



**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO**



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**EVALUACIÓN DE TRES GENOTIPOS DE PIMIENTO  
MORRÓN (*Capsicum annuum* L.) CULTIVADOS EN  
HIDROPONÍA BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS**

**TRABAJO RECEPCIONAL BAJO LA MODALIDAD DE**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTA**

**VERÓNICA ESTRADA DOMÍNGUEZ**

**ASESORES:**

**DR. MAXIMIANO ANTONIO ESTRADA BOTELLO**

**DR. RUFO SÁNCHEZ HERNÁNDEZ**

**DR. JUAN DE DIOS MENDOZA PALACIOS**

**VILLAHERMOSA, TABASCO**

**FEBRERO 2014**



UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



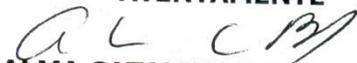
10 de febrero de 2014

LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON  
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN Y  
TITULACIÓN DE LA UJAT  
P R E S E N T E .

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del (la) interesado(a), informo a usted, con base al artículo 86 del Reglamento de Titulación Vigente en esta Universidad, la Dirección a mi cargo **autoriza** al (la) C. Verónica Estrada Domínguez, con matrícula 092C9007, egresado(a) de la licenciatura de Ingeniería en Agronomía, de la División Académica de Ciencias Agropecuarias, **la impresión de su trabajo recepcional** bajo la modalidad de Tesis Titulado: "**Evaluación de tres genotipos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía bajo condiciones protegidas**".

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

ATENTAMENTE

  
M.A.A. ALMA CATALINA BERUMEN ALATORRE  
DIRECTORA



DIVISIÓN ACADÉMICA DE  
CIENCIAS AGROPECUARIA  
DIRECCIÓN

 C.c.p.- Expediente Alumno.

Miembro CUMEX desde 2008  
Consortio de  
Universidades  
Mexicanas  
UNA ALIANZA DE CALIDAD POR LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Carretera Villahermosa-Teapa Km. 25 R/A La Huasteca 2ª Sección Villahermosa, Tabasco  
C.P. 86280 Tel. (993) 358-15-85, 142-91-51 Ext. 6608  
E-mail: direccion.daca@ujat.mx  
docencia.daca@ujat.mx

## CARTA DE AUTORIZACIÓN

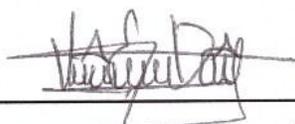
La que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, para que utilice tanto física como digitalmente, la tesis de licenciatura denominada “ **Evaluación de tres genotipos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía bajo condiciones protegidas**”, de la cual soy autor y titular de los derechos de autor.

La finalidad del 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, más no limitativa, para subirla a la red abierta de bibliotecas digitales (RABID), y a cualquier otra red académica con las que la universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, 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 presente autorización, en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, a los 12 días del mes de Febrero del año 2014.

Autorizo



---

Verónica Estrada Domínguez

TESISTA

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento al programa de fomento a la investigación y consolidación de los cuerpos académicos (PFICA), por la beca tesis otorgada por medio del proyecto “Evaluación agronómica de tres etnotipos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivado bajo condiciones protegidas en tabasco” con clave UJAT-2011-C07-05.

Al Dr. Maximiano Estrada Botello por su tiempo, su orientación, por sus consejos y apoyo incondicional que permitieron la conclusión de la presente tesis.

A mis asesores: Dr. Rufo Sánchez Hernández y Dr. Juan de Dios Mendoza Palacios por sus valiosas sugerencias para el término de este trabajo.

A mis sinodales: M.C. Ulises López Noverola, M.C. Luis Ulises Hernández Hernández, Dr. Maximiano Antonio Estrada Botello, Dr. Arturo Martínez Morales y Dr. Edmundo Gómez Méndez por su enorme colaboración en la revisión de esta tesis.

A mis compañeros David, Ruth, Guillermo, Yuraí, Lorenza, Karen, Roilan, Hipólito, Mateo y Roberto por brindarme sus amistades y por haber compartido muchas aventuras y experiencias durante el periodo de mi carrera.

## DEDICATORIA

A Dios por haberme acompañado siempre a lo largo de mi carrera, por darme la sabiduría y fortalecerme cada momento de mi debilidad y por la vida llena de felicidad que me da día a día.

A mis padres Miguel Estrada Delesma y Fulgencia Domínguez Martínez por apoyarme emocionalmente y económicamente en cualquier momento durante mi carrera, por sus valores que me inculcaron para ser una persona responsable. Gracias por sus grandes consejos.

A mis hermanos Walter y Marco Antonio por ser parte importante en mi vida familiar, y apoyarme en momentos difíciles de mi carrera.

A mis abuelos Pablo y Jacinta por sus grandes consejos y apoyo incondicional en cualquier momento.

	Contenido	pág.
	Índice de Cuadros-----	iii
	Índice de Figuras-----	v
	Resumen-----	vi
I	<b>INTRODUCCIÓN</b> -----	1
II	<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> -----	3
2.1	Objetivos general-----	3
2.1.1	Objetivos específicos-----	3
2.2	Hipótesis-----	3
III	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> -----	4
3.1	Importancia del cultivo-----	4
3.1.1	Producción Mundial-----	4
3.1.2	Producción Nacional-----	5
3.2	El cultivo de pimiento morrón-----	7
3.2.1	Fenología del cultivo-----	7
3.2.2	Morfología del pimiento-----	8
3.2.3	Requerimientos climáticos-----	9
3.3	Calidad del fruto-----	9
3.3.1	Variables físicas-----	10
3.3.2	Variables químicas-----	10
3.3.3	Rendimientos-----	11
3.4	Hidroponía-----	12
IV	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> -----	13
4.1	Localización del área de estudio-----	13
4.2	Descripción del área de estudio-----	13
4.3	Diseño experimental-----	13
4.4	Manejo agronómico-----	14
4.4.1	Almácigo-----	14
4.4.2	Trasplante-----	14
4.4.3	Tutorado-----	14
4.4.4	Fertirriego-----	14
4.5	Variables evaluadas-----	15
4.5.1	Fenológicas-----	15
4.5.2	Calidad del fruto-----	16
4.5.2.1	Propiedades Físicas-----	16
4.5.2.2	Propiedades Químicas-----	17
4.5.2.3	Rendimiento-----	17
4.6	Análisis estadístico-----	17
V	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> -----	18
5.1	Fenología-----	18
5.1.1	Altura de la planta-----	18
5.1.2	Grosor de tallo-----	21
5.1.3	Tamaño de la hoja-----	23
5.1.4	Materia seca-----	27
5.1.5	Sistema radicular-----	29

5.1.6	Fecha de aparición del botón, floración, amarre de fruto y cosecha-----	31
5.1.7	Crecimiento del fruto de pimiento morrón-----	33
5.2	Calidad del fruto-----	34
5.2.1	Propiedades químicas-----	34
5.2.2	Propiedades físicas-----	35
5.3	Rendimiento-----	36
VI	<b>CONCLUSIONES</b> -----	38
VII	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> -----	40

México.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

## Índice de Cuadros

		pág.
<b>Cuadro 1</b>	Participación de los principales países productores de pimienta en el mundo-----	5
<b>Cuadro 2</b>	Producción nacional de pimienta morrón en el 2010-----	6
<b>Cuadro 3</b>	Producción de pimienta en la zona sureste-----	7
<b>Cuadro 4</b>	Propiedades químicas del pimienta morrón-----	11
<b>Cuadro 5</b>	Rendimiento de pimienta morrón a nivel mundial-----	11
<b>Cuadro 6</b>	Solución nutritiva aplicada a los tratamientos de pimienta morrón evaluadas-----	15
<b>Cuadro 7</b>	Comparación de medias de la variable altura (cm) de planta de cada uno de los genotipos evaluados durante el ciclo vegetativo-----	19
<b>Cuadro 8</b>	Comparación de medias de altura de planta (cm) entre genotipo por fechas de muestreo durante el ciclo vegetativo-----	20
<b>Cuadro 9</b>	Comparación de medias de grosor de tallo (mm) de cada uno de los genotipos evaluados durante el ciclo vegetativo-----	22
<b>Cuadro 10</b>	Comparación de medias de grosor de tallo (mm) entre genotipo por fechas de muestreo durante el ciclo vegetativo-----	23
<b>Cuadro 11</b>	Comparación de medias de tamaño de hoja (cm) de cada uno de los genotipos evaluados durante el ciclo vegetativo-----	25
<b>Cuadro 12</b>	Comparación de medias de tamaño de la hoja (cm) entre genotipo por fechas de muestreo durante el ciclo vegetativo-----	26
<b>Cuadro 13</b>	Comparación de medias de materia seca (g) por genotipo durante el ciclo vegetativo-----	28
<b>Cuadro 14</b>	Comparación de medias de materia seca (g) por fechas de muestreo entre genotipos durante el ciclo vegetativo-----	28
<b>Cuadro 15</b>	Comparación de medias del sistema radicular (cm) por genotipos durante el ciclo vegetativo-----	30
<b>Cuadro 16</b>	Comparación de medias del sistema radicular (cm) por fechas de muestreo durante el ciclo vegetativo-----	31

<b>Cuadro 17</b>	Comparación de medias de propiedades químicas de los frutos-----	35
<b>Cuadro 18</b>	Comparación de medias de propiedades físicas de los frutos-----	36
<b>Cuadro 19</b>	Comparación de medias del rendimiento y peso de los frutos-----	37

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## Índice de Figuras

	pág.
<b>Figura 1</b> Fase fenológica de plantas de pimiento morrón cultivados bajo condiciones protegidas-----	32
<b>Figura 2</b> Periodo de crecimiento del fruto (Largo)-----	33
<b>Figura 3</b> Periodo de crecimiento del fruto (Ancho)-----	34

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## Resumen

Uno de los factores importantes en un cultivo es conocer su fenología durante su ciclo vegetativo, cultivado a cielo abierto o protegido, que permiten obtener frutos en cualquier temporada del año. Es por ello, que en el presente trabajo se evaluaron tres genotipos de pimiento morrón bajo sistemas protegidos e hidroponía. El experimento se realizó en la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) en una estructura protegida tipo Megavent del 08 de Noviembre de 2011 al 12 de Abril de 2013. El diseño experimental fue completamente al azar con cinco repeticiones. Los genotipos evaluados fueron tres: Fascinato (amarillo), California (rojo) y Novus (rojo). Se aplicaron ocho riegos durante el día a partir de las ocho horas hasta las 17 horas, con intervalos entre riegos de 75 minutos, con duraciones de 3 minutos por riego con base a lo recomendado por Estrada-Botello *et al.* (2009), durante el ciclo vegetativo del cultivo. Con base a los resultados la fase de crecimiento del cultivo de pimiento morrón inicio para la aparición de los botones florales un promedio de 17 DDT, floración a los 32 DDT, amarre a los 39 DDT y cosecha 97 DDT. De acuerdo a los resultados obtenidos la altura máxima lo presentó el genotipo Novus con 78 cm, seguido por Fascinato con 58 cm y por ultimo California con 47.67 cm. Los genotipos presentaron grosor de tallo de 14.58 mm (Fascinato), 12.77 mm (California) y 12.63 mm (Novus). Con respecto al tamaño de hoja de ancho fue de 4.85, 3.03 y 5.76 cm para los genotipos Fascinato, California y Novus respectivamente; para el largo con 8.05 cm (Fascinato), 4.90 cm (California) y 9.73 cm (Novus). En materia seca Novus presentó mayor cantidad con 128.46 g y en menor California con 79.23 g. Con respecto sistema radicular con sustrato, Fascinato obtuvo un ancho de 18 cm y largo de 43 cm; y para el sistema radicular sin sustrato fue de 14.33 cm de ancho y de 59.67 cm de largo. En tamaño de fruto el genotipo Novus tuvo un largo de 63.81 mm, California con 59.65 mm y Fascinato con 58.81 mm, con respecto al ancho Novus presentó un tamaño de 68.85 mm, California 61.22 mm y Fascinato de 58.31 mm.

En la calidad del fruto los genotipos presentaron valores de °brix 9.4 (California), pH 5.5 (Fascinato) y acidez titulable 0.5 (Fascinato y Novus). Los resultados muestran que el genotipo Novus fue el mejor en todos los parámetros evaluados durante el ciclo vegetativo de cultivo, obteniendo mejor rendimiento, con 2.66 kg m<sup>-2</sup>.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## I. INTRODUCCIÓN

La producción de cultivos hortícolas en condiciones protegidas y el uso de sistemas hidropónicos han permitido incrementos en rendimientos y calidad de frutos, al propiciar un ambiente poco restrictivo que facilita el crecimiento y desarrollo de especies hortícolas (Muñoz-Ramos, 2004) que ayuda a resolver la necesidad de alimentos de la población. Con respecto, al pimiento fresco presenta una creciente demanda a nivel mundial y su producción en estructuras le permite al consumidor la oportunidad de adquirirlo durante todo el año. Por ello, más países lo integran a su producción, principalmente en la zona de América Central y América del Sur (SIAP, 2011).

Entre las hortalizas de mayor importancia económica en México se encuentra el jitomate, el melón, la sandía, el pepino y el chile, (Schwentenius y Gómez, 1997). Con respecto al chile (*Capsicum annuum* L.) esta es una de las hortalizas de mayor consumo en México. Además ocupa el segundo lugar mundial en exportación de chiles de diferentes variedades y abastece el 80% de las importaciones norteamericanas (Macías-Macías, 2010). Los principales estados productores de chile en México son: Sinaloa, México, Baja California Sur, Sonora, Baja California Norte, Michoacán, Colima, Nuevo León y Chihuahua (SIAP, 2011).

Para la producción de pimiento en invernadero se debe tomar en cuenta los requerimientos climáticos del cultivo, características del suelo y/o sustrato, prácticas de manejo, control de plagas y enfermedades, riegos, nutrición y recolección (Guzmán y Sánchez, 2000). Además, en este sistema de producción intensivo el período de cosecha es de 4 a 7 meses (Huerta *et al.* 2009), la fertilización se realiza por medio de soluciones nutritivas (SN) que se elaboran a base de fertilizantes de alta solubilidad, generalmente importados, lo que incrementa significativamente los costos (Reche, 2010). Por otro lado, para aumentar el nivel productivo del pimiento morrón, es necesario considerar cada una de las diferentes fases del proceso de producción (Hernández-Fuentes *et al.*

2010). Por lo mencionado anteriormente, las alternativas que debe considerar el sector agrícola están encaminadas a dar solución a problemas de producción (rendimiento, precocidad y comercialización). Sin, embargo, no se han realizado suficientes trabajos sobre este cultivo en sistemas hidropónicos protegidos en el sureste de México. Esta investigación tuvo como finalidad evaluar tres genotipos de pimiento morrón bajo condiciones protegidas, la implementación de la producción de pimiento, permitirá ofrecer una alternativa de producción para los agricultores de Tabasco.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### 2.1 Objetivo general

Evaluar tres genotipos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), cultivado en hidroponía bajo condiciones protegidas en el estado de Tabasco.

#### 2.1.1 Objetivos específicos

- a) Conocer la fenología de tres genotipos de pimiento morrón cultivados bajo condiciones protegidas.
- b) Evaluar el rendimiento y las características físicas y químicas de cada genotipo.

### 2.2 Hipótesis

El genotipo de pimiento morrón Novus presenta etapas fenológicas precoces y proporciona los mejores rendimientos y calidad del fruto.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 Importancia del cultivo

La planta del pimiento es originaria de Centroamérica y se usa ya sea para su consumo en fresco o para procesado industrial, además presenta una diversidad de variedades, formas, colores y destino (Reche, 2010). El cual filogenéticamente este género se clasifica de la siguiente manera (Nuez *et al.* 1996):

División: *Spermatophyta*

Línea XIV: *Angiospermae*

Clase A: *Dicotyledonea*

Rama 2: Malvales-Tubiflorae

Orden XXI: *Solanales (Personatae)*

Familia: *Solanaceas*

Género: *Capsicum*

Especie: *C. annuum* L.

Nombre común: Pimiento morrón

Nombre científico: *Capsicum annuum* L.

El pimiento morrón es de gran importancia mundial, por qué se encuentra extendido de manera general en las regiones templadas y cálidas (Hernández-Fuentes *et al.* 2010). Para este cultivo existen tres factores donde radica su importancia (SAGARPA, 2012): a) Por su participación elevada en el valor de la producción agrícola regional y nacional, b) es una opción de las que generan mayores ingresos para los productores y c) porque es una fuente de empleos en las áreas de riego, genera entre 150 y 160 empleos en el ciclo de producción.

##### 3.1.1. Producción mundial

La producción mundial del pimiento es de 25 millones de toneladas, siendo China el principal productor con 56% de la producción total, seguido por México y Turquía (Reche, 2010). Este cultivo ocupa el quinto lugar en la producción y superficie cultivada de las hortalizas (Hernández-Fuentes *et al.* 2010).

Además, la producción media para los principales países (Cuadro 1) se tiene que se incrementó paulatinamente en 22% desde el 2004 al 2011. Sin embargo en el

2010 está disminuyó debido a que en España y Egipto su producción fue inferior a los años antecedentes.

**Cuadro 1. Participación de los principales países productores de pimienta en el mundo.**

Posición	País	Producción anual (t ha <sup>-1</sup> )							
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	China	12,031,031	12,530,180	13,030,234	14,026,272	14,274,178	14,520,301	1500150	15541611
2	México	1,431,260	1,617,260	1,681,280	1,890,430	2,054,970	1,941,560	2335562	2131740
3	Turquía	1,700,000	1,829,000	1,842,180	1,759,220	1,796,180	1,837,000	1986700	1975269
4	Indonesia	1,100,510	1,058,020	1,185,060	1,128,790	1,092,120	1,100,000	1332356	1483079
5	España	1,077,030	1,060,360	1,147,770	1,057,530	918,140	1,011,700	875657	921089
6	Estados Unidos de América	978,890	959,070	998,210	906,140	909,810	926,680	932580	991370
7	Egipto	467,433	460,000	550,000	651,822	703,408	800,000	655841	670434
8	Nigeria	819,643	721,000	721,500	723,000	725,000	452,673	500000	449594
9	República de Corea	410,281	395,293	352,966	414,136	385,763	415,000	310462	262257
10	Países Bajos	318,000	345,000	318,000	320,000	335,000	370,000	365000	365000

FUENTE: FAOSTAT (2011).

### 3.1.2. Producción nacional

En México, la producción se ha incrementado a una tasa de crecimiento de 5.72% anuales o 25% en términos acumulados durante el período 1997-2001. Para el 2001 este cultivo registró 157 mil hectáreas sembradas, de las cuales se cosecharon 147 mil con un rendimiento productivo de 12.7 t ha<sup>-1</sup> (Jiménez, 2006).

**Cuadro 2. Producción nacional de pimienta morrón en el 2010.**

Ubicación	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (T Ha <sup>-1</sup> )
Aguascalientes	889	889	13,231.50	14.88
Baja California Norte	770	727.5	21,202.81	29.14
Baja California Sur	1,375.50	1,333.50	43,694.10	32.77
Campeche	2,669.68	2,657.68	10,937.35	4.12
Chiapas	4,144.00	4,144.00	17,392.60	4.2
Chihuahua	25,463.32	25,347.07	545,828.10	21.53
Coahuila	576.2	451.2	12,047.28	26.7
Colima	663.5	592	14,025.50	23.69
Distrito Federal	5	5	30	6
Durango	6,286.90	5,892.90	56,018.75	9.51
Guanajuato	4,223.76	4,200.76	61,390.33	14.61
Guerrero	1,122.50	1,122.50	6,003.20	5.35
Hidalgo	2,009.00	1,999.00	13,972.40	6.99
Jalisco	3,897.00	3,888.00	65,689.21	16.9
México	32.5	32.5	1,281.08	39.42
Michoacán	2,710.50	2,567.66	67,671.52	26.36
Morelos	110.1	110.1	945.68	8.59
Nayarit	1,951.00	1,590.00	23,153.48	14.56
Nuevo León	944.5	867.5	20,176.50	23.26
Oaxaca	1,737.40	1,725.40	8,046.57	4.66
Puebla	2,951.00	2,936.00	9,249.46	3.15
Querétaro	1,255.25	1,255.25	16,168.85	12.88
Quintana Roo	1,963.44	1,557.62	14,037.44	9.01
San Luis Potosí	15,080.00	14,803.25	184,852.50	12.49
Sinaloa	17,191.02	15,597.02	618,110.17	39.63
Sonora	2,707.00	2,701.00	79,220.34	29.33
Tabasco	938.5	688.25	2,555.00	3.71
Tamaulipas	2,604.00	2,584.00	85,456.00	33.07
Tlaxcala	4	4	31.9	7.98
Veracruz	5,388.50	4,644.50	28,643.05	6.17
Yucatán	773.81	759.56	5,701.40	7.51
Zacatecas	36,321.00	36,301.00	288,796.24	7.96
<b>Total</b>	<b>148,758.88</b>	<b>143,974.72</b>	<b>2,335,560.31</b>	<b>16.22</b>

FUENTE: SIAP-SAGARPA 2011.

Los cinco principales estados productores de chile en México son: Sinaloa, México, Baja California Sur, Sonora y Baja California, con una media de 39.63,

39.42, 32.77, 29.33 y 29.14 de t ha<sup>-1</sup> respectivamente; obteniendo una media de 34.05 t ha<sup>-1</sup> por los cinco principales estados, con una diferencia mayor del 47% a nivel nacional (Cuadro 2). Por otro lado, los estados de la zona sureste presentan una media de 6.6 t ha<sup>-1</sup>, siendo un 40% menor que la producción nacional; sin embargo Tabasco tiene un rendimiento de 3.71 t ha<sup>-1</sup>, con 56% menor que la media de los estados surestes, sin embargo estos datos de producción son bajo condiciones protegidas (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Producción de pimienta en la zona sureste.**

Ubicación	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (T Ha <sup>-1</sup> )
Yucatán	773.81	759.56	5,701.40	7.51
Veracruz	5,388.50	4,644.50	28,643.05	6.17
Tabasco	938.50	688.25	2,555.00	3.71
Quintana roo	1,963.44	1,557.62	14,037.44	9.01
Chiapas	4,144.00	4,144.00	17,392.60	4.20

FUENTE: SIAP-SAGARPA 2011.

### 3.2. El cultivo de pimienta morrón

#### 3.2.1. Fenología del cultivo

El pimienta morrón es una planta herbácea perenne, con ciclo 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, 2012).

La edad al trasplante afecta la fenología, la producción de biomasa y su distribución en los diferentes órganos de la planta (Vázquez-Casarrubias *et al.* 2011). En su ciclo de crecimiento el pimienta 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), (Reche, 2010); sin embargo dichas etapas dependen de las condiciones climáticas y las variedades. Además el periodo de cosecha de producción bajo invernadero es de 4 a 7 meses (Huerta *et al.* 2009).

### 3.2.2. Morfología del pimiento

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 cultivo protegido debido al peso de los tallos, hojas y frutos necesita el tutorado para sujetarse y evitar que se tiendan en el suelo o se quiebren (Reche, 2010).

La morfología del pimiento Muñoz-Ramos (2004) y Reche (2010) la describen de la siguiente manera:

**Raíz:** Es el órgano subterráneo de la planta y crece en dirección opuesta al tallo, introduciéndose en la tierra donde extrae las sustancias nutritivas.

**Tallo:** El pimiento posee un tallo principal de crecimiento erecto y limitado. Después de cierto número de entrenudos (5-9) ramifica en cada nudo dicotómico y emite generalmente una flor en cada uno de estos, en invernadero los tallos alcanzan alturas de 2 m.

**Hojas:** Nacen de formas alternadas en el tallo, con peciolo largo, lobuladas, enteras, lisas y con un ápice pronunciado o acuminado, insertas en los nudos del tallo.

**Flores:** La especie *C. annuum*, se caracteriza por sus flores con corola blanca y pedúnculo floral bastante grueso, las cuales normalmente aparecen solitarias en las axilas de las hojas. La corola presenta normalmente cinco pétalos e igual cantidad de estambres, la fecundación de las flores es autógama, no supone el 10% de alogamia.

**Frutos:** Es como una baya o vaina 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 (SAGARPA, 2012). Los lóculos o cavidades pueden ser de 2 a 4 divisiones o cascós.

**Semillas:** Amarillentas, de forma lenticular u oval, aplanadas, de superficie lisa, de tamaño y forma diversa constituidas por el endospermo, el embrión y la cubierta.

### 3.2.3. Requerimientos climáticos

Para Reche (2010), la temperatura del suelo y del ambiente son importantes en los procesos de germinación, floración, fecundación y maduración del fruto. Las variables a considerar son:

**Temperatura:** La temperatura ambiente tiene gran influencia en la fotosíntesis y la transpiración de las plantas, además de influir en la floración, fecundación, crecimiento y maduración de los frutos. La temperatura óptima para el desarrollo vegetativo; día 18-20 °C mínima, 20-25 °C óptima y 30-35 °C máxima; noche 10 °C mínima y 16-18 °C óptima.

**Humedad:** El agua de riego aporta la humedad exigida por las plantas para su crecimiento y desarrollo. El cultivo de pimiento exige una humedad ambiental del 50% al 70% durante su desarrollo vegetativo y de 60% durante las primeras etapas del crecimiento de las plantas.

**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.

### 3.3. Calidad del fruto

Reche (2010) estableció que la calidad del pimiento está muy influenciada por su color y presencia física.

Los frutos del pimiento morrón, presentan las características físicas de tamaño, firmeza, y color propias de la especie y variedad a la que corresponden. Pueden estar ligeramente curvados, marcados o deformes. Los pimientos de color, diferentes al verde, deben mostrar al menos un 50% de la superficie del fruto con la coloración típica de la variedad (SAGARPA, 2012).

### 3.3.1. Variables físicas

Nuez, (1996) describió de la siguiente manera las propiedades físicas.

**Color:** Los principales colores son: verde, rojo, naranja, amarillo, marfil y chocolate-marrón.

**Forma:** Existe una gran variabilidad de formas en los frutos de los pimientos, pudiendo ser alargados, esféricos, acorazonados, oblatos, prismáticos y cúbicos.

**Tamaño:** En el género *Capsicum* una gran variabilidad para el tamaño del fruto, existiendo variedades que apenas mide 2 cm mientras otras sobrepasan los 20 cm de longitud.

**Firmeza:** Está asociada con el estado de madurez, los frutos que han alcanzado su máximo desarrollo, pero aun verdes, son los que parecen ser más firmes y por lo tanto, menos sensibles a los daños por manipulación (Giambanco, 1996).

### 3.3.2. Variables químicas

Las condiciones del cultivo pueden ejercer influencia sobre el sabor. Así, los frutos obtenidos con temperaturas diurnas son elevadas tienen peor sabor y menor contenido en azúcares y en sólidos solubles. Los frutos cultivados en suelos de conductividades eléctricas elevadas aumentan su contenido en sólidos solubles, siendo más dulces y con mejor aroma (Nuez *et al.* 1996).

**Cuadro 4. Propiedades químicas del pimiento morrón.**

ESPECIFICACIONES	MÍNIMO	MÁXIMO
pH	4.1	4.2
Acidez (ácido cítrico)	0.5	1.0
Brix°	---	1.0
Sólidos solubles	3.0	4.0

Fuente: Norma mexicana, (1981).

### 3.3.3. Rendimientos

Del pimiento se aprovechan sus frutos, su rendimiento depende del número y peso de dichos frutos. Los rendimientos obtenidos a nivel mundial se muestran en el Cuadro 5, donde España es el principal país que obtiene una media de 51.9245 t ha<sup>-1</sup>, además presenta un 63% mayor que los otros países productores.

**Cuadro 5. Rendimiento de pimiento morrón a nivel mundial.**

País	Rendimiento (T Ha <sup>-1</sup> )
China	21.9798
México	14.7637
Turquía	21.0525
Indonesia	6.1854
España	51.9245
Estados Unidos de América	32.9249
Egipto	16.9020
Nigeria	7.8351
República de Corea	5.5342
Países Bajos	268.9757

FUENTE: SIAP-SAGARPA 2011.

La siembra de pimientos en invernadero, favorece el desarrollo del cultivo y la productividad, obteniéndose mayores rendimientos, comparado con la producción de pimiento a cielo abierto (21.57 t ha<sup>-1</sup>) (SIAP, 2011). En la variedad California Wonder, se han obtenido rendimientos de 300 t ha<sup>-1</sup> 12 plantas m<sup>2</sup> (Sosof, 2008).

Por otro lado, Vázquez-Casarrubias (2011) señaló que plántulas de 45 días de edad al momento del trasplante, se logra mayor rendimiento por planta y por unidad de superficie.

La alta densidad de plantación en pimiento morrón con despunte reduce en 46 días el ciclo de cultivo lo que permite producir de 2.3 hasta 3.2 ciclos por año con rendimiento potencial de 13.03 kg m<sup>-2</sup> año (Huerta *et al.* 2009).

### **3.4. Hidroponía**

La hidroponía es una tecnología y una actividad de actualidad por los beneficios que se logran, como frutos de excelente calidad; para desarrollar plantas en solución nutritiva (SN) (agua y fertilizantes), con o sin el uso de un medio artificial (arena, grava, vermiculita y lana de roca) para proveer soporte mecánico a la planta (Lara, 1999).

Una solución nutritiva (SN) consta de agua con oxígeno y todos los nutrientes esenciales en forma iónica y, eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de hierro y de algún otro micronutriente que puede estar presente (Steiner, 1968). Una SN verdadera es aquella que contiene las especies químicas indicadas en la solución, por lo que deben de coincidir con las que se determinen mediante el análisis químico correspondiente (Steiner, 1961).

En la preparación de las soluciones nutritivas se usan fertilizantes químicos de alta solubilidad, que en la mayoría de las ocasiones son costosos y propensos a contaminar el ambiente (Capulín-Grande *et al.* 2011).

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Localización del área de estudio

El experimento se desarrolló en el área de invernaderos y viveros de la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), ubicada en el kilómetro 25 de la carretera Villahermosa-Teapa, en la ranchería la Huasteca 2da sección del municipio de Centro, Tabasco, México. Localizado entre las coordenadas geográficas 17° 46' 56" de latitud Norte y 92° 57' 28" longitud Oeste, a una altura de 30 msnm (Palma y Cisneros, 2000). En una estructura protegida tipo Megavent Tropical, cuyas dimensiones son de 8.0 m de ancho por 20 m de largo.

### 4.2 Descripción del área de estudio

De acuerdo al sistema de Köppen modificado por García (2010), el clima del área de estudio es Af (m) W>>(i)g, es decir, clima cálido, húmedo con altas precipitaciones en el verano. La temperatura media anual oscila entre los 25 a 28 °C, con máximas de 39 °C en mayo y mínima de 13.7 °C en febrero (Palma y Cisneros, 2000). La precipitación media anual es de 2,123 mm, y el periodo más lluvioso abarca de mayo a noviembre (CNA, 2006; SEDESPA, 2001). La evaporación alcanza niveles altos, sobre todo en la época de secas, registrándose valores anuales de 1,316 mm (Palma y Cisneros, 2000).

### 4.3 Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar con tres tratamientos, los genotipos utilizados fueron: Fascinato, California Wonder y Novus, con cinco repeticiones, la unidad experimental consta de tres macetas con una planta cada una.

#### **4.4. Manejo agronómico**

##### **4.4.1 Almacigo**

Se estableció el 23 de agosto del 2012, depositando una semilla por cavidad en charolas de 200 cavidades. El sustrato que se utilizó fue Peat moos<sup>®</sup>.

##### **4.4.2 Trasplante**

Cuando las plantas presentaron la segunda hoja verdadera (01 de Noviembre del 2012) fueron trasplantadas en bolsas negras para vivero de 20 x 30 cm calibre 500, las cuales se llenaron con tepetzil hasta  $\frac{3}{4}$  partes. A una altura de 15 cm se hicieron orificios en las bolsas, para drenar el agua. Se colocó una planta por bolsa, dichas bolsas fueron colocadas a doble hilera con una separación de 1.2 m entre hileras y 0.4 m entre bolsas, la densidad de siembra resultante fue de 4.2 plantas m<sup>-2</sup> (42, 000 ha). Antes de iniciar el muestreo, las plantas tuvieron ocho días de acondicionamiento. La medición de las variables se toma a partir del 08 de Noviembre de 2012.

##### **4.4.3 Tutorado**

El tutorado se colocó a partir del inicio de floración. Se utilizó hilo de rafia colocado verticalmente al tallo principal, sostenido a una altura de 2.3 m. Al cultivo no se le quito las ramificaciones laterales.

##### **4.4.4 Fertirriego**

Se aplicaron ocho riegos durante el día a partir de las ocho horas hasta las 17 horas, con intervalos entre riegos de 75 minutos, con duraciones de 3 minutos por riego con base a lo recomendado por Estrada-Botello *et al.* (2009) como se indica en el Cuadro 6. La solución nutritiva que se empleó fue la recomendada por Steiner misma que se constituye de la siguiente manera (Magdaleno-Villar *et al.* 2006).

**Cuadro 6. Solución nutritiva aplicada a los tratamientos de pimiento morrón evaluadas.**

Fertilizante	Elemento que Proporciona	Tanque A	Tanque B
		Gramos por 1,100 litros	
Sulfato de potasio	S,K	-	301.5
Sulfato de magnesio	S,Mg	-	160.1
Nitrato de potasio	N,K	-	447.2
Fosfato monoamónico	P	-	86.8
Nitrato de calcio	N,Ca	198.4	-
Peterssteen	S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo	20.0	20.0

Fuente: Estrada-Botello *et al.* (2009).

#### 4.5 Variables evaluadas

La medición de las variables estuvo en función del desarrollo del cultivo, en la cual se consideraron variables fenológicas, calidad del fruto, así como determinación del rendimiento.

##### 4.5.1. Fenológicas

Se consideró tanto la parte aérea (tallo) como la subterránea (raíz) de la planta de pimiento morrón.

**a) Altura de la planta:** Se midió con una cinta métrica cada ocho días después del trasplante (DDT), desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la planta.

**b) Grosor del tallo:** Se midió cada tercer día con un vernier, desde la base de la planta a una altura de 10 cm y fueron marcadas; se realizó desde el trasplante hasta al final del cultivo.

**c) Tamaño de hojas:** Se midió el largo y ancho de la lámina foliar con una cinta métrica; las hojas fueron seleccionadas cada mes, se tomaron las primeras hojas

desarrolladas de la copa de la planta para darle seguimiento a su fase de desarrollo.

**d) Flores:** Cuando aparecieron las primeras flores se determinó el día del periodo de floración de cada genotipo.

**e) Número de frutos:** Se contó el número de frutos maduros por planta, se pesaron y se midieron (largo y ancho), cada uno durante la cosecha hasta la conclusión del experimento.

**f) Cosecha:** Se determinó cuando el fruto presentó la madurez fisiológica es decir cuando cambió de color, a partir de la primera cosecha se cortaron todos los frutos maduros, fueron pesados y medidos (largo y ancho) hasta concluir el experimento.

**i) Materia seca:** Se tomaron tres plantas completas (tallos, hojas y raíz) de cada genotipo. La raíz se lavó con agua corriente para quitarle el sustrato impregnado. El material vegetativo se pesó en una balanza semianalítica (marca DHAUS) y posteriormente se secó en una estufa a 65 °C durante 24 horas, el material seco se pesó y con ello se obtuvo el porcentaje de materia seca (MS). El muestreo se realizó cada 30 días.

**h) Sistema radicular:** Se tomaron muestreos en tres plantas de cada genotipo, cada 30 días. Se midió el largo y ancho. Esta variable se determinó para plantas con sustrato y sin sustrato, esto para conocer el bulbo de la zona radicular.

#### **4.5.2 Calidad del fruto**

Los parámetros de calidad del fruto fueron determinados en frutos maduros. Estos se cosecharon cuando presentaron el 100% del color de cada genotipo. Para ello, a cinco frutos por genotipo se les determinó las propiedades físicas y químicas inmediatamente después de la cosecha.

##### **4.5.2.1 Propiedades físicas**

**a) Tamaño:** Se midió con un vernier, el diámetro polar y ecuatorial.

**c) Firmeza:** Se determinó la resistencia a la penetración (N) en cuatro sitios de la parte media, superior e inferior de cada fruto, con un con un dinamómetro (Zegbe *et al.* 2007).

#### 4.5.2.2 Propiedades químicas

**a) pH:** Este parámetro se determinó con un potenciómetro, para ello se le extrajo el jugo y se midió directamente su pH, esto de acuerdo con la metodología descrita por la AOAC (1990).

**b) Sólidos solubles totales (SST):** Del extracto del fruto obtenido, se tomó una gota y se colocó en un refractómetro (HI 96822) para medir los grados brix<sup>o</sup>.

**c) Acidez titulable:** Esta variable se determinó de acuerdo a los procedimientos utilizados por González-Aguilar *et al.* (1998).

#### 4.5.2.2 Rendimiento

Se pesaron los frutos producidos durante todo el ciclo de cosecha por planta, se contó el número de frutos y se multiplicó el peso promedio de los frutos (g planta<sup>-1</sup>). Para obtenerlo por metro cuadrado se multiplicó por el número de plantas que existen en una densidad de un metro cuadrado (4.2 plantas m<sup>-2</sup>), y para tenerlo por t ha<sup>-1</sup> se multiplicó por 10000.

#### 4.6 Análisis estadístico

Las variables evaluadas se sometieron a un análisis de varianza y se realizó una comparación de medias con Tukey, un nivel de significancia 0.05, todos los análisis estadísticos se realizaron con el Programa estadístico STATGRAPHICS 5.0 (Anónimo, 2000).

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Fenología

#### 5.1.1 Altura de la planta

De acuerdo con los datos obtenidos se encontró que los genotipos alcanzaron un periodo de desarrollo de 182 días después del trasplante (DDT), no presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre ellos. Con respecto a la prueba de media en cada genotipo entre muestreos se obtuvo que a partir de los 134, 110 y 118 DDT, el crecimiento de la planta alcanzó su desarrollo máximo para los genotipos Fascinato, California y Novus respectivamente, a partir de estos días y hasta el final del experimento no se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Con base a estos resultados el genotipo Novus fue el que presentó la mayor altura (78 cm) seguido por Fascinato (58 cm) y por último California (47.67 cm), como se presenta en el Cuadro 7. Existen pocos estudios que determinan la altura de los genotipos evaluados, por ejemplo Reséndiz-Melgar *et al.* (2010) reportaron para las variedades de pimiento morrón Grandisimo y Cyrus una altura de 74 y 71 cm respectivamente, cultivados en sustratos a base de una mezcla de turba vegetal (peat mos) con perlita y en un sistema hidropónico cultivado a cielo abierto, estas alturas reportadas fueron cercanas a los obtenidos con el genotipo de Novus (78 cm), aun que fueron genotipos diferentes. Con respecto al genotipo California wonder, Zúñiga-Estrada *et al.* (2004) en sus investigaciones obtuvieron una altura de 74.8 cm, mientras que en este trabajo fue menor en 10.76%, esto se debe a que dicho trabajo lo realizaron a cielo abierto y con riego superficial y en una región templada lo cual influye en el desarrollo y crecimiento de la planta como lo indica Nuez *et al.* (1996), mientras que el presente trabajo se realizó en hidroponía bajo condiciones protegidas en la región del trópico húmedo.

Los resultados de prueba de medias de la altura entre los genotipos para los muestreos se muestran en el Cuadro 8. En este se tiene que para los 22 DDT, solo se encontró diferencia significativa con el genotipo California, siendo iguales

los genotipos Fascinato y Novus. Para los demás análisis de los DDT se encontró que tanto Fascinato como California son iguales, siendo diferente Novus. De acuerdo a estos análisis estadísticos se puede inferir que tanto en el genotipo California como Fascinato no hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), siendo significativamente diferentes a Novus ( $p < 0.05$ ).

**Cuadro 7. Comparación de medias de la variable altura (cm) de planta de cada uno de los genotipos evaluados durante el ciclo vegetativo.**

DDT	Fascinato	California	Novus
8	4.25 h*	4.77 j	7.90 j
15	4.70 h	5.00 j	8.25 ij
22	8.50 h	6.83 j	11.25 ij
29	11.35 gh	9.83 ij	16.25 ij
38	18.38 gh	14.67 hij	26.25 hi
46	25.13 fg	20.67 ghi	37.87 gh
54	33.50 ef	25.67 fgh	45.00 fg
62	33.75 ef	28.67 efg	47.25 efg
70	34.50 ef	30.33 efg	49.25 defg
78	35.25 ef	31.67 defg	50.37 defg
86	35.25 ef	32.33 cdefg	53.50 defg
94	36.25 ef	33.33 bcdef	55.50 cdefg
102	37.00 def	33.67 bcdef	56.25 bcdef
110	37.50 def	36.00 abcdef	57.25 bcdef
118	40.00 cde	36.67 abcdef	61.50 abcdef
126	41.00 bcde	37.67 abcdef	64.25 abcde
134	44.00 abcde	40.67 abcde	66.75 abcd
142	47.75 abcde	43.00 abcd	72.50 abc
150	51.00 abcd	43.67 abcd	73.75 ab
158	52.25 abc	43.67 abcd	75.50a
166	52.50 abc	44.33 abc	76.75 a
174	54.75 ab	45.33 ab	77.00 a
182	58.00 a	47.67 a	78.00 a

\*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey  $\leq 0.05$ . Donde DDT =Días después del trasplante.

**Cuadro 8. Comparación de medias de altura de planta (cm) entre genotipo por fechas de muestreo durante el ciclo vegetativo.**

DDT	Fascinato	California	Novus
8	4.25 b	4.77 b	7.90 a
15	4.70 b	5.00 b	8.25 a
22	8.50 ab	6.83 b	11.25 a
29	11.35 b	9.83 b	16.25 a
38	18.37 b	14.67 b	26.25 a
46	25.12 b	20.67 b	37.87 a
54	33.50 b	25.67 b	45.00 a
62	33.75 b	28.67 b	47.25 a
70	34.50 b	30.33 b	49.25 a
78	35.25 b	31.67 b	50.37 a
86	35.25 b	32.33 b	53.50 a
94	36.25 b	33.33 b	55.50 a
102	37.00 b	33.67 b	56.25 a
110	37.50 b	36.00 b	57.25 a
118	40.00 b	36.67 b	61.50 a
126	41.00 b	37.67 b	64.25 a
134	44.00 b	40.67 b	66.75 a
142	47.75 b	43.00 b	72.50 a
150	51.00 b	43.67 b	73.75 a
158	52.25 b	43.67 b	75.50 a
166	52.50 b	44.33 b	76.75 a
174	54.75 b	45.33 b	77.00 a
182	58.00 b	47.67 b	78.00 a

\*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey  $\leq 0.05$ . Donde DDT =Días después del trasplante.

### 5.1.2 Grosor de tallo

El rango del grosor del tallo para cada genotipo fue 11.57 a 14.58, 9.29 a 12.77 y 10.81 a 12.63 mm, para Fascinato, California y Novus respectivamente. Los cuales se presentaron a partir de los 126, 94 y 118 DDT, para los genotipos Fascinato, California y Novus respectivamente, a partir de esta ya no se presentaron diferencias significativas (Cuadro 9). Del inicio del experimento hasta los días 118, 86 y 110 DDT, para los genotipos Fascinato, California y Novus respectivamente, los muestreos para cada genotipo presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), y posteriormente hasta el final del experimento no presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

Con respecto al grosor de tallo entre genotipos por DDT de muestreo no existió diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) durante el desarrollo del cultivo. Sin embargo se observa en el Cuadro 10, que existen diferencias significativas en los 46 y 174 DDT. En el muestreo del 46 DDT se tiene que el mayor grosor del tallo fue en el genotipo Novus (7.48 mm) y en menor fue el de California (6.25 mm), y no se encontró diferencias significativas para los genotipos Fascinato y Novus. Para el muestreo del 174 DDT se obtuvo que Fascinato fue el que alcanzó el mayor grosor (14.11 mm) y el menor fue el California (11.90 mm). Aunque en ambas fechas DDT los genotipos de máximo grosor fueron diferentes, en ambos periodos no presentaron diferencias significativas.

En estudios realizados por Moreno *et al.* (2011) encontraron mayor grosor de tallo para el híbrido Triple (19.0 mm), siendo en un 20% mayores que el genotipo Fascinato y con los otros el 34% menores. Mientras que Hernández-Verdugo *et al.* (2012) encontraron en chiles silvestres de población Yecorato con un grosor de tallo de 19.3 mm; datos similares encontrados por Moreno *et al.* (2011) pero superiores a los obtenidos en este experimento, esto debe a que son variedades diferentes.

**Cuadro 9. Comparación de medias de grosor de tallo (mm) de cada uno de los genotipos evaluados durante el ciclo vegetativo.**

DDT	Fascinato	California	Novus
8	0.18 m	0.50 k	0.50 n
15	2.41 lm	3.06 jk	2.50 m
22	3.66 klm	3.30 jk	3.71 lm
29	4.74 jkl	4.09 ijk	4.74 kl
38	5.91 ijkl	4.95 hij	6.32 jk
46	7.08 hijk	6.25 ghij	7.48 ij
54	7.79 ghij	7.08 fg hi	8.31 hi
62	8.51 fg hi	7.59 efgh	8.47 gh
70	8.71 fg hi	8.07 defgh	9.26 fg hi
78	8.92 efgh	8.14 cdefgh	9.31 efgh
86	9.46 defgh	8.43 bcdefgh	9.48 defgh
94	9.62 defgh	9.29 abcdefg	9.97 cdefgh
102	9.79 defgh	9.67 abcdefg	10.22 cdefg
110	10.02 cdefgh	10.58 abcdef	10.51 bcdef
118	10.77 bcdefg	10.84 abcde	10.81 abcdef
126	11.57 abcdef	11.43 abcd	11.17 abcde
134	11.98 abcdef	11.53 abcd	11.19 abcd
142	12.35 abcde	11.57 abcd	11.63 abc
150	12.44 abcde	11.57 abcd	11.74 abc
158	13.00 abcd	11.65 abcd	12.13 ab
166	13.49 abc	11.72 abc	12.36 ab
174	14.11 ab	11.90 ab	12.49 a
182	14.58 a	12.77 a	12.63 a

\*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey  $\leq 0.05$ . Donde DDT =Días después del trasplante.

**Cuadro 10. Comparación de medias de grosor de tallo (mm) entre genotipo por fechas de muestreo durante el ciclo vegetativo.**

DDT	Fascinato	California	Novus
8	0.18 a	0.50 a	0.50 a
15	2.41 a	3.06 a	2.50 a
22	3.66 a	3.30 a	3.71 a
29	4.74 a	4.09 a	4.74 a
38	5.91 a	4.95 a	6.32 a
46	7.08 ab	6.25 c	7.48 a
54	7.79 a	7.08 a	8.31 a
62	8.51 a	7.59 a	8.47 a
70	8.71 a	8.07 a	9.26 a
78	8.92 a	8.14 a	9.31 a
86	9.46 a	8.43 a	9.48 a
94	9.62 a	9.29 a	9.97 a
102	9.79 a	9.67 a	10.22 a
110	10.02 a	10.58 a	10.51 a
118	10.77 a	10.84 a	10.81 a
126	11.57 a	11.43 a	11.17 a
134	11.98 a	11.53 a	11.19 a
142	12.35 a	11.57 a	11.63 a
150	12.44 a	11.57 a	11.74 a
158	13.00 a	11.65 a	12.13 a
166	13.49 a	11.72 a	12.36 a
174	14.11 a	11.90 ab	12.49 c
182	14.58 a	12.77 a	12.63 a

\*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey  $\leq 0.05$ . Donde DDT =Días después del trasplante.

### 5.1.3 Tamaño de la hoja

El ancho de la hoja alcanzó su desarrollo máximo a partir de los 25, 20 y 27 DDT para los genotipos Fascinato, California y Novus respectivamente, ya que el análisis estadístico a partir de esta fecha no presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) hasta el final del experimento (Cuadro 11). De acuerdo a estos resultados se tiene que el rango máximo ancho de la hoja es 4.33-4.85, 2.27-3.03 y 5.10-5.76 cm para los genotipos Fascinato, California y Novus respectivamente. El máximo

valor se presentó a los 74, 74 y 76 DDT para los genotipos Fascinato, California y Novus respectivamente.

Con respecto al largo de la hoja los resultados muestran que a partir de los 20, 13 y 27 DDT se alcanzó el desarrollo para los genotipos Fascinato, California y Novus por lo que el análisis estadístico a partir de esta fecha no presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) hasta el final del experimento. En cuanto al largo de la hoja fue de 6.6-8.0, 3.1-4.9 y 8.5-9.7 cm para los genotipos Fascinato, California y Novus respectivamente. Sin embargo el máximo valor se presentó a los 76, 74 y 64 DDT para los genotipos Fascinato, California y Novus respectivamente. Existen pocos trabajos sobre el tamaño de la hoja. Pero en otras variedades por ejemplo Hernández *et al.* (2008) reportó datos similares de tamaño de hoja en chiles silvestres a los obtenidos en este trabajo.

La comparación de medias entre genotipos por fechas de muestreo con base a los DDT para el ancho de la hoja se encontró que a partir del cuarto DDT el genotipo California fue el que presentó menor tamaño y con diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) con respecto a los otros genotipos. A partir del día 22 el genotipo Fascinato y Novus presentaron diferencias significativas hasta el 71 DDT. Sin embargo a partir del día 74 los genotipos Fascinato y Novus no presentaron diferencias significativas entre ellos y no así con el genotipo California. Con respecto al largo de la hoja la comparación de medias entre genotipos por fechas de muestreo con base a los DDT se encontró que a partir del cuarto DDT el genotipo California fue el que presentó menor tamaño y presentando diferencias significativas con respecto a los otros genotipos. A partir del 13 DDT el genotipo Fascinato y Novus presentaron diferencias significativas hasta el 74 DDT. Sin embargo a partir del 76 DDT los genotipos Fascinato y Novus no presentaron diferencias significativas entre ellos y no así con el genotipo California, como se indica en el Cuadro 12.

En general se puede inferir que el genotipo Novus presenta los mayores tamaños (largo y ancho) de la hoja. Esto se debe a que presenta mayor altura como se indica en el Cuadro 7.

**Cuadro 11. Comparación de medias de tamaño de hoja (cm) de cada uno de los genotipos evaluados durante el ciclo vegetativo.**

DDT	Fascinato		California		Novus	
	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo
0	1.50 i	2.30 h	1.00 f	1.93 e	1.60 l	2.67 j
4	1.90 i	3.27 gh	1.17 ef	2.10 e	2.13 kl	3.20 j
7	2.47 h	3.77 gh	1.23 ef	2.20 de	2.70 jk	4.70 i
8	3.00 g	4.70 fg	1.47 def	2.57 cde	3.23 ij	5.57 hi
11	3.57 f	5.50 ef	1.70 cdef	2.90 bcde	3.70 hi	6.16 gh
13	3.73 ef	5.67 def	1.87 bcdef	3.10 abcde	4.07 gh	6.60 gh
15	3.93 def	6.10 cdef	1.97 bcde	3.40 abcde	4.30 fgh	6.97 fg
18	4.07 cdef	6.33 bcde	2.03 bcde	3.67 abcde	4.33 efg	7.53 efg
20	4.20 bcde	6.60 abcde	2.27 abcd	3.87 abcde	4.67 defg	8.00 def
22	4.27 bcd	6.77 abcde	2.27 abcd	4.17 abcd	4.80 cdef	8.17 cdef
25	4.33 abcd	6.70 abcde	2.30 abcd	4.23 abc	5.03 bcde	8.27 bcdef
27	4.37 abcd	6.80 abcde	2.33 abcd	4.33 abc	5.10 abcde	8.50 abcde
29	4.37 abcd	7.03 abcd	2.40 abc	4.33 abc	5.20 abcd	8.67 abcde
32	4.40 abcd	7.03 abcd	2.47 abc	4.40 abc	5.23 abcd	8.73 abcde
34	4.40 abcd	7.03 abcd	2.57 abc	4.63 ab	5.23 abcd	8.97 abcd
36	4.40 abcd	7.03 abcd	2.53 abc	4.63 ab	5.23 abcd	8.97 abcd
39	4.40 abcd	7.03 abcd	2.53 abc	4.63 ab	5.23 abcd	8.97 abcd
41	4.47 abc	7.03 abcd	2.57 abc	4.63 ab	5.26 abcd	9.00 abcd
43	4.45 abcd	6.95 abcde	2.57 abc	4.63 ab	5.26 abcd	9.00 abcd
48	4.50 abcd	7.05 abcde	2.53 abc	4.63 ab	5.36 abcd	9.07 abcd
50	4.50 abcd	7.10 abcde	2.57 abc	4.67 ab	5.36 abcd	9.10 abcd
55	4.60 abc	7.40 abc	2.60 abc	4.67 ab	5.50 abc	9.37 abcd
57	4.65 ab	7.55 abc	2.67 ab	4.73 ab	5.50 abc	9.47 abc
60	4.65 ab	7.60 abc	2.67 ab	4.80 ab	5.63 ab	9.50 abc
62	4.65 ab	7.85 ab	2.67 ab	4.80 ab	5.66 ab	9.60 ab
64	4.65 ab	7.90 ab	2.70 ab	4.80 ab	5.66 ab	9.73 a
67	4.75 ab	7.90 ab	2.67 ab	4.83 ab	5.73 ab	9.73 a
69	4.75 ab	7.90 ab	2.70 ab	4.87 ab	5.73 ab	9.73 a
71	4.75 ab	7.90 ab	2.73 ab	4.87 ab	5.73 ab	9.73 a
74	4.85 a	7.90 ab	3.03 a	4.90 a	5.73 ab	9.73 a
76	4.85 a	8.05 a	3.03 a	4.90 a	5.76 a	9.73 a

\*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey  $\leq 0.05$ . Donde DDT =Días después del trasplante.

**Cuadro 12. Comparación de medias de tamaño de la hoja (cm) entre genotipo por fechas de muestreo durante el ciclo vegetativo.**

DDT	Ancho			Largo		
	Fascinato	California	Novus	Fascinato	California	Novus
0	1.50 a	1.00 a	1.60 a	2.30 a	1.93 a	2.67 a
4	1.90 ab	1.17 b	2.13 a	3.27 a	2.10 b	3.20 a
7	2.47 a	1.23 b	2.70 a	3.77 a	2.20 b	4.70 a
8	3.00 a	1.47 b	3.23 a	4.70 a	2.57 b	5.57 a
11	3.57 a	1.70 b	3.70 a	5.50 a	2.90 b	6.16 a
13	3.73 a	1.87 b	4.07 a	5.67 b	3.10 c	6.60 a
15	3.93 a	1.97 b	4.30 a	6.10 b	3.40 c	6.97 a
18	4.07 a	2.03 b	4.33 a	6.33 b	3.67 c	7.53 a
20	4.20 a	2.27 b	4.67 a	6.60 b	3.87 c	8.00 a
22	4.27 b	2.27 c	4.80 a	6.77 b	4.17 c	8.17 a
25	4.33 b	2.30 c	5.03 a	6.70 b	4.23 c	8.27 a
27	4.37 b	2.33 c	5.10 a	6.80 b	4.33 c	8.50 a
29	4.37 b	2.40 c	5.20 a	7.03 b	4.33 c	8.67 a
32	4.40 b	2.47 c	5.23 a	7.03 b	4.40 c	8.73 a
34	4.40 b	2.57 c	5.23 a	7.03 b	4.63 c	8.97 a
36	4.40 b	2.53 c	5.23 a	7.03 b	4.63 c	8.97 a
39	4.40 b	2.53 c	5.23 a	7.03 b	4.63 c	8.97 a
41	4.47 b	2.57 c	5.26 a	7.03 b	4.63 c	9.00 a
43	4.45 b	2.57 c	5.26 a	6.95 b	4.63 c	9.00 a
48	4.50 b	2.53 c	5.36 a	7.05 b	4.63 c	9.07 a
50	4.50 b	2.57 c	5.36 a	7.10 b	4.67 c	9.10 a
55	4.60 b	2.60 c	5.50 a	7.40 b	4.67 c	9.37 a
57	4.65 b	2.67 c	5.50 a	7.55 b	4.73 c	9.47 a
60	4.65 b	2.67 c	5.63 a	7.60 b	4.80 c	9.50 a
62	4.65 b	2.67 c	5.66 a	7.85 b	4.80 b	9.60 a
64	4.65 b	2.70 c	5.66 a	7.90 b	4.80 c	9.73 a
67	4.75 b	2.67 c	5.73 a	7.90 b	4.83 c	9.73 a
69	4.75 b	2.70 c	5.73 a	7.90 b	4.87 c	9.73 a
71	4.75 b	2.73 c	5.73 a	7.90 b	4.87 c	9.73 a
74	4.85 a	3.03 b	5.73 a	7.90 b	4.90 c	9.73 a
76	4.85 a	3.03 b	5.76 a	8.05 a	4.90 b	9.73 a

\*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey  $\leq 0.05$ . Donde DDT =Días después del trasplante.

#### 5.1.4 Materia seca

El genotipo Fascinato presentó un incremento de MS de 0.08 a 112.47 g de los 0 a 162 DDT, siendo estadísticamente diferente al final del experimento. Para el caso del genotipo California existió un incremento de 0.09 a 79.23 g, y para el genotipo Novus fue de 0.21 a 128.46 g en el mismo periodo de estudio. En estos dos genotipos presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre muestreos para el mismo genotipo desde el inicio hasta el final del estudio como se muestra en el Cuadro 13. El genotipo que presentó mayor cantidad de materia seca fue el Novus (128.46 g) y en menor el California, esto se debe que el Novus presenta mayor altura y así como el tamaño de la hoja fue superior a los otros genotipos (DDT).

Con respecto a los días de muestreo entre genotipos, se encontró que en general existieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) desde el inicio del experimento, sin embargo para el muestro del 162 DDT no mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los genotipos, siendo el Novus el que presentó mayor cantidad de materia seca (128.46 g), como se indica en el Cuadro 14. Esto se debe a que este genotipo obtuvo la mayor altura y mayor tamaño de hoja en la planta.

En este trabajo, los resultados de MS fueron similares a los obtenidos por Valles *et al.* (2009), quienes reportaron 21 g como máximo a los 77 días, mientras que en los genotipos Fascinato y Novus fueron ligeramente superiores, y el genotipo California fue inferior. Al respecto, Reséndiz-Melgar *et al.* (2010) mencionaron que el peso seco y verde está en función del genotipo, datos que concuerdan con los obtenidos en la presente investigación, además dependen de la densidad de siembra (Valles *et al.* 2009) que en algunos casos originó menor área foliar.

**Cuadro 13. Comparación de medias de materia seca (g) por genotipo durante el ciclo vegetativo.**

DDT	Fecha	Materia seca (g)		
		Fascinato	California	Novus
0	08/11/2012	0.08 b	0.09 c	0.21bc
33	11/12/2012	3.60 b	3.03 bc	6.20 bc
67	14/01/2013	12.53 b	19.30 bc	21.03 b
105	21/02/2013	22.90 b	24.87 b	22.23 b
162	20/04/2013	112.47 a	79.23 a	128.46 a

\*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey  $\leq 0.05$ . Donde DDT =Días después del trasplante.

**Cuadro 14. Comparación de medias de materia seca (g) por fechas de muestreo entre genotipos durante el ciclo vegetativo.**

Fecha	Materia seca (g)		
	Fascinato	California	Novus
08/11/2012	0.08 a	0.09 a	0.219 a
11/12/2012	3.60 b	3.03 b	6.20 a
14/01/2013	12.53 b	19.30 ab	21.03 a
21/02/2013	22.90 a	24.87 a	22.23 a
20/04/2013	112.47 ab	79.23 b	128.46 a

\*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey  $\leq 0.05$ .

### 5.1.5 Sistema radicular

Durante los 33 al 105 DDT el ancho y longitud de la raíz en el genotipo Fascinato no presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) tanto para el tamaño de la raíz de la planta con sustrato y sin sustrato, excepto en la medición de la longitud de la raíz con sustrato no se presentó diferencias significativas desde el 33 DDT hasta el final del experimento. Con respecto al genotipo California se presentó diferencias significativas del 33 al 67 DDT para la medición de ancho de raíz con sustrato y longitud de raíz sin sustrato. Para el genotipo Novus se tiene que las diferencias significativas entre los nuestros se presentaron a partir del 33 DDT.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la longitud y ancho de la raíz para cada genotipo se tiene que el Fascinato presentó el mayor tamaño en largo (18.00 cm con sustrato y 14.33 cm sin sustrato) así como el mayor ancho (43.00 cm con sustrato y 59.67 cm sin sustrato). En los tres genotipos el máximo tamaño de la raíz (ancho y largo) se presentó hasta el final del experimento (162 DDT), como se muestra en el Cuadro 15.

Con los análisis estadístico de prueba de medias entre genotipos por muestreo, se tiene que el primer muestro (0 DDT) no se encontró diferencias significativas, esto se debe a que las plántulas presentaron el mismo tamaño durante el trasplante, sin embargo el genotipo california presenta mayor ancho de raíz (2.1 cm) y menor longitud (3.7 cm) en la medición sin sustrato. En el último muestreo (162 DDT) el tamaño de la raíz no presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos, tanto en las mediciones con sustrato como las de sin sustrato). Sin embargo, en el muestro de 105 DDT es donde existen mayores diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 16).

Cuando se mide el ancho de la raíz con sustrato en los tres genotipos es mayor en 70% en promedio con respecto a la medición sin sustrato, sin embargo para el genotipo Novus es de 72%. La medición de la longitud de la raíz cuando se mide sin sustrato esta es mayor en 90% en promedio para los tres genotipos.

Nuez *et al.* (1996) mencionan que las raíces profundizan en el suelo hasta unos 30-60 cm, aunque la distribución no es uniforme, con una mayor densidad en la parte superficial horizontalmente el crecimiento se extiende hasta unos 30-50 cm del eje. Sin embargo los estudios del experimento son en hidroponía y bolsas de 20 x 30 cm, y una altura de sustrato de  $\frac{3}{4}$  partes lo que no permitió que se extendiera y profundizara la raíz. Sin embargo la aplicación adecuada del riego favoreció su crecimiento.

**Cuadro 15. Comparación de medias del sistema radicular (cm) por genotipos durante el ciclo vegetativo.**

Genotipos	DDT	Fecha	Sistema radicular (cm)			
			Ancho con sustrato	Ancho sin sustrato	Longitud con sustrato	Longitud sin sustrato
Fascinato	0	08/11/2012	3.77 c	1.03 c	7.33 b	7.67 c
Fascinato	33	11/12/2012	9.00 bc	5.46 b	35.67 a	37.33 b
Fascinato	67	14/01/2013	9.00 bc	8.00 b	41.33 a	48.67 ab
Fascinato	105	21/02/2013	9.83 b	8.67 b	42.33 a	54.33 ab
Fascinato	162	20/04/2013	18.00 a	14.33 a	43.00 a	59.67 a
California	0	08/11/2012	3.83 d	2.10b	4.27 b	3.70 c
California	33	11/12/2012	7.00 cd	3.50 b	30.50 a	28.00 b
California	67	14/01/2013	8.67 bc	8.00 a	35.00 a	37.33 ab
California	105	21/02/2013	10.83 b	9.33 a	35.67 a	41.33 a
California	162	20/04/2013	16.33 a	9.33 a	42.67 a	47.67 a
Novus	0	08/11/2012	4.00 c	1.90 c	7.17 b	8.07 b
Novus	33	11/12/2012	8.67 b	7.33 b	34.00 a	35.00 a
Novus	67	14/01/2013	9.33 b	8.67 b	37.00 a	41.67 a
Novus	105	21/02/2013	13.67 a	9.00 b	39.00 a	44.67 a
Novus	162	20/04/2013	16.00 a	11.67 a	42.67 a	48.00 a

\*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey  $\leq 0.05$ . Donde DDT =Días después del trasplante.

**Cuadro 16. Comparación de medias del sistema radicular (cm) por fechas de muestreo durante el ciclo vegetativo.**

Genotipos	DDT	Fecha	Sistema radicular (cm)			
			Ancho con sustrato	Ancho sin sustrato	Longitud con sustrato	Longitud sin sustrato
Fascinato	0	08/11/2012	3.77 a	1.03 a	7.33 a	7.67 a
California	0	08/11/2012	3.83 a	2.10 a	4.27 b	3.70 a
Novus	0	08/11/2012	4.00 a	1.90 a	7.17 a	8.07 a
Fascinato	33	11/12/2012	9.00 a	5.46 b	35.67 a	37.33 a
California	33	11/12/2012	7.00 a	3.50 c	30.50 a	28.00 a
Novus	33	11/12/2012	8.67 a	7.33 a	34.00 a	35.00 a
Fascinato	67	14/01/2013	9.00 a	8.00 a	41.33 a	48.67 a
California	67	14/01/2013	8.67 a	8.00 a	35.00 a	37.33 b
Novus	67	14/01/2013	9.33 a	8.67 a	37.00 a	41.67 ab
Fascinato	105	21/02/2013	9.83 b	8.67 a	42.33 a	54.33 a
California	105	21/02/2013	10.83 ab	9.33 a	35.67 b	41.33 b
Novus	105	21/02/2013	13.67 a	9.00 a	39.00 ab	44.67 ab
Fascinato	162	20/04/2013	18.00 a	14.33 a	43.00 a	59.67 a
California	162	20/04/2013	16.33a	9.33 a	42.67 a	47.67 a
Novus	162	20/04/2013	16.00 a	11.67 a	42.67 a	48.00 a

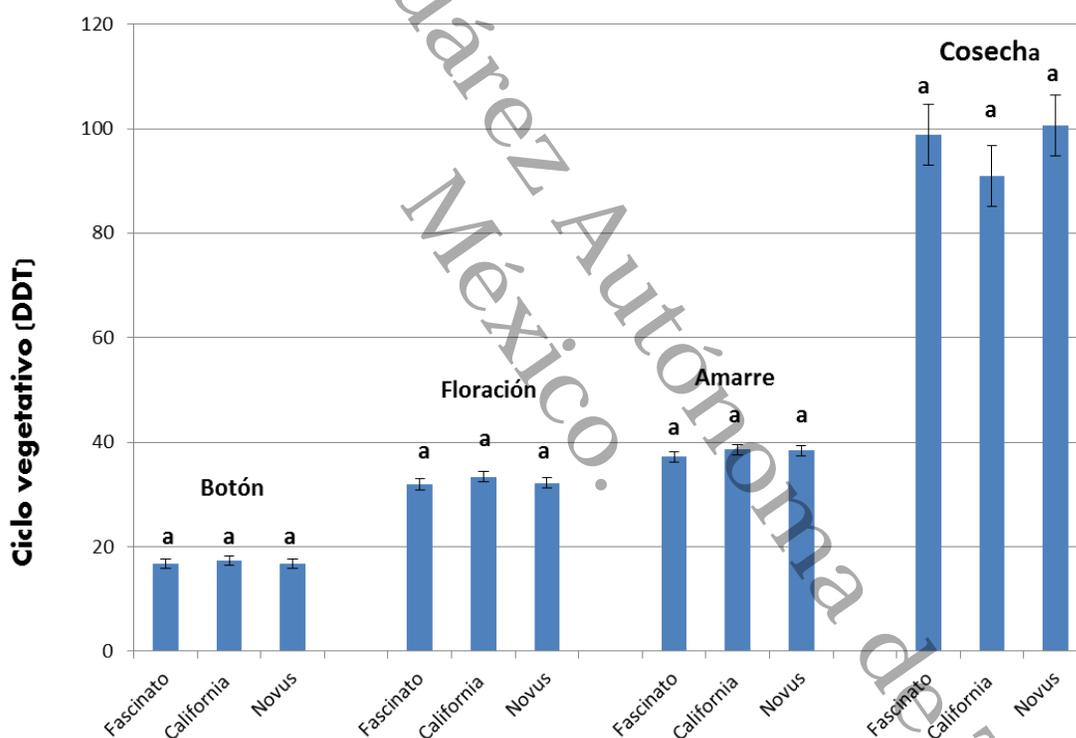
\*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey  $\leq 0.05$ . Donde DDT =Días después del trasplante.

### 5.1.6 Fecha de aparición del botón, floración, amarre de fruto y cosecha

En el experimento se encontró que para los tres genotipos se tiene un ciclo de desarrollo de 120 DDT en promedio, resultado que se encuentra en el rango que indica Huerta *et al.* (2009) para el cultivo de pimiento morrón.

La aparición de los botones florales, floración, amarre, y cosecha del fruto se registraron en un promedio de 17 (rango de 16 a 18), 32 (rango de 31 a 34), 39 (rango de 36 a 43) y 97 (rango de 58 a 125) DDT respectivamente, en los que no existieron diferencias significativas entre los genotipos (Figura 1). Sin embargo para la fecha de cosecha se encontró mayor variabilidad aunque no se presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los genotipos, teniendo los siguientes resultados para Fascinato de 78 a 102 DDT, California de 58 a 120 DDT y para Novus de 90 a 125 DDT, esto significa que en el genotipo California su periodo de cosecha es mayor ya que se presenta primero esta y termina antes que el Novus. Por otro lado, la aparición del botón se presentó 28 días antes a lo reportado por

Reche (2010), ya que indica que la floración se presenta de 45 a 60 DDT. Esto depende del genotipo como lo indica Nuez *et al.* (1996). Además Reche (2010) señala que la cosecha se presenta de 70 a 80 DDT y en el experimento se encontró que la cosecha en el genotipo California inicio a los 58 DDT, siendo este el más precoz y el más tardío el Novus, aunque inicio antes la floración. Esto significa que el periodo de formación del fruto desde la floración hasta la cosecha se afecta por las condiciones climáticas. De acuerdo a los resultados se tiene que genotipo California presentó una cosecha a los 90 DDT, Novus a los 100 DDT y Fascinato a los 98 DDT.



\*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey  $\leq 0.05$ .

**Figura 1 Fase fenológica de plantas de pimiento morrón cultivados bajo condiciones protegidas.**

### 5.1.7 Crecimiento del fruto de pimiento morrón.

Los modelos matemáticos probados para determinar la tendencia de crecimiento del fruto, desde el amarre hasta su cosecha, se encontró que los mejores modelos que se ajustan son los logarítmicos (Figura 2 y 3). El mejor modelo de ajuste que define el crecimiento del fruto en cuanto a largo (desde el pedúnculo hasta el ápice) se encontró en el genotipo Fascinato ( $R^2 = 0.944$ ) y para el ancho fue en el genotipo California ( $R^2 = 0.88$ ). Con respecto al genotipo que presentó mayor tamaño en cuanto a largo de fruto fue el Novus con 63.81 mm, le sigue California (59.65 mm) y el de menor el Fascinato (58.81 mm), con respecto al ancho se tiene que fue el Novus con 68.85 mm, le sigue el California (61.2 mm) y el de menor el Fascinato (58.31 mm). Estos tamaños se alcanzaron a los 66.60, 61.20 y 58.31 DDT, para los genotipos Novus, California y Fascinato, respectivamente. Esto significa que el periodo de crecimiento del fruto en la planta depende del genotipo, como lo indican los análisis estadísticos al encontrar diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los genotipos siendo estadísticamente iguales el genotipo Novus y California, y diferente con respecto al Fascinato. En las Figuras 2 y 3 se muestran el crecimiento del fruto (Largo y Ancho) durante el periodo de crecimiento en su ciclo vegetativo.

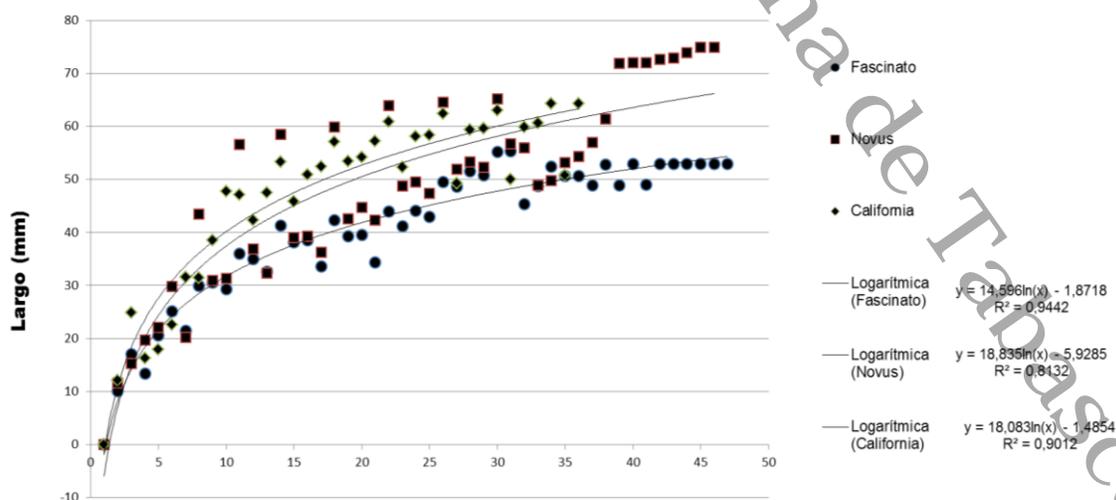


Figura 2 Periodo de crecimiento del fruto (Largo).

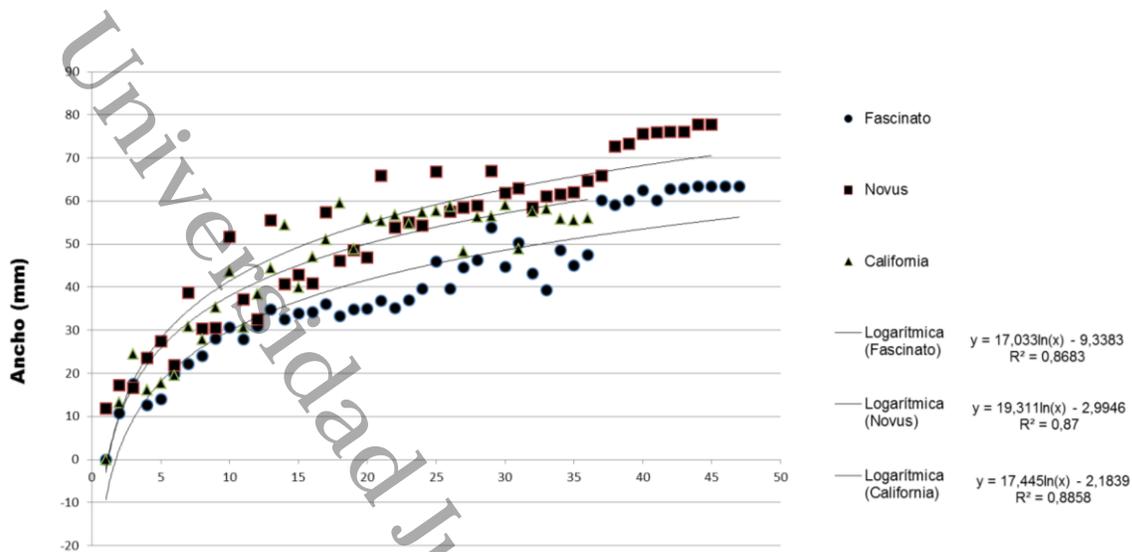


Figura 3 Periodo de crecimiento del fruto (Ancho).

## 5.2 Calidad del fruto

### 5.2.1 Propiedades químicas

Los resultados de grados °Brix obtenidos en el experimento se encontró que el genotipo California presentó mayor concentración de azúcares, y siendo menor el Fascinato (Cuadro 24). En otros estudios realizados en la misma área de estudio con la variedad se encontró que para el Fascinato los resultados fueron inferiores, ya que Peñate (2013) reportó 6.37. Este mismo autor reporta resultados en otros genotipos en un rango de 6.1 a 6.75, rango inferior para el genotipo California (9.4) y para el Novus (7.4). En la variable de pH se tiene que no se encontró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) para los genotipos California y Novus, y sí para el Fascinato, sin embargo los resultados de los genotipos fueron superiores a otros genotipos que reporta Peñate (2013) en 10.8%, así como los que reportan Chamú-Baranda *et al.* (2011). Para la variable de CE no se encontró diferencias significativas, sin embargo el genotipo Novus presentó los mayores valores, cabe mencionar que para esta variable no se reporta información. Con respecto a la acidez titulable no se encontró diferencia significativa para los genotipos Fascinato y Novus, pero sí

con respecto al California, en el que se tiene los mayores valores de 0.05 para Fascinato y Novus como se indica en el Cuadro 17.

**Cuadro 17. Comparación de medias de propiedades químicas de los frutos.**

Genotipos	Grados °Brix	pH	CE ds/m	Acidez titulable %
Fascinato	5.80 b	5.55 a	2336.60 a	0.05 a
California	9.40 a	5.18 b	2363.00 a	0.03 b
Novus	7.40 ab	5.22 b	2499.20 a	0.05 a

\*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey  $\leq 0.05$ .

### 5.2.2 Propiedades físicas

De acuerdo a los resultados (Cuadro 18) se tiene que la cantidad de lóbulos en los genotipos en promedio son de tres, aunque en algunos casos se puede encontrar hasta cuatro, en los que no se encontró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para los genotipos. El genotipo que presentó mayor cantidad de semillas fue el California superando al Fascinato teniendo una cantidad mayor en un 220.5%, aunque se puede predecir que el Novus es el que debería tener mayor cantidad de semillas al ser el genotipo que presenta las mayores dimensiones (ancho y largo del fruto), pero este genotipo con respecto al California no presenta diferencias significativas en cuanto a tamaño, por esta razón se puede inferir que la cantidad de semillas también depende del tamaño y del genotipo.

Los resultados de firmeza indican que el Fascinato es el que presenta menor firmeza (5.68-5.79 N), y los de mayor resistencia fueron el California (9.42-10.01 N) y Novus (9.11-10.77 N), siendo estos dos último con resultados estadísticamente iguales. La determinación de la firmeza en el fruto varío de acuerdo a la posición determinada. Para ello se tiene que en la parte superior (pedúnculo) del fruto la firmeza es menor y esta se incrementa en la parte inferior (ápice), la cual se tiene una diferencia en promedio de 13%, sin embargo el genotipo que tiene menor es Fascinato (8.7%), luego el Novus (14.04%) y finalmente el California (16.42%). El tamaño del fruto (ancho y largo) fue afectado

por el genotipo, en los que sobresalen el Fascinato y el Novus, y no así el California que presenta las menores dimensiones 57.35 y 61.17 mm para largo y ancho respectivamente (Cuadro 18).

**Cuadro 18. Comparación de medias de propiedades físicas de los frutos.**

Genotipos	No.		Firmeza (N)			Tamaño(mm)	
	lóbulos	Semillas	Superior	Medio	Inferior	Largo	Ancho
Fascinato	3.40 a	100.60 b	5.79 b	5.68 b	5.79 b	66.79 a	65.09 a
California	3.50 a	221.90 a	9.42 a	10.01 a	9.97 a	57.35 b	61.17 a
Novus	3.20 a	134.60 b	9.11 a	10.50 a	10.77 a	64.87 a	68.11 a

\*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey  $\leq 0.05$ .

### 5.3 Rendimiento

La cantidad de frutos depende de la variedad ya que se encontró que el Fascinato presenta la menor cantidad de frutos (5.8) siendo mayor en los genotipos Novus y California, sin embargo los genotipos no presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Con respecto al peso promedio de los frutos el que obtuvo mayor peso fue el genotipo Novus (102.37 g), esto se debe a que es uno de los genotipos que presenta mayor tamaño, siendo superior en 38% con respecto al más bajo (California) en los que se encontró diferencias significativas. Además el número de frutos y peso de los mismos influyen en el peso total por planta, en el que se encontró que Novus es el que continúa siendo el mejor genotipo con un rendimiento por planta de 634.72 g (Cuadro 19). Por lo que el rendimiento por metro cuadrado es 2.66 kg m<sup>-2</sup> para el Novus y para el de menor rendimiento es California con 1.65 kg m<sup>-2</sup>.

Huerta *et al.* (2009) obtuvo datos de 604.1 y 404.7 g en 8 y 9 plantas/m<sup>2</sup> con despunte en 4<sup>a</sup> y 3<sup>a</sup> bifurcación respectivamente; además en número de frutos con 3.3 plantas m<sup>2</sup> sin despunte con 6.27 g. Por otro lado Fortis-Hernández *et al.* (2012) señalaron que la producción de pimiento morrón en sustratos orgánicos bajo invernadero puede ser una alternativa viable puesto que generan rendimientos aceptables.

Por lo que uno de los aspectos importantes que los productores consideran para la producción de los cultivo es el rendimiento, los cuales traen como consecuencia beneficios económicos. Esto da pauta para seleccionar el mejor genotipo, sin embargo también afecta la precocidad del mismo.

**Cuadro 19. Comparación de medias del rendimiento y peso de los frutos.**

Genotipos	No. de fruto	Peso promedio fruto (g)	Peso total/planta (g)	Rendimiento (kg m <sup>-2</sup> )
Fascinato	5.8 a	87.54 a	507.72 b	2.13 b
California	6.2 a	63.57 b	394.17 c	1.65 c
Novus	6.2 a	102.37 a	634.72 a	2.66 a

\*Letras iguales significa que no hay diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey  $\leq 0.05$ .

## CONCLUSIONES

El periodo de estudio de los genotipos evaluados en este experimento fue de 182 DDT, la aparición de los botones florales empezó en un promedio los 17 DDT, floración a los 32 DDT, el amarre a los 39 DDT y la cosecha a los 97 DDT, en los que no se presentaron diferencias significativas entre los genotipos.

Las alturas máximas de las plantas de los genotipos evaluados fueron de 58 cm (Fascinato), 47.67 cm (California) y 78 cm (Novus), las cuales se alcanzaron a los 134 (Fascinato), 110 (California) y 118 (Novus) DDT.

El grosor de tallo de cada genotipo presentó un máximo de 11.57 a 14.58 mm (Fascinato), 9.29 a 12.77 mm (California) y 10.81 a 12.63 mm (Novus) los cuales variaron de acuerdo al genotipo. Estos datos se alcanzaron a los 126 (Fascinato), 94 (California) y 118 (Novus) DDT.

El tamaño (ancho) de la hoja se alcanzó a los 25, 20 y 27 DDT para el genotipo Fascinato, California y Novus, respectivamente, en el que se obtuvo un ancho de hoja de 4.33-4.85 cm (Fascinato), 2.27-3.03 cm (California) y 5.10-5.70 cm (Novus). Con respecto al largo de la hoja, este se alcanzó a los 20 DDT para Fascinato, a los 13 DDT para California y a los 27 para Novus DDT, en los que se alcanzó un largo de 6.6-8.05 cm (Fascinato), 3.1-4.9 cm (California) y 8.5-9.7 cm (Novus).

El genotipo que presentó mayor cantidad de MS fue Novus con 128.46 g y el menor California con 79.23 g y esto se debe a que Novus presenta mayor altura, y tamaño de hoja.

El sistema radicular del genotipo Fascinato fue mayor a los otros genotipos evaluados y presentó una longitud de 18 cm con sustrato y 14.33 cm sin sustrato, así como en mayor ancho de 43 cm con sustrato y 56.67 cm sin sustrato, los cuales se alcanzaron al final del experimento (162 DDT).

Los mejores modelos matemáticos que se ajustaron en cuanto al tamaño del largo del fruto para determinar el crecimiento del fruto (largo y ancho) fueron los

logarítmicos. El genotipo Novus fue que presentó los máximos valores (63.81 mm), seguido por California con 59.65 mm y el menor fue Fascinato con 58.81 mm, con respecto al ancho Novus tuvo un tamaño de 68.85 mm, California de 61.22 mm y Fascinato de 58.31 mm.

Los genotipos California y Novus son los que obtuvieron mayor firmeza con 9.42 y 9.11 (parte superior), 9.97 y 10.77 (parte media) y 57.35 y 64.87 (parte inferior) respectivamente.

El genotipo que presentó los mejores rendimientos en cuando a número de fruto fue Novus y California con 6.2 en ambas, en peso promedio lo ocupa Novus con 102.37 g, y el peso por total/planta con 634.72 g. Sin embargo Novus fue quien obtuvo mayor rendimiento con 2.66 kg m<sup>-2</sup>.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- 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. 15<sup>th</sup> ed. Vol. II. Association of official analytical chemists. Washington, D.C. pp: 918-919.
- Capulín-Grande J., Moledano-Caballero L., Sandoval-Estrada M. y Capulín-Valencia J.C. 2011. Estiércol bovino líquido y fertilizantes orgánicos en el rendimiento de jitomate en un sistema hidropónico. Revista Chapingo. Serie Horticultura 17(2):105-114.
- Chamú-Baranda J. A., López-Ordaz A., Ramírez-Ayala C., Trejo-López C. y Martínez-Villegas E. 2011. Respuesta del pimiento morrón al secado parcial de la raíz en hidroponía e invernadero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 2(1): 97-110.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 2006. Estadísticas del agua en México. Comisión Nacional del Agua. México. 23-34 p.
- 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 N. Ulises-López. 2009. Producción de tomate rojo en hidroponía bajo condiciones protegidas en el trópico húmedo. Editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México 31 p.
- FAOSTAT. 2012. Disponible en línea. Hhttp://faostat.fao.org/site/567/Desktop-Default.aspx?PageID=567#ancor.

- Fortis-Hernández M., Preciado-Rangel P., García-Hernández J.L., González A. y Omaña S. J. M. 2012. Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(7): 1203-1216.
- 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 metiljasmonato 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.
- Guzmán M. y A. Sánchez. 2000. Sistemas de explotación y tecnología de producción. Curso Internacional de: Ingeniería, Manejo y operación de Invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas. Guadalajara, Jalisco. Agosto. 21-26. HortMarkets. 1999.  
<http://wattsagro:website@www.wattsagro.com.mx/hortmarket/invernadero.htm>.
- Hernández V. S., España L. R. G., Peña M. V. R., Terraza P. S., Porras F. y Corrales M. J.L. 2008. Variación fenotípica entre y dentro de poblaciones silvestres de chile del noroeste de México. *Revista fitotecnia* 31(4): 323 – 330.
- Hernández-Fuentes, A. D., Campos, M. R., Pinedo-Espinoza, J. M. 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): 82-91p.

- Hernández-Verdugo S., Porras F., Pacheco-Olvera A., López-España R.G., Villareal-Romero M., Parra-Terraza S. y Osuna E. T. 2012. Caracterización y variación ecogeográfica de poblaciones de chile (*Capsicum annuum* var. *Glabriusculum*) silvestre del noroeste de México. 2012. Departamento de botánica 33: 175-191.
- Huerta, C. N., Sánchez, C. F., Ortiz, C.J y Castillo, M. M. del C. 2009. Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y período de cosecha en chile pimiento. Agricultura Técnica en México 35(11): 73-80.
- Jiménez C. 2006. Censo hortícola. Nuevo león, México 31 p.
- Lara, H.A.1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. TERRA Latinoamericana 17(3): 221-229 pp.
- Macías-Macías, A. 2010. Competitividad de México en el mercado de frutas y hortalizas de Estados Unidos de América 1989-2009. Agroalimentaria 16: 31-48.
- Magdaleno-Villar J. J., A. Peña-Lomelí., R. Castro-Brindis., A. M. Castillo-González., A. 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., Mora A. R., Sánchez del C. F y García-Pérez V. 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.
- Muñoz-Ramos J.J. 2004. Manejo del cultivo de pimiento en invernadero. P257-281. En: J.Z. Castellanos. (Ed). Manual de producción hortícola en invernadero. 2ª Ed. INTAGRI. México.

- NORMA MEXICANA. 1981. Alimentos para humanos; pimientos morrones envasados. Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. 9 p.
- Nuez V. F., O.R Gil y G. J. Costa 1996. El cultivo de pimientos chiles y ajíes. Mundi-Prensa. Madrid, España. 607 p.
- 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. 115 p.
- Peñate S.R. 2013. Evaluación agronómica de cuatro genotipos de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) con tres dosis de riego cultivado en hidroponía. Tesis de licenciatura. División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. 36 p.
- Reche M. J. 2010. Cultivo del pimiento dulce en invernadero. Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación. 239 p.
- Reséndiz-Melgar R. C., Moreno-Pérez E. del C., Sánchez-Del Castillo F., Rodríguez-Pérez J.E. y Peña-Lomelí A. 2010. Variedades de pimiento morrón manejadas con despunte temprano en dos densidades de población. Revista Chapingo. Serie Horticultura 16(3): 223-229.
- SAGARPA. 2011. Disponible en línea [http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus\\_mic/docs/Plan\\_Rector\\_Chile\\_2011](http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus_mic/docs/Plan_Rector_Chile_2011).
- SAGARPA. 2012. Disponible en línea [http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus\\_mic/docs/Plan\\_Rector\\_Chile\\_2012](http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus_mic/docs/Plan_Rector_Chile_2012).
- Schwentenius, R. R.; Gómez C., M. A. 1997. TLC y mercado hortícola. El caso del jitomate, pepino, chile bell y calabacita. CIESTAAM-UACH. Reporte de investigación 33. Chapingo, México. 61 p.
- SEDESPA (Secretaria de Desarrollo Social y Protección Ambiental), 2001. Atlas del Estado de Tabasco, Gobierno del Estado de Tabasco. 45-68.

SIAP. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx). (Consulta Agosto 2011).

Sosof, V. J.-R. 2008. "Estudio de pre-factibilidad para el establecimiento de una empresa de producción de chile pimiento (*Capsicum annum* L.), bajo condiciones de invernadero, en el municipio de San Antonio Suchitepéquez, del departamento de Suchitepéquez". Para obtener el grado de Maestro en Formulación y Evaluación de Proyectos. Universidad de San Carlos de Guatemala Centro Universitario de Suroccidente, Facultad de ciencias económicas escuela de estudios de postgrado maestría en formulación y evaluación de proyectos. Mazatenango, Guatemala.

Steiner, A.A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil*.15: 134- 154.

Steiner, A.A. 1968. Soilless culture. Proceedings of the 6th Colloquium of the Internacional Potash Institute. pp: 324-341.

Valles G.J. R., Lugo G. J. G., Rodríguez G. Z.F. y Díaz T. L.T. 2009. Efecto del sustrato y la distancia de siembra entre plantas sobre el crecimiento de plantas de pimentón (*Capsicum annum* L.) en un sistema hidropónico sin cobertura. *Revista Facultad de Agronomía* 26: 159-178.

Vázquez-Casarrubias G., Escalante-Estrada J. A. S., Rodríguez-González T., Ramírez-Ayala C. y Escalante-Estrada L.E. 2011. Edad al trasplante y su efecto en el crecimiento y rendimiento de chile apaxtleco. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 17(1): 61-65.

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

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

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

# Evaluación de tres genotipos de pimiento morrón (Capsicum annum L.) cultivados en hidroponía bajo condiciones protegidas.

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://archivos.ujat.mx">archivos.ujat.mx</a> Internet	270 palabras — 2%
2	<a href="http://kipdf.com">kipdf.com</a> Internet	79 palabras — 1%
3	<a href="http://www.scielo.org.mx">www.scielo.org.mx</a> Internet	66 palabras — 1%
4	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Internet	54 palabras — < 1%
5	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Internet	51 palabras — < 1%
6	<a href="http://biblioteca.usac.edu.gt">biblioteca.usac.edu.gt</a> Internet	45 palabras — < 1%
7	<a href="http://ri.ujat.mx">ri.ujat.mx</a> Internet	41 palabras — < 1%
8	<a href="http://www.repositorio.uaaan.mx:8080">www.repositorio.uaaan.mx:8080</a> Internet	39 palabras — < 1%
9	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Internet	37 palabras — < 1%

10	colposdigital.colpos.mx:8080 Internet	29 palabras — < 1%
11	dspace.esPOCH.edu.ec Internet	26 palabras — < 1%
12	repositorio.uaaan.mx Internet	24 palabras — < 1%
13	www.inifap.gob.mx Internet	23 palabras — < 1%
14	J. Guadalupe Luna-Ortega, Jorge Alberto Ramos-Hernández, Miguel Ángel Gallegos-Robles, David Antonio Zuñiga-Gracia et al. "Evaluation of Bell Pepper Growth and Yield at two Organic Fertilizer Production Sites", REVISTA TERRA LATINOAMERICANA, 2025 Crossref	22 palabras — < 1%
15	www.scribd.com Internet	21 palabras — < 1%

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR FUENTES

DESACTIVADO

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA

ACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS < 20 PALABRAS