que las plantas frecuentemente usadas son híbridos ginoicos partenocárpicos, como son: “Boreal” (Rijk Zwaan), “Belmonte” (Zeta Seeds), “Azabache” (Enza Zaden) (Reche, 2011).

## **Manejo del cultivo**

### **Marcos de plantación.**

Se recomiendan distancias entre líneas de 0.9 a 1.2 m, y entre plantas de 0.6 a 0.7 m, dependiendo de las características de la variedad a manejar (Vásquez, *et al*, 2014).

### **Siembra y trasplante.**

Aunque se pueda hacer siembra directa en el suelo, lo aconsejable es obtener las plantas de semillero, por el alto precio de las semillas, y para tener homogeneidad y menos daños por virus.

Cuando las plantas tengan las 2 primeras hojas verdaderas, están listas para el trasplante en el lugar definitivo, que puede ser en las camas de siembra o en macetas (Hernández, 2006).

### **Tutorado.**

Práctica imprescindible para mantener la planta erguida, mejorando la aireación de esta, facilitando que le llegue la radiación, y el realizar las labores culturales (podas, cosecha, etc.). Suele realizarse con hilo de polipropileno (rafia) sujeto de un extremo a la zona basal de la planta (anudado o sujeto con anillos), y de otro a un alambre situado por encima de la planta. Conforme va creciendo, se va sujetando al hilo, hasta que alcance el alambre, dejando después colgar la guía y uno o varios brotes hasta antes de tocar el suelo (López-Elías, *et al*, 2011).

## **Poda.**

La mayoría de los productores lo que hacen es eliminar todos los brotes laterales para dejar la planta a un tallo, pero hay quienes no los eliminan, sino que los despuntan por encima de la segunda hoja. Quitar el zarcillo es opcional.

También durante el desarrollo del cultivo se eliminan las hojas viejas, amarillas o enfermas, para evitar enfermedades y estética de la planta (INIFAP, 2014).

## **Polinización y Aclareo de frutos.**

En el caso de usar variedades monoicas, la polinización no se da muy bien por el viento, por lo que el uso de abejorros es recomendable para favorecerla. Deben tenerse al menos 2 colmenas por cada hectárea cuando se inicie la floración; además de cuidar el uso de plaguicidas, y para evitar riesgos, aislar las colmenas por varias horas (Hernández, 2006).

El aclareo de frutos se realiza en las primeras 7-8 hojas (60-75 cm), para que la planta pueda desarrollar raíces fuertes. También los frutos curvados, malformados y abortados deben ser eliminados, al igual que aquellos que aparecen agrupados en las axilas de las hojas de algunas variedades (cuateo), dejando un solo fruto por axila, pues esto facilita el llenado de los demás y da mayor precocidad (INIFAP, 2014).

## **Riego y Fertilización.**

En el pepino es esencial mantener constante un alto nivel de humedad en el suelo, para un óptimo desarrollo de las raíces, y principalmente en la época de formación y engorde del fruto, pues este es un periodo crítico (Haifa, 2010).

El tiempo y volumen de los riegos está dado por muchos factores, en los que se incluyen la fecha de trasplante, precipitación, radiación, y condiciones del lugar, tipo de riego, etapa fenológica y características del suelo, o en su caso, del sustrato (Villalobos, *et al*, 2011).

En suelo lo recomendable, es la fertirrigación (inyección del fertilizante al cultivo por medio del agua de riego); lo más usado es el sistema de riego por goteo, con un inyector tipo Venturi. El fertilizante puede ser suministrado al cultivo en diferentes frecuencias, por lo general, por medio de una solución nutritiva (debe ser menos concentrada que en sustrato), y basándose en un análisis del suelo y agua periódico (Castellanos y Ojodeagua, 2011).

Además es esencial estar monitoreando constantemente la nutrición del cultivo, para ir ajustándose a las necesidades de éste. El análisis de extracto de pasta nos da la cantidad de nutrimento disponible en solución del suelo; el análisis de solución del suelo mediante chupatubos, y el análisis de extracto celular de peciolo o ECP son importantes realizarlos cada semana si es posible, para aportar lo necesario (Castellanos y Ojodeagua, 2011).

Para calcular la lámina de riego se usa un coeficiente de desarrollo de cultivo que es constante (0.8), el cual se multiplica por la evaporación diaria acumulada entre riegos. El riego puede aplicarse diariamente, o cada 2, 4 o 6 días según retenga humedad el suelo y las condiciones del ambiente (Anónimo, 2016).

Cuadro 1. Extracción de nutrientes del cultivo de pepino por ciclo de producción. Intagri.					
Macronutrientes			Micronutrientes		
Elemento	Extracción		Elemento	Extracción	
	Kg·ha <sup>-1</sup>	g·m <sup>2</sup>		g·ha <sup>-1</sup>	mg·m <sup>2</sup>
N mineral	140	14	Fe	600	60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	26	2.6	Mn	400	40
K <sub>2</sub> O	180	18	Cu	500	50
Ca	23	2.3	Zn	300	30
Mg	13	1.3	B	200	20
S	30	3			

Se recomienda hacer un análisis foliar y de suelo si es posible, en cada etapa fenológica desde el trasplante hasta el final de la cosecha, para distribuir los nutrientes correctamente, pues esto depende del lugar de plantación y puede variar considerablemente.

Así, por ejemplo, en la región de Sinaloa, se usa la fórmula 250-250-150, y se aplica una tercera parte del nitrógeno y dos terceras partes del fósforo y potasio antes del trasplante o siembra; el resto de la fertilización se realiza según el desarrollo del cultivo (Anónimo, 2016).

En el caso de usar sustrato, analizar el drenaje, el monitoreo de la radiación, temperatura y condiciones ambientales, el tipo de solución nutritiva, el tipo de sustrato y sus características, determinan la mejor forma de riego (Villalobos, *et al*, 2011).

Y esto es muy importante, ya que la cantidad de agua que los sustratos pueden almacenar es relativamente poca; además, no se tiene el amortiguamiento que en suelo, por lo que se necesitan riegos pequeños, frecuentes y precisos (Villalobos, *et al*, 2011).

Por lo que, se denomina sustrato ideal, al que contenga en su composición mayor cantidad de material sólido (30-55%), en segundo lugar agua (25-40%) y por último aire (20-30%) (Ayala, *et al*, 2013).

Entre los sustratos más comunes en México, como lo son la perlita, lana de roca, turba, tezontle, etc., la fibra o polvo de coco (subproducto de la industria coprera), aunque tenga que ser lavada al inicio por su alta salinidad, destaca por su sanidad, fácil manejo, bajo costo y la respuesta positiva con muchos cultivos en que se ha probado, incluido el pepino (Vargas y Castellanos, 2011).

### **Principales plagas y enfermedades**

#### **Plagas.**

##### *Araña roja (Tetranychus urticae)*

Los ácaros penetran la epidermis y extraen la savia del envés de la hoja, que se ve recubierto de tejido sedoso (telarañas) por donde caminan. El follaje infestado adopta un aspecto blancuzco o bronceado (USDA-ARS, 2009).

#### **A. Métodos preventivos y culturales**

Eliminar malas hierbas y restos de cultivos, evitar excesos de nitrógeno, vigilar el cultivo en las primeras fases de desarrollo, y desinfectar antes de la plantación.

#### **B. Control químico**

Materias activas de: abamectina, aceite de verano, acrinatrin, amitraz, amitraz+ bifentrin, bifentrin, bromopropilato, dicofol, entre otros.

C. Control biológico

*Amblyseius californicus, Phytoseiulus persimilis, Feltiella acarisuga.*

Mosca blanca (*Bemisia tabaci, Trialeurodes vaporariorum*)

Pican la epidermis y extraen la savia del envés de la hoja, producen daños directos, que son el amarillamiento y debilitamiento de las plantas, e indirectos, provocando la negrilla en la melaza producida al alimentarse, la cual deprecia el fruto al mancharlo y por otro lado la transmisión del virus del amarillamiento en cucurbitáceas (CuYV) (Productores de Hortalizas, 2005).

A. Métodos preventivos y culturales

Limpieza y eliminación de restos de cultivo y malas hierbas, colocación de mallas y trampas cromáticas amarillas, no asociar cultivos en los invernaderos, no abandonar los brotes jóvenes al final del ciclo.

B. Control químico

Materias activas de: buprofezin, buprofezin + metil-pirimifos, cipermetrin + malation, deltametrin, flucitrinato, imidacloprid, metil-pirimifos, entre otros.

C. Control biológico

*Encarsia transvena, Cyrtopeltis tenuis, Encarsia Formosa, Eretmocerus californicus, Eretmocerus mundus.*

Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Se alimentan picando las células, vaciándolas de contenido y además del polen de las flores. Los daños en las hojas, son manchas plateadas y brillantes



que se necrosan; los daños en las flores y en el fruto terminan por deformarlos, y depreciar la cosecha (USDA-ARS, 2009).

A. Métodos preventivos y culturales

Limpieza de malas hierbas y restos de cultivos, colocación de mallas y trampas cromáticas azules.

B. Control químico

Materias activas de: atrin, cipermetrin, cipermetrin + azufre, cipermetrin + clorpirifos-metil, clorpirifos-metil, deltametrin, formetanato, metiocarb.

C. Control biológico

*Amblyseius barkeri*, *Aeolothrips sp.*, *Orius spp.*

### **Enfermedades.**

Oídio o Cenicilla (*Sphaerotheca fuliginea*)

Comienza con puntos cloróticos, y después manchas blancas polvosas (micelio y esporas del hongo) en hojas. Las manchas pueden cubrir haz y envés, hasta pecíolos y tallos; si el daño es severo, hay defoliación, por lo que el proceso de fotosíntesis se afecta, y los frutos se pueden dañar por quemadura de sol (Productores de Hortalizas, 2005).

A. Métodos preventivos y culturales

Uso de plántulas sanas, realización de tratamientos a las estructuras, eliminación de malas hierbas y restos de cultivos, uso de variedades resistentes.

B. Control químico

Materias activas de: azufre, ciproconazol, dinocap, dinocap + azufre, etirimol, naurimol, propiconazol, quinometionato, triadimenol, tridemorf, triflumizol.

#### Mildiu vellosa (*Pseudoperonospora cubensis*)

Se presenta como manchas amarillentas e irregulares en las hojas; si la infección coincide con alta humedad, se ven estructuras color grisáceo-oscuro por el envés (esporas del hongo). Si se deja avanzar, las áreas necróticas cubren todo el follaje y causan una defoliación (CONABIO, 2005).

##### A. Métodos preventivos y culturales

Evitar excesos de humedad ventilando los invernaderos, eliminación de malas hierbas y restos de cultivos, evitar alta densidad de plantación.

##### B. Control químico

Materias activas de: captan, cimoxamilo + mancozeb, fosetil-Al + mancozeb, fosetil-Al, mancozeb + zineb + oxiclورو de cobre, mancozeb, maneb, metiran.

#### Mancha angular de la hoja (*Pseudomonas syringae* pv. *Lachrymans*)

Esta bacteria al principio ocasiona pequeñas manchas en hojas, pareciendo estar infiltradas de agua; crecen, quedando limitadas por los nervios, con lo que da un aspecto anguloso. Cuando la humedad es alta, se pueden ver gotas de exudado, que cuando secan dan lugar a costras blanquecinas en la lesión, pudiendo rodearse de un halo amarillo. La hoja puede quedar perforada si el lugar lesionado se seca y cae. Además de tener posibles infecciones de otros microorganismos (USDA-ARS, 2009).

#### A. Métodos preventivos y técnicas culturales

Utilización de semillas sanas, proceder a la eliminación de plántulas afectadas, controlar los insectos, no realizar plantaciones en parcelas que ese año haya aparecido, en invernaderos bajar humedad ventilando y disminuyendo riegos, evitar riegos por aspersión, disminuir los abonados excesivamente nitrogenados.

#### B. Control químico

Se puede tratar con cobre, teniendo cuidado con las cucurbitáceas, al ser sensibles a éste elemento. También puede usarse estreptomycin y tetraciclinas.

### **Cosecha y poscosecha**

Normalmente, los pepinos se cosechan estando ligeramente inmaduros, próximos a su tamaño final, pero antes de que las semillas completen su crecimiento y se endurezcan; otros indicadores son su color verde oscuro o verde, sin signos de amarillos, su firmeza, y su brillo externo (Barraza-Álvarez, 2015).

Para el consumo en fresco, el pepino alcanza entre 20 y 30 cm de largo y 3 a 6 cm de diámetro, dependiendo de la variedad; los frutos son más cortos por ejemplo, en el pepino para encurtido. Generalmente, se almacena por menos de 14 días a temperaturas de 10-12.5°C y 95% de humedad relativa, ya que pierde calidad visual y sensorial muy rápido. Después de 2 semanas, puede haber pudriciones, amarillamiento y deshidratación (Suslow y Cantwell, 2015).

## **La horticultura en el mundo**

Actualmente uno de los temas más importantes en la horticultura global, es el del cuidado ambiental y el cambio climático. Lograr la transformación para la agricultura sostenible supone un gran desafío y es necesario realizar cambios de manera que no se ponga en peligro el satisfacer la necesidad mundial de alimentos. Las prácticas agrícolas viables y sostenibles desde el punto de vista económico ya existen, pero deben superarse los obstáculos que impiden adoptarlas (FAO, 2016).

Por otra parte, también la industria de la horticultura es dinámica, cada vez es de mayor exportación y competencia mundial; esto aunado a consumidores mejor informados y más exigentes, con una tendencia a productos más saludables, inocuos, orgánicos, naturales, sin pesticidas, da como resultado que los alimentos ofrecidos tengan que ser de muy buena calidad, inocuidad, de acuerdo a las normas existentes, y gustos del consumidor (SENASICA, 2010).

Por eso la horticultura protegida está ganando terreno frente a los métodos tradicionales de cultivo, pues gracias a eso, es posible ofrecer, buena calidad a buen precio, equilibrando casi todos los factores involucrados, ya sean sociales, económicos, ambientales, etc. (FAO, 2016).

## **La horticultura protegida en México**

Hoy en día, debido al cambio climático, y a otros factores que se relacionan con éste (calentamiento global, sequías, temperaturas extremas, etc.), la producción hortícola en ambientes protegidos es más viable que la de campo abierto (salvo excepciones), para hacer un uso eficiente de los recursos,

dar a los cultivos las condiciones para lograr su máximo potencial genético, para lograr incrementos en la producción, y por ende, así, satisfacer la demanda creciente de alimentos por la población (Robledo, 2007).

Las primeras instalaciones comerciales en el país iniciaron en 1990, aunque hasta los años 2000 se dio mayor crecimiento, en condiciones muy distintas, desde costosos invernaderos de vidrio, hasta económicas “casas sombra” (Castellanos y Borbón, 2011).

La superficie bajo sistemas protegidos ha aumentado mucho desde sus inicios, llegando hasta las 9 mil 40 hectáreas en 2016. Esto sin contar el área de casas sombra, pues la cifra a finales de 2015, llegaría hasta cerca de las 25 mil hectáreas en total (AMHPAC, 2017).

### **El pepino en la horticultura**

Los líderes mundiales en la exportación de pepino son México por volumen, y España por valor. Y es así, porque es uno de los principales cultivos producidos en invernadero, con el 10% de la superficie, solo rebasado por el tomate con 70%, y por el pimiento con el 16%., ya que esos volúmenes (800 mil toneladas al año) solo pueden lograrse con un cultivo protegido (AMHPAC, 2017).

Uno de los mejores avances que se dio para pepino, fue que se logró producir que la planta fuera ginoica, es decir, solamente con floración femenina (que es la que produce). Siendo que el cultivo original, tiene una floración monoica, las 2 flores en una misma planta pero separadas; en la actualidad la mayoría de las plantas cultivadas en invernadero son ginoicas y

partenocárpicas, por su facilidad de manejo, y el ahorro en polinización (Casilimas, *et al*, 2012).

También las empresas semilleras han sacado híbridos cada vez más resistentes, precoces y productivos con muchas variedades para cada mercado: de diferente tamaño, con o sin espinas, con diferentes tonos de verde y compatibles con el injerto (Rodríguez, 2016).

### **Importancia de la nutrición**

La nutrición mineral de la planta es primordial, pues los elementos que se le proporcionan por medio de la fertilización, tienen funciones esenciales en la misma. Entre ellos destacan:

#### **Nitrógeno.**

Participa en numerosas funciones, pero la más destacada es la síntesis de proteínas y producción de clorofila; fundamental en el crecimiento y producción del cultivo. Los síntomas de deficiencia se presentan por una clorosis general en las hojas viejas, plantas pequeñas, débiles, y con muy poca producción (Rico y Pérez, 2013).

#### **Fosforo.**

Constituyente de enzimas y proteínas, implicado en el crecimiento de la raíz y en las funciones reproductivas de la planta. Se requiere para la división celular y la formación de ácidos nucleicos (ADN) y nucleótidos (ATP). La deficiencia se manifiesta, en plántulas con poca raíz, y en plantas adultas con lento crecimiento, hojas pequeñas y sin brillo (Rico y Pérez, 2013).

#### **Potasio.**

Su principal función es regular las relaciones hídricas y la absorción de agua por la planta, manteniendo el potencial osmótico de las células. Es activador de enzimas metabólicas. Además aumenta la calidad del fruto. Si hay deficiencia de este elemento las hojas tienen una clorosis y en el margen hay necrosis, los frutos crecen deformes y pequeños (Ojodeagua y Castellanos, 2011).

### **Calcio.**

Forma parte de la pared de la célula y mantiene su turgencia, participa en la división celular, y activa enzimas para la germinación. Los síntomas de deficiencia se notan en las hojas jóvenes y punta de crecimiento, pues estas crecen anormalmente, retorcidas y pueden llegar a morir (Buechel, 2017).

### **Magnesio.**

Forma parte de la molécula de clorofila, activa gran cantidad de enzimas y ayuda al transporte del fósforo en la planta. La planta presenta clorosis intervenal en las hojas viejas si existe deficiencia (Ojodeagua y Castellanos, 2011).

### **Azufre.**

Constituyente de aminoácidos, como la metionina y glutatión. Forma parte de muchas coenzimas, por lo que es importante en el metabolismo de la planta, y la ayuda a soportar condiciones de estrés (Kirkby y Römheld, 2007).

### **Micronutrientes.**

Son los nutrientes que la planta necesita en menor cantidad, pero son igual de importantes que los demás. En este apartado se incluyen: el Hierro, que

es esencial en la síntesis de clorofila y participa en las reacciones oxido-reducción (redox); el Zinc, que es componente de enzimas y de la hormona auxina, regulando el crecimiento; el Cobre, que participa en las reacciones redox, forma parte de varias proteínas y muchas enzimas, algunas de la pared celular; el Boro, que transporta los azúcares y participa en la división y elongación celular; y el Manganeso, involucrado también en las reacciones redox y los cloroplastos (Kirkby y Römheld, 2007).

### **El Calcio y el Magnesio**

La nutrición de pepino en invernadero se basa principalmente en la solución nutritiva de Steiner, sin embargo usada a diferentes concentraciones se pueden obtener mejores resultados, siendo el calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) y el magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ) de los nutrimentos que más influyen en estos mismos (Haifa, 2010).

En su fórmula general, Steiner recomienda una relación de 2.25 de  $\text{Ca}^{++}$  a 1, de  $\text{Mg}^{++}$ , y para una conductividad de  $2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , esto equivale a 9 miliequivalentes por litro ( $\text{mEq}\cdot\text{L}^{-1}$ ) de  $\text{Ca}^{++}$  y  $4 \text{ mEq}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{Mg}^{++}$ . El margen deseable para  $\text{Ca}^{++}$  es de  $8\text{-}12 \text{ mEq}\cdot\text{L}^{-1}$  y de  $3.5\text{-}4.5 \text{ mEq}\cdot\text{L}^{-1}$  para  $\text{Mg}^{++}$  (Castellanos y Ojodeagua, 2011).

Existen trabajos relacionados que mencionan que el  $\text{Ca}^{++}$  muchas veces está disponible en el suelo para las plantas, pero que el potasio ( $\text{K}^+$ ) le resulta antagónico si se aplica a dosis altas, y también para  $\text{Mg}^{++}$ , y los demás cationes; recomendando la aplicación de  $\text{K}^+$  en forma de cloruro (Jakobsen, 1992).

En tomate por ejemplo, altas concentraciones de  $\text{Ca}^{++}$  ( $15 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1}$ ) mejoran el rendimiento, por lo que la estrategia de manejo de  $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$  con



15/4.1 mEq·L<sup>-1</sup> y aumentando gradualmente el Mg<sup>++</sup> a 6.6 mEq·L<sup>-1</sup> hacia el final del ciclo, resulta adecuada para mejorar el crecimiento de la planta y la firmeza de tomate de ciclo otoñal (Hao y Papadopoulos, 2003).

Por lo que, los cambios en las relaciones de Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup> y también K<sup>+</sup>, son muy complejos y dependen mucho del ambiente y suelo en particular; para café en la etapa de almácigo, en general solo puede decirse que los suelos prefieren el K<sup>+</sup>, antes que el Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup>, y que hay que cuidar la precipitación de Ca<sup>++</sup> con los aniones presentes (Khalajabadi, 2012).

En el cultivo de pepino, el Ca<sup>++</sup> adicional en la etapa de almacigo, aplicado en forma de cloruro (53 % Ca<sup>++</sup>) a una dosis de 10mM y el Mg<sup>++</sup> a 30mM en forma de sulfato (43 % Mg<sup>++</sup>) aplicados foliarmente, influyen de forma positiva en el crecimiento y producción futura de la planta (Siddique, *et al* 2017).

### **Calcio.**

Elemento más abundante en las plantas, después del potasio, y uno de los 3 nutrientes secundarios, junto con el Mg<sup>++</sup> y azufre (S). Participa en la división celular, es clave en la estructura y funcionamiento de las membranas celulares y la fuerza de la célula, en la forma de pectato de calcio, por lo que reduce la susceptibilidad de las plantas a las enfermedades, además de que participa en la cascada de señalización. Mantiene la turgencia de las células, y activa enzimas para la germinación de semilla (Casilimas, *et al*, 2012).

Las concentraciones de Ca<sup>++</sup> en el suelo normalmente superan a las requeridas por las plantas; pese a ello ejercen poco efecto sobre la toma de Ca<sup>++</sup>, puesto que su absorción es genéticamente controlada. En este sentido la

concentración de  $\text{Ca}^{++}$  en la solución del suelo es cerca de 10 veces mayor a la del  $\text{K}^+$ , y pese a ello su toma es menor que este nutriente (Havlin *et al.*, 1999).

No se desplaza fácilmente, así que, las deficiencias se presentan en zonas de crecimiento; la mayoría de los desórdenes con calcio se causan por condiciones desfavorables (como un suelo ácido) y no por un mal suministro de éste a las raíces, y en mayor riesgo están, los cultivos de rápido crecimiento, como el pepino (Buechel, 2017).

Aunque también las deficiencias de  $\text{Ca}^{++}$  se hayan en suelos con alta proporción de sodio; estas se presentan como clorosis y se detiene el desarrollo radicular. Las hojas jóvenes se curvan o arrugan, a veces se produce necrosis en los bordes, puede causar muerte en los ápices, y en los frutos causa pudriciones apicales (Casilimas, *et al*, 2012).

Por otra parte, un exceso de  $\text{Ca}^{++}$ , puede dar problemas, en suelos calizos con alto pH. El exceso de carbonato cálcico provoca clorosis férrica, deficiencia de  $\text{K}^+$  o  $\text{Mg}^{++}$ , e inmoviliza también zinc (Zn), cobre (Cu) y fósforo (P), provocando su deficiencia (Buechel, 2017).

### **Magnesio.**

Constituyente fundamental de la molécula de clorofila, a diferencia del  $\text{Ca}^{++}$ , es muy móvil, por ello si hay deficiencia, esta aparece en las hojas adultas. Participa en la composición de los pigmentos verdes, en la captación de la energía solar, la síntesis de constituyentes orgánicos necesarios para la vida vegetal, y es un activador de gran cantidad de enzimas, ayudando también al transporte del P en la planta (Chen, 2017).

La deficiencia de  $Mg^{++}$  se presenta con amarillamiento intervenal de las hojas viejas, las cuales tienen el borde aún verde, pudiendo necrosarse solo si la deficiencia es ya crítica; generalmente se manifiesta de forma débil, provocada por el excesivo aporte de  $K^{++}$  o  $Ca^{++}$ , un inadecuado aporte de nitrógeno (N) o la acumulación de P (Casilimas, *et al*, 2012).

Los problemas por exceso de  $Mg^{++}$  son raros, solo podrían llegarse a producir si se aplica en forma abundante en suelos pobres en  $Ca^{++}$ . Ensayos relacionados han evidenciado como síntomas, necrosis, deformaciones en hojas jóvenes y daños radiculares (Chen, 2017).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ubicación del experimento**

Depto. de Horticultura, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con dirección en Blvd. Antonio Narro 1923, C.P. 25315. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Cuya ubicación geográfica es 25° 23' de latitud norte y 101° 80' de longitud oeste, con una altitud de 1785 msnm. Teniendo una temperatura media anual de 19.8°C, una precipitación de 443.5 mm, clima templado semiseco, y un invierno extremo.

### **Material vegetal**

Planta de pepino (*Cucumis sativus*) variedad Paraíso (Semillera Enza Zaden), caracterizada por ser vigorosa, recomendada para plantaciones de otoño hasta principios de invierno. Resistente al Virus de las Venas Amarillas (CVYV), al Virus del Mosaico del Pepino (CMV) y tolerante al Virus del Amarilleo de las Hojas (CYSDV) y a oídio; fruto verde oscuro, con pocas espinas, de entre 22 y 24 cm de largo.

### **Sitio experimental**

La mitad de las plantas se establecieron en un invernadero con cubierta de polietileno y malla antiáfidos, de 12 m de largo y 5.5 m de ancho, en bolis de 1 m de largo con sustrato de fibra de coco, sembrando 6 plantas por cada uno, y en 3 filas de 10 m de largo y entre camas de 1.8 m y la otra mitad en el otro ambiente que fue de malla sombra y en suelo con acolchado color negro en Marzo del 2017. Las temperaturas y la humedad relativa (HR), en el invernadero oscilaban de los 18 a 32°C, y de 45-60%, y en la malla sombra de 15-35°C y de 35-70% de HR.

## Descripción de los tratamientos

El experimento consistió en 5 tratamientos, con 4 repeticiones, siendo 24 plantas para cada unidad experimental, dando un total de 120 plantas en invernadero, e igualmente 120 en acolchado con casa sombra. Los tratamientos consistieron en la modificación de la solución Steiner con los miliequivalentes de Calcio y Magnesio.

Cuadro 2. Solución original de Steiner (para una conductividad de  $2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ).

Aniones	Concentración (mEq·L <sup>-1</sup> )	Cationes	Concentración (mEq·L <sup>-1</sup> )
Nitratos	12	Potasio	7
Fosfatos	1	Calcio	9
Sulfatos	7	Magnesio	4
Total	20	Total	20

Cuadro 3. Diseño de tratamientos.

Tratamiento	Magnesio (mEq·L <sup>-1</sup> )	Calcio (mEq·L <sup>-1</sup> )
T1	3.4	7
T2	3.4	11
T3	5.5	7
T4	5.5	11
T5 (Testigo)	4	9

El diseño de las repeticiones se hizo de forma aleatoria, se sorteó cada una, se dispuso de 6 plantas por cada repetición. Para hacer la identificación del tratamiento y las repeticiones se etiquetó con cinta cada bolis y cada parte del surco acolchado, separado por un plástico amarillo.

## **Establecimiento y manejo**

La siembra de la semilla se llevó a cabo el día 24 de Marzo del 2017, en charolas de 200 cavidades, y usando sustrato peat moss con perlita (50-50), a la semana la planta ya había emergido. Para las 3 semanas se trasplanto a suelo y a sustrato, teniendo ya 2 hojas verdaderas, el 14 de Abril. En suelo, se preparó la tierra y se dieron riegos pesados, el sustrato por ser fibra de coco, se lavó con riegos pesados igualmente. En la etapa de plántula, se usó un producto promotor de raíces, de nombre “Arrancador Magic Root”, y se aplicaron  $1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

El sistema consistió en riego localizado, y con ayuda de cinco bombas de agua, se succionaba la solución nutritiva. Cuando los riegos empezaron a ser más frecuentes se instaló un timer, y se programaban riegos cada cierto tiempo (1 hora, media hora), dependiendo de las condiciones climáticas. La solución se preparaba en tanques de 1000 L y se cubrían de la luz solar, siendo uno para cada tratamiento (5 tanques).

El pepino se manejó a un tallo, en el invernadero se tutoro con rafia atada a ganchos, y anillos para sujetarla a la planta; en la malla sombra, también se manejó a un tallo, pero se tutoro con rafia entretejida de poste a poste. Se dieron 9 cortes en malla sombra, y 13 en invernadero, por lo que la diferencia en rendimiento es mayor en los resultados, esto debido a que en malla sombra la planta se avejentó muy rápidamente, y murió semanas antes que la de invernadero.

En cuanto a plagas y enfermedades, se realizaron aplicaciones preventivas de insecticida-repelente orgánico, siendo el producto principal

“Cinnamix” a razón de 2 mL·L<sup>-1</sup>, además de extracto de ajo. Ya establecido el cultivo, se hicieron varias aplicaciones de Abamectina, para prevenir la araña roja (*Tetranychus urticae*).

### **Variables evaluadas**

**Peso fruta por planta.** Variable que se tomó después de ser cosechado el fruto, al igual que la variable anterior, mediante una balanza de precisión marca Rhino.

**Número de frutos por planta.** En esta variable se hizo un conteo de todo fruto listo para cosecharse, y que no tuviera mallugaduras o deformidad.

**Peso promedio de fruto.** Esta variable fue tomada después de ser cosechado el fruto, mediante una balanza electrónica de precisión marca Rhino con capacidad máx. de 3 kg y min. de 0.2 g.

**Diámetro polar.** Variable tomada con la ayuda de un flexómetro, desde las 2 partes distales del fruto.

**Diámetro ecuatorial.** Variable tomada con un vernier analógico, medida de la parte central del fruto.

**Sólidos solubles totales (grados Brix).** Esta variable se midió con la ayuda de un refractómetro portátil marca Atago con una capacidad de hasta 32 grados Brix.

**Firmeza.** Variable que se tomó mediante un penetrómetro de marca Lutron (modelo FR-5120) y una puntilla de 11 mm.

**Rendimiento.** Esta variable fue calculada extrapolando los datos de gramos de fruta por planta, tomando en cuenta la superficie del sitio experimental y el núm. de plantas, a ton·ha<sup>-1</sup>.

### **Análisis Estadístico**

Los datos fueron analizados con el programa estadístico SAS versión 9.0, se compararon las medias con un Análisis combinado y el Modelo Lineal General (GLM), se realizó la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 95%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Peso fruta por planta

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis estadístico, se encontró diferencia estadística significativa entre los ambientes donde se cultivó el pepino ( $P \leq 0.05$ ), donde el pepino cultivado en invernadero y fibra de coco superó en 180% al pepino cultivado en suelo bajo malla sombra (Figura 1), esto coincide con López-Elías *et al.*, (2015), quienes afirman que en invernadero se obtienen el doble de producción de pepino, que si fuera cultivado en otro ambiente. Sin embargo, entre los niveles de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  probados en ambos ambientes (Figura 2), no se encontró significancia estadística, lo que significa que independientemente de las dosis de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ , el peso de fruta cosechada por planta será similar.

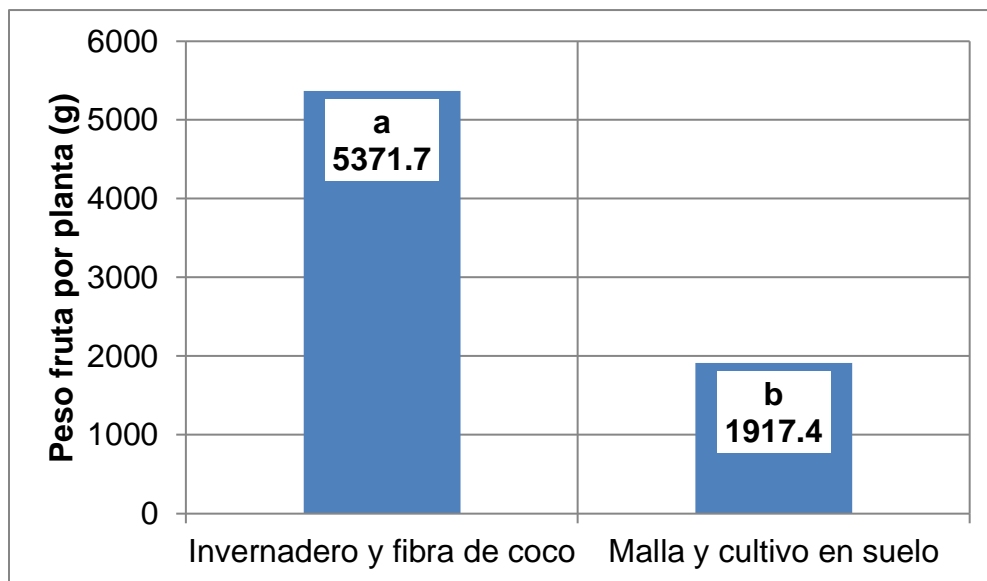


Figura 1. Comparación de medias entre ambientes y sistema de cultivo para peso de fruta cosechada por planta, medias con misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).



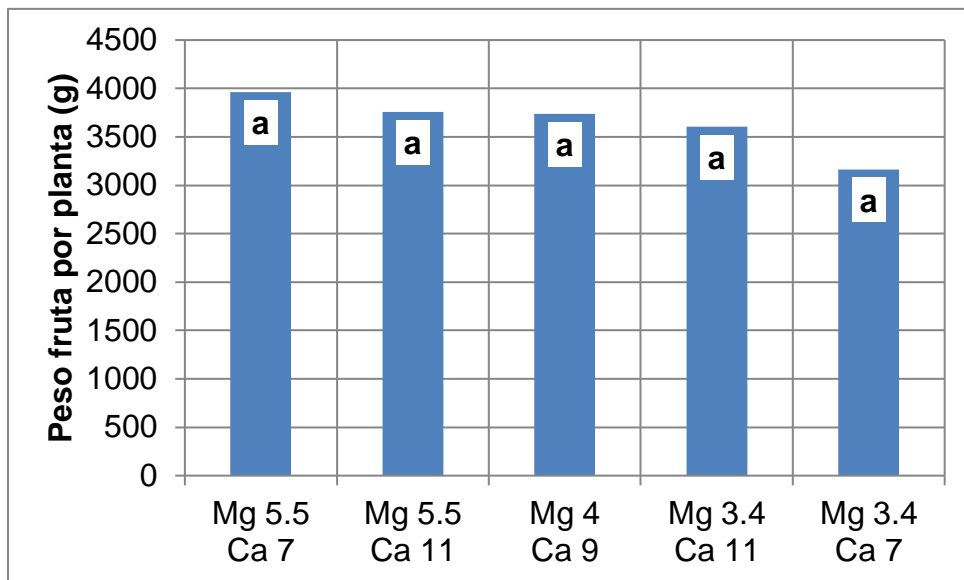


Figura 2. Comparación de medias para peso de fruta cosechada por planta con los niveles de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  probados en los dos ambientes y sistemas de cultivo, medias con misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### Número de frutos por planta

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis estadístico, se encontró diferencia estadística significativa entre los ambientes donde se cultivó el pepino ( $P \leq 0.05$ ), donde el pepino cultivado en invernadero y fibra de coco superó en 132% al pepino cultivado en suelo bajo malla sombra (Figura 3), esto coincide con lo que afirman Naraghi y Lotfi, (2010), que reportan mayor núm. de frutos en un área con mayor radiación solar, como lo fue el invernadero. Sin embargo, entre los niveles de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  probados en ambos ambientes (Figura 4), no se encontró significancia estadística, lo que significa que independientemente de las dosis de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ , los frutos por planta serán similares.

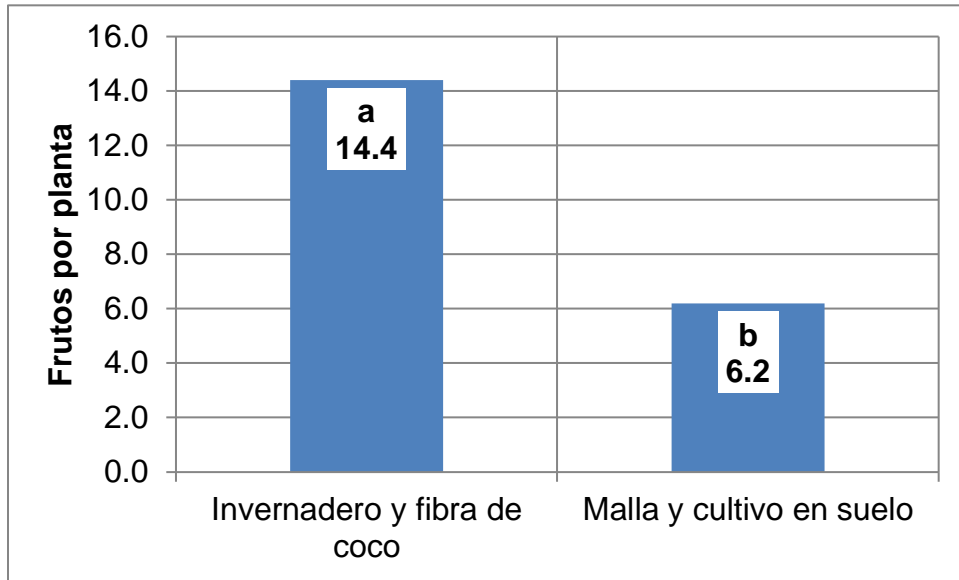


Figura 3. Comparación de medias entre ambientes y sistema de cultivo para número de frutos por planta, medias con misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

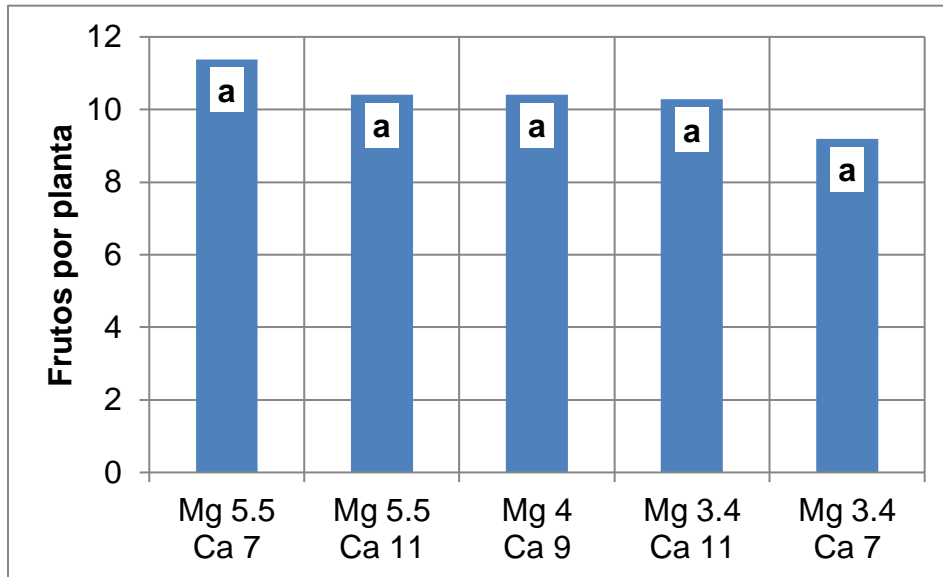


Figura 4. Comparación de medias para números de frutos por planta con los niveles de Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup> probados en los dos ambientes y sistemas de cultivo, medias con misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### Peso promedio de fruto

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis estadístico, se encontró diferencia estadística significativa entre los ambientes donde se cultivó el pepino ( $P \leq 0.05$ ), donde el pepino cultivado en invernadero y fibra de coco superó en 22% al pepino cultivado en suelo bajo malla sombra (Figura 5). Sin embargo, entre los niveles de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  probados en ambos ambientes (Figura 6), no se encontró significancia estadística, lo que significa que independientemente de las dosis de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ , los pesos promedio de fruto serán similares. Algo que no coincide con Siddique, *et al* (2017), donde indican que aplicando altas concentraciones de  $\text{Mg}^{++}$  se incrementa el peso del pepino.

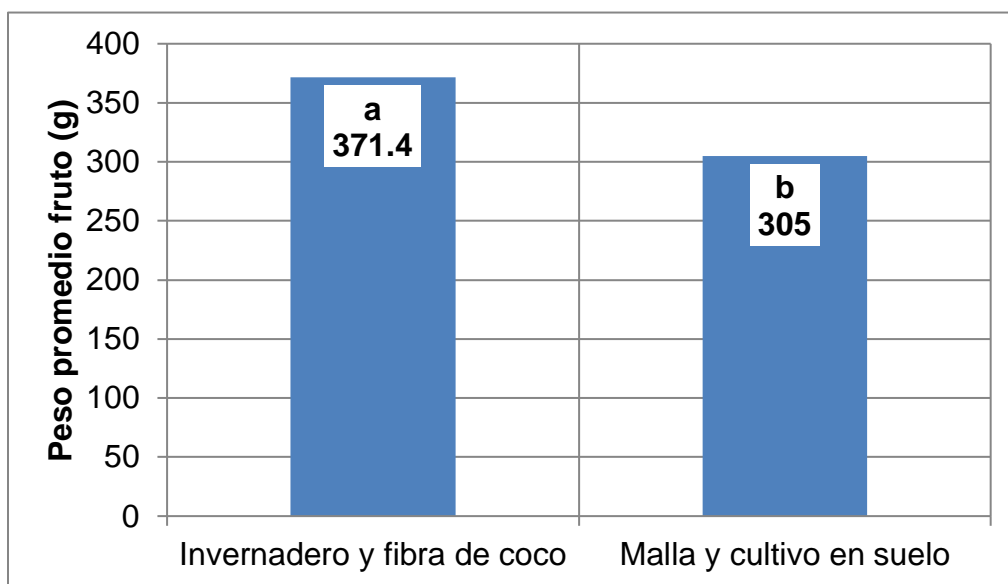


Figura 5. Comparación de medias entre ambientes y sistema de cultivo para peso promedio de fruto, medias con misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

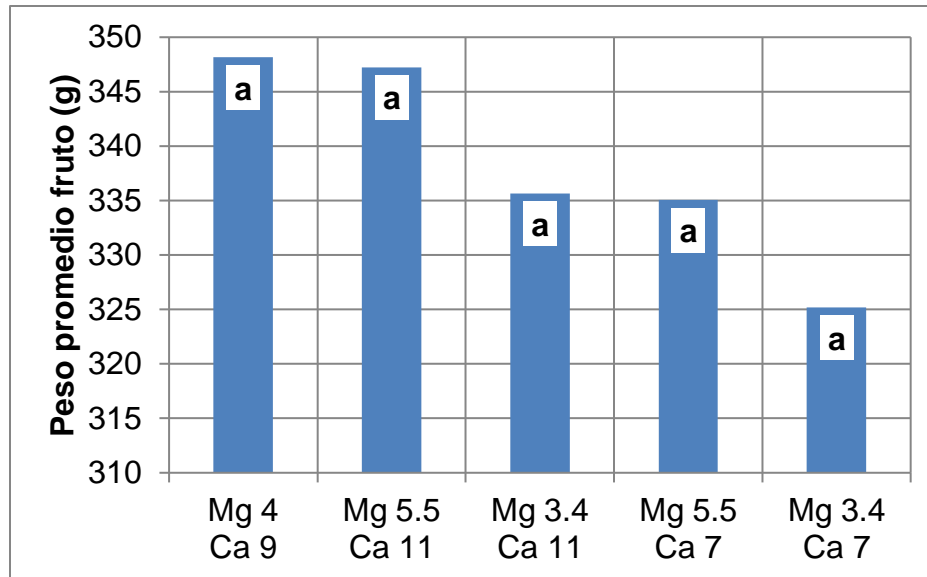


Figura 6. Comparación de medias para peso promedio de fruto con los niveles de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  probados en los dos ambientes y sistemas de cultivo, medias con misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### Diámetro polar

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis estadístico, se encontró diferencia estadística significativa entre los ambientes donde se cultivó el pepino ( $P \leq 0.05$ ), donde el pepino cultivado en invernadero y fibra de coco superó en 6% al pepino cultivado en suelo bajo malla sombra (Figura 7), esto no coincide con Ojeda, (2011), quien en campo abierto obtuvo diámetros polares con media de 25 cm. Sin embargo, entre los niveles de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  probados en ambos ambientes (Figura 8), no se encontró significancia estadística, lo que significa que independientemente de las dosis de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ , los diámetros polares serán similares.

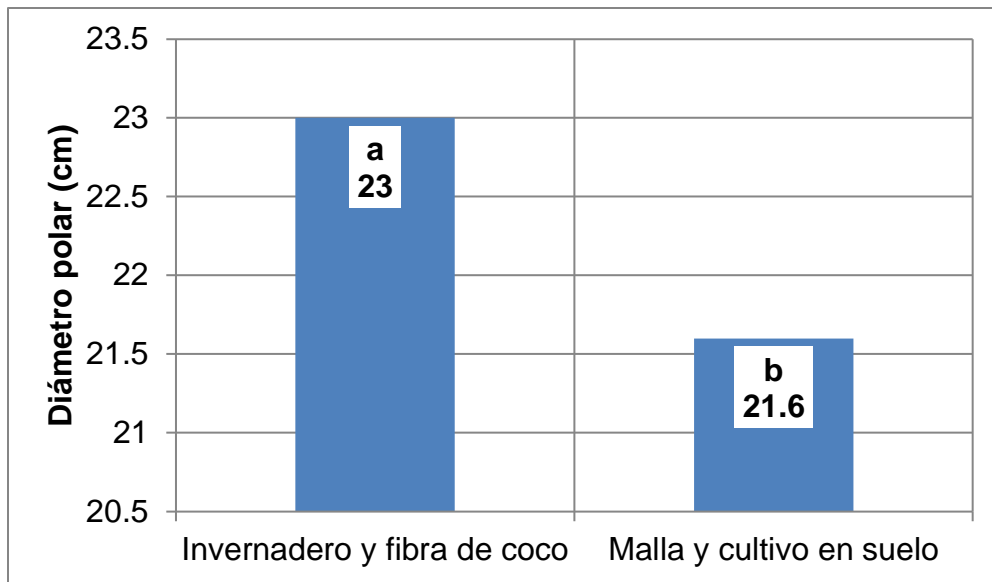


Figura 7. Comparación de medias entre ambientes y sistema de cultivo para diámetro polar, medias con misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

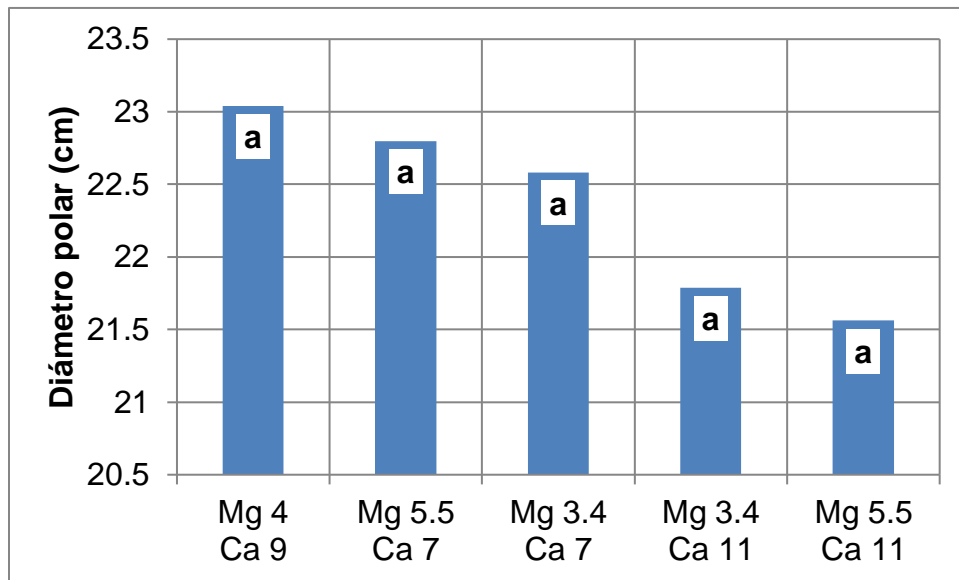


Figura 8. Comparación de medias para diámetro polar con los niveles de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  probados en los dos ambientes y sistemas de cultivo, medias con misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

## Diámetro ecuatorial

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis estadístico, se encontró diferencia estadística significativa entre los ambientes donde se cultivó el pepino ( $P \leq 0.05$ ), donde el pepino cultivado en invernadero y fibra de coco superó en 5% al pepino cultivado en suelo bajo malla sombra (Figura 9), esto no coincide con Ojeda, (2011), quien obtuvo diámetros ecuatoriales con media de 5.6 cm a campo abierto. Y entre los niveles de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  probados en ambos ambientes (Figura 10), se encontró diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.05$ ), siendo el T4 ( $\text{Mg}^{++}$  5.5,  $\text{Ca}^{++}$  11  $\text{mEq}\cdot\text{L}^{-1}$ ) el más bajo, lo que significa que la aplicación de 2  $\text{mEq}\cdot\text{L}^{-1}$  más de  $\text{Ca}^{++}$  y 1.5  $\text{mEq}\cdot\text{L}^{-1}$  más de Mg pueden afectar de forma negativa en 8% el diámetro ecuatorial de los frutos; esto no coincide con Khalajabadi, (2012), al comentar que el  $\text{Ca}^{++}$  favorece el crecimiento del fruto, y por ende aumentando su diámetro.

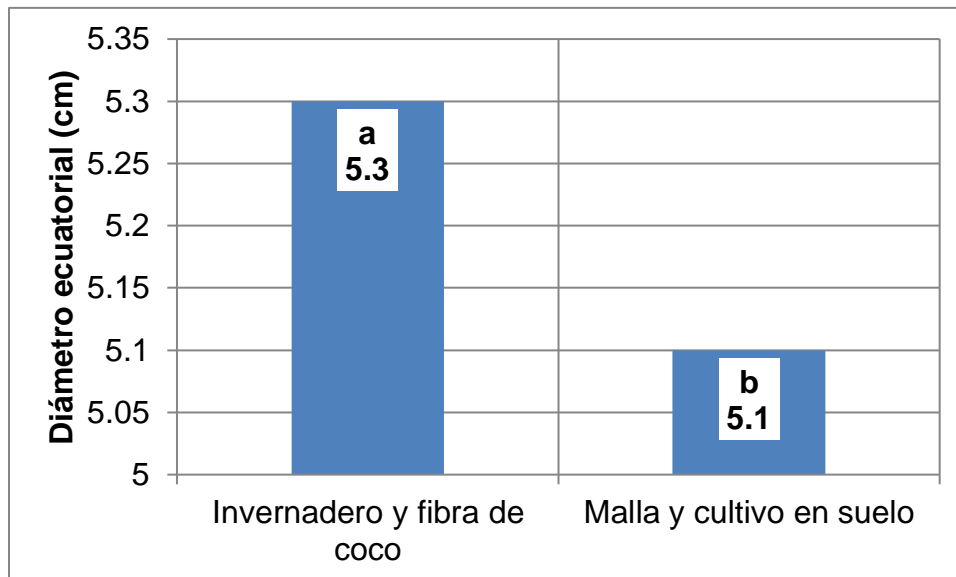


Figura 9. Comparación de medias entre ambientes y sistema de cultivo para diámetro ecuatorial, medias con misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

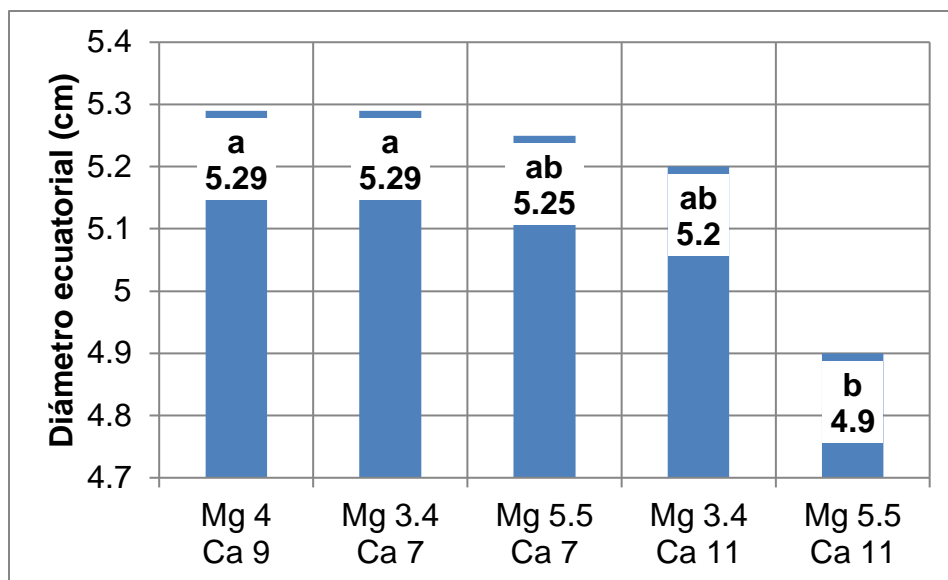


Figura 10. Comparación de medias para diámetro ecuatorial con los niveles de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  probados en los dos ambientes y sistemas de cultivo, medias con misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### Sólidos solubles totales (grados Brix)

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis estadístico, se encontró diferencia estadística significativa entre los ambientes donde se cultivó el pepino ( $P \leq 0.05$ ), donde el pepino cultivado en suelo bajo malla sombra superó en 37% al pepino cultivado en invernadero y fibra de coco (Figura 11), esto coincide con Zhang, *et al* (2006), que obtuvieron en un sistema de fertirrigación 1.4° Brix más que en un sistema hidropónico, debido al mayor estrés sufrido por la planta en esas condiciones. Sin embargo, entre los niveles de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  probados en ambos ambientes (Figura 12), no se encontró significancia estadística, lo que significa que independientemente de las dosis de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ , los °Brix serán similares.

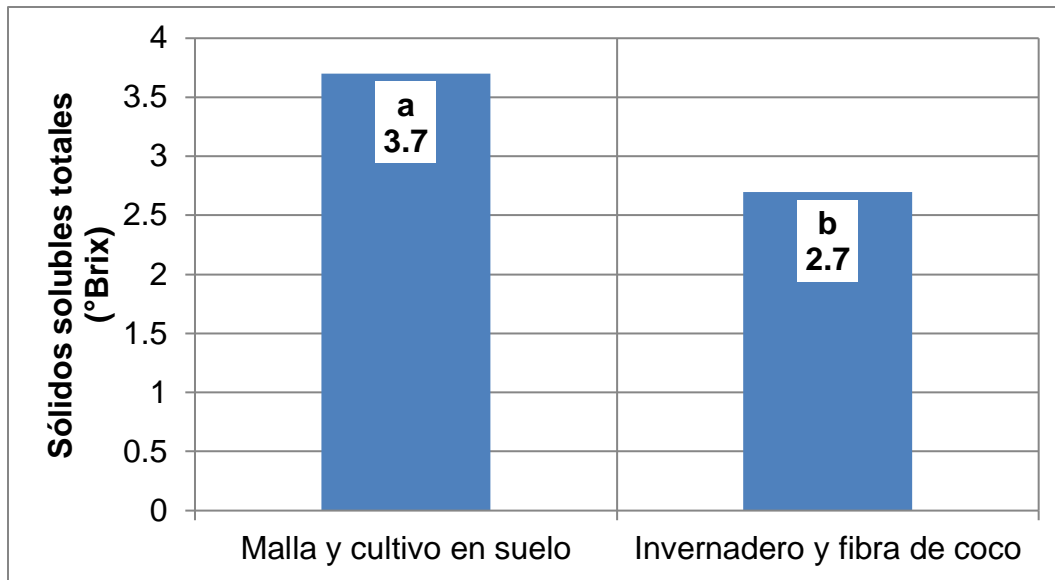


Figura 11. Comparación de medias entre ambientes y sistema de cultivo para sólidos solubles totales (°Brix), medias con misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

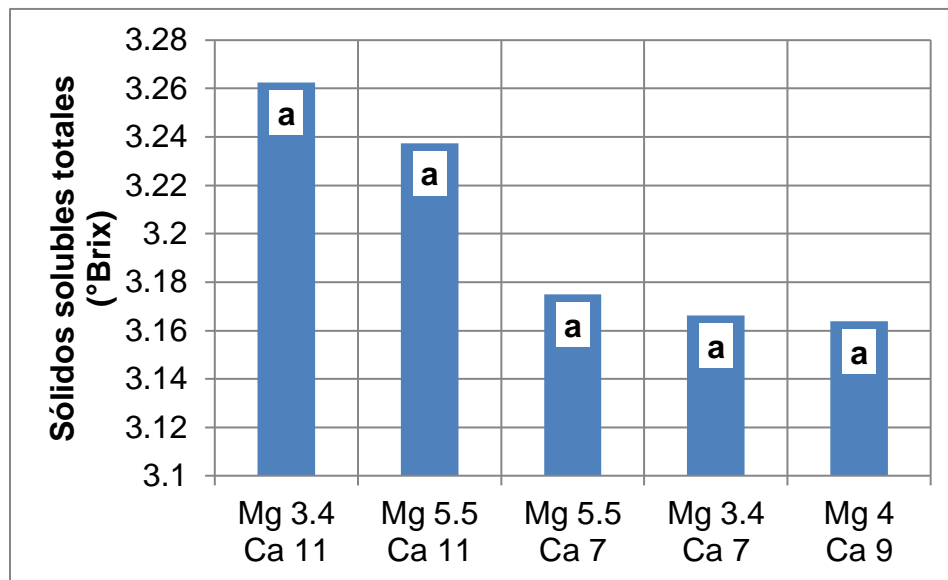


Figura 12. Comparación de medias para sólidos solubles totales (°Brix) con los niveles de Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup> probados en los dos ambientes y sistemas de cultivo, medias con misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).



## Firmeza

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis estadístico, se encontró diferencia estadística significativa entre los ambientes donde se cultivó el pepino ( $P \leq 0.05$ ), donde el pepino cultivado en invernadero y fibra de coco superó en 8% al pepino cultivado en suelo bajo malla sombra (Figura 13). Sin embargo, entre los niveles de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  probados en ambos ambientes (Figura 14), no se encontró significancia estadística, lo que significa que independientemente de las dosis de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ , la firmeza será similar; esto no coincide con Hao y Papadopoulos, (2003), quienes subiendo el  $\text{Mg}^{++}$  en tomate, obtuvieron mayor firmeza.

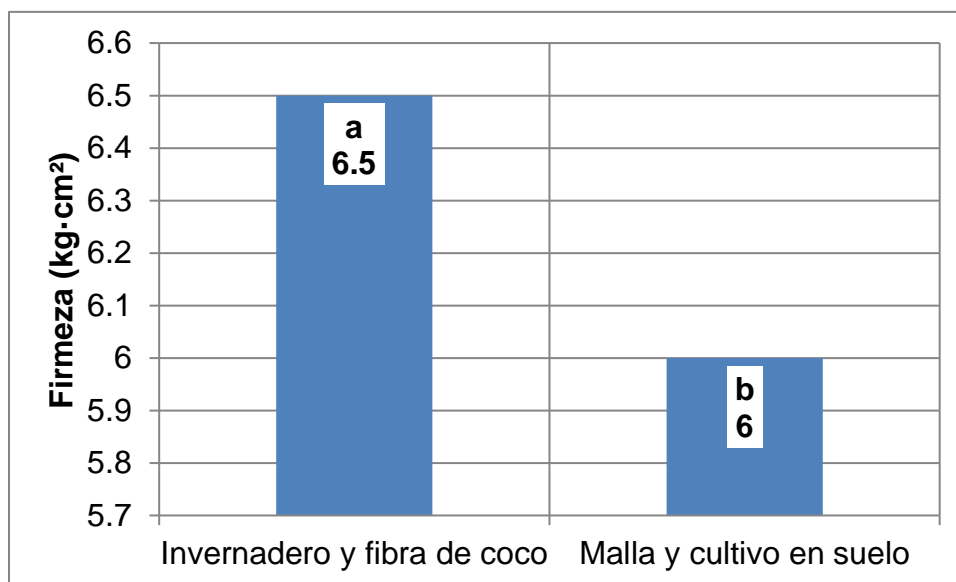


Figura 13. Comparación de medias entre ambientes y sistema de cultivo para firmeza, medias con misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

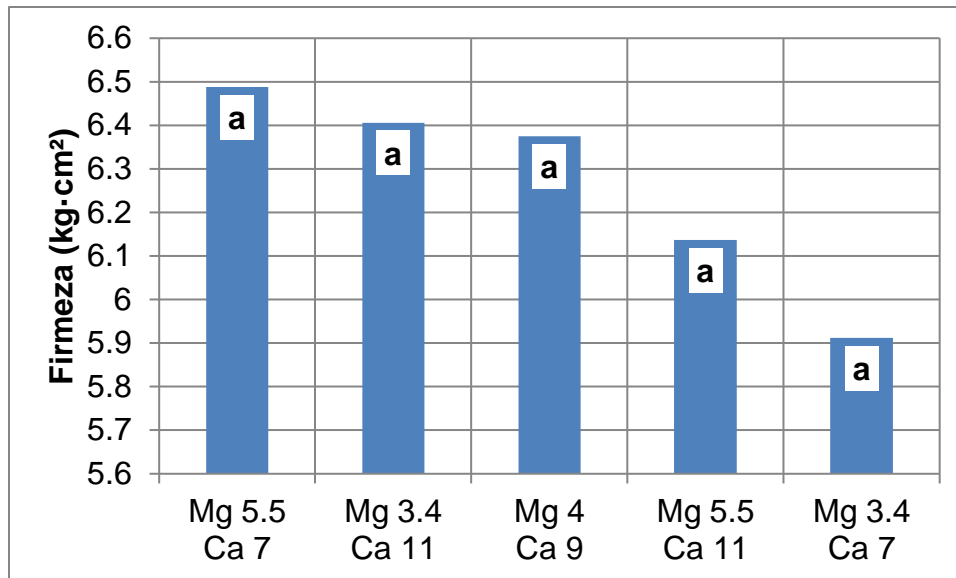


Figura 14. Comparación de medias para firmeza con los niveles de Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup> probados en los dos ambientes y sistemas de cultivo, medias con misma letra son estadísticamente iguales (Tukey P≤0.05).

### Rendimiento

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis estadístico, se encontró diferencia estadística significativa entre los ambientes donde se cultivó el pepino (P≤0.05), donde el pepino cultivado en invernadero y fibra de coco superó en 180% al pepino cultivado en suelo bajo malla sombra (Figura 15), esto coincide con Cereceres, *et al* (2009), y también con López-Elías, *et al* (2015), que afirman que en invernadero se obtienen rendimientos altos, aprox. 2 veces más que si el pepino fuera cultivado en otro ambiente. Sin embargo, entre los niveles de Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup> probados en ambos ambientes (Figura 16), no se encontró significancia estadística, lo que significa que independientemente de las dosis de Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup>, el rendimiento será similar, esto relacionado directamente con la primer variable.

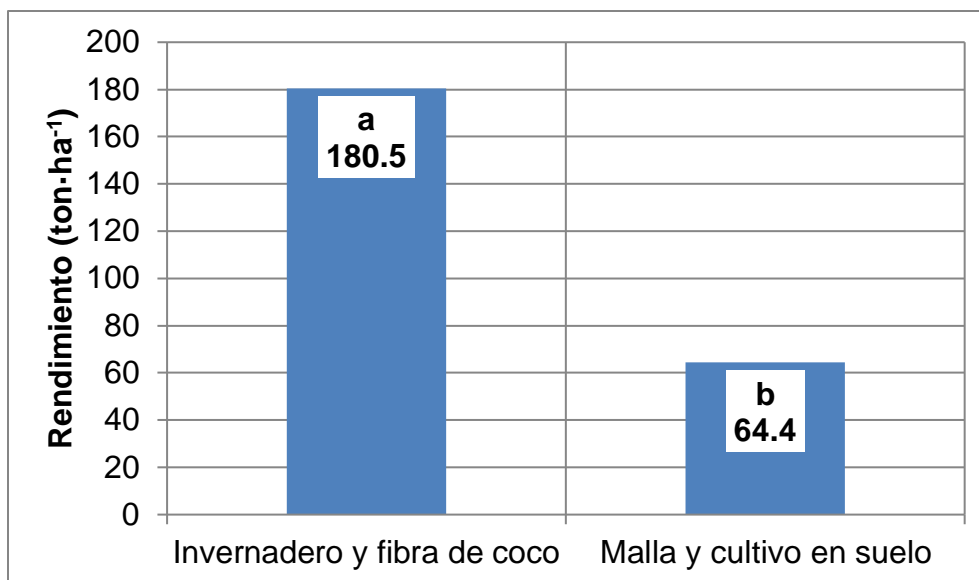


Figura 15. Comparación de medias entre ambientes y sistema de cultivo para rendimiento, medias con misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

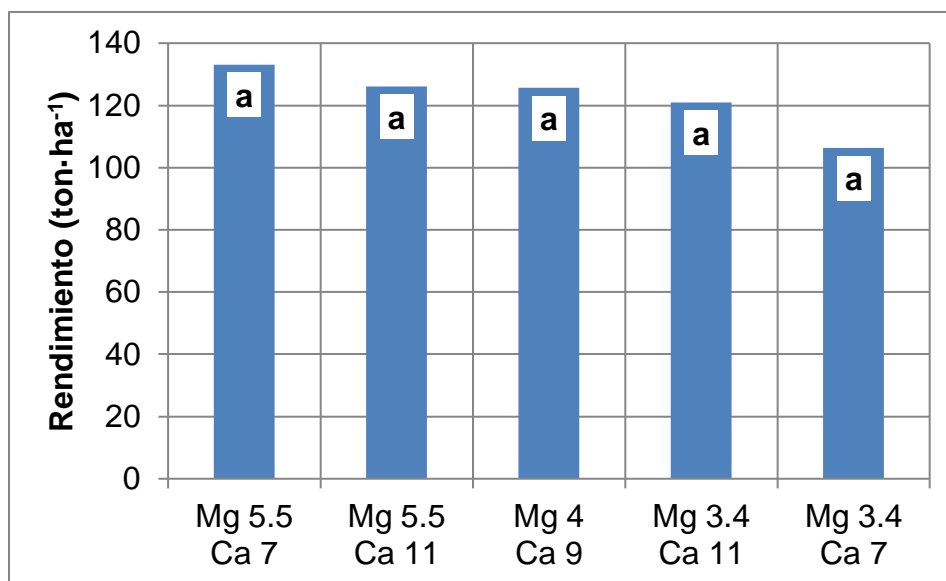


Figura 16. Comparación de medias para rendimiento con los niveles de Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup> probados en los dos ambientes y sistemas de cultivo, medias con misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

## CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos, la mejor opción para el cultivo de pepino es manejarlo en invernadero, con un poco de estrés para obtener frutos con alto contenido en sólidos solubles totales. El suministro de  $\text{Ca}^{++}$  puede disminuirse hasta  $2 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1}$  y de  $\text{Mg}^{++}$  hasta  $0.6 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1}$  con respecto a la solución de Steiner, sin tener efectos significativos en la producción y calidad de pepino; teniendo un efecto negativo el aumentar el  $\text{Ca}^{++}$   $2 \text{ mEq}\cdot\text{L}^{-1}$  y el  $\text{Mg}^{++}$   $1.5 \text{ mEq}\cdot\text{L}^{-1}$  en el diámetro ecuatorial.

## LITERATURA CITADA

AMHPAC, Asociación Mexicana de Horticultura Protegida A.C., 2017. Agricultura Protegida en México. Base de datos y boletín informativo.

Anónimo, 2016. Producción del pepino en Sinaloa, Revista Horticultivos, Diciembre 19, 2016.

ASERCA, Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios, 2016. Base de datos.

Ayala C., Esmeralda Y., Díaz Martínez, S. E., 2013. Evaluación de la Aplicación de Dos Soluciones Inorgánicas en Diferentes Sustratos en el Rendimiento de Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus*) en Condiciones Hidropónicas (sin suelo). Trabajo para obtener el Título de Licenciado en Ciencias Químicas. San Miguel, El Salvador.

Barraza-Álvarez Fernando V., 2015. Calidad morfológica y fisiológica de pepinos cultivados en diferentes concentraciones nutrimentales. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, vol. 9, No. 1, pp. 60-71, Enero-Junio 2015.

Buechel Troy, 2017. Rol del calcio en el cultivo de plantas. Centro de Formación, Premier Tech Horticulture. Quakertown, Pensilvania, E.U.A.

Casilimas H., Monsalve O., R. Bojacá C., Gil R., Villagrán E., Arias L. A., Fuentes L. S., 2012. Manual de Producción de Pepino bajo Invernadero. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia.

Castellanos J. Z., y Borbón Morales C., 2011. Panorama de la Horticultura Protegida en México, Manual de Producción de Tomate en Invernadero, Cap. 1 pp. 1-18.

Castellanos J. Z., y Ojodeagua J. L., 2011. Manejo de la Fertirrigación del Tomate de Invernadero en Suelo, Manual de Producción de Tomate en Invernadero, Cap. 8 pp. 187-204.

Cereceres J. Ortiz, Sánchez del Castillo F., Mendoza C. M. del Carmen, Torres García Araceli, 2009. Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. Rev. fitotec. mex vol.32 no.4 Chapingo 2009.

Chen López J., 2017. La función del magnesio en el cultivo de plantas. Centro de Formación, Premier Tech Horticulture. Quakertown, Pensilvania, E.U.A.

CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2005. *Cucumis sativus*. Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM). Proyecto GEF-CIBIOGEM de Bioseguridad.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura 2016. El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación, Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria. Roma, Italia, 2016.

Haifa Chemicals Ltd, 2010. Nutritional recommendations for: Cucumber in open fields, tunnels and greenhouse. Crop guide.

Hao Xiuming y Papadopoulos Athanasios P., 2003. Effects of calcium and magnesium on growth, fruit yield and quality in a fall greenhouse tomato crop grown on rockwool. Canadian Journal of Plant Science. 83: 903–912.

Havlin J. L., Beaton J. D., Tisdale S. L., Nelson W. R., 1999. Soil Fertility and Fertilizers, An introduction to Nutrient Management. 6° edición, Prentice Hall. New Jersey, Estados Unidos.

Hernández, G., 2006. Manejo del pepino en invernadero. En: Diplomado Internacional en Agricultura Protegida. Módulo 5. Cd. Obregón, Sonora, México. P. 49.

INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2014. Producción de Pepino Bajo Invernadero en Valles Altos del Estado de México. Folleto técnico. Benjamín Z. González, Amelia F. Reyes. Sitio experimental Metepec. Grupo Produce del Edo. de Mexico.

Jakobsen Svend Tage, 1992. Interaction between Plant Nutrients: III. Antagonism between Potassium, Magnesium and Calcium. Journal Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science Volume 43, 1993  
Publicado en línea: Julio 2009.

Khalajabadi Siavosh S., 2012. Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio y potasio intercambiables en suelos de la zona cafetera colombiana sobre la nutrición de café (*Coffea arabica* L.) en la etapa de almácigo, Trabajo de investigación para el grado de Doctor en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

Kirkby E. A. y Römheld V., 2007. Versión en español de: Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility. The International Fertilizer Society, P. O. Box, York, United Kingdom. Informaciones Agronómicas, International Plant Nutrition Institute (IPNI), Oficina para Latinoamérica, Quito, Ecuador.

López-Elías J., Rodríguez C. J., Huez L. A. M., Garza O. S., Jiménez L. J., Leyva E. E. I., 2011. Producción y Calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo Condiciones de Invernadero usando dos Sistemas de Poda. Revista IDESIA (Chile), Mayo-Agosto, 2011, vol. 29, No. 2.

López-Elías J., Garza Ortega S., Huez López A. M., Jiménez León J., Rueda Puente E. O., Murillo Amador B., 2015. Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en función de la Densidad de Plantación en Condiciones de Invernadero. European Scientific Journal, August 2015 edition vol.11, No. 24.

Madrigal, A. A. 2006. Diseño de un manual de buenas prácticas agrícolas para ser utilizado en la producción de pepino en un invernadero de alta tecnología, en Zarcero, Alajuela. Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Ingeniería Agropecuaria Administrativa, Cartago, Costa Rica.

Manzano Carreon J. C., 2015. Peso Fresco y Estado Nutrimental de Lechuga Romana (*Lactuca sativa* L.) en Respuesta a la Aireación y la Concentración de Nitrógeno y Potasio en la Solución Nutritiva. Tesis presentada para obtener el

grado de Ing. Agr. en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah., México.

Moreno, D., W. Cruz., E. García, A. Ibáñez, J. Barrios y B. Barrios., 2013. Cambios fisicoquímicos poscosecha en tres cultivares de pepino con y sin película plástica. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 4(6), 909-920.

Naraghi, M. y Lotfi, M., 2010. Effect of Different Levels of Shading on Yield and Fruit Quality of Cucumber (*Cucumis sativus*). Acta Hortic. 871, 385-388.

Ojeda Torres C. N., 2011. Producción y Calidad de Genotipos de Pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo un Sistema Orgánico a Campo Abierto. Tesis presentada para obtener el grado de Ing. en Agroecología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coah., México.

Ojodeagua J. L. y Castellanos J. Z., 2011. Formulación de la Solución Nutritiva, Manual de Producción de Tomate en Invernadero, Cap. 6 pp. 131-156.

Productores de Hortalizas, 2005. Plagas y enfermedades de Cucurbitáceas, Guía de Identificación y Manejo. [www.hortalizas.com](http://www.hortalizas.com), una publicación de Meister Media Worldwide.

Reche Mármol José, 2011. Cultivo del pepino en Invernadero. Secretaría General Técnica del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Gobierno de España. Madrid, España.

Rico A. y Pérez R., 2013. Química, Segundo Curso para Estudiantes del Bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México. CCH-UNAM. Ciudad de México, México.

Robledo T. V., 2007. Diseño y Construcción de Invernaderos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coah. México.

Rodríguez Bosques Y., 2016. Calidad Comercial y Producción de Frutos de Pepino Injertado y Cultivado en dos modalidades de Fertilización. Tesis



presentada para obtener el grado de Ing. Agr. en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah., México.

SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2015. Base de datos.

Salgado-García S., Palma-López D. J., Zavala-Cruz J., Lagunes-Espinoza L. C., Castelán-Estrada M., Ortiz-García C. F., Juárez-López J. F., Ruiz-Rosado O., Armida-Alcudia L., Rincón-Ramírez J. A., Córdova-Sánchez S., 2011. Un programa de fertilización sustentable para el Ingenio “Presidente Benito Juárez” en Tabasco, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, vol. 15, núm. 3, 2011, pp. 45-65 Universidad de Colima, Colima, México.

SENASICA, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, 2010. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas, Guía para el Agricultor. Elaborado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), A.C., por Siller-Cepeda J., Báez Sañudo M., Sañudo Barajas A., Báez S. R., Enero 2010.

Serrano Rivera N., Ochoa Bautista R., Rodríguez Cruz F., Andrade Gutiérrez L., Jiménez Costas C. J., Félix Berrueto E., Gutiérrez Hernández A. B, 2016. *Revista Claridades Agropecuarias* N. 274, Año 2016, Publicado en InfoAserca.

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2015. Base de datos.

Siddique Sajid, Ayub Gohar, Nawaz Zeeshan, Zeb Shah, Shafique Khan F., Ahmad Naveed, Khan Aamir y Rauf Kamran, 2017. Enhancement of growth and productivity of cucumber (*Cucumis sativus*) through foliar application of calcium and magnesium. *Pure and Applied Biology*. Vol. 6, Issue 2, pp 402-411.

Suslow V. Trevor y Cantwell Marita, 2015. Pepino: Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. Universidad de California, División de Agricultura y Recursos Naturales, UC Davis Postharvest Center.

USDA-ARS, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 2009. Base de datos.

Vargas T. P., y Castellanos J. Z., 2011. Los Sustratos en la Horticultura Protegida, Manual de Producción de Tomate en Invernadero, Cap. 5 pp. 105-130.

Vásquez Romero M. C., Magaña Lira N., López L. G., 2014. Programa Integral de Desarrollo Rural 2014, Carta Tecnológica del Cultivo de pepino, No. 13, SAGARPA-ANECh, Asociación Nacional de Egresados de Chapingo A. C.

Villalobos Reyes S., Vásquez Gómez V., Castellanos J. Z., 2011. Manejo del Riego en Sustratos, Manual de Producción de Tomate en Invernadero, Cap. 7 pp. 157-186.

Zhang C.H., Kang H.M., Kim I.S., 2006. Effect of Using Waste Nutrient Solution Fertigation on the Musk Melon and Cucumber Growth. Korea Agricultural Science Digital Library.