



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



**Aplicación de tres soluciones nutritivas en la producción de
dos genotipos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en
hidroponía**

T E S I S

Que para obtener el Grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

PRESENTA

Ing. Esperanza Sánchez Hernández

Director de Tesis

Dr. Maximiano Antonio Estrada Botello

Asesores

Dr. Rufo Sánchez Hernández

Dr. Juan de Dios Mendoza Palacios

Villahermosa, Tabasco. Junio de 2015.



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



**Aplicación de tres soluciones nutritivas en la producción de
dos genotipos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en
hidroponía**

T E S I S

Que para obtener el Grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

PRESENTA

Ing. Esperanza Sánchez Hernández

Director de Tesis

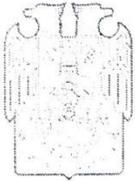
Dr. Maximiano Antonio Estrada Botello

Asesores

Dr. Rufo Sánchez Hernández

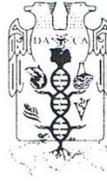
Dr. Juan de Dios Mendoza Palacios

Villahermosa, Tabasco. Junio de 2015.



UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS

COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
JEFATURA DEL ÁREA DE POSGRADO

ASUNTO: El que se indica.

OFICIO: DACA-138

Villahermosa, Tabasco, a 02 de junio de 2015

C. ESPERANZA SÁNCHEZ HERNÁNDEZ
EGRESADA DE LA MESTRIA EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
PRESENTE

Por este conducto y de acuerdo a su solicitud de autorización de impresión de Tesis, informo a ud. que sobre la base del Artículo 26 del reglamento de Posgrado de esta Universidad, esta Dirección a mi cargo le autoriza la impresión de su trabajo recepcional bajo la modalidad de Tesis titulada "Aplicación de tres soluciones nutritivas en la producción de dos genotipos de pimiento morrón *Cápsicum annum* L. en hidroponía."

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un saludo cordial.

ATENTAMENTE

DR. ROBERTO FLORES BELLO

DIRECTOR

U.J.A.T.



DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS
DIRECCIÓN



Km 25 de la carr. fed. 195, tramo Villahermosa-Teapa
Ra. La Huasteca, 2ª sección, 86298, Centro, Tabasco, México
Tel. +52 (993) 358 1500, extensión 6607
Correo electrónico: daca.cica@yahoo.com

CARTA DE AUTORIZACION

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente la tesis de grado denominada **“ Aplicación de tres soluciones nutritivas en la producción de dos genotipos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en hidroponía”** de lo cual soy autora y titular de los derechos de autor.

La finalidad de uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de la tesis antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro, autorización que se hace de manera enunciativa mas no limitativa para subirla a la red académica con que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifiesto, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en este documento.

Se firma la presentación autorizada en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el día 15 de Junio del año 2015.

AUTORIZO



LA TESISISTA

Ing. Esperanza Sánchez Hernández

Agradecimientos

A mi Dios por darme la oportunidad de terminar este gran reto y darme la fortaleza de concluir esta Maestría que me ayudó muchísimo a prepararme profesionalmente.

A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco por haberme facilitado las instalaciones para la realización de este trabajo de tesis y haberme dado la oportunidad de ser parte de esta maravillosa institución la división DACA.

A mi director de tesis, el Dr. Maximiano Antonio Estrada Botello por su valioso apoyo, paciencia, entrega, motivación y por dirigirme para la realización de este gran trabajo.

A mis asesores el Dr. Rufo Sánchez Hernández y Dr. Juan de Dios Mendoza Palacios quienes me apoyaron grandemente con sus asesorías las cuales fueron de gran ayuda.

A mi comité revisor agradezco la paciencia y el empeño de cada uno de ellos para mejorar este trabajo que fue parte fundamental para su redacción.

A mi esposo Alex Ricardo Ramírez García por su apoyo y comprensión por estar conmigo trabajando arduamente agradezco a ti y a mi adorado hijo Alex Damián Ramírez Sánchez ya que ustedes fueron el impulso para lograr este gran reto, los amo.

A mis padres Leandro Y Lucia que me apoyaron con sus consejos y a darme motivación para no bajar la guardia los quiero mucho.

A mis amigos y amigas de DACA gracias por su apoyo y motivarme a que no hay que dejarse vencer y a mirar hacia adelante.

Índice

	Pág.
Índice de Cuadros.....	iii
Índice de Figuras.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRAC.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
2.3 Hipótesis.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1 Importancia del cultivo.....	4
3.2 Producción mundial.....	4
3.3 Producción nacional.....	5
3.4 Fenología del cultivo del pimiento.....	6
3.5 Morfología del pimiento.....	6
3.6 Requerimientos climáticos.....	8
3.7 Requerimientos nutricionales.....	8
3.8 Soluciones nutritivas.....	9
3.9 Salinidad de los sustratos.....	11
3.10 Rendimiento y calidad del fruto.....	11
3.10.1 Variables físicas del fruto.....	12
3.10.2 Variables químicas del fruto.....	12
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
4.1 Localización del área de estudio.....	13
4.1.2 Descripción del área de estudio.....	13
4.2 Diseño experimental.....	13
4.3 Manejo agronómico.....	14

Pág.

4.3.1	Almácigo.....	14
4.3.2	Trasplante.....	14
4.4	Tutorado.....	14
4.5	Preparación de las solución nutritivas.....	14
4.6	Fertirriego.....	15
4.7	Salinidad en los sustratos.....	15
4.8	Variables evaluadas	16
4.8.1	Fenológicas.....	16
4.8.2	Agronómicas.....	17
4.8.3	Rendimiento.....	17
4.9	Calidad del fruto.....	18
4.9.1	Propiedades físicas.....	18
4.9.2	Propiedades químicas.....	18
4.10	Concentración de Calcio, Magnesio, Potasio y Nitratos en savia foliar.....	19
4.11	Análisis estadístico.....	20
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
5.1	Fenología.....	21
5.1.1	Dinámica de altura de la planta y grosor del tallo.....	21
5.1.2.	Formación de frutos.....	24
5.2	Materia seca.....	25
5.3	Zona radical del pimiento morrón.....	26
5.4	Cantidad de nutrientes absorbidos por la planta de pimiento morrón	31
5.5	Salinidad en los sustratos.....	32
5.6	Calidad del fruto de pimiento morrón.....	36
5.6.1	Vida útil del fruto del pimiento morrón.....	38
5.6.2	Firmeza del fruto del pimiento morrón.....	40
5.7	Concentración de Nutrientes en el fruto.....	40
VI.	CONCLUSIONES.....	42
VII.	LITERATURA CITADA.....	43

Índice de Cuadros		Pág.
Cuadro 1.	Principales países productores de Pimiento morrón en el mundo.....	5
Cuadro 2.	Producción nacional de chile morrón en invernadero en 2013...	6
Cuadro 3.	Concentraciones de la solución universal de Steiner.....	15
Cuadro 4.	Análisis del agua de riego.....	15
Cuadro 5.	Comparación de medias de la altura, grosor del tallo de la planta, materia verde y seca en el pimiento morrón.....	28
Cuadro 6.	Fenología y calidad del fruto.....	29
Cuadro 7.	Tamaño de la zona radicular del pimiento morrón.....	30
Cuadro 8.	Concentración de Calcio, Magnesio, Potasio y Nitratos en la savia de la hoja del pimiento morrón.....	34
Cuadro 9.	Absorción de Calcio, Magnesio, Potasio y Nitratos en la planta con base a la cantidad de agua en la planta.....	35
Cuadro 10	Salinidad del sustrato.....	36
Cuadro 11.	Vida de anaquel, pérdida de peso y firmeza en el fruto.....	39
Cuadro 12.	Concentraciones de Calcio, Magnesio, Potasio y Nitratos en el fruto del pimiento morrón.....	41

	Índice de figuras	Pág.
Figura 1.	Altura de la planta. A) Genotipo Novus y B) genotipo California...	22
Figura 2.	Dinámica de crecimiento del grosor del tallo A) genotipo Novus y B) genotipo California.....	22
Figura 3.	Dinámica de crecimiento de la zona radicular del genotipo Novus en sustrato (A) y sin sustrato (B); Dinámica de crecimiento de la zona radicular del genotipo California en sustrato (C) y sin sustrato (D).	27
Figura 4.	pH y CE del agua del drenaje A) genotipo Novus y B) genotipo California.....	33
Figura 5.	Vida de anaquel y pérdida de peso en el pimiento morrón, A) genotipo Novus y B) genotipo California.....	39

RESUMEN

El manejo adecuado de la nutrición en el cultivo de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones protegidas en el trópico húmedo, es necesario para mejorar su rendimiento y calidad de frutos. Por ello, se realizó una investigación para evaluar el efecto del suministro de tres soluciones nutritivas (SN) en dos genotipos de pimiento morrón cultivados en hidroponía en las variables fenológicas asociadas al crecimiento y precocidad; agronómicas asociadas al rendimiento, calidad del fruto y vida de anaquel, la salinización del sustrato, y aspectos nutrimentales en la savia de la hoja y fruto. El experimento se realizó entre 31 de Julio de 2013 y el 30 de Marzo de 2014 en una estructura protegida tipo Megavent tropical en la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial 2x3 con cuatro repeticiones, en donde el factor A fueron los genotipos California y Novus, y el factor B las tres concentraciones de la solución Universal de Steiner (20, 23, y 30 mg L⁻¹). Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey. Los resultados indican que el genotipo Novus presentó una mayor producción de biomasa, altura de planta, zona radicular y rendimiento ($p < 0.05$); así como una mayor precocidad en la aparición de botones, flores e inicio de cosecha. Se observó un mejor efecto de la SN de 23 mg L⁻¹ sobre las concentraciones de nutrientes en la savia de la hoja y la materia seca de la planta. El orden de absorción de nutrientes fue Potasio>Nitratos>Calcio>Magnesio la mayor salinidad en el sustrato, y los niveles de pH y CE en el agua de drenaje, se registraron en el genotipo Novus y la SN de 30 mg L⁻¹. No se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la calidad del fruto entre los genotipos. La SN de 20 mg L⁻¹ presentó la mejor calidad de fruto. Se concluye que el genotipo Novus y la SN concentrada a 20 mg L⁻¹ presentó los mejores resultados para la producción de pimiento morrón cultivado bajo condiciones protegidas.

Palabras claves: salinidad, calidad del fruto, nutrientes, fenología, frutos.

ABSTRAC

Proper management of nutrition in growing sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under protected conditions in the humid tropic, it's necessary to improve performance and quality of fruit. Therefore, was realized a research to evaluate the effect of the supply of three nutritious solutions (SN) on phenological variables associated to growth and precocity; agronomic variables associated to the yield and quality fruit, shelf life; as well as the substrate salinity and nutritional aspects in the sap of the leaf and fruit, in two genotypes of sweet pepper grown in hydroponics. The experiment was realized between July 2013 to March 2014 in a protected structure type Megavent tropical located in the Academic Division of Agricultural Sciences of the Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. The experimental design was completely randomized with factorial arrangement 2x3 with four repetitions, where the Factor A were the genotypes California y Novus, while the factor B were three concentrations of Universal Steiner Solutions (20, 23, y 30 mg L⁻¹). The results obtained were analyzed through of analyze of variances and Tukey comparison tests. The results indicated that the genotype Novus showed a higher biomass production, plant height, root zone and yield (p<0.05); as well as a higher precocity in the appearance of buds, flowers and start of the harvest. A better effect of the SN of 23 mg L⁻¹ on nutrient concentrations in the sap of the leaf and plant dry matter was observed. The order of nutrient absorption was Potassium> Nitrates> Calcium> Magnesium. The higher salinity in the substrate and the levels of pH and electric conductivity in the drainage water was registered in the genotype Novus and the SN of the 30 mg L⁻¹. No significant differences (p<0.05) in fruit quality between genotypes were found. We conclude that the genotype Novus and SN concentrated to 20 mg L⁻¹ showed the best results for the production of sweet pepper cultivated under protected conditions.

Key words: salinity, fruit quality, nutrient, phenology, fruit

I. INTRODUCCIÓN

El pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) se cultivan a nivel mundial, además ocupa el quinto lugar en superficie cultivada y en producción, dentro de las principales hortalizas, así como es una de las que más sobresalen en el mercado nacional y de exportación (Hernández-Fuentes *et al.*, 2010; Sandoval-Chávez *et al.*, 2011). Esta, se produce tanto en condiciones de cielo abierto como en bajo condiciones protegidas; siendo en esta última, donde se tiene la mayor producción, la cual asciende a 1.85 millones de toneladas, consumiéndose en fresco, seco o industrializado (López-Baltazar *et al.*, 2013; Ix-Nahuat *et al.*, 2013). La incursión de la hidroponía en la producción agrícola ha permitido dar soluciones a problemas de producción (rendimiento, precocidad y comercialización), así como contribuir a la conservación de recursos naturales como agua y suelo. Sin embargo, en regiones como el sureste de México se presentan rezagos en la producción e investigación de cultivos producidos en sistemas protegidos e hidroponía. De acuerdo con Muñoz-Ramos (2004) la producción de hortalizas bajo condiciones protegidas y con el uso de sistemas hidropónicos permite incrementar los rendimientos y calidad de los frutos, al propiciar un ambiente que facilita el crecimiento y desarrollo del cultivo. Por lo que para aumentar el nivel productivo del pimiento morrón, es necesario tomar en cuenta cada una de las diferentes fases del proceso de producción (Hernández-Fuentes *et al.*, 2010), específicamente la duración del ciclo vegetativo y las necesidades hídricas (Huerta *et al.*, 2009); otro de los factores determinantes en la producción agrícola en hidroponía es la solución nutritiva (SN) que se suministra a través del riego (Ramos-Gourcy, 2006; Reche, 2010). En diversos cultivos se han realizado investigaciones con diferentes SN, siendo la de Steiner la que mejores resultados ha ofrecido para incrementar los rendimientos y calidad de frutos (López-Ordaz *et al.*, 2011). Al respecto, De Rijck y Schrevens (1997) mencionan que la SN creada por Steiner en 1984, ha revolucionado la nutrición de cultivos en hidroponía, ya que tiene la cualidad de mantener un balance óptimo entre aniones y cationes, independientemente de las concentraciones que se utilicen de acuerdo a las necesidades de cada cultivo de interés. En torno al tema, Bugarín-Montoya *et al.*

(2002) indican que un inadecuado balance en la SN puede afectar el crecimiento de las plantas debido al incremento en las concentraciones de sales. En este sentido, Chaman-Medina (2007) menciona que el exceso de sales puede ejercer un efecto osmótico, toxicidad iónica, así como disturbios en la toma y translocación de iones necesarios para la nutrición de las plantas. Por lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres soluciones nutritivas en dos genotipos de pimiento morrón cultivados en un sistema hidropónico en el estado de Tabasco.

México.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivo general

Evaluar la aplicación de tres soluciones nutritivas en dos genotipos de pimiento morrón cultivados en hidroponía en el estado de Tabasco.

2.2 Objetivos específicos

- a) Determinar variables fenológicas y agronómicas del cultivo.
- b) Determinar la concentración de los nutrientes en la planta en cada una de las etapas vegetativas.
- c) Evaluar las tres soluciones nutritivas sobre la salinidad de los sustratos.
- d) Determinar la influencia de las tres soluciones nutritivas sobre el rendimiento y la calidad del pimiento morrón cultivado bajo hidroponía.

2.3 Hipótesis

El rendimiento potencial de la producción de pimiento morrón cultivado en hidroponía se obtiene al incrementar la solución nutritiva.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Importancia del cultivo

Dentro de las especies cultivadas de chiles, *Capsicum annum* L. es la más conocida y la de mayor importancia económica, ya que se distribuye a nivel mundial dentro de la cual se encuentra el chile morrón (Reséndiz-Melgar *et al.*, 2010). Éste se cultiva en las regiones templadas y cálidas (Hernández-Fuentes *et al.*, 2010) y su principal uso es como condimento, que se remonta desde los tiempos precolombinos (Ix-Nahuat *et al.*, 2013).

Filogenéticamente esta especie se clasifica de la siguiente manera (Nuez *et al.* 1996):

División: Spermatophyta

Línea XIV: Angiospermae

Clase A: Dicotyledonea

Orden XXI: Solanales (Personatae)

Familia: Solanaceae

Género: *Capsicum*

Especie: *C. annum* L.

Nombre científico: *Capsicum annum* L.

Nombre común: Pimiento morrón

3.2 Producción mundial

El cultivo de pimiento morrón ocupa el quinto lugar en la producción y superficie cultivada de las hortalizas (Hernández-Fuentes *et al.*, 2010). En el 2010 México fue líder mundial en ventas de pimiento morrón (Macías-Macías, 2010). Además, la producción media para los principales países se incrementó paulatinamente en los últimos 5 años en un 22 % desde el 2007 al 2011 (Cuadro 1). Sin embargo, en el 2010 disminuyó debido a que en España y Egipto su producción fue inferior a los años antecedentes (FAOSTAT, 2011).

Cuadro 1. Principales países productores de Pimiento morrón en el mundo

Posición	País	Producción anual (t ha ⁻¹)				
		2007	2008	2009	2010	2011
1	China	14,026,272	14,274,178	14,520,301	1,500,150	15,541,611
2	México	1,890,430	2,054,970	1,941,560	2,335,562	2,131,740
3	Turquía	1,759,220	1,796,180	1,837,000	1,986,700	1,975,269
4	Indonesia	1,128,790	1,092,120	1,100,000	1,332,356	1,483,079
5	España	1,057,530	918,140	1,011,700	875,657	921,089
6	Estados Unidos de América	906,140	909,810	926,680	932,580	991,370
7	Egipto	651,822	703,408	800,000	655,841	670,434
8	Nigeria	723,000	725,000	452,673	500,000	449,594
9	República de Corea	414,136	385,763	415,000	310,462	262,257
10	Países Bajos	320,000	335,000	370,000	365,000	365,000

FAOSTAT (2011).

3.3 Producción nacional

En México, la producción de chile verde se ha incrementado a una tasa de crecimiento anual de entre 5.72 % y 25 % en términos acumulados durante el período 2001. Además, en el 2003 se sembraron 152 mil ha, de las cuales se cosecharon 143 mil con un rendimiento de 13 t ha⁻¹ (Jiménez, 2006).

Los once principales estados productores de chile morrón en invernadero en México son: Chihuahua, Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, México, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas (Cuadro 2). El rezago de la agricultura protegida en los estados del sureste es marcada con respecto al resto del país (SIAP, 2013). Además, la producción bajo condiciones protegidas en el estado de Tabasco es incipiente, por lo que solo se pueden documentar pocos estudios, uno de ellos es el de la Cruz-Lázaro *et al* (2009) sobre el cultivo de tomate.

Cuadro 2. Producción nacional de chile morrón en invernadero en 2013.

Ubicación	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
Chihuahua	0.10	0.10	2.00	20.00
Coahuila	6.00	6.00	1,067.89	177.98
Guanajuato	209.42	209.42	23,306.80	111.29
Hidalgo	15.00	15.00	2,092.50	139.50
Jalisco	86.00	86.00	7,310.00	85.00
Michoacán	2.00	2.00	100.00	50.00
México	3.00	3.00	564.00	188.00
Nuevo León	2.55	2.55	216.75	85.00
Querétaro	21.00	21.00	4,932.00	234.86
San Luis Potosí	7.00	7.00	399.00	57.00
Zacatecas	14.00	14.00	1,442.00	103.00
Total	366.07	366.07	41,432.94	113.18

SIAP 2013.

3.4 Fenología del cultivo del pimiento

La edad del trasplante afecta la fenología, la producción de biomasa y su distribución en los diferentes órganos de la planta (Vázquez-Casarrubias *et al.*, 2011). De acuerdo con Moreno *et al.* (2011) el ciclo de crecimiento, del pimiento tiene varios estados de desarrollo: germinación (1-24 días), crecimiento y desarrollo (24-45 días), floración y cuajado de frutos (45-60), fructificación (60-70 días) y cosecha (70-80 días). Sin embargo, dichas etapas dependen de las condiciones climáticas y las variedades, siendo el periodo de cosecha de producción bajo invernadero de 4 a 7 meses (Huerta *et al.*, 2009).

3.5 Morfología del pimiento

Se le describe como una planta herbácea perenne, con un lapso de cultivo anual de porte variable entre los 0.5 m en determinadas variedades de cultivo al aire libre) y más de 2 m gran parte de los híbridos cultivados en invernadero (SAGARPA, 2011). Además, está constituida por un tallo principal de consistencia

herbácea que después se lignifica y cuando alcanza la altura de 40 cm, se bifurca en 2-3 ramas que a su vez se ramifican en forma dicotómica. En la producción bajo cultivo protegido debido al peso de los tallos, hojas y frutos se necesita el tutorado para sujetarse y evitar que se tiendan en el suelo o se quiebren (Muñoz-Ramos, 2004). La morfología se describe de la siguiente manera (Nuez *et al.*, 1996):

Sistema radicular: pivotante y profundo (dependiendo de la profundidad y del suelo), con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 50 cm y 1 m.

Tallo principal: es de crecimiento limitado y erecto. A partir de cierta altura emite dos o tres ramificaciones (dependiendo de la variedad) y continúa ramificándose hasta el final de su ciclo (los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas, y así sucesivamente).

Hoja: Es entera, lampiña y lanceolada, con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo largo y poco aparente. El haz es glabro (liso y suave al tacto) y de color verde más o menos intenso (dependiendo de la variedad) y brillante. El nervio principal parte de la base de la hoja, como una prolongación del pecíolo, del mismo modo que las nerviaciones secundarias que son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja. La inserción de las hojas en el tallo tiene lugar de forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad, existiendo cierta correlación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio del fruto.

Flor: Las flores aparecen solitarias en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas. Son pequeñas y constan de una corola blanca. La polinización es autógena, aunque puede presentarse un porcentaje de alogamia que no supera 10 %.

Frutos: Es una baya y en algunas variedades se hace curvo cuando se acerca a la madurez; el color verde de los frutos se debe a la alta cantidad de clorofila

acumulada en las capas del pericarpio, lóculos o cavidades pueden ser de 2 a 4 divisiones.

3.6 Requerimientos climáticos

Temperatura: La temperatura óptima para el desarrollo vegetativo se encuentra entre 18 y 20 °C, con máxima en el día de 25 °C (Ibarra *et al.*, 2000). Además estos autores mencionan que en el cultivo de pimiento morrón expuesto a temperaturas ambientales de 32 °C durante los periodos de floración provocan bajos rendimientos. Al respecto, Mundarain *et al.* (2005) indican que el chile es una planta tolerante a temperaturas altas, pero temperaturas superiores a 32 °C disminuyen el número de flores, fecundación y el cuajado de frutos.

Humedad: El cultivo de pimiento exige una humedad ambiental de 50 al 70 % durante su desarrollo vegetativo y de 60 % durante las primeras etapas del crecimiento de las plantas (Reche, 2010).

Luminosidad: Influye en el fotoperiodo, es decir en la reacción e influencia que tiene la duración del día sobre las plantas, principalmente sobre el momento de la floración y en el crecimiento (Reche, 2010).

3.7 Requerimientos nutricionales

La cantidad de macronutrientes en la mayoría de los cultivos es mayor de 500 mg L⁻¹ y en el caso de los micronutrientes es menor de los 50 mg L⁻¹ (Magdaleno-Villar *et al.*, 2006). A continuación se mencionan algunos elementos necesarios para el cultivo.

- a) **Nitrógeno (N)** El nutriente que con mayor frecuencia limita el rendimiento de los cultivos, esto a pesar de que en la atmosfera es el gas dominante en un 78 %. Es un constituyente de las proteínas, ácidos nucleicos y muchas otras sustancias importantes; forma parte de la clorofila, pigmento verde que favorece la fotosíntesis de las plantas, por lo que la carencia de este

nutrimento impacta directamente a este proceso fisiológico (Rodríguez, 1990)

- b) Fósforo (P)** Es parte estructural de muchos compuestos, principalmente ácidos nucleicos y fosfolípidos. Además, desempeña una función indispensable en el metabolismo energético de las plantas; la energía que se libera de la hidrólisis del pirofosfato se utilizan para impulsar reacciones químicas. Por lo tanto una deficiencia de P afecta tanto el crecimiento como el metabolismo en general (Bidwell, 1979).
- c) Potasio (K)** De los elementos primarios es el que ocupa el tercer lugar en cantidades comparables con el nitrógeno, se requiere para la formación de azúcares en los frutos (Ríos, 1984). Uno de los principales síntomas de deficiencia es la clorosis que inicia desde el ápice de las hojas y avanza por los márgenes, crecimiento lento, semillas o frutos secos (Alvarado 1998; Rodríguez, 1990).
- d) Calcio (Ca) y Magnesio (Mg)** El calcio forma parte de la pared celular, activador de enzimas principalmente fosfolipasa, mantiene la estructura de los cromosomas y es necesario para la división celular, contribuye a la estabilidad de las membranas; neutraliza los ácidos orgánicos en la planta (Rodríguez, 1990). Las deficiencias del calcio provocan disminución en el crecimiento de los tallos y hojas jóvenes, pudrición apical de los frutos, en las hojas jóvenes provoca clorosis intervenal (Gálvez, 2004). Es un constituyente de la clorofila, favorece la asimilación de dióxido de carbono, absorción de nitrógeno y aceites.
- e) Micronutrientes** Estos inciden de forma notoria en el color del fruto, su calidad y la resistencia de la planta, principalmente el hierro y manganeso (Rodríguez, 1990).

3.8 Soluciones nutritivas

Un aspecto de importancia en la producción de hortalizas es la nutrición que deben recibir las plantas durante su ciclo de vida (Magdaleno-Villar *et al.*, 2006), la cual se integrada en el riego, lo que se conoce como fertirriego. Por ello, las

soluciones nutritivas en los sistemas hidropónicos forman parte del conocimiento de la nutrición. Sin embargo, en distintas prácticas se utilizan soluciones con concentraciones que en general están por encima de las cuales la planta logra la máxima tasa de absorción (Luna *et al.*, 2013). No obstante, estos se utilizan para evitar un rápido agotamiento de los elementos en la SN. Además, la SN entrega todos los nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta y a si mismo satisface los requerimientos fisiológicos de crecimiento (Carrasco *et al.*, 2007). En estas se encuentran los macro y micronutrientes que son requeridos por las plantas, los cuales deben estar disponibles en la SN (Cooper, 1979). Con el uso de las soluciones nutritivas se encuentran alternativas para reducir los problemas de escasez de agua y contaminación de mantos acuíferos, pero si los excesos de nutrimentos no son removidos por lixiviación, pueden modificar el ambiente de crecimiento de las plantas, incrementando la CE en la solución y las sales pueden dañar a la planta (Zúñiga-Estrada *et al.*, 2004). De acuerdo con Steiner (1968) una SN consta de agua con oxígeno y de todos los elementos esenciales de forma iónica y eventualmente de algunos compuestos orgánicos como los quelatos y micronutrientes. En este sentido el funcionamiento normal del organismo vegetal ocurre con una determinada relación de cationes y aniones en la SN, ya que el desarrollo radical depende del equilibrio fisiológico de la SN. En ensayos posteriores Steiner (1973) demostró que la relación mutua de absorción nutrimental (aniones y cationes) está determinada por la fase de crecimiento y por la presión osmótica de la SN, la cual depende del tipo de planta y el clima que la rodea (Bugarín *et al.*, 1998), lo que favorece la extracción del NPK (Magdaleno-Villar *et al.*, 2006). Sin embargo, se han utilizado otros tipos de soluciones nutritivas como la de Hoagland que han sido ampliamente usadas y consideradas en investigaciones realizadas (Juárez *et al.*, 2006).

Por otro lado, dado que la selección de elementos nutritivos de una SN dependen del momento de la absorción por la planta (fisiología del cultivo), de los aspectos técnicos y económicos (Lara, 1999; Favera, 2006), de las condiciones climáticas (Steiner, 1973), y de la parte que se va a cosechar (Steiner, 1997). Por ello, Casanova *et al.* (2003) recomiendan soluciones de 33-160, 75-180, 100-350

mg L⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente; las cuales varían según la etapa fenológica. Por lo general en la etapa vegetativa de la mayoría de los cultivos se requiere mayor proporción de NO₃⁻ 125-15 me L⁻¹ y en menor grado los SO₄ y del H₂PO₄ 1.0-1.5 me L⁻¹ y se eleva el H₂PO₄ 1.75-2.0 me L⁻¹ (Favera, 2006).

3.9 Salinidad de los sustratos

Con respecto a la conductividad eléctrica (CE) en el sustrato, la literatura considera como elevado un valor de 3 dS m⁻¹, por lo que al presentarse valores superiores se recomienda lavar continuamente el sustrato (Fortis-Hernández *et al.*, 2012). Además, durante el riego es necesario considerar la salinidad del agua y su impacto sobre el sustrato, sobre todo en los aspectos: frecuencia de riego, y la cantidad de SN aplicada durante cada riego. De acuerdo con Al-Karaki (2000), las altas concentraciones de nutrientes que quedan en el sustrato, incrementan la salinidad y esto puede reducir el tamaño de la raíz. No obstante, algunos estudios han demostrado que el pimiento morrón es una especie de moderada tolerancia a la salinidad, tanto del suelo como del agua de riego y puede resistir ciertas condiciones de acidez (Fortis-Hernández *et al.*, 2012); aunque los valores óptimos oscilan entre 6.5 y 7.0 (Soler *et al.*, 2002).

3.10 Rendimiento y Calidad del fruto

El rendimiento en el cultivo de pimiento morrón depende de varios factores. Por un lado, algunos estudios indican que el trasplante a los 45 días, permiten un mayor rendimiento por planta y consecuentemente por unidad de superficie (Vázquez-Casarrubias, 2011). En tanto que el cultivo en invernadero favorece el desarrollo y la productividad, alcanzando rendimientos que van desde 17 hasta 80 t ha⁻¹, mientras que las condiciones a cielo abierto son de 21.57 t ha⁻¹ (SIAP, 2011). Sin embargo, el manejo del cultivo y una mayor concentración de la SN favorecen un incremento del rendimiento y calidad del fruto. Por su parte, Reséndiz-Melgar *et al.* (2010) mencionaron que el pimiento morrón cultivado en invernadero puede alcanzar un precio hasta cinco veces mayor con respecto al cultivado a cielo abierto, debido a su mejor calidad y sanidad (SAGARPA, 2011).

3.10.1 Variables físicas del fruto

Las propiedades físicas se describen de la siguiente manera:

Tamaño: El género *Capsicum* presenta una gran variabilidad de tamaños de frutos; existen variedades que van desde 2 cm hasta los 20 cm de longitud (Nuez *et al.* 1996).

Firmeza: Está asociada con el estado de madurez; cuando los frutos de pimiento están verdes, son más firmes y por lo tanto, menos sensibles a los daños por manipulación (Giambanco, 1996).

3.10.2 Variables químicas del fruto

Las condiciones del cultivo tienen influencia sobre el sabor. Así, los frutos obtenidos con temperaturas diurnas elevadas tienen desagradable sabor y menor contenido en azúcares y sólidos solubles (Nuez *et al.*, 1996). De acuerdo con la Norma mexicana (1981) las propiedades químicas del pimiento morrón se encuentran en los siguientes rangos: pH: 4.1-4.2; Acidez (ácido cítrico): 0.5-1.0; grados Brix: (0-1.0) y sólidos solubles: 3.0-4.0.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización del área de estudio

El experimento se estableció en el área de Invernaderos y Viveros de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, ubicada en el kilómetro 25 de la carretera Villahermosa–Teapa (17° 46' 56" N y 92° 57' 28" 0) a 21 m de altitud sobre el nivel del mar, en el municipio de Centro, Tabasco, México. El invernadero utilizado fue tipo Megavent tropical con dimensiones de 8.0 m de ancho por 20 m de largo, cubierto lateralmente con malla antiáfidos.

4.1.2 Descripción del área de estudio

De acuerdo al sistema de Köppen, el clima del área de estudio es Af (m), es decir, clima cálido, húmedo con altas precipitaciones en el verano. La temperatura media anual oscila entre 25 y 28 °C, con máximas de 39 °C en mayo y mínima de 13.7 °C en febrero (Palma y Cisneros, 2000).

4.2 Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial 2x3, con cuatro repeticiones, la unidad experimental estuvo conformada por tres plantas. El primer factor consistió en dos genotipos de pimiento Morrón (California Wonder y Novus); mientras que el segundo factor fueron los niveles de concentración (20, 23, y 30 mgL⁻¹) de la solución Universal de Steiner.

4.3 Manejo agronómico

4.3.1 Almacigo

El 31 de Julio de 2013 se inició con la producción de las plántulas. Se usaron charolas de plástico de 200 cavidades, desinfectadas con cloro. El sustrato utilizado fue Peat-moss y se colocó una semilla por cavidad a 0.5 cm de profundidad.

4.3.2 Trasplante

El trasplante se realizó a los 40 días después de la germinación (17 de Septiembre 2013) cuando las plantas presentaron una altura de 15 cm en promedio. Estas fueron colocadas en bolsas negras para vivero de 20x30 cm calibre 500. El sustrato que se utilizó para desarrollo del cultivo fue tepetzil, a las bolsas se les hicieron orificios para drenar el agua. Se colocó una planta por bolsa, las cuales se colocaron a doble hilera con separación de 1.2 m entre hileras y 0.4 m entre bolsas, la densidad de siembra fue de 4.2 plantas m⁻² (42, 000 plantas ha⁻¹).

4.4 Tutorado

El tutoreo se realizó con hilo de rafia y con ayuda de anillos de plástico. Este se hizo a partir del inicio de la floración hasta el final de la cosecha en cada tallo de la planta.

4.5 Preparación de las soluciones nutritivas

De acuerdo a la Solución Universal creada por Steiner y con la recomendación Magdaleno-Villar *et al.* (2006); se utilizaron concentraciones para cada uno de los tratamientos de 20, 23 y 30 mg L⁻¹ las especificaciones de cada tratamiento se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Concentraciones de la solución universal de Steiner

	Aniones			Cationes			Total
	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Ca	K	Mg	
S1 (20 mg L ⁻¹)	6.48	0.91	2.79	1.97	6.55	1.31	20
S2 (23 mg L ⁻¹)	9.18	0.77	2.68	3.46	5.38	1.54	23
S3 (30 mg L ⁻¹)	11.89	0.99	3.47	4.55	7.08	2.02	30

Magdaleno-Villar *et al.* (2006)

Previamente se realizó un análisis químico del agua (Cuadro 4) que se usó para el riego, en el que se determinó las concentraciones de nitratos, sulfatos, potasio, magnesio y calcio (Sáenz 2005).

Cuadro 4. Análisis del agua de riego

Cationes	meq L ⁻¹	Aniones	meq L ⁻¹
Calcio	4.55	Nitratos	0.09
Potasio	7.08	Fosfatos	0.01
Magnesio	2.02	Sulfatos	0.14

4.6 Fertirriego

Se aplicó una solución nutritiva base en ocho riegos durante el día de las 8:00- 15:00, con intervalos entre riegos de 60 minutos con duración de tres minutos cada uno (Estrada-Botello *et al.*, 2009). Las concentraciones complementarias de cada solución nutritiva se aplicaron de forma manual cada tercer día, en un volumen de agua de 500 mL para cada tratamiento. Las soluciones que se aplicaron de forma manual se prepararon cada siete días.

4.7 Salinidad del sustrato

En cada unidad experimental se colocaron recipientes con capacidad de 5 L para la colectar agua de drenaje, a la que se le midió el pH con potenciómetro, CE con conductímetro, y volumen con una probeta graduada. De acuerdo con Fortis-Hernández *et al.* (2012) cuando la CE sobrepasó el nivel de 3 dS m^{-1} se reguló el pH y la CE a través de lavados al sustrato con agua potable hasta saturarlo.

4.8 Variables evaluadas

La medición de las variables estuvo en función del desarrollo del cultivo. Se consideraron variables fenológicas, agronómicas, y rendimiento.

4.8.1 Fenológicas

Se consideró el crecimiento de la parte aérea (tallo) y subterránea (raíz) de la planta.

a) Fecha floración

Se determinó el tiempo (días) transcurrido hasta la aparición de las flores; se le saco el promedio a las tres plantas de cada unidad experimental y con ello se obtuvo la fecha de floración.

b) Fecha de fructificación

Se determinó el tiempo (días) transcurrido hasta la aparición de los primeros frutos; se realizó el mismo procedimiento que se indica en el inciso a) para determinar la fecha de fructificación.

c) Crecimiento de la planta

Durante todo el ciclo del cultivo, cada ocho días se midió la altura con un flexómetro, desde la base del tallo hasta el ápice de la planta, y el grosor del tallo se determinó con vernier convencional a 10 cm de la base del tallo.

d) Cosecha

El corte de los frutos se realizó cuando presentó la madurez fisiológica, tomando como momento de corte el cambio de color, a partir de la primera cosecha se cortaron todos los frutos maduros de las tres plantas, los cuales se pesaron y sumaron el total de los pesos y se sacó la media y se multiplico por metro cuadrado de cada tratamiento hasta concluir el experimento.

4.8.2 Agronómicas

a) Materia seca

Los muestreos para esta variable se realizaron a los 30 días después del trasplante, floración (59 ddt), y fructificación (113 ddt). En cada unidad experimental, se muestrearon tres plantas completas (tallos, hojas y raíces). La raíz se lavó con agua potable para quitar residuos de sustratos. Las fracciones de cada órgano vegetativo se pesaron en fresco en una balanza semi-analítica marca OHAUS; posteriormente se secaron en una estufa a 65°C durante 24 horas; las muestras secaron y se obtuvo el porcentaje de materia seca (MS) por medio de la siguiente fórmula (1):

$$MS = \frac{PF - PS}{PS} \times 100$$

Fórmula 1

Dónde:

MS= Materia Seca;

PF= Peso fresco de la muestra;

PS= Peso seco de la muestra.

b) Crecimiento radicular

Con el objetivo de conocer la dinámica de crecimiento, cada 30 días se tomaron tres plantas por cada tratamiento de las cuales, la raíz se lavó con agua de la llave para quitar el excedente de sustrato, y se midió el largo y ancho de la masa radicular con un flexómetro convencional.

4.8.3 Rendimiento

Durante todo el ciclo de cosecha, los frutos de cada tratamiento se cosecharon, se cortaron todos los frutos cuando estos estaban completamente maduros de las tres plantas de cada unidad experimental los cuales fueron pesados, se obtuvo el peso promedio por planta, y este se multiplicó por la densidad de siembra para obtener el rendimiento por metro cuadrado.

4.9 Calidad del fruto

Los parámetros de calidad del fruto incluyeron propiedades físicas y químicas, estos fueron determinados en frutos maduros; cuando expresaron el 100 % de su color en la madurez. El muestreo consistió en la colecta de tres frutos por genotipo y SN.

4.9.1 Propiedades físicas

a) Peso: Se pesó el fruto de cada tratamiento en una balanza semi-analítica Standar marca OHAUS. Se calculó el peso promedio de cada tratamiento (AOAC, 1990).

b) Firmeza: La resistencia a la penetración (kf) se determinó por penetrometría con equipo Chatillon de punta cónica de 1.2 mm de diámetro. Las mediciones se realizaron en la parte media, superior e inferior de cada fruto en cuatro frutos por cada tratamiento de acuerdo a la metodología propuesta por Zegbe *et al.* (2007).

4.9.2 Propiedades químicas

a) Sólidos solubles totales (SST): Se colocaron en un refractómetro (HI 96822), unas gotas de jugo de frutos maduros, para medir los grados brix.

b) pH: Se extrajo jugo de frutos maduros, y se midió directamente el pH con el peachimetro marca HANNA HI 98129 de acuerdo con la metodología descrita por la AOAC (1990).

c) CE ($dS\ m^{-1}$): Se extrajo jugo de frutos maduros, y se midió la CE con el conductimetro marca HANNA HI 98129 de acuerdo con la metodología descrita por la AOAC (1990).

d) Acidez titulable: Se determinó de acuerdo con la metodología propuesta por González-Aguilar *et al.* (1998), la cual plantea la fórmula (2):

$$\% \text{ Acidez } \left(\frac{\text{g ácido cítrico}}{100 \text{ mL}} \right) = \frac{V(\text{Mx}) \times C(\text{Mx}) \times f(\text{ácido cítrico}) \times 100}{C(\text{NaOH } 0.1 \text{ M}) \times \text{masa de muestra (g)}} \quad \text{Fórmula (2)}$$

Dónde:

V (Mx) = Volumen de gasto de la solución de NaOH estandarizada.

C (Mx) = Concentración de la solución de NaOH estandarizada.

C (NaOH 0.1M) = Concentración ideal de la solución de NaOH (0.1M)

f (ácido cítrico) = factor de conversión de equivalencia de 1 mL de NaOH 0.1 M a Ácido cítrico anhidro (0.006404).

d) Concentración de Ca, Mg, K y NO₃ en el fruto: Se extrajo el jugo del fruto maduro. A partir del extracto se tomó una alícuota de 0.5, la cual se diluyó en matraces de 50 mL. De esta dilución se tomaron 10 mL para determinar Ca y Mg en un sensor marca HANNA instrumens; la lectura se tomó directamente del equipo; para K y NO₃ se tomaron unas gotas de jugo y se colocaron directamente en los cardys portátiles y se tomó la lectura.

4.10 Concentración de Ca, Mg, K y NO₃ en savia foliar

A) Concentración:

- a) Se maceraron hojas de cada tratamiento en un mortero de cerámica para extraer la savia.
- b) Del extracto de la savia se tomó una alícuota de 0.5 que se diluyó en matraces de 50 mL con agua destilada.
- c) De la dilución se tomaron 10 mL para determinar Ca y Mg con el equipo sensor marca HANNA instrument.
- d) Para K y NO₃ se tomaron unas gotas y se colocaron en los cardys portátiles y se tomó la lectura.

B) Absorción de nutrientes en la planta

A partir de la concentración del material vegetal obtenido, se multiplicó por la cantidad de agua acumulada en la planta, la cual se obtiene restando el peso de la materia verde menos la materia seca.

4.11 Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias de Tukey a un nivel de significancia de 0.05. y se realizaron análisis de regresión. Estos análisis se realizaron con el programa estadístico STATGRAPHICS 5.0 (Anónimo, 2000).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Fenología

La fenología es una variable que está en función de los fenómenos biológicos vinculados a periodos o fases (Mundarain *et al.*, 2005); en los que intervienen factores como el genotipo, clima (temperatura, luz, fotoperiodo), disponibilidad de agua y condiciones biológicas (virus y patógenos) como lo indican Gastiazoro (2000) y Krajewski y Rabe (1995). Por otro lado, de acuerdo con Mundarain *et al.* (2005), Soto-Ortiz *et al.* (2006) y Soto-Ortiz y Silvertooth (2008) el conocimiento de la fenología es importante para un manejo adecuado de un cultivo. De ahí la importancia de incluir en este estudio, variables como la dinámica de crecimiento de la altura de la planta, grosor del tallo y formación de frutos.

5.1.1 Dinámica de altura de la planta y grosor del tallo

Los resultados indican que el factor genotipo mostró diferencias significativas ($p \geq 0.05$) a los 190 días después del trasplante (ddt), tiempo en los que la planta alcanzó su máximo desarrollo (Cuadro 5). La altura del genotipo Novus fue 57.30% mayor que la variedad California.

En cuanto al factor SN, se observó que la concentración de 23 mg L⁻¹ incremento 18.8% la altura con respecto a la solución de 30 mg L⁻¹ (Cuadro 5). En las Figuras 1 y 2 se presenta la dinámica de crecimiento en la planta. Se observa que la altura del genotipo Novus se estabiliza a partir de los 142, 150 y 153 ddt, para las concentraciones de 20, 23 y 30 mg L⁻¹ de la SN, respectivamente. En el caso del genotipo California se observó a los 190 ddt para las tres concentraciones. Al respecto Fortis-Hernández *et al.* (2012) reportaron valores inferiores de alturas en plantas de pimiento morrón producidas en sistemas protegidos, en tanto que Zúñiga-Estrada *et al.* (2004) reportaron alturas entre 74 y 84 cm, resultados similares a los presentados en esta investigación,

aunque cabe la aclaración de que su trabajo fue realizado a cielo abierto en una región templada, y con otros genotipos. Mientras que Nuez *et al.* (1996) mencionan que las condiciones climáticas influyen en el desarrollo y crecimiento de la planta.

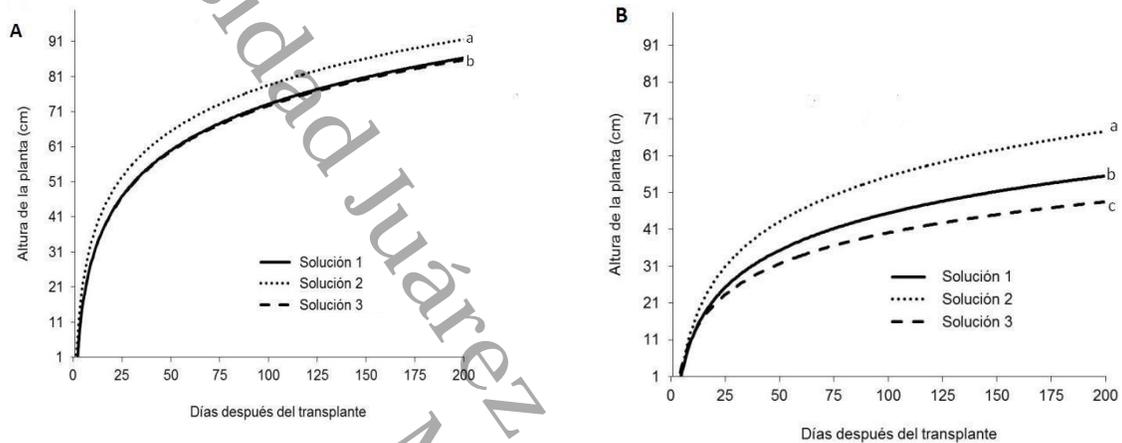


Figura 1. Altura del pimiento morrón durante el periodo de estudio. A) Genotipo Novus y B) genotipo California

Las letras a, b y c indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre las soluciones nutritivas

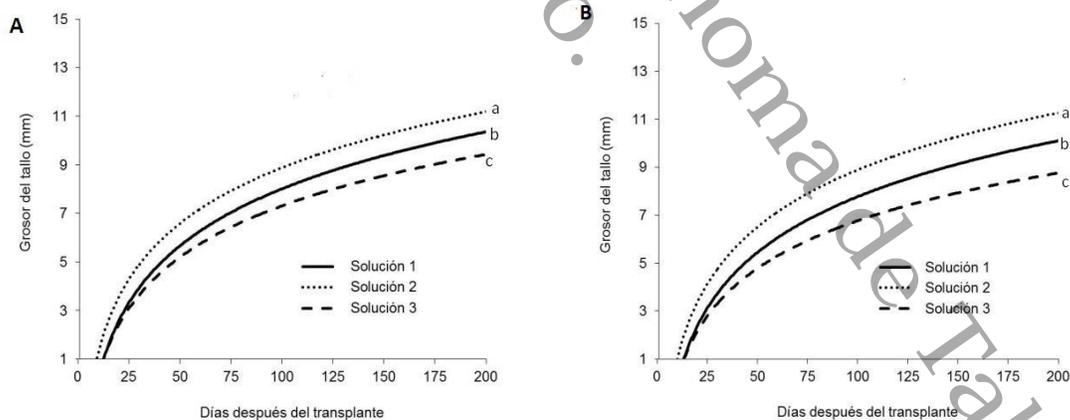


Figura 2. Grosor del tallo. A) Genotipo Novus y B) genotipo California

Las letras a, b y c indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre las soluciones nutritivas

Para la dinámica de altura de la planta, se presentan los modelos generados para el genotipo California con la SN 1, 2 y 3: $Y = 4.1347 \ln(X) - 8.7677$

($R^2 = 0.9893$), $Y = 4.0795 \ln(X) - 9.6476$ ($R^2 = 0.981$) y, $Y = 3.4773 \ln(X) - 8.0796$ ($R^2 = 0.9848$), donde Y es la altura y X son los días, respectivamente. Y los modelos para el genotipo Novus con la SN 1, 2 y 3 fueron:

$Y = 22.401 \ln(X) - 22.632$ ($R^2 = 0.9753$), $Y = 22.401 \ln(X) - 17.223$ ($R^2 = 0.9784$),
 $Y = 22.401 \ln(X) - 23082$ ($R^2 = 0.9742$)

Para la dinámica de grosor del tallo los modelos para el genotipo California son: $Y = 3.9873 \ln(X) - 9.3171$ ($R^2 = 0.9721$), $y = 3.9873 \ln(X) - 8.2332$ ($R^2 = 0.9652$), $Y = 3.9873 \ln(X) - 7.7469$ ($R^2 = 0.972$); para Novus, $Y = 4.1206 \ln(X) - 9.582$ ($R^2 = 0.984$), $Y = 4.035 \ln(X) - 8.3156$ ($R^2 = 0.9914$), $Y = 3.7071 \ln(X) - 8.5162$ ($R^2 = 0.9875$).

La tasa de crecimiento para los genotipos Novus y California fueron de 0.5 cm d^{-1} y 0.37 cm d^{-1} , respectivamente; estos valores son similares a los reportados por Zúñiga-Estrada *et al.* (2004). Cabe señalar, que a pesar de que ambos genotipos presentaron una ganancia de altura diferente, al final del experimento sus alturas fueron similares (Cuadro 5).

La variable grosor de tallo en ambos genotipos, presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$) al final del experimento. A los 190 días, el genotipo California fue menor en 3.3 % con respecto al genotipo Novus (Cuadro 5). Mientras que con la SN, esta presentó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$) con la que se observó que las plantas con la concentración de 23 mg L^{-1} registraron un grosor de 12.38 mm, mayor que los demás tratamientos. Por otro lado, se detectaron diferencias altamente significativas en la interacción genotipo X SN, lo que indica que ambos factores influyen en el grosor del tallo. El promedio del grosor del tallo en cuanto a los efectos del genotipo y SN fueron similares a los del grosor del tallo del muestreo hecho al final del experimento. Sin embargo, en esta variable no se presentaron diferencias significativas en las interacciones genotipo X SN (Cuadro 5).

Aunque son pocos los trabajos que documentan la fenología del pimiento morrón bajo condiciones de invernadero en el ambiente tropical; otros trabajos han

documentado valores por arriba a los presentados en esta investigación. Al respecto Hernández-Verdugo *et al.* (2012) reportaron un grosor de tallo de 19.3 mm en chiles silvestres; mientras que Moreno *et al.* (2011) registraron tallos de 19 mm de diámetro en un híbrido triple 4. Cabe aclarar que estos trabajos fueron conducidos en variedades, climas y condiciones de producción diferente a las de esta investigación.

5.1.2. Formación de frutos

Para describir el crecimiento y desarrollo de los cultivos, es necesario determinar la identificación de distintos estados y fases de crecimiento y desarrollo, así como la predicción de la duración de la fase medioambiental para un régimen de temperatura dado (Wurr *et al.*, 2002; Soto-Ortíz *et al.*, 2006; Soto-Ortíz y Silvertooth, 2008). La apertura de las flores no presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los genotipos, sin embargo al comparar las SN se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$). En la concentración de 23 mg L^{-1} la apertura de flores fue más tardía en 4.46 % con respecto a la de 20 mg L^{-1} . Ambos genotipos evaluados resultaron más precoces que el híbrido Grandísimo reportado por Moreno *et al.* (2011), el cual requirió 45 ddt hasta la floración. Los mismos autores identificaron 13 híbridos, que requieren tan solo 33 ddt a la floración; es decir que fueron ligeramente superiores a los evaluados en esta investigación (Cuadro 5). Al respecto, Fernandes *et al.* (2004) mencionaron que en el pimiento morrón, el periodo de floración oscila entre 70 y 90 días; estos datos son menores a los presentados en esta investigación, ya que los genotipos evaluados presentaron floración hasta el final del experimento (190 ddt). En este sentido, Reche (2010) y, Nuez *et al.* (1996), mencionaron que el genotipo es un factor determinante en la duración del periodo de floración.

Por su parte, la variable amarre de frutos no presentó diferencias significativas entre los factores genotipo y SN ($P \leq 0.05$). El genotipo Novus fue ligeramente mayor en 0.5 días comparado con el genotipo California. Los resultados indican que no hubo un efecto significativo de las SN sobre el amarre del fruto; solo se observaron tendencias que indican que la concentración de 23

mg L⁻¹ mostró los valores más altos (Cuadro 5). Tampoco se observaron diferencias significativas (P<0.05) en las interacción genotipo X SN. Los resultados sugieren que el periodo de amarre de fruto inicia entre los 39 y 40 ddt.

No se presentaron diferencias significativas entre los genotipos, en la variable días a la cosecha; la cosecha inicia a los 97 ddt en el genotipo Novus, mientras que el genotipo California el inicio ocurre a los 90 ddt. Datos similares fueron obtenidos por Moreno *et al.* (2011) en los genotipos Triple Star y Grandísimo. La comparación de las SN indica que la cosecha en la concentración de 20 mg L⁻¹ fue la más tardía (97 ddt).

5.2 Materia seca

El rendimiento de un cultivo depende de la capacidad de acumular biomasa (materia fresca y seca) en los órganos que se destinan a la cosecha, lo que representa un incremento del rendimiento. Así, la distribución de materia seca entre los diferentes órganos de la planta, tiene un papel fundamental en la producción de un cultivo (Peil y Gálvez, 2005). Sin embargo, en el cultivo de pimiento morrón, el rendimiento se ve afectado por el genotipo y la concentración de sales en la SN, tal a como se muestra en el Cuadro 5. Los muestreos realizados a los 30 ddt y en la fructificación, se encontró que el peso de materia verde presentó diferencias altamente significativas (P≤0.001) entre genotipos; aunque para materia seca no se registraron diferencias significativas (P≤0.05). Sin embargo, en el muestreo en la cosecha la variable de materia verde no presentó diferencias significativas, mientras que en la variable materia seca se presentaron diferencias significativas (P≤0.05). Se observó que el genotipo novus registró los valores máximos. Con respecto, al efecto de la SN en la materia verde y seca, en todos los muestreos se encontraron diferencias significativas, siendo la SN de 23 mg L⁻¹ la que tuvo los valores más altos; mientras que los menores se observaron en la concentración de 30 mg L⁻¹, lo que indica que la mayor concentración de sales afectó la ganancia de biomasa; tal a como lo señalan Fortis-Hernández *et al.* (2012). Con respecto a la interacción genotipo X SN, tanto para el peso húmedo como peso seco, no se encontraron diferencias significativas (p<0.05) (Cuadro 5).

5.3 Zona radical del pimiento morrón

La longitud de la raíz fue una variable fenológica que presentó diferencias significativas durante todos los muestreos, específicamente para el factor genotipo. Como se observa en el Cuadro 7, el genotipo Novus fue el que mayormente destacó en esta variable. Con respecto al factor SN, no se observaron diferencias significativas, solo tendencias en la que la solución de 23 mgL⁻¹ fue la que presentó los valores máximos. Asimismo la interacción genotipo x SN no presentaron diferencias significativas.

Para el ancho de la raíz no se presentaron diferencias significativas por efecto del genotipo. Sin embargo, para la SN se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), en la que se detectó que la solución de 23 mg L⁻¹ es la que presenta un mayor tamaño de raíz y no así para la de 20 y 30 mg L⁻¹ (Figura 3).

Los modelos que se generaron a partir de los análisis de regresión se describen a continuación: para el genotipo Novus de largo de la raíz con sustrato con la SN 1, 2 y 3 fueron, $Y = 11.319 \ln(X) - 32.963$ ($R^2 = 0.9624$), $Y = 11.696 \ln(X) - 30.598$ ($R^2 = 0.9511$) y, $Y = 10.675 \ln(X) - 31.204$ ($R^2 = 0.9545$) donde Y es largo y X son los días, respectivamente, y para el largo de la raíz sin sustrato $Y = 9.3589 \ln(X) - 17.08$ ($R^2 = 0.8932$), $Y = 12.975 \ln(X) - 26.64$ ($R^2 = 0.9073$) y, $Y = 10.975 \ln(X) - 28.67$ ($R^2 = 0.9388$). Para el ancho de la raíz con sustrato $Y = 11.319 \ln(X) - 32.963$ ($R^2 = 0.9624$), $Y = 11.696 \ln(X) - 30.598$ ($R^2 = 0.9511$) y, $Y = 10.675 \ln(X) - 31.204$ ($R^2 = 0.9545$), y ancho de raíz sin sustrato $Y = 9.4085 \ln(X) - 27.593$ ($R^2 = 0.9436$), $Y = 12.56 \ln(X) - 37.929$ ($R^2 = 0.9769$) y, $Y = 9.5263 \ln(X) - 27.919$ ($R^2 = 0.9531$). Para el genotipo California del largo de la raíz con sustrato $Y = 8.2675 \ln(X) - 16.201$ ($R^2 = 0.9083$), $Y = 9.9027 \ln(X) - 18.206$ ($R^2 = 0.9124$) y, $Y = 9.7376 \ln(X) - 26.893$ ($R^2 = 0.9598$), y se muestran los siguientes del largo de la raíz sin sustrato $Y = 9.7061 \ln(X) - 19.923$ ($R^2 = 0.9304$), $Y = 11.03 \ln(X) - 20.497$ ($R^2 = 0.9214$) y, $Y = 11.234 \ln(X) - 30.778$ ($R^2 = 0.9735$), para el ancho de la raíz con sustrato $Y =$

$0.1339X + 3.7415$ ($R^2 = 0.8565$), $y = 14.69\ln(X) - 44.95$ ($R^2 = 0.9341$) y, $Y = 11.64\ln(X) - 35.606$ ($R^2 = 0.9419$) y para el ancho de la raíz sin sustrato $Y = 10.639\ln(Y) - 32.218$ ($R^2 = 0.9325$), $Y = 0.1523x + 2.1212$ ($R^2 = 0.865$) y , $Y = 10.545\ln(X) - 32.629$ ($R^2 = 0.9534$).

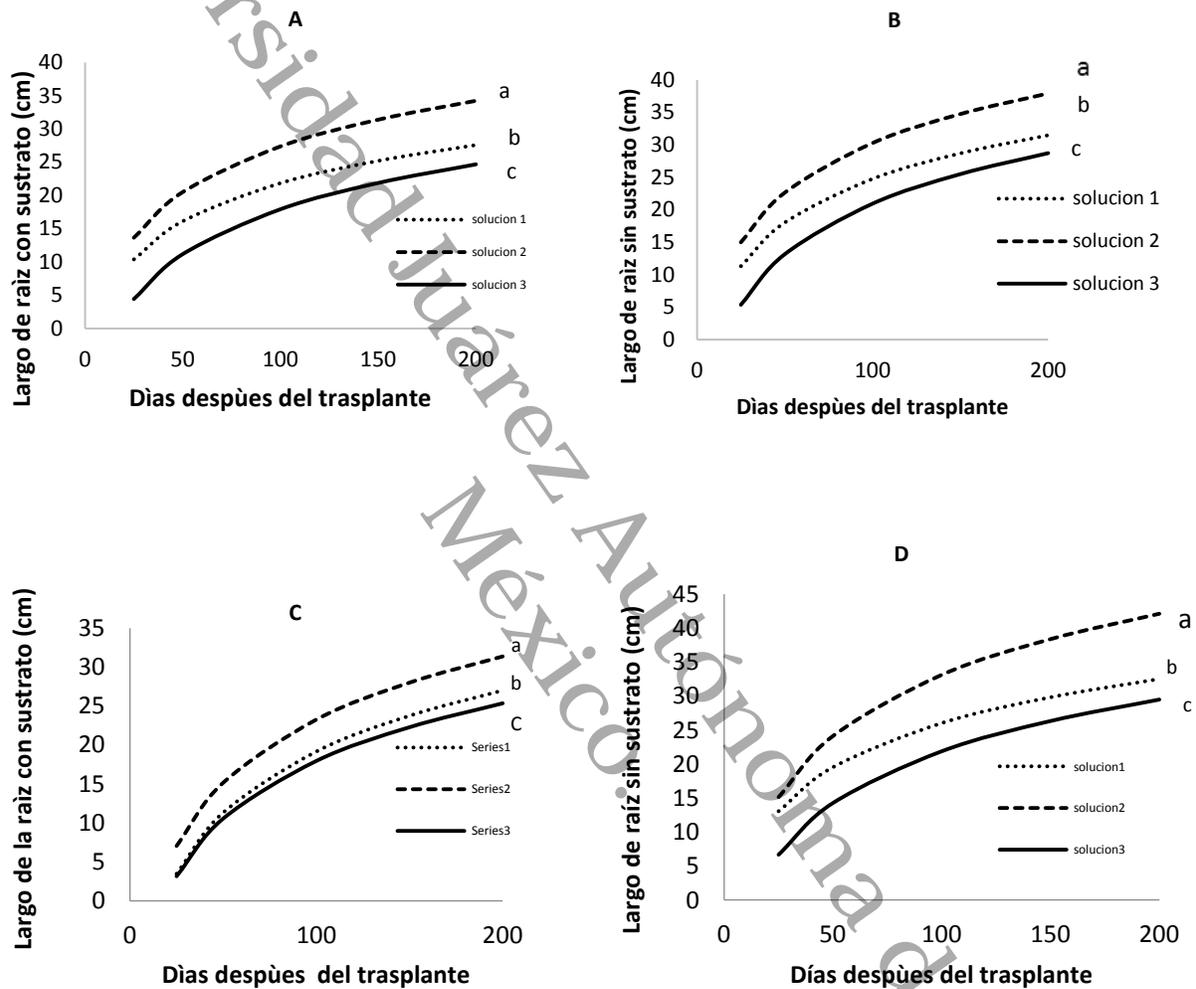


Figura 3. Dinámica de crecimiento de la zona radicular del genotipo Novus en sustrato (A) y sin sustrato (B); Dinámica de crecimiento de la zona radicular del genotipo California en sustrato (C) y sin sustrato (D).

Letras diferentes a, b y c son estadísticamente diferentes a un nivel de significancia de $p \leq 0.05$ entre las soluciones nutritivas.

Cuadro 5. Comparación de medias de la altura, grosor del tallo de la planta, materia verde y seca en el pimiento morrón

	Altura de la planta (cm)		Grosor del tallo (mm)		Muestreos de materia verde y seca (gr)					
	APF	APM	GTF	GTM	30 Días después		Fecha floración		Fecha fructificación	
					MV	PS	MV	PS	MV	PS
Genotipo										
Novus	94.3a	76.10a	11.87a	8.15a	29.73b	15.92a	33.81b	18.55a	38.93a	33.9b
California	71.32b	48.38b	11.49b	7.90b	33.05a	15.95a	37.05a	19.30a	42.04a	37.0a
Solución										
S1(20 mg L ⁻¹)	80.63b	60.61b	12.03b	7.99b	29.42b	14.07c	32.87b	16.81c	38.75b	32.87b
S2(23 mg L ⁻¹)	91.15a	68.47a	12.38a	8.98a	38.75a	17.82a	42.98a	20.98a	46.87a	42.97a
S3(30 mg L ⁻¹)	76.64c	57.64c	10.63c	7.12c	26.0c	15.92b	30.43b	19.0b	35.83b	30.4b
Genotipo x Solución										
Novus Sol 1	92.65b	74.45 b	12.15c	8.10	29.85	13.45	33.12	16.7	39.0	33.1
Novus Sol 2	98.05a	79.85 a	12.52a	8.97	42.27	18.22	46.62	22.22	49.25	47.0
Novus Sol 3	92.2b	74.0 b	10.94e	7.39	27.02	16.2	31.4	19.0	37.87	31.5
California Sol1	68.62d	46.77 d	11.91d	7.87	30.0	14.69	32.62	16.92	38.5	32.6
California Sol2	84.24c	57.09 c	12.22b	8.99	35.22	17.42	39.35	19.75	44.5	39.3
California Sol3	61.09e	41.28 e	10.32f	6.85	24.97	15.65	29.47	19.0	33.8	29.4
Significancia										
Genotipo	***	***	***	ns	***	ns	**	ns	ns	**
Solución	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
GenotipoXsolución	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey *: P≤0.05; ** P≤0.005; *** P≤0.001; ns no significativo. APF= Altura de la planta al final del experimento, APM= Altura media de la planta durante el experimento, GTF= Grosor del tallo al final del experimento, GTM= Grosor medio del tallo durante el experimento MV= Materia verde, PS= Peso seco.

Cuadro 6. Fenología y calidad del fruto

Genotipo	Fenología (Días)				Rendimiento (kg)				Calidad de fruto	
	B	F	AF	C	R kg	PF gr	pH	CE (dS ⁻¹)	ST	AT
Novus	19.88 a	29.47a	40.02 a	97.33 a	4.86a	75.69b	5.28b	1.64b	6.31b	1.15a
California	19.11b	29.11a	39.66a	90.61b	5.03a	114.57a	5.38a	1.74a	7.41a	0.97a
Solución										
S1(20 mg L ⁻¹)	18.95b	28.83b	39.91 a	91.16b	5.14a	97.03b	5.27c	1.37c	7.15a	1.1a
S2(23 mg L ⁻¹)	20.16a	30.16a	40.04 a	97.37a	5.98a	119.76a	5.32b	1.58b	6.56b	0.9a
S3(30 mg L ⁻¹)	19.37b	28.87b	39.58 a	93.37b	3.26b	68.59c	5.39a	2.13a	6.88b	1.2a
GenotipoX Solución										
Novus Sol 1	18.75 d	28.83	40.0	97.41 a	5.2	100.02a	5.2e	1.33	6.43c	0.95
Novus Sol 2	21.08 a	30.75	40.08	97.16 a	6.1	119.76e	5.27c	1.55	6.25c	0.85
Novus Sol 3	19.83 b	28.83	40.0	97.41 a	2.7	95.32b	5.37b	2.05	6.26c	1.12
California Sol1	19.16 bc	28.83	39.83	84.91 c	5.0	70.3c	5.34b	1.40	7.87a	1.25
California Sol2	19.25 bc	29.58	40.0	97.58 a	5.7	80.15b	5.37b	1.60	6.87b	0.95
California Sol3	18.91 bc	28.91	39.16	89.33 b	3.7	65.13b	5.42a	2.21	7.5a	1.27
Significancia										
Genotipo	**	ns	ns	***	ns	***	***	**	***	ns
Solución	**	**	ns	***	**	***	***	***	**	ns
GenotipoXsolución	**	ns	ns	***	ns	*	**	ns	*	ns

*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey *: P≤0.05; ** P≤0.005; *** P≤0.001; ns no significativo. B= Botón, F= Floración, AF= Amarre del fruto, C= Cosecha, R= Rendimiento, PF=Peso del fruto, pH= Potencial de hidrogeno, CE= Conductividad eléctrica, ST= Solidos solubles totales, AT= Acidez titulable

Cuadro 7. Tamaño de la zona radicular del pimiento morrón (cm)

Genotipo	30 DDT				Fecha floración (59 DDT)				Fecha fructificación (113 DDT)			
	LRCS	LRSS	ARCS	ARSS	LRCS	LRSS	ARCS	ARSS	LRCS	LRSS	ARCS	ARSS
California	20.75b	23.75b	18.04a	15.95a	23.08b	26.08b	21.25a	19.33a	28.05b	31.5b	27.33a	24.0a
Novus	23.25a	26.25a	17.77a	16.16a	25.22a	28.2a	21.06a	18.37a	30.25a	33.25a	27.0a	23.25a
Solución												
S1(20 mg L ⁻¹)	21.0b	24.0b	17.5b	14.75b	23.12b	26.1b	20.37b	17.62b	28.12b	31.1b	26.0b	22.37b
S2(23 mg L ⁻¹)	27.66a	30.66a	20.93a	18.18a	29.93a	32.9a	24.22a	21.93a	35.25a	38.2a	30.6a	26.5a
S3(30 mg L ⁻¹)	17.33c	20.33c	16.78b	15.15b	19.4c	22.4c	18.87b	17.0b	24.75c	27.7c	24.87b	22.b
GenotipoX Solución												
Novus Sol 1	21.5	24.5	17.2	14.7	24.0	27.0	20.25	16.75	29.0	32.0	26.0	21.5
Novus Sol 2	29.75	32.75	22.12	18.62	31.87	34.8	23.95	21.62	36.7	39.75	30.5	26.5
Novus Sol 3	18.5	21.5	16.95	15.12	19.8	22.8	19.0	16.7	25.0	28.0	24.5	21.75
California Sol1	20.5	23.5	17.75	14.75	22.25	25.25	20.5	18.5	27.25	30.2	26.0	23.25
California Sol2	25.57	28.57	19.65	17.75	28.0	31.0	24.5	22.25	33.75	36.7	30.75	26.5
California Sol3	16.17	19.17	16.6	15.37	19.0	22.0	18.75	17.25	24.5	27.5	25.25	22.2
Significancia												
Genotipo	***	***	ns	ns	***	***	ns	ns	***	***	ns	ns
Solución	***	***	**	**	***	***	**	**	***	***	**	**
GenotipoXsolución	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey *: P≤0.05; **: P≤0.005; *** P≤0.001; ns no significativo. LRCS= Largo de raíz con sustrato, LRSS= Largo de raíz sin sustrato, ARCS= Ancho de raíz con sustrato, ARSS= Ancho de raíz sin sustrato. DDT= Días después del trasplante.

El genotipo Novus presentó los valores más altos de longitud y ancho de la raíz con 36.7 y 30.5 cm, respectivamente; mientras que el California registró 33.75 y 30.7 cm en ambas variables. Según Nuez *et al.* (1996), las raíces pueden alcanzar de 30-60 cm de profundidad en el sustrato, aunque dicha distribución puede no ser uniforme, tal a como sucedió en este experimento, ya que al colocar las plantas en bolsas de plástico, el contenedor puede limitar el crecimiento radicular. Sin embargo, esta condición no impidió un desarrollo adecuado de las plantas, probablemente debido a una buena aplicación del riego.

5.4 Cantidad de nutrientes absorbidos por la planta de pimiento morrón

Las concentraciones de Ca durante las etapas de la floración y fructificación no presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para el factor genotipo ni en la interacción genotipo X SN; sin embargo, sí existió para el factor SN, siendo la de 23 mg L⁻¹ la que registró las mayores concentraciones de este nutriente en el tejido de las plantas. Se observó que en la etapa de fructificación las concentraciones de Ca disminuyen con respecto al inicio del experimento; dicha disminución es de alrededor de un 70 %, al pasar de 100 a 30 mg L⁻¹ (Cuadro 8). El Mg es un nutriente que presentó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$) durante todos los muestreos, tanto para el factor genotipo, como para el factor SN; no así para la interacción entre genotipo X SN (Cuadro 8). Por su parte, para el factor genotipo y la interacción genotipo X SN, las concentraciones de K y NO₃ no presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en ninguna etapa del estudio. Caso contrario para el factor SN, donde las diferencias fueron altamente significativas ($P \leq 0.001$). Según los resultados obtenidos, las concentraciones de Ca, Mg, K y NO₃ se ubicaron dentro de los rangos indicados por Cadahia (2008) para el cultivo de pimiento morrón. La importancia del equilibrio entre cationes (K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺) al momento de diseñar la SN, radica en evitar posibles efectos antagónicos, particularmente la que se presenta entre el Ca y el K; mientras que altos niveles K y Mg pueden incrementar la incidencia de la pudrición apical del fruto (Díaz *et al.*

(2009); daños que no se presentaron en esta investigación. Además se observó que el genotipo Novus, absorbe mayor cantidad de nutrientes con respecto al California; y que la SN de 23 mg L⁻¹ es la que favorece dicha tasa de absorción (Cuadro 9). Se observó que el ion que se absorbe en mayor cantidad fue el NO₃; al respecto, la literatura reporta que el Nitrógeno en sus diferentes formas iónicas, es el nutriente que más demandan las plantas en su nutrición (Bidwell, 1979).

5.5 pH y Salinidad en los sustratos

El pH del agua de drenaje presentó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$) entre los genotipos (Cuadro 10). El genotipo Novus presentó los pH más altos en 1.03 % con respecto al genotipo California; mientras que la SN cuya concentración fue de 30 mg L⁻¹ elevó el pH en 3.12 % con respecto a la SN de 20 mg L⁻¹ de concentración. En general, el agua de drenaje presentó niveles de pH superiores a 7.5. Al respecto, Corbera *et al.* (2008) reportaron rangos en otros cultivos de 6.3-6.5, atribuyéndolos a las altas concentraciones de sales en la SN, lo que provoca afectaciones al desarrollo del cultivo. Los resultados de esta investigación fueron más elevados lo que se puede considerar como una condición adversa para el cultivo, sin embargo es incipiente la información en pimiento morrón, por lo que es necesario poner atención a esta situación, durante un proceso de producción de pimiento morrón en hidroponía. Por otra parte, Casierra-Posada y García (2006) señalaron que para el cultivo de fresa el estrés por salinidad es otro de los factores que más impactan la producción comercial de cultivos hortícolas bajo condiciones hidropónicas. Para la variable CE se encontraron diferencias significativas entre ambos genotipos, siendo el Novus superior en 5.5 % con respecto al California. Para las SN, la concentración de 30 mgL⁻¹ fue superior en 23.5 % con respecto a la de 20 mgL⁻¹, en un claro efecto de la mayor concentración de sales (Cuadro 10). De acuerdo con Casierra-Posada y García (2006), una CE mayor de 2 dS m⁻¹ en el sustrato puede provocar problemas al buen desarrollo y crecimiento del cultivo; una salinidad superior a 1.5 dS m⁻¹ inhibe la formación de los tejidos vegetales como consecuencia del estrés, mal funcionamiento de procesos fisiológicos y restricción de la disponibilidad de nutrientes. Algunos estudios han encontrado que

para el pimiento morrón, el rango de tolerancia a la CE es de 0-2 dSm^{-1} (Navarro *et al.*, 2002; Cadahia, 2008). Otros autores han reportado valores de 1.68 dS m^{-1} en sustratos de compost y vermicompost para la producción de cultivos afines como el tomate (Cruz-Lázaro *et al.* 2009). Por lo anterior, cuando los niveles de CE superaron el nivel indicado, fue necesario realizar lavados para disminuir dicha variable química. En la Figura (4).

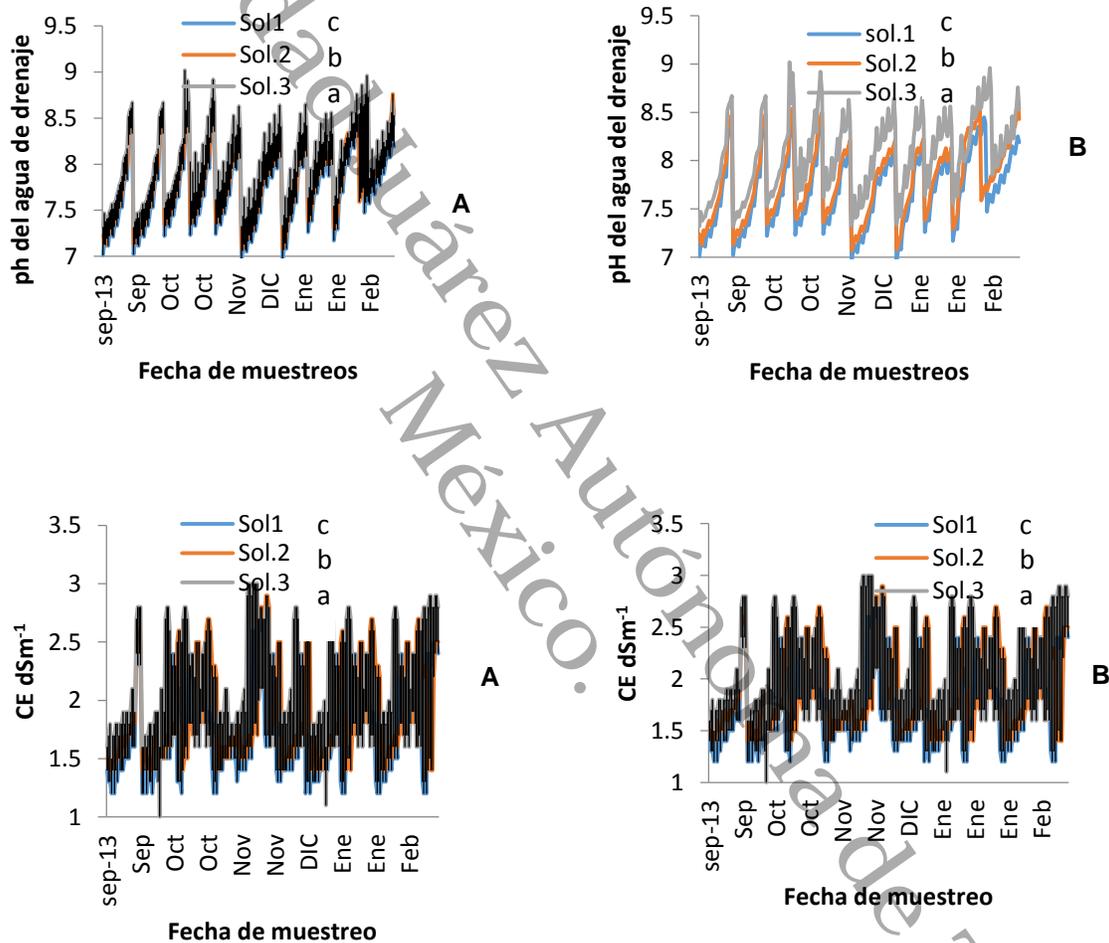


Figura 4. pH y CE del agua del drenaje A) genotipo Novus y B) genotipo California

Donde a, b y c diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las soluciones nutritivas

El volumen de agua drenada fue una variable que se diferenció para los factores genotipo, SN, así como para la interacción genotipo X SN; en este caso, la SN de 20 mg L^{-1} drenó 66 % más que la de 30 mg L^{-1} en ambos genotipos (Cuadro 10).

Cuadro 8. Concentración de Calcio, Magnesio, Potasio y Nitratos en la savia de la hoja del pimiento morrón

Genotipo	Floración (mg L ⁻¹)				Fructificación (mg L ⁻¹)				Cosecha (mg L ⁻¹)			
	Ca	Mg	K	NO ₃	Ca	Mg	K	NO ₃	Ca	Mg	K	NO ₃
California	100.83a	97.0a	28.41a	51.0a	2753.33a	500.0a	51.66a	4750.0a	2772.5a	25.41b	2366.67a	3508.33a
Novus	1001.0a	101.0a	32.16a	53.83b	2770.0a	5950.0a	30.25b	4808.33a	3072.5a	32.16a	2408.33a	3683.33a
Solución												
S1(20 mg L ⁻¹)	107.0b	92.5b	25.12b	33.5b	2100.0b	5887.50b	37.5b	4087.5b	2000.0b	23.62b	2075.0b	2212.5b
S2(23 mg L ⁻¹)	150.62a	160.75a	49.25a	100.75a	4687.5a	9787.5a	67.37a	7475.0a	5050.0a	46.5a	3037.5a	6850.0a
S3(30 mg L ⁻¹)	45.12c	43.75c	16.5c	23.0 b	1497.5b	1950.0c	18.0c	2775b	1717.5b	16.25b	2050.0b	1725.0b
Genotipo x Solución												
Novus Sol 1	118.0	98.5	29.5	24.25	2100.0	5950.0	29.25	4175.0	2075.0	29.5	2100.0	2350.0
Novus Sol 2	141.25	160.75	50.5	122.5	4700.0	9850.0	45.5	7475.0	5425.0	50.5	3050.0	6850.0
Novus Sol 3	43.75	43.75	16.5	14.75	1510.0	2050	16.5	2775.0	1717.0	16.5	2075.0	1850.0
California Sol1	96.0	86.5	20.75	42.75	2100.0	5825.0	45.75	4000.0	1925.0	17.75	2075.0	2075.0
California Sol2	160.0	160.75	48.0	79.0	4675.0	9725.0	89.75	7475.0	4575.0	42.5	3037.5	6850.0
California Sol3	46.5	43.75	16.5	31.25	1485.0	1850.0	19.5	2775.0	1717.5	16.0	2050.0	1600.0
Significancia												
Genotipo	ns	ns	ns	***	ns	ns	***	ns	ns	***	ns	ns
Solución	***	***	***	**	**	***	***	**	**	**	**	**
Genotipo x solución	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey *: P≤0.05; **: P≤0.005; *** P≤0.001; NS= no significativo. Ca= Calcio, Mg= Magnesio, K=Potasio, NO₃= Nitratos.

Cuadro 9. Absorción de Calcio, Magnesio, Potasio y Nitratos en la planta con base a la cantidad de agua en la planta

Genotipo	Floración (mg L ⁻¹)				Frucificación (mg L ⁻¹)				Cosecha (mg L ⁻¹)			
	Ca	Mg	K	NO ₃	Ca	Mg	K	NO ₃	Ca	Mg	K	NO ₃
California	1653.08 a	1809.19a	979.12a	90519.2a	52490.8a	420.93a	38249.2a	57867.4a	1019.18b	1822.71b	100583.0a	210545.0a
Novus	1611.03 a	2001.43a	603.88b	97639.2a	61836.7a	530.34a	39046.7a	62065.0a	1280.22a	2329.38a	113203.0a	240723.0a
Solución												
S1(20 mgL ⁻¹)	1509.08b	1551.66b	63493b	68801.3b	33631.3b	329.22b	29201.2b	31141.1b	827.16b	1100.66b	69043.8b	196185.0b
S2(23 mgL ⁻¹)	2677.84a	3331.03a	1397.2a	160599.0a	105253.0a	839.58a	54102.5a	121221.0a	2119.82a	4424.74a	205148.0a	421163.0a
S3(30 mgL ⁻¹)	709.287c	833.25c	342.37c	52837.5b	32607.5b	258.1b	32640.0b	21536.3b	502.1c	702.725b	46486.3b	59553.8c
Genotipox												
Solución												
Novus S 1	1598.92	1639.25	488.25	69795.0	34605.0	398.25	28250.0	31737.5	974.75	803.625	69525.0	198450.0
Novus S2	2537.47	3522.05	1010.15	170448.0	118580.0	926.7	55307.5	124395.0	2348.35	5711.45	222108.0	459388.0
Novus S3	696.775	843.0	313.25	52675.0	32325.0	266.07	33582.5	30062.5	517.55	473.05	47975.0	64330.0
California S1	1419.24	1464.07	781.62	67807.5	32657.5	260.2	30152.5	30544.8	679.57	1397.7	68562.5	193920.0
California S2	2818.02	3140.0	1784.25	150750.0	91925.0	752.47	52897.5	118047.0	1891.3	3138.02	188188.0	382938.0
California S3	721.8	823.5	371.5	53000.0	32890.0	250.12	31697.5	25010.0	486.65	932.4	44997.5	54777.5
Significancia												
Genotipo	ns	ns	***	Ns	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	ns
Solución	***	***	***	***	***	**	**	**	***	**	**	***
Genotipo X Solución	ns	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey *: P≤0.05;** P≤0.005;*** P≤0.001; NS= no significativo. Ca= Calcio, Mg= Magnesio, K=Potasio, NO₃ = Nitratos.

Cuadro 10. Salinidad del sustrato

Genotipo	pH	CE (dS ⁻¹)	Vol. (mL)
California	7.76b	1.88b	1787.48b
Novus	7.84a	1.97a	1836.32a
Solución			
S1(20 mg L ⁻¹)	7.69c	1.75c	2308.53a
S2(23 mg L ⁻¹)	7.79b	1.95b	1738.21b
S3(30 mg L ⁻¹)	7.93a	2.09a	1388.95c
GENOTIPOXSOLUCION			
Novus Sol 1	7.69c	1.79d	2333.53a
Novus Sol 2	7.78b	1.99b	1763.18b
Novus Sol 3	8.06a	2.14a	1412.24c
California Sol1	7.68c	1.71e	2283.53a
California Sol2	7.80b	1.90c	1713.25b
California Sol3	7.80b	2.03b	1365.67c
Significancia			
Genotipo	***	***	***
Solución	***	***	***
GenotipoXsolución	***	***	***

*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey *: P≤0.05; **: P≤0.005; *** P≤0.001; NS= no significativo, pH=Potencial de hidrógeno del drenaje, CE Conductividad eléctrica del drenaje, Vol.= Volumen del drenaje del riego,

5.6 Calidad del fruto de pimiento morrón

El peso del fruto de pimiento morrón es un factor de calidad que recompensa al productor en su economía (De la Cruz-Lázaro *et al.*, 2009); por lo que un incremento en esta característica juegan un papel muy importante. En el presente trabajo, la variable rendimiento no presentó diferencias significativas (P≤0.05) para el factor genotipo. Para el factor SN se observaron diferencias significativas, donde la SN concentrada a 23 mg L⁻¹, aumentó en 60.7 % el rendimiento en comparación a la SN de 30 mg L⁻¹. Según Díaz *et al.* (2009) es importante mantener una adecuada concentración en la SN, cuidando particularmente un equilibrio entre los cationes para lograr altos rendimientos y excelente calidad en los frutos.

La variable peso de fruto mostró diferencias significativas (P≤0.001) para el factor genotipo; destaca el Novus con un peso 51.36 % más que los del genotipo California. Para el factor SN, la concentración de 23 mg L⁻¹ aumentó en 74.6 % el peso del fruto con respecto a la dosis de 30 mg L⁻¹ (Cuadro 6). Algunos autores precisan que concentraciones altas en la SN puede causar desequilibrios nutricionales que afectan la tasa fotosintética, la calidad y favorecen el desarrollo

de patógenos (Yescas-Coronado *et al.*, 2011). El grado de acidez del fruto es una variable que fue afectada tanto genotipo como la SN. En el genotipo se presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$); siendo el genotipo California el que presentó un pH 1.9 % por arriba del genotipo Novus. Por su parte en el factor SN, los frutos obtenidos en el tratamiento de 30 mg L^{-1} presentaron un pH más elevado. Asimismo, también en la interacción genotipo X SN se presentaron diferencias ($P \leq 0.001$). Los valores de pH se muestran en el Cuadro 6; los cuales se encuentran en rangos similares a los presentados en otras investigaciones (Ozgur *et al.*, 2011; Yescas-Coronado *et al.*, 2011).

En el mismo tenor, la CE en el fruto presentó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$). Como se observó en el Cuadro 6, los frutos del genotipo California registraron una CE superior en 49.8 % con respecto al genotipo Novus. Además fue notorio que las SN tuvieron un efecto sobre la CE del fruto; fue la de 30 mg L^{-1} la que incrementó la CE en 26.8 % con respecto a la de 20 mg L^{-1} . En cuanto a la variable sólidos solubles totales (SST), los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.005$) entre los genotipos. Tal a como se muestra en el Cuadro 6, el genotipo California tuvo 17.2 % mayor concentración de SST comparado con el genotipo Novus. Para el factor SN se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), y fue la solución de 23 mg L^{-1} la que obtuvo los valores más bajos. Estos resultados son similares a los reportados por Chamú-Baranda *et al.* (2011) en pimiento morrón, así como a los reportados por López-Elías. (2009) en frutos de tomate. Sin embargo Hernández-Fuentes *et al.* (2010) y Cruz-Lázaro *et al.* (2009) reportaron rangos inferiores de la misma variable en frutos de pimiento morrón y tomate respectivamente. En cuanto al factor SN, fue la concentración 20 mg L^{-1} que presentó los valores más altos de SST (Cuadro 6). Una investigación conducida por Yescas-Coronado *et al.* (2011) concluyó que el incremento de SST se debe al incremento de las altas concentraciones de sales en la SN. Por su parte, la acidez titulable del fruto no presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$) por efecto del genotipo y SN. Sin embargo, las tendencias de los resultados indican que el genotipo California presentó datos más altos en 18.55 % en comparación al genotipo Novus; en tanto que la SN de 30 mg L^{-1}

presentó valores de 33.33 %, que fueron más altos que la de 23 mg L⁻¹ (Cuadro 6). Estos resultados son similares a los que reportaron Hernández-Fuentes *et al* (2010).

5.6.1 Vida útil del fruto del pimiento morrón

Según Espinosa-Torres *et al.* (2010), el desarrollo de nuevas tecnologías que mejoran la calidad de los productos, no ha sido suficiente para mantener su calidad hasta el consumidor final, ya que la manipulación inadecuada, el deterioro, y la falta de conocimiento en postcosecha causan demerito, que provocan pérdidas económicas. De ahí lo relevante de que la nutrición del cultivo contribuya a mantener la vida útil del fruto. Según los resultados de esta investigación, la vida de anaquel de los frutos, fue 28.8 % mayor en el genotipo Novus, con respecto a la del genotipo California. En las SN también se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$); en este caso, la SN de 30 mg L⁻¹ acortó la vida de anaquel en 19.22 % comparado con la concentración de 23 mg L⁻¹ (Cuadro 11). Esto indica que la concentración de la SN tiene un efecto en la vida de anaquel, tal a como lo demuestran otros estudios. Espinosa-Torres *et al.* (2010) asegura que el fruto sufre pérdidas causadas por cambios fisiológicos, las cuales se intensifican cuando intervienen condiciones que aceleran el proceso natural de deterioro. Un último enfoque sobre la prolongación de la vida de anaquel y la calidad del fruto en postcosecha, lo planteó Robles-Sánchez *et al.* (2007), los cuales indicaron que la vida de anaquel se relaciona con el estado nutrimental de los frutos al momento de la cosecha. Como se puede observar en el (Cuadro 11), al incrementarse las concentraciones de nutrientes en la SN, la vida de anaquel se reduce, aunque algunas características como el sabor y otras variables sensoriales pueden mejorar. En cuanto a la pérdida de peso en los frutos, se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.0001$) entre ambos genotipos; se observó que el genotipo California presenta una pérdida de peso, 232.35 % más rápida que el genotipo Novus. Además fue evidente que la concentración de 30 mg L⁻¹ incrementó la pérdida de peso en 46.54% con respecto a la SN de 23 mg L⁻¹ (Cuadro11).

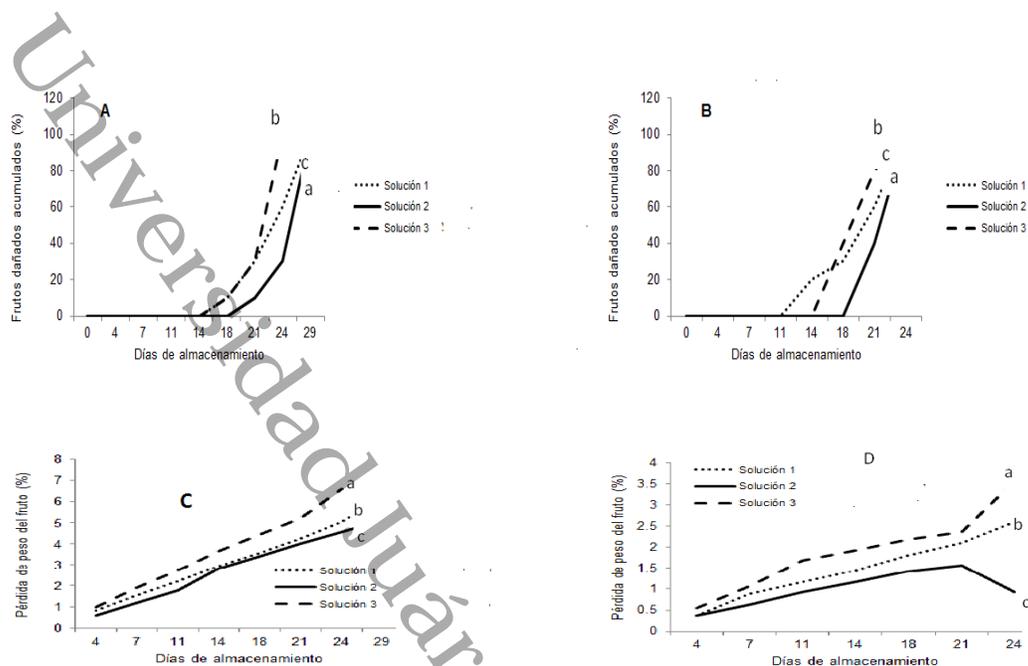


Figura 5. Vida de anaquel y pérdida de peso en el pimiento morrón, A) genotipo Novus y B) genotipo California C) Novus pérdida de peso y D) California pérdida de peso. Donde a, b y c diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las soluciones nutritivas

Cuadro 11. Vida de anaquel, pérdida de peso y firmeza del fruto

Genotipo	V (Días)	PP (gr)	FS (KgF^{-1})	FM(KgF^{-1})	FI(KgF^{-1})
California	19.07b	5.65a	6.49 b	6.48 a	7.28 a
Novus	24.58a	1.78b	8.66 a	7.92 a	8.36 a
Solución					
S1(20 mg L^{-1})	22.22ab	3.31b	7.71 a	6.53 a	7.96 a
S2(23 mg L^{-1})	23.93a	3.18b	8.20 a	8.76 a	8.60 a
S3(30 mg L^{-1})	19.33b	4.66a	6.82 a	6.31 a	6.9 a
GenotipoX solución					
Novus Sol 1	23.93	3.41	7.69	6.69	7.09
Novus Sol 2	24.58	3.8	8.78	7.72	7.18
Novus Sol 3	19.15	4.12	7.06	6.00	5.00
California Sol1	18.12	3.20	7.68	6.68	6.78
California Sol2	22.22	3.18	8.81	7.11	7.81
California Sol3	16.3	4.66	7.80	7.03	7.50
Significancia					
Genotipo	**	***	*	ns	Ns
Solución	*	*	ns	ns	Ns
	ns	ns	ns	ns	Ns
GenotipoXsolución					

Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey =: $P \leq 0.05$; **: $P \leq 0.005$; *** $P \leq 0.001$, NS no significativo, V=Vida de anaquel, P= Pérdida de peso FS= Firmeza superior del fruto, FM= Firmeza media del fruto, FI= Firmeza inferior del fruto.

5.6.2 Firmeza del fruto del pimiento morrón

La firmeza en la parte superior del fruto presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los genotipos; mientras que la firmeza en la parte media e inferior no se diferenció entre los tratamientos; solo se observaron tendencias en las que el genotipo Novus, presenta mayor firmeza en 23.1% en comparación con el genotipo California. En el factor SN no se marcaron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$), tanto en la parte superior, media e inferior. El valor más alto de la variable firmeza se presentó en la SN con 23 mg L^{-1} (Cuadro 11). Estos valores fueron mayores a los que reportaron Espinoza-Torres *et al.* (2010) en frutos de chile manzano. En diversas investigaciones se ha comprobado que al utilizar SN a bajas o altas concentraciones se producen frutos blandos, por lo que es necesario encontrar una concentración balanceada que permita obtener frutos de buena calidad en esta variable. Por esta razón, Díaz *et al.* (2009) enfatizan en la importancia de un adecuado balance entre los cationes K, Ca y Mg, ya que estos inciden favorablemente en la calidad externa de los frutos. En este estudio, la concentración de 23 mg L^{-1} fue la que mejores resultados ofreció sobre la firmeza del fruto.

5.7 Concentración de nutrientes en el fruto

Las concentraciones de Ca y Mg fueron mayores en el genotipo Novus; mientras que la de los iones NO_3 y K se presentaron en el genotipo California. En los dos primeros se presentaron diferencias altamente significativas; no así en el caso de la concentración de Ca y NO_3 en el fruto. El efecto de la SN sobre la concentración de los nutrientes registró diferencias altamente significativas, excepto en la interacción genotipo X MS el en ion Mg (Cuadro 12). Autores como Capulín-Grande *et al.* (2007) mencionan que la máxima acumulación de N, P, K, Ca y Mg en el fruto de pimiento morrón, se presenta al inicio de la fructificación, ya que después de este periodo, se observa una caída en las concentraciones al inicio del desarrollo del fruto.

Cuadro 12. Concentraciones de Calcio, Magnesio, Potasio y Nitratos en el fruto del pimiento morrón

Genotipo	Cosecha (mg L ⁻¹)			
	Ca mgL ⁻¹	Mg mgL ⁻¹	NO ₃ mgL ⁻¹	K mgL ⁻¹
California	180.0a	27.66b	178.33a	53.16a
Novus	186.6a	35.83a	173.25a	31.91b
Solución				
S1(20 mg L ⁻¹)	183.75b	25.75b	160.0b	38.62b
S2(23 mg L ⁻¹)	210.0a	51.25a	236.25a	68.25a
S3(30 mg L ⁻¹)	156.25c	18.25b	131.12b	20.75c
GENOTIPOXSOLUCION				
Novus Sol 1	187.5	31.5	160.0	30.75c
Novus Sol 2	212.5	57.0	240.0	40.0b
Novus Sol 3	160.0	19.0	119.0	18.0c
California Sol1	180.0	20.0	160.0	46.5b
California Sol2	207.5	45.5	232.5	89.5a
California Sol3	152.5	17.5	142.5	23.5c
Significancia				
Genotipo	Ns	**	ns	***
Solución	***	**	***	***
GenotipoXsolución	Ns	ns	ns	***

. *Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey *: P≤0.05;** P≤0.005;*** P≤0.001; NS= no significativo. Ca= Calcio, Mg= Magnesio, k=Potasio, NO₃ = Nitratos

VI. CONCLUSIONES

El rendimiento de la producción de pimiento morrón cultivado en hidroponía no se obtiene con la máxima concentración de la solución nutritiva (SN), sino se obtuvo con la solución nutritiva de 23 mg L⁻¹. Por otro lado, las soluciones nutritivas presentaron efectos significativos en las variables agronómicas, fenológicas y de calidad del fruto para los genotipos y entre genotipos. De acuerdo a los resultados se concluye que la SN de 23 mg L⁻¹ mejoró la altura y grosor del tallo en plantas de pimiento morrón, así como también en la calidad del fruto, específicamente en sus propiedades químicas y físicas, en particular la firmeza. En la concentración de Calcio, Magnesio, Nitratos y Potasio en la savia de las hojas variaron a través del tiempo, siendo la concentración de 23 mg L⁻¹ la que presentó los máximos valores. Con respecto a la salinidad del sustrato la SN de 30 mg L⁻¹ elevó significativamente la conductividad eléctrica y pH, lo que provocó un déficit nutrimental en la planta, mismo que se reflejó en una disminución en el tamaño del fruto. Además, la conductividad eléctrica y el pH del sustrato registraron incrementos a través del tiempo debido al suministro de las soluciones nutritivas.

VII. LITERATURA CITADA

- Al-Karaki G, N. 2000. Growth, sodium, and potassium uptake and translocation in salt stressed tomato. *Journal of Plant Nutrition* 23(3): 369-379.
- Alvarado P, Quiroz R. 1998. El cultivo de pepino. Fusades. San Salvador, EL Salvador. pp: 8-16.
- Anónimo. 2000. Statgraphics 5.0 Stat. Graph, Plus-Ware. Products help line. Statgraphics Software manual. STSC, Inc. Software Publishing Group, Manugistics. Inc. Rockville, Maryland, USA. pp: 914-919.
- AOAC. 1990. Official methods of análisis. 15th ed. Vol. II. Association of official analytical chemists. Washington, D.C. pp: 918-919.
- Bidwell R, G. S. 1979. Fisiología vegetal. Traducción al español por: Guadalupe Gerónimo Cano Cano y Manuel Rojas Garcidueñas. AGT Editor S.A. México, D.F. 784p.
- Bugarín M R, G.A. Baca C, J. Martínez H y J L. Tirado T. 1998. Amonio/nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo crecimiento y floración. *Terra Latinoamericana*16(2):113-124.
- Bugarin-Montoya R, P. Galvis-Spinola y D. Garcia-Paredes 2002. Acumulacion diaria de materia seca y de potasio en la biomasa aérea total del tomate. *Terra latinoamericana* 2:401-409.
- Cadahía L, C. 2008. La savia como índice de fertilización. Cultivos hortícolas y frutales. Ed. MundiPrensa. México. pp: 129-131.
- Capulín-Grande J, L. Mohedano-Caballero, M. Sandoval-Estrada y J.C. Capulín-Valencia 2011. Estiércol bovino líquido y fertilizantes orgánicos en el rendimiento de jitomate en un sistema hidropónico. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17(2):105-114.
- Capulín-Grande J, R. Núñez-Escobar, J. L. Aguilar-Acuña, M. Estrada-Botello, P Sánchez-García y J. J. Mateo-Sánchez. 2007. Uso de estiércol líquido de bovino acidulado en la producción de pimiento morrón. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13(1): 5-11.

- Carrasco G, P. Ramírez y Vogel. H. 2007. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca Cultivada en nft1. IDESIA 25(2): 59-62.
- Casanova A. S, Gómez O, Hernández M, Challoux M, Depestre T, Pupo F.R, Hernández J. C, Moreno V, Leon M, Igarza A, Durante C, Jiménez I, Santos R, Navarro A, Marrero A, Cardoza H, Piñeiro F, Arozarena N. y Vilario L. 2003. Manual para la producción protegida de hortalizas. Ministerio de la Agricultura Viceministerio de Cultivos hortícola 'Liliana Dimitrova'. La Habana Cuba. 113p.
- Casierra-Posada F. y N. García Riaño 2006. Producción y calidad de fruta en cultivares de Fresa (*Fragaria sp.*) afectados por estrés salino. Revista Nacional. Agraria. Medellín. 59:(2) 3527-3542.
- Chaman-Medina M.E. 2007. Variación en el contenido de prolina en *Capsicum annum* L. inducido por NaCl. Arneloa 14(2): 251-258.
- Chamú-Baranda J. A, A. López-Ordaz, C. Ramírez-Ayala, C. Trejo-López y E. Martínez-Villegas. 2011. Respuesta del pimiento morrón al secado parcial de la raíz en hidroponía e invernadero. Revista mexicana de ciencias agrícolas 2(1):97-110.
- Cooper, A. 1979. The ABC of NFT. Casper Publications. Australia. 35p.
- Corbera J., V. Paneque M, J. Calaña M., y C. Morales .2008. Evaluación de sustratos y aplicación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el cultivo de *Anthurium andreaeanum* en etapa de vivero. Cultivos tropicales 29 (4): 27-33.
- Cruz Huerta N, F. Sánchez, C, J. Ortiz C y M. del C. Mendoza C. 2009. Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y período de cosecha en chile pimiento. Agricultura Técnica en México 35(11): 73-80.
- De la Cruz-Lázaro E, MA. Estrada-Botello, R. Osorio-Osorio, E. Martínez-Moreno, A. Lozano del Río, A. Gómez-Vázquez, y R. Sánchez-Hernández 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. Interciencia 25(1): 59-67.
- De Rijck, G y Schrevens, E 1997. pH influenced by the elemental composition of nutrient solutions. Journal of plant nutrition 20 (7-8): 911-923.
- Díaz M, I. H, C. Laffita M, M. Placeres, V, O. Veloz A, S. Pulido M, y B. Guerrero O. 2009. Relaciones nitrógeno potasio en fertirriego para el cultivo

- protegido del tomate en suelo Ferralítico Rojo. Pesquisa Agropecuária Brasileira 44(5): 429-436.
- Espinosa-Torres L.E, M. Pérez-Grajales, M.T. Martínez-Damián, R. Castro-Brindis y G. Barrios-Puente. 2010. Efecto de empaques y temperaturas en el almacenamiento de Chile Manzano (*Capsicum pubescens* Ruíz y Pavón). Revista Chapingo Serie Horticultura 16(2): 115-121.
- Estrada-Botello M. A, E. de la Cruz-Lázaro, N. P Brito-Manzano, A. Gómez-Vázquez, J. de D. Mendoza-Palacios, E. Gómez-Méndez. y U. Noverola-López. 2009. Producción de tomate rojo en hidroponía bajo condiciones protegidas en el trópico húmedo. Editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México 31p.
- FAOSTAT. 2011. Disponible en línea. Hhttp://faostat.fao.org/site/567/Desktop-Default.aspx?PageID=567#ancor. Fecha de consulta (Septiembre 11 de 2014).
- Favera C E, P. Preciado R y A. Benavides M. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila. 146 p.
- Fernandes Da S, D. F, Carmo O, M Pinheiro M, L. H.,Noda, H,Manoares M, F. 2004. Diversidade fenotípica em pimenteiras cultivadas na amazônia. Associação Brasileira de Horticultura. Anais CBO 2004. Página electrónica: <http://www.abhorticultura.com.br/CBO/> Fecha de consulta (Septiembre 11 de 2014).
- Fortis-Hernández M, P. Preciado-Rangel, J.L García-Hernández, A. Navarro-Bravo, J.A González y J.M Omaña S. 2012. Sustratos orgánicos en la producción de chile pimienta morrón. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3(7):1203-1216.
- Gálvez H.F. 2004. El cultivo de pepino en invernadero. In: Castellanos J.Z. (ed). Manual de producción Hortícola en invernadero, 2da ed. INTAGRI. Celaya, Gto. Mexico. pp:282-293.
- Gastiazoro, T. 2000. Fenología Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. U.N.C. Argentina. 110p.
- Giambanco de E. H. 1996. Poscosecha de productos perecederos. Horticultura 117: 29-31.
- González-Aguilar G. A, J. Fortiz. y R. Báez-Sañudo. 1998. Efecto de metil jasmonato sobre la calidad y reducción de los síntomas de daño por frío en fruto del mango Tommy atkins'. Revista Iberoamericana Tecnología poscosecha 1(1): 32-38.

- Hernández-Fuentes A. D, R. Campos M y J.M. Pinedo-Espinoza. 2010. Comportamiento poscosecha de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) var. California por efecto de la fertilización química y aplicación de lombrihumus. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 11(1): 82-91.
- Hernández-Verdugo S, A. Pacheco-Olvera, R.G. López-España, M. Villareal-Romero, S. Parra-Terraza y T. Osuna E. 2012. Caracterización y variación ecogeográfica de poblaciones de chile (*Capsicum annum* var. *Glabriusculum*) silvestre del noroeste de México. Polibotánica 33: 175-191
- Ibarra Jiménez L, M.F. Brondo J, A.R. Herrera S, R. López A, C.D. Pérez J, L.H. Mendoza J, y F. Larios J. 2000. Influencia del acolchado y microtúnel en el microclima y rendimiento de pimiento morrón y melón. Revista Fitotecnia Mexicana 23(1): 1-15.
- Ix-Nahuat J. G, L. Latournerie-Moreno, A. M. Pech-May, J.M. Tun-Suárez, G. Ayora-Ricalde, J.O Mijangos-Cortes y S Montes-Hernández. 2013. Valor Agronómico de Germoplasma de chile dulce (*Capsicum annum* L.) En Yucatán, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 29: 231-242.
- Jiménez C. 2006. Censo hortícola. Nuevo León, México 31 p.
- Juárez Hernández D. J, G.A. Baca Castillo, Lorenzo A, Navarro A, P. Sánchez García, J.L. Tirado Torres, y M.T. Colinas De León . 2006. Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. Interciencia 31(4):246-253.
- Krajeswski, A. y E. Rabe. 1995. Citrus flowering a critical evaluation. J. HortiScience 70(3):357-374.
- López-Baltazar J, A. Méndez-Matías, L. Pliego-Marín, E. Aragón-Robles y M.L. Robles-Martínez. 2013. Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile 'onza' (*Capsicum annum* L.) en invernadero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 6: 1139-1150.
- López-Elías J, F.J Rivas Santoyo, J.C Guerrero Ruiz, M.A. Huez López y J.J. Ruiz Mendoza. 2009. Respuesta de la sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. y Nakai) a las técnicas de biofumigación y solarización del suelo. Biotecnia 11(1): 27-33.

- López-Ordaz A, G.A. Baca-Castillo y Y.L. Fernández -Pavía. 2011. Soluciones nutritivas para inducir cambios de concentración de N, P, K en Mango. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2(6):867-883.
- Luna Martínez L, R.A. Martínez Peniche, M. Hernández Iturriaga, S.M. Arvizu Medrano y J.R. Pacheco Aguilar. 2013. Caracterización de rizobacterias aisladas de tomate y su efecto en el crecimiento de tomate y pimiento. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36(1):63-69.
- Macías Macías, A. 2010. Competitividad de México en el mercado de frutas y hortalizas de Estados Unidos de América. *Agroalimentaria* 16(31): 31-48.
- Magdaleno-Villar J J., A. Peña-Lomelí., R. Castro-Brindis., A.M. Castillo-González., V. Galvis-Spinola., F. Ramírez-Pérez y B. Hernández-Hernández. 2006. Efecto de soluciones nutritivas sobre el desarrollo de plántulas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa Brot.*). *Revista Chapingo. Serie horticultura* 12(2):223-229.
- Moreno P. E. del C, R. Mora A, F. Sánchez del C. y V. García-Pérez. 2011. Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) Cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 7(Edición Especial 2):5-18.
- Mundarain, S, M. Coa y A. Cañizares. 2005. Fenología del crecimiento y desarrollo de plántulas de aji dulce (*Capsicum frutescens* L.). *Revista UDO Agrícola* 5(1):62-67.
- Muñoz-Ramos J.J. 2004. Manejo del cultivo de pimiento en invernadero. En: J.Z. Castellanos. (Ed). *Manual de producción hortícola en invernadero*. 2a Ed. INTAGRI. México. pp: 257-281.
- Navarro J. M., C. Garrido M y V. Carvajal M. 2002. Yield and fruit quality of pepper plants under sulphate and chloride salinity. *J. HortiScience. Biotechnol.* 77: 52-57.
- Nieto-Garibay A, B. Murillo-Amador, E. Troyo-Diéguez, J.A. Larrinaga-Mayoral y J.L. García-Hernández. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia.* 27:417-421.
- NORMA MEXICANA. 1981. Alimentos para humanos; pimientos morrones envasados. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. pp:9.

- Nuez V F, O. Gil R y J. Costa G. 1996. Cultivo de Pimientos, Chiles y Ajies. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. pp:607.
- Ozgun, M, T. Ozcan, A. Akpinar-Bayazit y L. Yilmaz-Ersan. 2011. Functional compounds and antioxidant properties of dried green and red peppers. African Journal of Agricultural Research 6(25): 5638-5644.
- Palma L. D. J. y D. J. Cisneros. 2000. Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. 2da. Ed. ISPROTAB-Fundación Produce Tabasco, Colegio de Postgraduados. Villahermosa, Tabasco, México. pp:115.
- Peil, R. M., y Galvez, J. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. Current Agricultural Science and Technology, pp: 1-11.
- Ramos-Gourcy F. y A. de Luna-Jiménez. 2006 Evaluación de tres variedades de chile (*Capsicum annuum* L.) en cuatro concentraciones de una solución hidropónica bajo invernadero. Investigación y Ciencia 14 (34): 6-11.
- Reche M. J. 2010. Cultivo del pimiento dulce en invernadero. Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación. pp:239.
- Reséndiz-Melgar R. C, E. del C. Moreno-Pérez, F. Sánchez-Del Castillo, J.E. Rodríguez-Pérez y A. Peña-Lomelí. 2010. Variedades de pimiento morrón manejadas con despunte temprano en dos densidades de población. Revista Chapingo Serie Horticultura 16(3): 223-229.
- Ríos, L. 1984. Curvas de absorción de nutrientes en el cultivo del pepino. San salvador. El Salvador. pp: 108-116.
- Robles -Sánchez M, S. Gorinstein, O. Martín -Belloso, H. Astiazarán-García, G. González-Aguilar y R. Cruz-Valenzuela. 2007. Frutos tropicales mínimamente procesados: Potencial antioxidante y su impacto en la salud. Interciencia 32(4): 227-232.
- Rodríguez, M. 1990. Fertilizantes en hortalizas. El Salvador. FUSADES. pp:6-15.
- Romero E, A. Rodríguez, L. Rázuri, J. Suniaga y E. Montilla. 2009. Estimación de las necesidades hídricas del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) durante las diferentes etapas fenológicas, mediante la tina de evaporación. Agricultura Andina, 16:56-69.

- Sáenz Peña-Chaco 2005. Procedimientos analíticos para aguas de riego y consumo animal. Estación Experimental Agropecuaria INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). pp:19.
- SAGARPA. 2011. Disponible en línea http://www.oedrus-portal.gob.mx/oedrus_mic/docs/Plan_Rector_Chile_2011 Fecha de consulta (Septiembre 11 de 2014).
- Sandoval-Chávez R.A, R.A Martínez-Peniche, M. Hernández-Iturriaga, E. Fernández-Escartín, S. Arvizu-Medrano y L. Soto-Muñoz. 2011. Control biológico y químico contra *Fusarium stilboides* en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en poscosecha. Revista Chapingo serie Horticultura 17 (2): 161-172.
- SIAP. 2013. Disponible en línea http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/idex.jsp Fecha de consulta (Mayo 14 de 2015).
- Soto-Ortiz, R, J.C. Silvertooth, . 2008. A Crop Phenology Model for Irrigated New Mexico Chile (*Capsicum annuum* L.) Type Varieties. College of Agriculture and Life Sciences. The University of Arizona. The 2007 Vegetable Report. pp. 104-112. Página electrónica: <http://www.azrangelands.org/pubs/crops/az1438/> Fecha de consulta (Octubre 17 de 2014).
- Soto-Ortiz, R, J.C Silvertooth,, A. Galadima. 2006. Crop Phenology for Irrigated Chiles (*Capsicum annuum* L.) in Arizona and New Mexico. College of Agriculture and Life Sciences. The University of Arizona. 2006 Vegetable Report. Página electrónica: <http://aq.arizona.edu/pubs/crops/az1419/contents.html> Fecha de consulta (Octubre 17 de 2014).
- Steiner, A.A. 1968. Soilless culture. Proceedings of the 6th Colloquium of the Internacional Potash Institute. pp: 324-341.
- Steiner, A.A.1973. The selective capacity of tomato plants for ions in a nutrient solution. In: Proceedings 3rd International Congress on Soilles Culture. pp.43-53.
- Steiner, A.A.1997. Principles of plant nutrition by recirculating nutrient solutions. Proceedings 6th. Int. Congress. Soilles Culture pp 634-649.
- Vázquez-Casarrubias G, J.A.S. Escalante-Estrada, T. Rodríguez-González, C. Ramírez-Ayala. y L.E Escalante-Estrada. 2011. Edad al trasplante y su efecto en el crecimiento y rendimiento de chile apaxtleco. Revista Chapingo Serie Horticultura 17(1): 61-65.

Yescas-Coronado P, M.A Segura-Castruita, J.A. Orozco-Vidal, M. Enríquez-Sánchez, J.L. Sánchez-Sandoval, J.E. Frías-Ramírez, J.A. Montemayor-Trejo y P. Preciado-Rangel. 2011. Uso de diferentes sustratos y frecuencias de riego para disminuir lixiviados en la producción de tomate. *Terra Latinoamericana* 29 (4): 441-448.

Zegbe J. A, M. H. Behboudian, A. Lang. and B. E. Clothier. 2007. Respuesta del manzano "Pacific rose" al riego parcial de la raíz. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13 (1): 43-48.

Zúñiga-Estrada L, J. de J. Martínez-Hernández, G.A. Baca-Castillo, A. Martínez-Garza, J.L. Tirado-Torres y J. Kohashi-Shibata. 2004. Producción de chile pimiento en dos sistemas de riego bajo condiciones hidropónicas. *Revista Agrociencia* 38: 207-218.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Aplicación de tres soluciones nutritivas en la producción de dos genotipos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en hidroponía

ORIGINALITY REPORT

12%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	ri.ujat.mx Internet	915 words — 9%
2	repositorio.uaaan.mx Internet	130 words — 1%
3	core.ac.uk Internet	46 words — < 1%
4	issuu.com Internet	38 words — < 1%
5	repositorio.uaaan.mx:8080 Internet	30 words — < 1%
6	www.fao.org Internet	22 words — < 1%
7	repositorio.chapingo.edu.mx Internet	16 words — < 1%
8	vdocuments.site Internet	15 words — < 1%
9	horticulturatropical.org Internet	14 words — < 1%
10	repositorio.espe.edu.ec Internet	13 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES

ON

EXCLUDE SOURCES

OFF

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.