



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA



**EFFECTO DE LA EDAD DE TRASPLANTE EN EL CRECIMIENTO Y
RENDIMIENTO DE PEPINO, JITOMATE Y PIMIENTO HIDROPÓNICO
BAJO INVERNADERO**

PRESENTA:

ALEX DAGOBERTO FLORES ORTEGA

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS,
EN HORTICULTURA**



**DIRECCIÓN GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES**

13 de Septiembre del 2013 Chapingo, Estado de México

Chapingo, Méx. a 24 de Junio de 2013.

EFFECTO DE LA EDAD DE TRASPLANTE EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE PEPINO, JITOMATE Y PIMIENTO HIDROPÓNICO BAJO INVERNADERO

Tesis realizada por **Alex Dagoberto Flores Ortega** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR

Dr. Esaú del Carmen Moreno Pérez



ASESOR

Dr. Felipe Sánchez Del Castillo



ASESOR

Dr. Efraín Contreras Magaña



Chapingo, México. Junio 24 de 2013

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Chapingo (UACH)**, por permitirme alcanzar un grado académico más, con este posgrado.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por el apoyo económico que me brindo para realizar mis estudios de maestría.

Al **Departamento de Fitotecnia** y al **Instituto de Horticultura**, por brindarme la oportunidad de superarme y ofrecerme esta maestría.

Al **Dr. Esaú del Carmen Moreno Pérez**, por su apoyo, dirección, revisión y sugerencias en la presente tesis.

Al **Dr. Felipe Sánchez Del Castillo**, por compartir su amplio conocimiento y sus acertadas sugerencias de mejora en este trabajo.

Al **Dr. Efraín Contreras Magaña**, por ser un guía y compartir su experiencia para la obtención de la presente tesis.

A los **Profesores de la Maestría en Horticultura**, por el esfuerzo, esmero y dedicación, en transmitir su conocimiento, y con ello contribuir a la mejora del Agro-Mexicano, atreves de cada alumno con los que comparten el aula día a día.

A mi compañera, amiga y esposa, **Abigail Galindo Temoltzi**, por la comprensión, apoyo y paciencia recibida durante todo este tiempo.

A mi Familia; **Flores Ortega**, que siempre me dan ese empuje necesario para seguir adelante aun en situaciones difíciles.

A mis **amigos de la maestría**, que son parte de este logro, con su apoyo las cosas fueron más livianas.

A todas las personas; amigos, compañeros y técnicos, que de alguna manera contribuyeron a salir adelante en esta etapa de mi vida.

DEDICATORIA.

A **Dios**, por estar conmigo en cada paso, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino, aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante toda mi vida.

A mis padres: **Ranulfo Flores Domínguez. (Q.E.P.D.)**

Cirila Ortega González.

Entre más alto se sube la montaña, mas fuerte sopla el viento. Gracias por todo lo que me han enseñado. Por su esfuerzo para ayudarme a seguir adelante mostrándome el camino correcto. Por ustedes he logrado una meta más en mi vida. Por su bondad y buenos ejemplos, seré una persona de provecho, útil a la humanidad.

A mi familia; **Familia Flores Ortega.**

Agradecerles hoy y siempre por brindarme el apoyo, la alegría y la fortaleza necesaria para seguir adelante, a todos y a cada uno de ellos, les dedico este trabajo, como un símbolo para seguir luchando cada día y crecer como individuos y como familia; **Idalia, Wido, Sandra, Donain, Betsaida, Amberlay y Paty.**

A **toda mi familia, hermanos, sobrinos, y cuñados**, por darme su compañía y apoyo cuando fue necesario. Va para ustedes también.

A mis suegros; **Ernesto Galindo Mendoza.**

Ciri Temoltzi Pilotzi.

A mis cuñados; Luis, Marlen y Alma.

Por permitirme entrar en su vida, por la confianza depositada en mí, la cual quiero cuidar siempre, con gran agradecimiento, respeto y admiración hacía ustedes.

A mis amigos, que son símbolo de esfuerzo y superación;
Dr. Edmundo., Cristian Nava.; Inges. Andres Rivera, Armando Ortega, Lito Orrantia, Capulin Valencia, Claudio Pollo.; MC. Luis Flores, Eric Torrijos, Martha Griselle, Atos García, Arce Romero, Vargas canales.; Lic. Armando Colon.; MVZ. Miguel Ciprian.; Quim. Leonardo G.

A todos mis compañeros de estudio y trabajo, que no menciono, pero también tienen un lugar en mi vida.

En especial a mi esposa; **Abigail Galindo Temoltzi.**

Mi niña preciosa, escojo este maravilloso momento que la vida me brinda para expresarte todo el inmenso amor que siento por ti

Llamarte mi esposa, es pensar que te pertenezco, que tuyo es mi corazón, mi vida, mis palabras, mis pensamientos, mis ilusiones, mi felicidad, mi respeto, mis planes y mis proyectos.

Quiero dedicarte a ti, con especial cariño, la culminación de esta etapa de mi vida, y que una vez más, estas a mi lado, apoyándome en cada triunfo que día a día logramos, porque ahora también son tuyos. Te agradezco todo lo que me brindas mi querida esposa, ofreciéndote todo mi respeto y admiración, y que dios me brinde sabiduría para gozar a tu lado toda la vida. TE AMO.

A mi nuevo amor; **Samantha Alexa Flores Temoltzi**

Mi bebita hermosa; Tu eres una nueva y maravillosa etapa en nuestra vida, ya eres la alegría, la dicha y la inspiración para juntos crecer como persona, como profesional y como familia cada día en la eternidad.

Hoy quiero decirte que mi vida no ha sido una escalera de cristal, todo lo contrario. Al recorrerla, he conseguido escalones falsos, partes sin barandal y hasta tramos donde no hay peldaños.

Sé que tu vida hija mía por más que yo desee lo mejor para ti, no será una escalera de cristal y sólo puedo decirte.

Que cuando te consigas un escalón flojo o inestable, yo estaré allí para estabilizarte y equilibrar tus penas.

Que cuando consigas tramos que no tengan barandales, mi mano estará allí para sostenerte y así puedas sentir seguridad.

Que cuando no hayan tramos que te permitan avanzar, si es necesario, yo te serviré de puente para que puedas continuar.

Cuando ya no pueda estar a tu lado y necesites de mí, cierra tus ojos !!!! aférrate a nuestros momentos más maravillosos, y avanza al final de esa escalera yo te estaré esperando.

Hija mía, sé que tu vida no será una escalera de cristal pero recuerda que nuestro amor y el lazo que nos une, es tan hermoso, puro y transparente como el cristal y a la vez fuerte y duradero como el acero.

Por eso y más, a las dos, las AMO POR SIEMPRE, y les dedico con todo el corazón, este nuestro logro.

***“ESTAS DONDE ESTAS Y ERES LO QUE ERES POR LO QUE
HAZ PUESTO EN TU MENTE”***

DATOS BIBLIOGRAFICOS

Alex Dagoberto Flores Ortega, nació el 16 de abril de 1984, en el Municipio de San Lucas, Chiapas, donde realizó sus estudios de educación básica en la Escuela Primaria Claudio Cortes Castro, y la Telesecundaria 216, Justo Sierra Méndez.

En el 2001, se traslado al Estado de México, para cursar sus estudios de nivel medio superior a la Preparatoria Agrícola, en la Universidad Autónoma Chapingo.

Para el año 2004, inicio sus estudios en la carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola, de la Universidad Autónoma Chapingo, egresando en el 2008.

Posteriormente, durante el año 2008 y 2009, colaboró como Técnico de campo de CONAFAP S.C. Consultoria Ambiental Forestal Agrícola y Pecuaria. En Texcoco. Estado de México., en actividades en diferentes líneas de trabajo; Promotor de programas de proyectos productivos, asesorías a productores de hortalizas y flores en hidroponía e invernadero en aspectos entomológicos y fitosanitarios, sanidad forestal, gestión y evaluación de proyectos de inversión y asistencia técnica en viveros.

Durante el 2010 y 2011, trabajo como Técnico fitosanitario en SERVICIOS FITOSANITARIOS DE MEXICO, SERFIMEX, S.C.

En año 2011, inicia colaboración con la empresa GISENA, Grupo Integral de Servicios Fitosanitarios ENA, S.A. DE C.V, como Signatario de Diagnostico Fitosanitario Autorizado.

En el año 2010, ingreso al Posgrado en Horticultura, en el Departamento de Enseñanza e investigación en Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Donde finalmente culmina la investigación en año 2012 para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Horticultura.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
RESUMEN.	VII
ABSTRACT.....	IX
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo	6
1.2. Hipótesis	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1. Producción en invernadero	7
2.2. Producción en hidroponía	7
2.3. Cultivo de pepino.....	10
2.3.1. Generalidades del pepino	10
2.3.2. Características botánicas.....	10
2.3.3. Exigencias agroclimáticas	12
2.3.3.1. Temperatura	12
2.3.3.2. Humedad.....	13
2.3.3.3. Luz.....	13
2.3.4. Nutrición mineral	14
2.3.5. Densidades de población en pepino	14
2.3.6. Pepino en hidroponía	15
2.3.7. Antecedentes sobre el sistema de producción de pepino con trasplante tardío..	16
2.4. Jitomate.....	17
2.4.1. Generalidades del jitomate	17
2.4.2. Características botánicas.....	18
2.4.3. Exigencias agroclimáticas	19
2.4.3.1. Temperatura	19
2.4.3.2. Humedad.....	20
2.4.3.4. Luz.....	20
2.4.4. Nutrición.....	20
2.4.5. Polinización	21
2.4.6. Densidades de población en jitomate	22

2.4.7. Jitomate en hidroponía.....	23
2.4.8. Antecedentes sobre el sistema de producción de jitomate con trasplante tardío	23
2.5. Pimiento	25
2.5.1. Generalidades del pimiento.....	25
2.5.2. Características botánicas.....	25
2.5.3. Exigencias agroclimáticas	26
2.5.3.1. Temperatura	26
2.5.3.2. Humedad.....	28
2.5.3.3. Luz.....	28
2.5.4. Nutrición.....	29
2.5.6. Densidades de población de pimiento.....	29
2.5.7. Pimiento en hidroponía	30
2.5.8. Antecedentes sobre el sistema de producción de pimiento con trasplante tardío	31
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1. Localización.....	32
3.2. Unidad y diseño experimental	33
3.3. Material vegetal.....	34
3.4. Solución nutritiva	35
3.5. Tratamientos	36
3.5.1. Tratamientos en pepino	36
3.5.2. Tratamientos en jitomate	37
3.5.3. Tratamientos en pimiento	37
3.6. Contenedores para la producción de plántula: macetas y charolas.....	38
3.7. Desinfección de tinas.....	39
3.8. Siembra.....	40
3.9. Riego	41
3.10. Trasplante.....	41
3.11. Tutorado.....	42
3.12. Poda	42
3.12.1. Poda en pepino	42
3.12.2. Poda en jitomate	43
3.12.3. Poda en pimiento	43
3.13. Variables evaluadas.....	43
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1. Resultados en pepino	45
4.1.1. Caracteres morfológicos en pepino.....	45

4.1.2. Rendimiento y sus componentes en pepino	48
4.1.3. Porcentaje de frutos cosechados al cuarto corte de pepino	50
4.2. Resultados en jitomate	52
4.2.1. Caracteres morfológicos en jitomate.....	52
4.2.2. Rendimiento y sus componentes en jitomate	55
4.2.3. Porcentaje de frutos cosechados al decimo corte en jitomate.....	59
4.3. Resultados en pimiento	61
4.3.1. Caracteres morfológicos en pimiento	61
4.3.2. Rendimiento y sus componentes en pimiento.....	62
4.3.3. Porcentaje de frutos cosechados al octavo corte en pimiento.	65
4.4. Temperaturas dentro del invernadero	66
4.5. Intensidad de luz dentro del invernadero.....	68
V. CONCLUSIONES.....	70
VI. LITERATURA CITADA	72

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. FUENTES DE ELEMENTOS ESENCIALES PARA ELABORAR SOLUCIÓN NUTRITIVA PARA CULTIVO HIDROPÓNICO.	35
CUADRO 2. ANÁLISIS DE VARIANZA EN CARACTERES EVALUADOS EN PLÁNTULAS DE PEPINO.	45
CUADRO 3. COMPARACIÓN DE MEDIAS EN CARACTERES AVALUADOS EN PLÁNTULAS DE PEPINO	46
CUADRO 4. ANÁLISIS DE VARIANZA EN CARACTERES REPRODUCTIVOS DE PLANTAS DE PEPINO GERMINADOS EN CONTENEDORES DE DIFERENTE VOLUMEN Y TRASPLANTADOS A DIFERENTES EDADES.....	48
CUADRO 5. COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA CARACTERES REPRODUCTIVOS EN PLANTAS DE PEPINO GERMINADAS EN CONTENEDORES DE DIFERENTE VOLUMEN Y TRASPLANTADAS A DIFERENTES EDADES.....	50
CUADRO 6. ANÁLISIS DE VARIANZA EN CARACTERES EVALUADOS EN PLÁNTULAS DE JITOMATE.....	52
CUADRO 7. COMPARACIÓN DE MEDIAS EN CARACTERES AVALUADOS EN PLÁNTULAS DE JITOMATE	53
CUADRO 8. ANÁLISIS DE VARIANZA EN CARACTERES REPRODUCTIVOS DE PLANTAS DE JITOMATE GERMINADOS EN CONTENEDORES DE DIFERENTE VOLUMEN Y TRASPLANTADOS A DIFERENTES EDADES.....	58
CUADRO 9. COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA CARACTERES REPRODUCTIVOS EN PLANTAS DE JITOMATE GERMINADAS EN CONTENEDORES DE DIFERENTE VOLUMEN Y TRASPLANTADAS A DIFERENTES EDADES.....	59
CUADRO 10. ANÁLISIS DE VARIANZA EN CARACTERES EVALUADOS EN PLÁNTULAS DE PIMIENTO.....	61
CUADRO 11. COMPARACIÓN DE MEDIAS EN CARACTERES AVALUADOS EN PLÁNTULAS DE PIMIENTO.....	62
CUADRO 12. ANÁLISIS DE VARIANZA EN CARACTERES REPRODUCTIVOS DE PLANTAS DE PIMIENTO GERMINADOS EN CONTENEDORES DE DIFERENTE VOLUMEN Y TRASPLANTADOS A DIFERENTES EDADES.....	63
CUADRO 13. COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA CARACTERES REPRODUCTIVOS EN PLANTAS DE PIMIENTO GERMINADAS EN CONTENEDORES DE DIFERENTE VOLUMEN Y TRASPLANTADAS A DIFERENTES EDADES.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PANORÁMICA DEL EXPERIMENTO E INTERIOR DEL INVERNADERO, MOSTRANDO LAS TINAS DE CULTIVO Y PLANTAS EN DESARROLLO.....	33
FIGURA 2. CONTENEDORES UTILIZADOS PARA LA OBTENCIÓN DE PLÁNTULAS. A) MACETAS DE 850 cm ³ Y B) CHAROLA DE 200 CAVIDADES.	39
FIGURA 3. TIEMPO DE UN CICLO DE TRASPLANTE A FINAL DE COSECHA DE PEPINO HIDROPÓNICO BAJO INVERNADERO, SEGÚN LA EDAD DE TRASPLANTE.....	50
FIGURA 4. FRUTOS COSECHADOS AL CUARTO CORTE EN PEPINO.....	51
FIGURA 5. DURACIÓN DE UN CICLO DE TRASPLANTE A FINAL DE COSECHA DE JITOMATE HIDROPÓNICO BAJO INVERNADERO SEGÚN LA EDAD DE TRASPLANTE.....	59
FIGURA 6. FRUTOS COSECHADOS AL CORTE DIEZ EN JITOMATE.	60
FIGURA 7. DURACIÓN DE UN CICLO DE TRASPLANTE A FINAL DE COSECHA DE PIMIENTO HIDROPÓNICO BAJO INVERNADERO SEGÚN LA EDAD DE TRASPLANTE.....	65
FIGURA 8. FRUTOS COSECHADOS AL OCTAVO CORTE DE PIMIENTO EN CULTIVO HIDROPÓNICO BAJO INVERNADERO.....	66
FIGURA 9. TEMPERATURAS DENTRO DEL INVERNADERO DURANTE UN CICLO DE DESARROLLO DEL CULTIVO DE PEPINO, JITOMATE Y PIMIENTO.....	67
FIGURA 10. LONGITUD DE ONDA DE LUZ DENTRO DEL INVERNADERO DURANTE UN CICLO DE DESARROLLO DEL CULTIVO DE PEPINO, JITOMATE Y PIMIENTO	69

RESUMEN.

EFFECTO DE LA EDAD DE TRASPLANTE EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE PEPINO, JITOMATE Y PIMIENTO HIDROPÓNICO BAJO INVERNADERO

El experimento se llevó a cabo en condiciones de invernadero e hidroponía en Texcoco, estado de México. Se evaluaron 6 tratamientos para pepino y jitomate y cinco para pimienta. En pepino se hicieron trasplantes a los 20, 25, 30, 35 y 40 días después de la siembra (dds) más un testigo; en jitomate se hicieron trasplantes a los 30, 38, 46, 54 y 62 dds más un testigo; y en pimienta los trasplantes fueron a los 40, 50, 60 y 70 dds más un testigo; para la producción de las plántulas se utilizó como contenedores macetas de 850 cm³ rellenas de tezontle fino; el testigo consistió en hacer el trasplante a los 20, 30 y 40 dds en pepino, jitomate y pimienta, respectivamente, pero en este caso las plántulas fueron obtenidas en charolas de poliestireno de 200 cavidades, cada una con un volumen de 28 cm³ rellenas de una mezcla de peat moss con perlita, en proporción 1:1 (v:v). Las plantas de pepino fueron despuntadas al alcanzar 1.2 m de altura; en jitomate al momento de la formación del tercer racimo floral, ambos conducidos a un solo tallo, y en pimienta el despunte se hizo inmediatamente arriba de la cuarta ramificación. Se usó un diseño en bloque completo al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió de 2.0 m² de superficie útil para pepino y jitomate y de 2.2 m² para pimienta. Las

variables medidas fueron: peso seco, área foliar, diámetro de tallo y distancia entre nudos a los 45 días después del trasplante, así como el peso, diámetro y longitud de fruto, número de frutos totales, rendimiento (Kg m^{-2}) y días a fin de cosecha. En las tres especies estudiadas, los trasplantes tempranos (a los 20, 30 y 40 dds) de plántulas provenientes de macetas de 850 cm^3 , se mostraron mayor crecimiento de acuerdo con las variables de peso seco, área foliar y diámetro de tallo evaluadas. En pepino es posible concluir un ciclo de cultivo en un periodo de trasplante a fin de cosecha de 60 días, utilizando plántulas de 40 días de edad sin disminución en el rendimiento (77.4 Kg m^{-2} útil por año). Lo que indica un rendimiento potencial anual de 511 t ha^{-1} de invernadero. En jitomate se puede completar un ciclo del cultivo en un periodo de trasplante a fin de cosecha de 85 días, utilizando plántulas de 54 días de edad sin disminución del rendimiento (56 Kg m^{-2} útil por año), esto es, un rendimiento potencial anual de 375 t ha^{-1} de invernadero. Para pimiento es posible producir un ciclo del cultivo en un periodo de trasplante a fin de cosecha de 134 días, utilizando plántulas de 60 días de edad sin disminución en el rendimiento (35.9 Kg m^{-2} útil por año). Lo que implica un rendimiento potencial anual de 237 t ha^{-1} de invernadero.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Cucumis sativus*, *Solanum lycopersicum*, *Capsicum annuum*, macetas, trasplante tardío, poda, hidroponía.

ABSTRACT.

EFFECT OF AGE OF TRANSPLANT ON GROWTH AND YIELD OF CUCUMBER, TOMATO AND GREEN PEPPER LOW HYDROPONIC GREENHOUSE

The experiment was conducted in the greenhouse and hydroponics in Texcoco, State of Mexico. 6 treatments were evaluated for cucumber and tomato and five for pepper. In cucumber transplants were made at 20, 25, 30, 35 and 40 days after sowing (das) and a control, in tomato transplants were made at 30, 38, 46, 54 and 62 das and a control, and in pepper transplants were at 40, 50, 60 and 70 das and a control, for the production of seedlings was used as container 850 cm³ pots filled with fine volcanic rock, the control was making a transplant at 20, 30 and 40 das in cucumber, tomato and pepper, respectively, but in this case the seedlings were obtained polystyrene trays 200 cavities, each with a volume of 28 cm³ rellanas a mixture of peat moss with perlite. Cucumber plants were blunted to reach 1.2 m in height, in tomato when the formation of the third floral raceme, both driven to a single stem, and pepper forestripping made immediately upstream of the fourth branching. The experimental design was randomized complete block with four replications. The experimental unit consisted of 2.0 m² of floor space for cucumber and tomato and pepper 2.2 m². The variables measured were: dry weight, leaf area, stem diameter and distance

between nodes at 45 days after transplantation, and the diameter and length weight of fruit, total fruit number, yield (kg m^{-2}) and days to harvest. It was found that in general, the three species studied, with earlier transplantation (at 20, 30 and 40 dap) seedlings from pots of 850 cm^3 , the highest growth was obtained according to the dry weight variables, leaf area and stem diameter evaluated. In cucumber is possible to conclude one crop cycle in a period of transplantation to harvest 60 days, using seedlings of 40 days old with no decrease in yield (77.4 kg m^{-2} year useful). This indicates a potential annual yield of 511 t ha^{-1} of greenhouse.

In tomato can complete a crop cycle in a period of transplanting to harvest of 85 days, using seedlings of 54 days old with no decrease in performance (56 kg m^{-2} year useful). That is, a potential annual yield of 375 t ha^{-1} of greenhouse.

For pepper is possible to produce a crop cycle in a period of transplantation to harvest of 134 days, using seedlings 60 days of age with no decrease in yield (35.9 kg m^{-2} useful per year). This indicates a potential annual yield of 237 t ha^{-1} of greenhouse.

ADDITIONAL KEYWORDS: *Cucumis sativus*, *Solanum lycopersicum*, *Capsicum annuum*, pots, transplant late, pruning, hydroponics.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de hortalizas bajo condiciones de invernadero en México, se ha incrementado de manera importante en los últimos años (Velasco y Nieto, 2006; AMHPAC, 2010; Flores y Ford, 2010a), de manera que en la actualidad se cultivan cerca de las 10 mil hectáreas con esta tecnología (SAGARPA, 2010). Junto con la producción bajo invernadero, el manejo de cultivos en hidroponía o cultivo sin suelo (Urrestarazu, 2004), es también cada vez más utilizado por los productores debido a las ventajas que el sistema ofrecen respecto al manejo de cultivos en suelo.

Entre las especies hortícolas más cultivadas en dichos sistemas de producción, se tienen: el jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.), sobre todo del tipo europeo (Sánchez *et al.*, 2006).

En jitomate el sistema de producción que se utiliza en los países desarrollados y en México, consiste en el uso de variedades de hábito indeterminado, con densidades de población de 2 a 3 planta/m², donde los tallos de las plantas se dejan crecer a más de 9 m de longitud, para cosechar 15 o más racimos por planta, en un solo ciclo de cultivo por año (Resh, 2004), con rendimientos máximos de 500 t ha⁻¹ al año.

En pimiento existen dos sistemas comerciales de producción: a) Poda de las plantas en forma de “V” (poda tipo holandés), en el cual uno de los dos tallos que normalmente se desarrollan en cada nudo (horqueta) de la planta es removido; este sistema es el más utilizado en hidroponía e invernadero, y se maneja una densidad de población de 3 plantas/m² conducidas a dos tallos cada planta y b) Sistema de conducción a libre crecimiento (sistema tipo español), en este caso las plantas se les dejan crecer libremente 2 a 4 tallos principales; es un sistema que se maneja especialmente para cultivo en suelo con densidades de población de 3 a 4 planta/m² (Jovicich *et al.*, 2004). A campo abierto se obtienen rendimientos máximos de 50 t ha⁻¹ al año, pero en invernadero con poda tipo holandés se han reportado rendimientos de 105 t·ha⁻¹, en ciclos de cultivos de hasta 11 meses de siembra a fin de cosecha (Grijalva *et al.*, 2008).

En pepino, el sistema convencional de manejo consiste en la conducción de la planta a más de tres metros de altura y densidades de población de 3 a 4 plantas/m². De acuerdo con Sánchez y Escalante (1988), en condiciones de hidroponía bajo invernadero, el pepino puede rendir unas 10 veces más de lo que se obtiene a campo abierto con el sistema tradicional de producción.

Con la idea de desarrollar tecnología apropiada de estos cultivos para las condiciones ambientales que ocurren en México, en la Universidad Autónoma Chapingo, se ha hecho investigación haciendo uso de un sistema alternativo de producción basado en el manejo de las plantas en altas densidades de población y con poda temprana de las yemas terminales para conducir plantas

de porte bajo (Santos y Sánchez, 2003; Reséndiz *et al.*, 2010; Ortiz *et al.*, 2009).

Con el despunte temprano que se practica se acorta el ciclo de cultivo de trasplante a fin de cosecha, lo que permite tener más ciclos de cultivo por año, y con las altas densidades de población se establecen más rápido un índice de área foliar óptimo, lo que conlleva a incrementos en la productividad. Es claro que con el despunte temprano se disminuye el rendimiento por planta que cuando se maneja un ciclo largo, pero el rendimiento por unidad de superficie es compensado por el incremento de la densidad de población (más plantas por unidad de superficie) y por el mayor número de ciclos de cultivo que se logran por año.

En jitomate se ha propuesto el manejo de plantas en densidades de ocho o más plantas/m² con eliminación de los ápices por encima de la primera, segunda o tercera inflorescencia (Sánchez *et al.*, 1998; Sánchez y Ponce, 1998; Santos y Sánchez, 2003); en pimiento se ha propuesto el manejo de 6 o más plantas/m², con despunte en la tercera y cuarta bifurcación (Cruz *et al.*, 2005; Cruz *et al.*, 2009; Reséndiz *et al.*, 2010) y en pepino también se ha propuesto el manejo de 6 o más plantas/m² podadas a 1.0 o 2.0 m de altura (Ortiz *et al.*, 2009).

En los tres cultivos, los rendimientos y calidad de fruto obtenido con el sistema alternativo de manejo en altas densidades de población y despunte temprano, es alto, incluso pueden superar la productividad anual que se logra con los sistemas de manejo convencional.

Como ya se señaló, el mayor rendimiento en estos sistemas se logra por un mejor aprovechamiento de la radiación incidente desde etapas tempranas del crecimiento de las plantas, mientras que la alta calidad se logra por el aprovechamiento del mayor vigor y sanidad de las plantas durante las primeras etapas del desarrollo, respecto a la calidad de fruto que se tiene con plantas de mayor edad.

Cabe resaltar que con el manejo del cultivo en alta densidad de población, la productividad anual depende del rendimiento (kg m^{-2}) por ciclo y del número de ciclos por año. Al menos en jitomate, ya se ha estudiado con detalle la densidad óptima para un rendimiento máximo con este sistema (Sánchez y Corona, 1994; Ponce, *et al.*, 2000) y el rendimiento está basado en la cosecha de pocos racimos por planta, por lo que para incrementar la productividad anual se ha planteado aumentar el número de ciclos por año, mediante la disminución del tiempo de trasplante a fin de cosecha, lo cual es posible por medio de trasplantes tardíos utilizando para el semillero contenedores o macetas de mayor volumen al de las charolas convencionales de 200 cavidades.

Con plántulas provenientes de charolas que crecen en contenedores de 20 a 30 cm^3 de capacidad y densidad de hasta 1100 plántulas/ m^2 , bajo un ambiente de 20 a 30 °C, el trasplante se lleva a cabo en aproximadamente 30 días en jitomate, 40 días en pimiento y 20 días en pepino. Hay que considerar que el trasplante es una actividad que debe hacerse de manera oportuna (Montaño-Mata y Núñez, 2003) una vez que las plántulas hayan alcanzado el tamaño adecuado (plántulas vigorosas de 15-18 cm de altura), ya que las plántulas así

trasplantadas se desarrollan en plantas de mayor vigor; en cambio, cuando el trasplante se hace después del periodo óptimo, en etapas posteriores presentan retrasos en el desarrollo, hay desequilibrios fisiológicos y en consecuencia efectos negativos en la producción. Esto debido principalmente por la competencia que se da entre plántulas por luz al disponer de poco espacio entre ellas, que a su vez dificulta el desarrollo de la raíz al crecer en contenedores con volumen limitado. En este sentido, Nesmith y Duval (1998) mencionan que cuando las plántulas son producidas en contenedores de mayor que de menor volumen, las plantas pueden lograr rendimientos más altos.

Por lo tanto los trasplantes tardíos, entendidos éstos como el uso de plántulas de mayor edad al momento del trasplante respecto a la edad de las plántulas a que normalmente son trasplantadas, con el uso de contenedores de mayor volumen al de las charolas convencionales de 200 cavidades, pudiera ser una alternativa para disminuir todavía más el periodo de trasplante a fin de cosecha y con ello aumentar la productividad anual.

Adicionalmente, con trasplante tardío, se disminuye el tiempo de manejo del cultivo en el invernadero de producción, se reduce los daños a las plantas por plagas y enfermedades, se puede escapar de algunas condiciones ambientales desfavorables y se disminuye el costo de manejo del cultivo, esto en la medida en que el tiempo de trasplante a cosecha sea menor.

Con base en lo anterior, el propósito del presente trabajo fue definir la edad máxima de trasplante que se podría utilizar en jitomate, pimiento morrón y

pepino manejados en alta densidad de población y despunte temprano, sin que haya disminución del rendimiento, para acortar el tiempo de trasplante a fin de cosecha y lograr más ciclos por año que conduzcan a incrementar el rendimiento anual.

1.1. Objetivo

Definir la edad máxima en que las plántulas de jitomate, pimiento y pepino pueden ser trasplantadas, sin que se disminuya el crecimiento y rendimiento por planta y por unidad de superficie de cada cultivo, manejados en altas densidades de población y con despuntes tempranos.

1.2. Hipótesis

La obtención de plántulas establecidas en contenedores de 750 cm³ de capacidad, permite retrasar la edad de trasplante en pepino, jitomate y pimiento. Con este trasplante tardío y con el manejo de las plantas en altas densidades de población y eliminación temprana de las yemas terminales, se acorta el tiempo de trasplante a fin de cosecha, lo que permite obtener más ciclos por año y en consecuencia mayor productividad anual.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Producción en invernadero

En los últimos años el uso de invernaderos se ha venido incrementado en México y en el mundo. Pese a su elevado costo de construcción, los agricultores siguen invirtiendo en la modernización de sus sistemas de producción, tal y como lo plantean Velasco y Nieto (2006), pues es un sistema que permite obtener altos rendimientos y de una manera más segura que a campo abierto.

2.2. Producción en hidroponía

De acuerdo con Resh (1997) y Urrestarazu (2002), la hidroponía como sistema de cultivo en sustrato o sin suelo, tiene ventajas importantes como: mayor eficiencia en la regularización de nutrición, su posibilidad de empleo en regiones del mundo que carecen de tierras cultivables, una utilización más eficiente del agua y fertilizantes, más fácil y bajo costo de desinfección del medio de cultivo, así como una mayor densidad de plantación que conduce a un incremento de cosecha por unidad de superficie.

Por su parte Sánchez y Escalante (1988) mencionan como las principales ventajas de este sistema el balance ideal del aire, agua y nutrientes, humedad uniforme, excelente drenaje, permite mayor densidad de plantación, se puede corregir fácil y rápidamente la deficiencia o exceso de algún elemento, se puede

tener un perfecto control del pH, no se dependen tanto de los fenómenos meteorológicos, se logra una mayor calidad del producto, se logra mayor precocidad de los cultivos, se puede obtener varias cosechas al año, se puede utilizar agua con alto contenido de sales y se tiene mayor limpieza e higiene de los productos cosechados.

Sin embargo, el uso de la hidroponía tiene algunas desventajas como: elevados costos iniciales, algunas enfermedades como *Fusarium sp* y *Verticillium sp*, pueden extenderse rápidamente a través de este sistema sobre todo cuando se utilizan tinas o camas y la aparición de problemas nutricionales complejos al hacerse más dependiente del hombre (Resh, 1997). Brune *et al.* (1991), mencionan como desventaja el hecho de que sea una técnica poco conocida para la mayor parte de los productores de México, ya que se tiene una falta de equipo y poca disponibilidad de insumos; además de que para un mejor resultado se requieren de un mayor conocimiento sobre todo de aspectos de fisiología vegetal y química.

En un sistema hidropónico, el sustrato es uno de los elementos más importantes para el adecuado desarrollo de las raíces y en consecuencia de la parte aérea de una planta. Las funciones más importantes de un sustrato son proporcionar un medio ambiente ideal para el crecimiento de las raíces y construir una base adecuada para el anclaje o soporte mecánico de las plantas.

La determinación del material a utilizar va a depender de la disponibilidad y precio del mismo; de la experiencia de los productores sobre el manejo del sustrato y requerimientos del cultivo.

En base a lo anterior, Martínez y García (1993), estudiaron las características que deben cumplir los sustratos para que brinden condiciones factibles al desarrollo radicular:

a) Propiedades físicas; Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible que oscila entre el 20 % y el 30 % del volumen total; suficiente capacidad de aireación, que oscila entre 30 % y 40 % del volumen total; baja densidad aparente para facilitar su manejo y transportación; elevada porosidad, alrededor del 85 % del volumen total; estructura estable que impida la contracción o compactación del medio.

b) Propiedades químicas. Nula o baja capacidad de intercambio catiónico, dependiendo si la fertirrigación se aplica permanentemente o de modo intermitente; al tener un nulo contenido de nutrientes, se tiene un mejor control de la nutrición ya que se emplea sólo lo que la planta requiere, en este caso la aplicación de nutrientes debe ser en cada riego; cuando se tienen sustratos con suficiente nivel de nutrientes asimilables se debe hacer análisis químicos del contenido de nutrientes para en base a eso aplicar la dosis de fertilización adecuada; otras propiedades importantes son: baja salinidad; elevada capacidad tampón y aptitud para mantener constante pH de 5.5 a 6.8 así como mínima capacidad de descomposición.

c) El sustrato debe ser lo más homogéneo posible en sus propiedades físicas y químicas, estas deben estar bien definidas y ser estables durante el periodo de vida útil del mismo; es imprescindible la ausencia de semillas de malas hierbas, nemátodos, patógenos y elementos tóxicos para las plantas; también conviene que sea ligero para facilitar su transportación y manejo, de bajo costo, fácil de mezclar, fácil de desinfectar, resistencia a cambios extremos físicos, químicos y ambientales y que no genere problemas de residualidad y contaminación.

2.3. Cultivo de pepino

2.3.1. Generalidades del pepino

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una hortaliza de alto potencial económico por ser un producto de exportación que se cultiva y consume en muchas regiones del mundo; además, se cuenta con variedades de alto rendimiento y con prácticas de manejo que permiten maximizar su producción bajo invernadero (Vasco, 2003; Gálvez, 2004).

2.3.2. Características botánicas

El pepino es una planta anual, de tallos herbáceos, rastreros, flexibles, angulosos desde el comienzo de la vegetación, guarnecidos de tricomas rudos con lo cual resultan ásperos al tacto y con ciclo vegetativo corto. Desde la germinación hasta los primeros cortes, según las peculiaridades biológicas de

las variedades y las condiciones en que se siembren, generalmente transcurren 45 a 70 días (Camarena, 2002).

La raíz principal llega a 30 ó 35 cm de profundidad y ocupa más de 120 cm², de la raíz principal sale una multitud de raíces laterales que ramifican abundantemente y se desarrollan principalmente en forma horizontal, extendiéndose en un nivel del suelo a la profundidad de 25 a 30 cm. El sistema de raíces del pepino está ubicado a poca profundidad y su capacidad de extracción no es mucha. Esto determina las grandes exigencias de esta planta respecto al balance de humedad (Camarena, 2002).

El tallo, como bien lo indica Guenkov (1974), es rastrero, angular y veloso. El tallo central, de acuerdo con las peculiaridades biológicas de la variedad y con las condiciones ambientales, crece hasta una longitud de 70 a 250 cm; en las axilas de las hojas, crecen ramificaciones laterales llamadas ramillas de primera clase, de las cuales a su vez, crecen ramillas de segunda clase. Sobre el tallo se forman zarcillos, característica útil para el tutoreo vertical.

Las hojas, tienen forma palmeada, son largamente pecioladas, fuertemente cordadas en la base, son lobuladas en 5 partes, anguladas y triangulares y de borde dentado y su tamaño depende de la variedad y de las condiciones en que se siembra la planta. Las hojas son ligeramente vellosas. Las células de la epidermis tienen cutícula delgada, gracias al cual es poca su resistencia a una excesiva evaporación de humedad. Esa es la segunda peculiaridad biológica de la planta en relación con la humedad del suelo y del aire (Maroto, 2002).

Las flores son de color amarillo, con pedúnculo corto y axilares generalmente, las flores masculinas y femeninas están separadas en la misma planta, es decir es una planta monoica (Sobrino, 1989).

La polinización se efectúa principalmente a través de insectos, aunque es una planta que posee cierta tendencia a la partenocarpia. Gracias a los trabajos de mejoramiento genético, existen cultivares ginoicos, es decir que casi en su totalidad las flores son femeninas (Maroto, 2002).

Botánicamente el fruto es una baya falsa, su tamaño, forma, color, varía en función del cultivar, puede ser áspero o liso, que va desde un color verde claro, pasando por un verde oscuro hasta alcanzar un color amarillento cuando está totalmente maduro. La pulpa es acuosa, de color blanquecino verdoso, con sabor dulzón (León, 1987; Sobrino, 1989; Camarena, 2002).

Las semillas son deprimidas y ovaladas de color blanco sucio, agudizadas en los dos extremos (Guenkov, 1974).

2.3.3. Exigencias agroclimáticas

2.3.3.1. Temperatura

El pepino, es una planta de clima cálido. Requiere de días soleados y es extremadamente sensible a las heladas. La temperatura mínima para la germinación de las semillas es de 12 °C, la óptima es de 25 a 30 °C por 3 a 5 días y para el desarrollo y crecimiento requiere de 25 °C (Iñiguez *et al*, 2011).

Pérez (1984), indica que con temperaturas de 20 a 30 °C durante el día apenas tiene incidencias sobre la producción, que por encima de los 35 °C ya se pueden observar anomalías y que a partir de los 40 °C el calor ya es claramente perjudicial. Por el contrario por debajo de los 20 °C se pueden producir desequilibrios en la planta y menores de 10 °C se detiene el crecimiento, que en caso de prolongarse en el tiempo origina graves problemas fisiológicos (Papadopoulos, 1994).

2.3.3.2. Humedad

Esta planta es muy exigente en cuanto a balance de humedad del suelo y del aire. Esto es resultado del sistema de raíces, que es relativamente de débil desarrollo y también a la construcción de su sistema de hojas. Para el desarrollo y fructificación normales, la humedad del suelo debe ser de 70 a 80 % de la capacidad de campo, y la humedad relativa del aire, de 80 a 90 % (Guenkov, 1974).

2.3.3.3. Luz

Las necesidades de luz están establecidas a intensidades altas (Álvarez, 1999) para que la planta tenga un buen crecimiento y desarrollo de frutos. Se estima que para que el cultivo de pepino produzca con mínimas restricciones

fotosintéticas, debe ocurrir una radiación incidente en el orden de 18 a 20 MJ m⁻² por día (Castellanos, 2009).

2.3.4. Nutrición mineral

Debido al rápido crecimiento y desarrollo de la raíz y de la planta, ésta muestra una exigencia respecto al balance nutrimental. El pepino requiere cantidades elevadas de potasio, moderadas de nitrógeno y menores de fósforo. En cuanto a cantidades generales extraídas de cada elemento se indica que para producciones de 20 kg m⁻² se acercan a los siguientes valores: N:360 kg ha⁻¹. P₂O₅: 390 kg ha⁻¹; K₂O 680 kg ha⁻¹; Ca 400 kg ha⁻¹; MgO: 90 kg ha⁻¹ (Sánchez y Escalante, 1988).

2.3.5. Densidades de población en pepino

El establecimiento del número de plantas/m² varía dependiendo de varios factores; sistema de producción a emplear, hábitos de crecimiento, arreglo topológico, podas, etc. Al respecto Ortiz *et al* (2009), evaluó tres tipos de poda y dos marcos de plantación en pepino en hidroponía. Los arreglos topológicos fueron tres bolillos y marco real. La plantación se estableció a una distancia de 30 cm entre plantas en ambos casos y a 0.9 m entre hileras, con densidades de 33,216 y 33,350 plantas/ha¹, respectivamente. El arreglo topológico no produjo

efectos para diámetro, longitud y peso de fruto; sin embargo, el marco real produjo mayor rendimiento.

Las recomendaciones generales para el cultivo de pepino para consumo en fresco son de 23 a 31 cm entre plantas, y de 0.9 a 1.80 m entre hileras dando una población de 18,000 a 48,000 plantas por hectárea (Flores, 1987).

2.3.6. Pepino en hidroponía

El uso de invernaderos y sistemas hidropónicos representa una opción para incrementar la productividad agrícola, al propiciar un ambiente poco restrictivo para el crecimiento y desarrollo de las plantas que el que ocurre a cielo abierto, sobre todo en especies hortícolas. Debido a los costos altos de las instalaciones y manejo, es necesario desarrollar y aplicar prácticas agrícolas específicas para una máxima expresión del potencial productivo del cultivo (Sánchez *et al.*, 1998).

El pepino hidropónico tiene alto valor económico por ser un producto de exportación que se cultiva y consume en muchas regiones del mundo; además, se cuenta con variedades de alto rendimiento, y con prácticas de manejo que permiten maximizar su producción bajo invernadero (Vasco, 2003).

2.3.7. Antecedentes sobre el sistema de producción de pepino con trasplante tardío

Investigadores como Sánchez *et al.* (2006) de la Universidad Autónoma Chapingo, estudiaron la reducción del ciclo de crecimiento de pepino europeo mediante trasplante tardío, y concluyeron que es posible obtener un ciclo de cultivo en un periodo de trasplante a final de cosecha de 70 días sin disminución del rendimiento por unidad de superficie, utilizando plántulas de 35 días de edad, despunte a 1.5 m de altura, usando contenedores de 1 L y como sustrato arena de tezontle fino (1 mm de diámetro).

También concluyeron que con plántulas de 45 días es posible reducir el ciclo de trasplante a fin de cosecha hasta menos de 60 días, pero el rendimiento disminuye de 30 a 40 % con respecto a plántulas de 30 días. Con los trasplantes a 45 días las plantas también reducen el área foliar, lo que permite incrementar la densidad de población. Además permite ahorrar tiempo y espacio en el invernadero en un ciclo de producción.

Villegas (1999), evaluó el efecto de la edad de trasplante y despunte temprano en la precocidad y rendimiento de pepino, dejando solamente 4 frutos por planta y manejando una densidad de 10 plantas/m²; concluyó que se puede obtener un ciclo de cultivo de pepino en menos de 60 días después del trasplante, realizando esta actividad 30 días después de la siembra y despuntándolos a una etapa temprana.

Por otro lado Ortiz *et al.* (2009) determinaron las características deseables de plantas de pepino de invernadero e hidroponía en altas densidades de población, destacando el rendimiento por unidad de superficie en sistema de despunte temprano de la yema vertical a 1 m de altura. En este estudio evaluaron 11 variedades en dos densidades de población a 9 y 16 plantas/m² y utilizaron 4 variedades a las mismas densidades. Entre variedades observaron diferencias en área foliar, número de frutos por planta y por unidad de superficie, pero no hubo diferencias en rendimiento por unidad de superficie al aumentar la densidad de 9 a 16 plantas/m², por lo que recomienda usar la densidad más baja.

2.4. Jitomate

2.4.1. Generalidades del jitomate

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas de mayor consumo *per cápita* a nivel mundial y de las más ampliamente cultivadas en invernadero. Esta actividad genera 72 mil empleos directos y alrededor de 10.7 millones de empleos indirectos (SAGARPA, 2010)

En los últimos tres años, la exportación anual de jitomate registró un crecimiento promedio cercano al 10 por ciento; en 2009 se cultivaron 53 mil hectáreas en las que se obtuvo una producción de 2.3 millones de toneladas, de las cuales el 50 por ciento se destinó al mercado de exportación. El jitomate

es la hortaliza que genera la mayor cantidad de divisas al país con un promedio de mil 200 millones de dólares anuales (SAGARPA, 2010).

Información de la Subsecretaría de Agricultura de la SAGARPA indica que el principal destino para el tomate rojo es el mercado de los Estados Unidos, a donde las ventas se han incrementado de 987 millones de dólares, en 2006, a mil millones 123 mil dólares en 2009. El segundo mercado-destino para la hortaliza mexicana fue Canadá, en donde las ventas aumentaron de 108 a 119 millones de dólares en los últimos tres años (SAGARPA, 2010).

2.4.2. Características botánicas

En cuanto a las características botánicas, la raíz tiene un patrón de distribución que varía según el ambiente de crecimiento. Algunas raíces pueden alcanzar hasta 1.5 m de longitud (González, 1991).

El tallo es herbáceo y tiende a lignificarse en plantas viejas. El tipo de crecimiento puede ser indeterminado, donde los tallos se tornan rastreros al crecer y pueden alcanzar longitudes hasta de 3 m, por lo que se hace necesario el tutoreo y guiado (Maroto, 1983). En cada axila donde se insertan los peciolos de las hojas en el tallo principal, suelen brotar tallos secundarios y a su vez en las axilas de estos brotan tallos terciarios y así sucesivamente hasta que se detiene el crecimiento vegetativo (González, 1991).

Las hojas pueden variar dependiendo de las condiciones ambientales y se encuentran bajo control genético directo. Tienen un arreglo espiroidal y miden de 15 a 30 cm de largo por 10 a 15 cm de ancho.

Las flores de jitomate son hermafroditas, de color amarillo claro o naranja. Miden de 2 cm de diámetro con peciolo de 1 a 2 cm de largo (Huerres, 1988).

El fruto es una baya carnosa, pubescente cuando es joven, pero lisa y brillante cuando madura. De color rojo o amarillo o intermedios. En su interior presenta lóculos, donde se encuentra la semilla (González, 1991).

2.4.3. Exigencias agroclimáticas

2.4.3.1. Temperatura

El jitomate es una hortaliza de clima cálido que no tolera heladas, para su desarrollo la temperatura ambiente es de 21 a 24 °C, siendo la óptima de 22 °C; a temperaturas menores de 15 °C y mayores a 35 °C puede detenerse el crecimiento (Velasco y Nieto, 2006).

En cuanto a las etapas fenológicas la temperatura para maduración de fruto es de 18 a 24 °C; si la temperatura es menor de 13 °C, los frutos tienen una maduración irregular, además, con temperaturas de 22 a 28 °C se obtiene una óptima pigmentación roja (Velasco y Nieto, 2006).

2.4.3.2. Humedad

La humedad relativa más favorable para el desarrollo de jitomate es de 60 a 70 % (Rodríguez *et al.*, 1984).

2.4.3.4. Luz

Las etapas más susceptibles a la luz es en plántula; cuando no se tienen una intensidad adecuada la planta sufre un ahilamiento; en la fructificación el problema que se presenta es una mala pigmentación de rojo a rosa, esto es cuando se tiene una menor iluminación a la óptima (50,000 a 80,000 luxes); sin embargo, el fotoperiodo afecta tanto el crecimiento reproductivo como el desarrollo vegetativo; un desarrollo normal se presenta en un fotoperiodo de 11 a 12 horas (Velasco y Nieto, 2006).

2.4.4. Nutrición

El cultivo de jitomate demanda altas cantidades y con un buen balance de nutrimentos. Para satisfacer estas necesidades del cultivo y tener un excelente desarrollo del cultivo, se utilizó una solución nutritiva basándose en las observaciones realizadas por Sánchez y Escalante (1988), similar a la indicada en pepino.

2.4.5. Polinización

La polinización es indispensable en jitomate ya que a través de este proceso, se originan las semillas, y son estas las responsables del crecimiento y desarrollo de la pulpa del fruto; si no existe polinización o fecundación óptima la producción disminuye de manera importante (Velasco y Nieto, 2006).

Ambientes con 60 % de humedad relativa y temperaturas de 21 a 24 °C son idóneos para el proceso de polinización. Los factores ambientales que afectan este proceso se encuentran en el apartado de requerimientos climáticos de temperatura y humedad por lo que se deben tener en cuenta estos factores durante la etapa de floración para que no se vea afectada la polinización (Velasco y Nieto, 2006).

La falta de circulación de aire también afecta este proceso, ya que al no haber movimiento de las flores el polen no se desprende de las anteras, en este caso es necesario contar con un sistema eficiente de polinización, que puede lograrse por medio del movimiento de las plantas, moviendo los alambres del tutoreo o bien, con aire forzado usando una aspersora motorizada. Esta práctica debe realizarse diariamente entre las 10:00 y las 13:00 horas, según el clima, buscando una máxima dehiscencia de anteras, pero sin que haya daños al polen por deshidratación (Velasco y Nieto, 2006).

Dado que la polinización es la base para obtener una buena cosecha, la introducción de colmenas de abejorros (*Bombus terrestres* y *Bombus impatiens*) es una práctica que se recomienda en este cultivo bajo invernadero, sobre todo

en superficies mínimas de 1000 m². Los abejorros permiten obtener un excelente amarre de los frutos y por consecuencia una mejor calidad del producto de forma natural y sin necesidad de una gran inversión en mano de obra intensiva, como ocurre con los sistemas mecánicos de vibración o los tratamientos químicos con hormonas (Velasco y Nieto, 2006).

Los abejorros pueden sustituir totalmente la utilización de vibradores manuales y hormonas mientras las plantas produzcan polen viable; una colonia puede polinizar de 1,000 a 3,000 m² de cultivo durante 8 o 12 semanas (Velasco y Nieto, 2006).

Se debe tener cuidado de no aplicar productos que sean muy residuales o muy tóxicos para que no afecten el trabajo de los abejorros. La colocación de los abejorros en el cultivo puede hacerse desde el momento en el que las primeras flores están abiertas, pero es importante ubicarlas en el sitio óptimo para facilitar su adaptación y el promover el inicio de la polinización lo más pronto posible (Velasco y Nieto, 2006).

2.4.6. Densidades de población en jitomate

La densidad de plantación del jitomate en invernadero depende del desarrollo vegetativo que tenga la planta, el número de tallos que se dejan y la altura a que se despunten las guías (Velasco y Nieto, 2006).

Aunque en invernaderos comerciales en diferentes partes del mundo se manejan densidades de 2 a 3 plantas/m², cuando se maneja un solo ciclo de cultivo al año, diversos estudios muestran que si las plantas se despuntan tempranamente, para dejar pocos racimos por planta, entonces es posible establecer densidades de población más alta hasta de 16 plantas/m² cuando se maneja a un solo racimo o de 10 plantas cuando se manejan 10 racimos (Villegas *et al.*, 2004).

2.4.7. Jitomate en hidroponía

El jitomate es uno de los cultivos que más se manejan en invernadero e hidroponía. Particularmente en la Universidad Autónoma Chapingo se han realizado investigación para generar sistemas o paquetes tecnológicos de producción de jitomate en invernadero e hidroponía basados en el manejo de las plantas en altas densidades de población y despuntes tempranos (Sánchez *et al.*, 1992; Sánchez *et al.*, 1998).

2.4.8. Antecedentes sobre el sistema de producción de jitomate con trasplante tardío

Mediante trasplantes tardíos y despuntes tempranos (un racimo por planta) en el cultivo de tomate es posible manejar hasta 180 mil plantas/ha, reducir el ciclo de cultivo de 11 a 2.5 meses y concentrar la cosecha en un período menor a 15

días. Este tipo de manejo permite obtener de 3 a 4 ciclos por año y por lo tanto, el rendimiento potencial anual supera al del sistema convencional que se practica en invernaderos europeos y norteamericanos manejados en baja densidad y un solo ciclo al año (Sánchez y Ponce, 1998; Sánchez *et al.*, 1999).

Jorge *et al.*, (2003) publicó los resultados obtenidos de su trabajo sobre densidades de población y despunte en jitomate cultivado en hidroponía del cv. Conteza en densidades de población de 6, 12, 16, 25 y 36 plantas/m² y niveles de despunte de 1, 2 y 3 racimos por planta y sin despunte, encontrando que el mayor rendimiento por unidad de superficie se obtuvo con 25 plantas/m² de superficie útil con un arreglo de plantas de cinco hileras por tina orientadas de norte a sur, que permite cosechar un total de 25 kg m⁻² en un periodo de 75 días.

Sánchez *et al.*, (2009) evaluaron un sistema de producción de plantas de jitomate podadas a un tallo y despuntadas para dejar solamente tres racimos por planta en un sistema de dosel en forma de escalera, estudiando dos diferencias de altura de contenedor (40 y 50 cm) entre hileras contiguas y tres densidades de población, 25, 30 y 35 plantas/m² útil, en caracteres morfológicos y rendimiento. Encontraron que el mayor número de frutos por m² (342) se obtuvo con la densidad de 35 plantas/m² y el menor (274) con 25 plantas/m². El rendimiento por unidad de superficie no difirió para ninguno de los factores estudiados.

2.5. Pimiento

2.5.1. Generalidades del pimiento

Para el año 2007, México ocupó el segundo lugar en la producción de chiles y pimientos verdes a nivel mundial con 1 890 428 toneladas al año. En ese año el pimiento morrón ocupó el sexto lugar en la lista de productos que exporta México con 530 896 toneladas (FAO, 2009).

Para 2008 se sembraron en el país 4934.55 ha con una producción de 241 452.13 toneladas. Los principales estados productores son en el orden de importancia Sinaloa, Sonora, Baja California Sur y Baja California con la siguiente superficie cosechada: 4 705.05 ha, 105 ha, 77.5 ha y 47 ha, respectivamente (SIAP-SAGARPA, 2009).

2.5.2. Características botánicas

La planta del pimiento es herbácea y se considera de ciclo anual, aunque puede rebrotar y volver a producir en su segundo año si se le hace una poda de rejuvenecimiento antes de que finalice su desarrollo vegetativo (Serrano, 1996).

Su aspecto es lampiño de tallos erguidos y de crecimiento limitado, con altura y forma de desarrollo muy variables en función del cultivar y de las condiciones de cultivo. Las hojas enteras o bien con un largo peciolo o bien casi sésiles, tienen una forma entre lanceolada y ovada, con el borde entero muy ligeramente situado en la base. Las flores suelen nacer solitarias en cada nudo,

con el pedúnculo torcido hacia abajo en la antesis. El fruto es una baya hueca, con la superficie lisa y brillante, de color y forma muy variables y característicos del cultivar. En el interior de la baya discurren 2 ó 4 tabiques incompletos a lo largo de la pared del fruto, uniéndose solo en la base sobre la placenta. En esta región es donde se encuentran insertadas las semillas, aplastadas, normalmente de 4-5 mm de diámetro, de color blanco amarillento (Núñez *et al.*, 1996).

2.5.3. Exigencias agroclimáticas

2.5.3.1. Temperatura

La temperatura óptima para germinación es de 20 a 25 °C, siendo la mínima de 12 °C y la máxima de 40 °C. El crecimiento vegetativo es lento cuando la temperatura se encuentra en torno a 15 °C y se detiene por debajo de los 10-12 °C provocando alteraciones que dan lugar a plantas compactas y entrenudos cortos formando rosetas. La temperatura óptima es de 22 a 25 °C durante el día y de 16 a 18 °C durante la noche, temperaturas inferiores ocasionan que el ápice de los frutos cuadrados sea agudo. El cultivo es dañado por heladas a 1 °C (serrano, 1996).

Para un buen desarrollo se requiere temperatura media mensual entre 18 y 22 °C. Por debajo de estas, el desarrollo vegetativo de la planta es lento e incluso se detiene. De lo contrario si la temperatura aumenta la planta puede manifestar

crecimiento vegetativo excesivo lo que disminuye la producción, sobre todo si no se equilibran las temperaturas con factores como la luminosidad y la humedad del suelo (Serrano, 1996). Puede soportar temperaturas altas mientras la humedad se comporte del mismo modo; sin embargo, decrece la producción aumentando la proporción de frutos pequeños, la coloración deficiente y la aparición de pudrición apical.

Cuando el pimiento fructifica con temperaturas muy altas o muy bajas o en circunstancias de baja fertilidad de polen, suele producir frutos partenocárpicos o esbozos de frutos, que en las variedades de fruto grueso dan lugar a pimientos de menor tamaño y de formas irregulares (Salas y Urrestarazu, 2004).

Bajo estas condiciones de temperatura, la polinización manual puede incrementar considerablemente la producción y mejorar la forma del fruto, aunque en general existen diferencias varietales.

Con una temperatura de 10-15 °C durante el desarrollo del botón floral, da lugar a la formación de flores con pétalos curvados y sin desarrollar, formación de múltiples ovarios que pueden evolucionar a frutos distribuidos alrededor del fruto principal, acortamiento de estambres y de pistilo, engrosamiento de ovario y pistilo o bien fusión de anteras (Salas y Urrestarazu, 2004).

2.5.3.2. Humedad

El desarrollo normal del pimiento se encuentra en el intervalo de humedad relativa entre 60 a 70 %, por lo cual es necesario disponer de buena ventilación del invernadero. En periodo de floración y cuajado, la humedad relativa óptima está entre 50 y 70 %. Los valores elevados de humedad, acompañados de abundante follaje favorecen los ataques de *Botrytis spp*, *Sclerotinia spp*, y otras enfermedades criptogámicas, además dificulta la fecundación de las flores. La humedad baja provoca frutos deformes y pequeños, que junto a temperaturas elevadas originan la caída de flores y frutos (Serrano, 1996).

2.5.3.3. Luz

Para el caso de la luz, este cultivo exige bastante luminosidad durante todo el ciclo y es muy sensible en el periodo de floración, produciendo la caída de las flores cuando la cantidad e intensidad es baja, como consecuencia de excesivo sombreado del cultivo o de la presencia de numerosos días nublados (Reséndiz *et al.*, 2010). En condiciones de baja luminosidad, los entrenudos de los tallos del pimiento se alargan demasiado quedando muy débiles como para soportar una producción óptima, disminuye el número de flores y estas son débiles, afectando la cantidad y la calidad de la cosecha (Serrano, 1996).

2.5.4. Nutrición

La planta de pimiento es exigente en nitrógeno; sin embargo, un exceso de dicho elemento en la fructificación, provoca un retraso en la madurez del fruto. La demanda mayor de fósforo coincide con el inicio de la floración y con la maduración de las semillas. El potasio es demandado en mayores cantidades conforme aumenta la floración y es determinante en la coloración y calidad de los frutos (Challinor, 1996).

Para satisfacer estas necesidades del cultivo y tener un excelente desarrollo del cultivo se recurrirá a la solución basándose en las recomendaciones de Sánchez y Escalante (1988), en diferentes porcentajes de aplicaciones de acuerdo al desarrollo de la planta.

2.5.6. Densidades de población de pimiento

Bringas (2004), hace referencia que en cada región prevalecen condiciones climatológicas diferentes para el cultivo de chile pimiento, por lo tanto se debe elegir la forma de manejo más adecuado para el cultivo. El mismo autor señala densidades de plantación que van de 20,000 a 30,000 plantas por hectárea.

Baeza (1997), evaluó densidades de plantación en la producción de pimiento morrón con la variedad California Wonder 300, en hidroponía bajo invernadero; encontró que las mejores densidades de plantación fue a 12 plantas/m² y también este autor señala que al aumentar la densidad de plantación a 15

plantas/m² aumenta el rendimiento; sin embargo, la calidad del fruto (tamaño y peso) disminuye.

2.5.7. Pimiento en hidroponía

La producción de pimiento bajo invernadero en el norte de Europa y de América generalmente se basa en la práctica de poda tipo “Holandés”, que consiste en el uso de cultivares de ciclo indeterminado que se conducen a dos tallos hasta alcanzar 2 a 3 m de altura. Con esta práctica se logran rendimientos altos de 100 a 150 t ha⁻¹ al año, en un ciclo de cultivo de 9 a 11 meses y un período de inicio a fin de cosecha de 6 a 7 meses (Challinor, 1996; Nuez *et al.*, 1996), lo que hace difícil programar la producción para obtenerla en los períodos cortos de alto precio en el mercado.

Cruz *et al.*, (2005), en su estudio sobre la acumulación y distribución y su relación con algunos índices de eficiencia fisiológica en chile morrón, implemento el sistema de cultivo en altas densidades y despunte temprano, con tratamiento de 8 y 14 plantas/m², concluyó que, al incrementar la densidad y despuntar tempranamente las plantas, se reduce el área foliar, la biomasa y el rendimiento de fruto por planta. No obstante, se incrementa significativamente el índice de área foliar, la biomasa total y el rendimiento de fruto por unidad de superficie.

De manera similar Cruz *et al.* (2009), concluyen que, el aumento de la densidad de población de 3.3 plantas/m² sin despuntar a 14 plantas/m² con despunte inmediatamente de la tercera bifurcación disminuye el rendimiento por planta, debido a un menor peso y número de frutos por planta, pero incrementa significativamente el rendimiento de fruto comercial de pimiento dulce por unidad de superficie. Con la alta densidad de plantación y despunte temprano se reduce en 46 días el ciclo de cultivo lo que permite producir de 2.3 a 3.3 ciclos por año con rendimiento potencial de 13.03 kg m⁻² al año.

2.5.8. Antecedentes sobre el sistema de producción de pimiento con trasplante tardío

En pimiento morrón también es posible lograr altos rendimientos por unidad de superficie por medio de ciclos de cultivo más cortos y períodos de cosecha concentrados, mediante el manejo combinado de trasplante de plántulas de mayor edad (60 a 70 días), despunte temprano de los puntos de crecimiento para desarrollar plantas compactas con pocos frutos, pero en altas densidades de población para compensar el poco rendimiento que se logra por planta. Con la poda a tres o cuatro ramificaciones, se obtienen plantas de menor área foliar y poca altura (Reséndiz *et al.*, 2010), pero el índice de área foliar (IAF) óptimo para máxima tasa de crecimiento se logra muy pronto (Cruz *et al.*, 2009).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El estudio se llevó a cabo en un invernadero del Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia, de la Universidad Autónoma Chapingo, en Texcoco, Estado de México, localizado a 19°29'35" de LN y 98°52'19" LW a una altitud de 2265 msnm.

El invernadero es de tipo capilla de dos aguas, de 48 m de largo por 10 m de ancho (480 m²). Para la ventilación cuenta con 30 % de ventanas laterales protegidas con malla antiáfidos.

En el interior del invernadero se tuvieron tinas rellenas con arena de tezontle de 2 a 5 mm de diámetro para el establecimiento de las plantas. Estas tinas como contenedores tenían 22 m de largo, 1 m de ancho y 30 cm de profundidad, separadas por pasillos de 0.5 m (Figura 1).



Figura 1. Panorámica del experimento e interior del invernadero, mostrando las tinas de cultivo y plantas en desarrollo.

3.2. Unidad y diseño experimental

Para pepino y jitomate, el tamaño de la unidad experimental fue de 1.8 m^2 ($1.8 \times 1.0 \text{ m}$) donde se establecieron 18 plantas por tratamiento, distribuidas en 3 hileras separadas a 30 cm entre plantas y 30 cm entre hileras.

Para pimiento el tamaño de la unidad experimental fue de 2.2 m^2 ($2.2 \times 1.0 \text{ m}$) donde se establecieron 18 plantas por tratamiento o unidad, distribuidas en 3 hileras separadas a 36 cm entre plantas y 30 cm entre hileras.

El diseño experimental en todos los casos, fue bloques completos al azar con 4 repeticiones. Se realizó análisis de varianza y pruebas de medias de Tukey ($\alpha=0.05$).

3.3. Material vegetal

Se utilizó el híbrido de pepino americano Alcazar de la empresa Enza Zaden, adaptable a diferentes regiones bajo invernadero o casa sombra en México, planta muy fuerte, vigorosa y balanceada. Fruta cilíndrica con un color verde muy oscuro y ligeramente con espinas, longitud del fruto de 20-22 cm, con excelente vida de anaquel. Es ginoica con casi 100 % de floración femenina, su producción es pausada, pero al final con altos rendimientos. Tolerante al amarilleo, virus del pepino (CVYV/Px) y cenicilla polvoriento (<http://www.enzazaden.com.mx>).

Para jitomate se usó la variedad El Cid, tomate con larga vida de anaquel, de buen sabor, con frutos rojos, ligeramente alargados, de frutos muy firmes, multilocular y de muy buen sistema radicular. Presenta excelente resistencia a enfermedades, entre las que resalta su alta tolerancia a *Verticilium spp*, *Fusarium* raza 1, *Fusarium* raza 2, *Tomato bollow leaf curl* (Amarillamiento de la hoja de tomate), *Alternaria solani*, *Stemphylium solani*, resistencia intermedia a *Meloidogyne spp*. Además destaca por su alta productividad (<http://www.semillasmagna.com>).

En pimiento se manejó el cultivar Orión, de la empresa Enza Zaden. Pimiento tipo blocky verde, resistente a la mancha bacteriana razas 1,2,3 y 5. Planta fuerte y vigorosa con muy buen cubrimiento foliar, amarre de frutos tempranos, Los frutos son grandes (calibre 90-95 mm), con 4 lóbulos con muy buena calidad, color verde oscuro, paredes gruesas y larga vida de anaquel. Excelente

para siembras tempranas. Alta resistencia al Virus del Mosaico del Tabaco y *Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria* (<http://www.enzazaden.com.mx>).

3.4. Solución nutritiva

Se empleó la solución nutritiva propuesta por Sánchez, basado en la información presentada por Sánchez y Escalante (1988), la cual tiene una relación mutua de aniones y cationes para no presentar problemas de pH y permite una absorción que satisface a las necesidades del cultivo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Fuentes de elementos esenciales para elaborar solución nutritiva para cultivo hidropónico.

Fuente	Fórmula	Elemento que aporta	Cantidad de fertilizante (g/1000 L)	Concentración por elemento (ppm)
Sulfato de magnesio	MgSO ₄ 7H ₂ O	Mg, S	700	Mg 50
Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄	K, S	517	K 250
Nitrato de calcio	Ca(NO ₃) ₂	Ca, N	1100	N 250
Ácido sulfúrico	H ₂ SO ₄	S	25	S 50
Ácido fosfórico	H ₃ PO ₄	P	110	Ca 250
Sulfato ferroso	FeSO ₄ 7H ₂ O	Fe S	10.83	Fe 50
Bórax	Na ₂ B ₄ O ₇ 10H ₂ O	Na, B	4.16	B 0.5
Sulfato de cobre	CuSO ₄ 5H ₂ O	Cu, S	0.33	Cu 0.1
Sulfato de Manganeseo	MnSO ₄ 4H ₂ O	Mn	4.16	Mn 0.5
Sulfato de Zinc heptahidratado	ZnSO ₄ 7H ₂ O	Zn	0.33	Zn 0.1

3.5 Tratamientos

Se establecieron 5 tratamientos para pepino y jitomate y 4 para pimiento, más un testigo en cada especie, tal como se describen a continuación.

3.5.1. Tratamientos en pepino

Tratamiento 1 (Testigo). Consistió en hacer trasplante de plántulas con 20 días después de la siembra. Las plántulas fueron obtenidas en charolas de 200 cavidades (cavidades de 28 cm³).

Tratamiento 2 (T2). Consistió en hacer trasplante de plántulas de 20 días después de la siembra, pero en este caso las plántulas fueron obtenidas en macetas de 850 cm³.

Tratamiento 3 (T3). Consistió en hacer trasplante de plántulas de 25 días después de la siembra. Las plántulas fueron obtenidas en macetas de 850 cm³.

Tratamiento 4 (T4). Consistió en hacer trasplante de plántulas de 30 días después de la siembra. Las plántulas fueron obtenidas en macetas de 850 cm³.

Tratamiento 5 (T5). Consistió en hacer trasplante de plántulas de 35 días después de la siembra. Las plántulas fueron obtenidas en macetas de 850 cm³.

Tratamiento 6 (T6). Consistió en hacer trasplante de plántulas de 40 días después de la siembra. Las plántulas fueron obtenidas en macetas de 850 cm³.

3.5.2. Tratamientos en jitomate

Tratamiento 1 (Testigo). Consistió en hacer trasplante de plántulas con 30 días después de la siembra. Las plántulas fueron obtenidas en charolas de 200 cavidades (cavidades de 28 cm³).

Tratamiento 2 (T2). Consistió en hacer trasplante de plántulas de 30 días después de la siembra, pero en este caso las plántulas fueron obtenidas en macetas de 850 cm³.

Tratamiento 3 (T3). Consistió en hacer trasplante de plántulas de 38 días después de la siembra. Las plántulas fueron obtenidas en macetas de 850 cm³.

Tratamiento 4 (T4). Consistió en hacer trasplante de plántulas de 46 días después de la siembra. Las plántulas fueron obtenidas en macetas de 850 cm³.

Tratamiento 5 (T5). Consistió en hacer trasplante de plántulas de 54 días después de la siembra. Las plántulas fueron obtenidas en macetas de 850 cm³.

Tratamiento 6 (T6). Consistió en hacer trasplante de plántulas de 62 días después de la siembra. Las plántulas fueron obtenidas en macetas de 850 cm³.

3.5.3. Tratamientos en pimiento

Tratamiento 1 (Testigo). Consistió en hacer trasplante de plántulas con 40 días después de la siembra. Las plántulas fueron obtenidas en charolas de 200 cavidades (cavidades de 28 cm³).

Tratamiento 2 (T2). Consistió en hacer trasplante de plántulas de 40 días después de la siembra, pero en este caso las plántulas fueron obtenidas en macetas de 850 cm³.

Tratamiento 3 (T3). Consistió en hacer trasplante de plántulas de 50 días después de la siembra. Las plántulas fueron obtenidas en macetas de 850 cm³.

Tratamiento 4 (T4). Consistió en hacer trasplante de plántulas de 60 días después de la siembra. Las plántulas fueron obtenidas en macetas de 850 cm³.

Tratamiento 5 (T5). Consistió en hacer trasplante de plántulas de 70 días después de la siembra. Las plántulas fueron obtenidas en macetas de 850 cm³.

3.6. Contenedores para la producción de plántula: macetas y charolas

Como ya se indicó, para la obtención de las plántulas se utilizaron dos tipos de contenedores: macetas de plástico con capacidad de 850 cm³ (Figura 2A) y charolas de poliestireno de 200 cavidades, cada cavidad con 28 cm³ (Figura 2B).

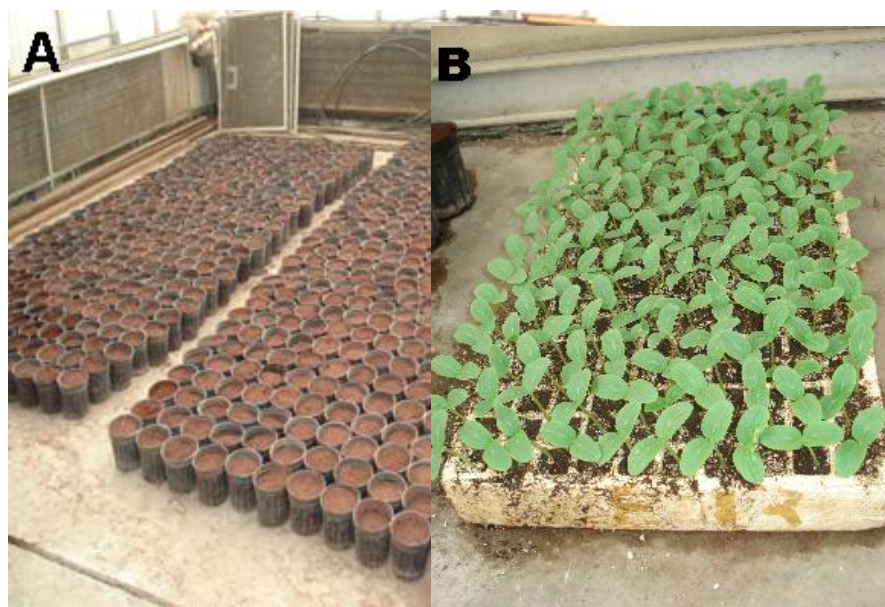


Figura 2. Contenedores utilizados para la obtención de plántulas. A) Macetas de 850 cm³ y B) charola de 200 cavidades.

Tanto las macetas como las charolas fueron sometidas a un proceso de desinfección antes de ser utilizadas; esto con la finalidad de prevenir la incidencia de patógenos como hongos, nematodos, bacterias u otros patógenos. Consistió de un lavado con agua simple tallándolas con un cepillo. Luego en un depósito de 200 L se preparó solución clorada al 0.6 %, donde se sumergieron los materiales durante 5 minutos. Posteriormente fueron enjuagadas con agua limpia para eliminar restos de cloro.

3.7. Desinfección de tinas

Debido a que las tinas fueron usadas anteriormente para otros experimentos, fue necesaria su desinfección. Para esto se aplicó un microbicida a base de

sales de amonio de cuarta generación (Quatz IV), que es un producto preventivo de amplio espectro y que actúa contra hongos, bacterias, micoplasmas virus y algas, en dosis de 800 ppm. Dos días después de la aplicación del Quatz, se aplicó Captán, que también es un fungicida de amplio espectro a una dosis de 5 ml/L de agua.

3.8. Siembra

Para la siembra, se utilizó como sustrato arena de tezontle fino (1-2 mm) para rellenar las macetas de 750 ml y una mezcla de perlita y peat moss (proporción 1:1 v/v) para las charolas. Luego se hicieron pequeñas perforaciones en el centro de las macetas y/o cavidades de las charolas en la que se depositó una semilla por cavidad. Las semillas fueron cubiertas con el mismo sustrato, se dio un riego hasta saturación con el apoyo de una regadera de gota fina para no descubrir la semilla; se esperó a que escurriera el exceso de agua, y las charolas fueron apiladas una sobre otra.

Al segundo, cuarto y sexto día después de la siembra, en pepino, jitomate y pimiento, respectivamente, se hizo el extendido de las charolas para evitar ahilamiento de plántulas.

3.9. Riego

Para los tres cultivos, el riego fue de la siguiente manera: de la siembra hasta la emergencia de la primera hoja se regó con agua pura; de la primera hasta la aparición de las dos primeras hojas se hizo con la solución al 25 %; de la segunda a la cuarta hoja al 50 %; de la quinta hoja en adelante con la solución al 100 %. Para todos los casos se aplicó dos riegos ligeros uno por la mañana (alrededor de las 10 am, cuando la temperatura empieza a aumentar) y el segundo entre 14:00 y 15:00 hrs.

3.10. Trasplante

Se realizó de acuerdo a lo planteado en los tratamientos, por lo que esta actividad se hizo en diferentes fechas.

Para esto primeramente se dio un riego abundante al sustrato contenido en las tinas de cultivo, luego se realizaron los hoyos con ayuda de una pala recta, el hoyo en el tezontle fue del tamaño del cepellón que llevaba la planta, se depositó cada planta teniendo cuidado de no enterrarla más de lo que tenía en la maceta, esto para evitar pudriciones de cuello y tallo, ya que en este estado de desarrollo de las plántulas son muy susceptibles a los hongos, particularmente en las plántulas de pepino.

3.11. Tutorado

La mayoría de las plantas en invernadero requieren del tutorado con el objetivo de mejorar la ventilación e iluminación en toda la planta así como optimizar los espacios y evitar que los frutos toquen el suelo. Esta práctica consiste básicamente en guiar verticalmente a través de un amarre, con ayuda de rafia agrícola, el tallo principal de plantas de mucho crecimiento, dando vueltas en sentido de las manecillas del reloj o con una abrazadera plástica, también llamada anillo para tutorado.

3.12. Poda

La poda se puede definir como la supresión o eliminación de cualquier parte de la planta (hojas, ramas, raíces, yemas, flores, etc.) con el fin de detener el crecimiento de las plantas.

3.12.1. Poda en pepino

Consistió en quitar los brotes laterales (ramas) conforme fueron saliendo en las axilas de cada una de las primeras hoja formada, dejando un solo tallo o guía, que se levantó con el tutorado. Cuando las plantas alcanzaron una altura de 1.20 m, se les eliminó el crecimiento apical.

3.12.2. Poda en jitomate

Se efectuó la poda de ramas laterales, conforme aparecían hasta alcanzar el desarrollo del tercer racimo floral; después del cual se eliminó el ápice de crecimiento dos hojas arriba de la tercera inflorescencia.

Una vez iniciado la maduración de frutos, se podaron todas las hojas viejas de forma ascendente, para evitar exceso de humedad en las partes bajas de los plantas.

3.12.3. Poda en pimiento

Para pimiento se realizó la poda de hojas de la parte inferior de cada planta, hasta la altura de la primera bifurcación, posterior a eso se dejó el libre crecimiento de ramas, hasta desarrollar la cuarta, donde se detuvo el crecimiento al podar el ápice de cada rama.

3.13. Variables evaluadas

Se realizó un muestreo con las mismas variables para los tres cultivos. La fecha del muestreo (muestreo destructivo y muestreo de planta viva o en pie) fue: en pepino el 02/06/11 y 18/06/11, en jitomate el 05/07/11 y 05/07/11 y en pimiento el 05/07/11 y 05/07/11.

Las variables evaluadas para el muestro destructivo fueron: longitud de tallo, diámetro del tallo (tomado entre la hoja 1 y 2), área foliar y peso seco (toda la parte aérea de la planta).

Para el muestreo de las plantas marcadas se registraron: diámetro de tallo (entre la hoja 1 y 2), longitud de tallo, distancia entre nudos (entre la hoja 2 y 3) número de hojas, así como el número diámetro y longitud de frutos. En el resto de la parcela se cuantificó el número y peso total de frutos. Con los datos así obtenidos, se determinó el rendimiento por unidad de superficie. También se registró las fechas de corte para estimar el porcentaje de frutos cosechados, como un indicador de precocidad.

Además de las variables evaluadas, se registraron algunos parámetros climáticos en el interior del invernadero con el fin de monitorear las condiciones en que se desarrollaron las plantas: a) Temperatura máxima, mínima y media diaria, b) Luminosidad diaria a las 9, 13, 17 horas, c) pH, d) Conductividad eléctrica (CE) y temperatura del sustrato cada 15 días. Datos que se presentan en los cuadros de resultados, (figura 9 y 10).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados en pepino

4.1.1. Caracteres morfológicos en pepino

El Cuadro de análisis de varianza (Cuadro 2), y el de comparaciones de medias (Cuadro 3), muestran diferencias estadísticas a favor del tratamiento 2, en 3 de 4 caracteres morfológicos estudiados, con excepción de la distancia entre nudos (DE), donde se favorece estadísticamente al tratamiento 1 (Cuadro 3).

En peso seco total (PST) las plántulas obtenidas en macetas de 850 cm³, y trasplantadas a los 20 días después de la siembra (dds), correspondiente al tratamiento 2, produjeron plantas con un mayor acumulamiento de biomasa que en los tratamientos cuyos trasplantes se hicieron con plántulas superiores a los 20 dds (T3 a T6). El tratamiento más bajo en peso seco fue el T6 (trasplante a los 40 dds). Entre el T2 y el T1 cuyo trasplante se hizo también a los 20 dds, pero con plántulas obtenidas en charolas de 200 cavidades, tuvieron plantas con igual peso seco (56.550 g planta⁻¹ y 49.725 g planta⁻¹, respectivamente)..

Cuadro 2. Análisis de varianza en caracteres evaluados en plántulas de pepino.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Peso Seco Total (g)	Área Foliar (cm ²)	Diametro de Tallo (mm)	Distancia Entre Nudos (cm)
Tratamiento	5	854.29*	4388382.8*	3.8676*	6.941*
Bloque	3	13.32	39719.92	0.042	0.337
Error	15	9.23	60440.59	0.0567	0.045
Total	23				
Coef de Var		7.372	8.627	2.885	1.933

*Significativo a una P=0.05.

En cuanto al área foliar (AF), los tratamientos de trasplante a los 20 y 25 dds de plántulas obtenidas en macetas (T2 y T3) presentaron los valores más altos y fueron estadísticos iguales (3939.7 y 3687.1 cm² planta⁻¹ respectivamente); el resto de los tratamientos mostraron una tendencia a reducir el AF a medida que se prolongó el tiempo de trasplante, siendo el más bajo el T6 con 1093.3 cm² planta⁻¹. En esta variable el testigo (T1), fue superado por T2, T3 y T4.

En diámetro de tallo (DT) también hubo diferencias estadísticas significativas a favor del tratamiento 2 con 9.77 mm. Con trasplantes más tardíos el DT fue menor.

La distancia entre nudos (DE) fue mayor en el testigo. Esta distancia de entrenudos fue disminuyendo a medida que el trasplante se hizo más tardíamente.

Cuadro 3. Comparación de medias en caracteres evaluados en plántulas de pepino

Tratamiento	Peso Seco Total (g)	Área Foliar (cm ²)	Diámetro de Tallo (mm)	Distancia Entre Nudos (cm)
T1 (testigo 20 dds)	49.72 ab	2355.2 c	8.90 b	12.77 a
T2 (trasplante 20 dds)	56.55 a	3939.7 a	9.77 a	12.05 b
T3 (trasplante 25 dds)	48.45 b	3687.1 ab	8.45 b	11.35 c
T4 (trasplante 30 dds)	45.42 b	3338.7 b	7.62 c	10.47 d
T5 (trasplante 35 dds)	29.35 c	2683.7 c	7.72 c	9.97...e
T6 (trasplante 40 dds)	17.77 d	1093.3 d	7.07 d	9.27...f
Dif. Min. Sig.	6.98	564.80	0.547	0.487

Valores con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales, de acuerdo a Tukey ($\alpha=0.05$)

El mayor valor en PST, AF y DT logrado a favor del trasplante a los 20 dds con plántulas obtenidas en macetas de 850 cm³ (T2) y una disminución en los valores de dichas variables a medida que la edad de trasplante fue más tardía,

puede deberse a que desde el crecimiento de las plántulas en el semillero hasta el trasplante, el espacio para el crecimiento de las raíces en las plántulas del T2 fue más favorable, mientras que con el trasplante más tardío el espacio para las raíces de las plantas fue cada vez más restringido por el mayor crecimiento de éstas antes de ponerlas en su lugar definitivo en el invernadero, lo que pudo afectar negativamente el crecimiento radical y aéreo de las plantas. Esto concuerda con lo reportado por Ruff *et al.* (1987), quienes consideran que la limitación de espacio para el desarrollo radical provoca raíces cortas y ramificadas y una menor producción de citocininas que participan en los procesos de división celular para el crecimiento de las plantas (Carmi y Heuer, 1981). El aumento de tamaño de las plántulas, también incrementa la demanda de agua y el reducido espacio radical provoca estrés hídrico (Carmi y Shalhevet, 1983). Quizá estas condiciones también van limitando el crecimiento a medida que las plántulas pasan más tiempo en esta restricción de espacio para la raíz. El mayor crecimiento de plantas provenientes de macetas respecto a las obtenidas en charolas, también se explica por un mayor volumen de agua y sustrato para la raíz (Moreno *et al.*, 2010).

Las limitaciones del espacio para la raíz, también se manifiesta en plantas de menor altura y anchura y en un menor índice de área foliar, lo que repercute directamente en el PST (Sánchez *et al.*, 2006).

4.1.2. Rendimiento y sus componentes en pepino

Con excepción de la longitud de fruto no se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos para las variables del rendimiento evaluadas (Cuadros 4 y 5). No obstante se nota un efecto directo de las variables morfológicas sobre el rendimiento.

Aunque entre los tratamientos T2 y T6 hubo una diferencia absoluta de 3.8 kg m⁻², las diferencia no fue estadísticamente significativa, lo que sugiere que con plántulas producidas en contenedores de alto volumen como los utilizados en este experimento (850 cm³), es posible hacer trasplantes con plántulas de hasta 40 dds, sin afectarse el rendimiento y sus principales componentes. Exau *et al.* (2006), encontraron que el mejor trasplante en pepino europeo fue con plántulas de 35 días de edad.

Cuadro 4. Análisis de varianza en caracteres reproductivos de plantas de pepino germinados en contenedores de diferente volumen y trasplantados a diferentes edades

Fuente Variación	Grados Libertad	Peso de Frutos (g)	Diámetro de Frutos (cm)	Longitud Frutos (cm)	Numero Frutos Totales (m ²)	Rendimiento (Kg m ⁻²)	Días a Fin de Cosecha
Trat.	5	83.154*	0.0043*	0.2195*	34.226*	4.7016*	167.36*
Bloque	3	668.498	0.0103	1.259	50.472	2.1527	1.50
Error	15	183.594	0.0059	0.064	20.730	2.2855	1.50
Total	23						
Coef. Var.		8.6283	3.1083	2.2762	11.4542	12.8168	1.8722

*Significativo a una P=0.05.

El tiempo transcurrido de trasplante a fin de cosecha (DFC), se muestran más claramente en la Figura 3, en la que se observa que con el testigo (T1) la

cosecha fue más tardía con 76 días, siendo el trasplante a los 40 días (T6) el tratamiento más precoz con 59.5 días, obteniéndose 6 ciclos al año, aunque éste no difirió de los tratamientos T4 y T5 (trasplante a los 30 y 35 días, respectivamente). Partiendo de la premisa de que entre menos tiempo se lleve un ciclo de cultivo es más redituable económicamente, se podría elegir cualquiera de los tres últimos tratamientos de trasplante, ya que estadísticamente son iguales en rendimiento y sus componentes; sin embargo, habría que considerar que en cuanto a las variables relacionadas con crecimiento (PST, AF y DT), el trasplante a los 40 días fue más afectado.

Las macetas con 850 cm³ de volumen influye en la formación de raíces más abundantes que a su vez permite un mejor desarrollo posterior de las plantas (Cuadro 5), e incluso un incremento en el rendimiento en términos de valores absolutos, al menos entre los trasplantes a los 20 días (T1 y T2). De cualquier modo, la restricción en la raíz de plántulas de mayor edad hizo que hubiera una tendencia en la disminución del rendimiento en los trasplantes más tardíos, como también lo señalan Sánchez *et al.* (2006). Es importante resaltar que en los tratamientos de trasplante 30 a 40 dds, el periodo de trasplante a fin de cosecha fue solamente de 60 días, lo que permitiría obtener hasta 6 ciclos de cultivo por año, considerando que los factores se mantienen constantes durante la repetición de otros ciclos de producción. Así al manejar plántulas de 40 días al trasplante, se lograría un rendimiento potencial anual de 79.23 kg m⁻² (792 t ha⁻¹). Este rendimiento es mayor al que se lograría con el testigo (590 t ha⁻¹ al año) al obtenerse solamente 4.8 ciclos al año.

Cuadro 5. Comparación de medias para caracteres reproductivos en plantas de pepino germinadas en contenedores de diferente volumen y trasplantadas a diferentes edades.

Tratamiento	Peso de Frutos (g)	Diámetro de Frutos (cm)	Longitud de Frutos (cm)	Numero de Frutos Totales (m ²)	Rendimiento (Kg m ⁻²)	Días a Fin de Cosecha
T1 (testigo, 20 dds)	321.95 a	4.93 a	22.18 ab	38.25 a	12.31 a	76.0 a
T2 (trasplante 20 dds)	322.90 a	5.07 a	22.85 a	43.87 a	14.16 a	70.0 b
T3 (trasplante 25 dds)	300.30 a	4.89 a	21.57 b	42.13 a	12.65 a	65.0 c
T4 (trasplante 30 dds)	305.98 a	4.90 a	22.56 ab	36.25 a	11.09 a	62.0 d
T5 (trasplante 35 dds)	314.78 a	4.93 a	22.75 a	37.50 a	11.80 a	60.0 d
T6 (trasplante 40 dds)	318.55 a	4.94 a	22.26 ab	40.50 a	12.90 a	59.5 d
Dif. Min. Sig.	62.257	0.353	1.1697	10.46	3.473	2.81

Valores con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales, de acuerdo a Tukey ($\alpha=0.05$)

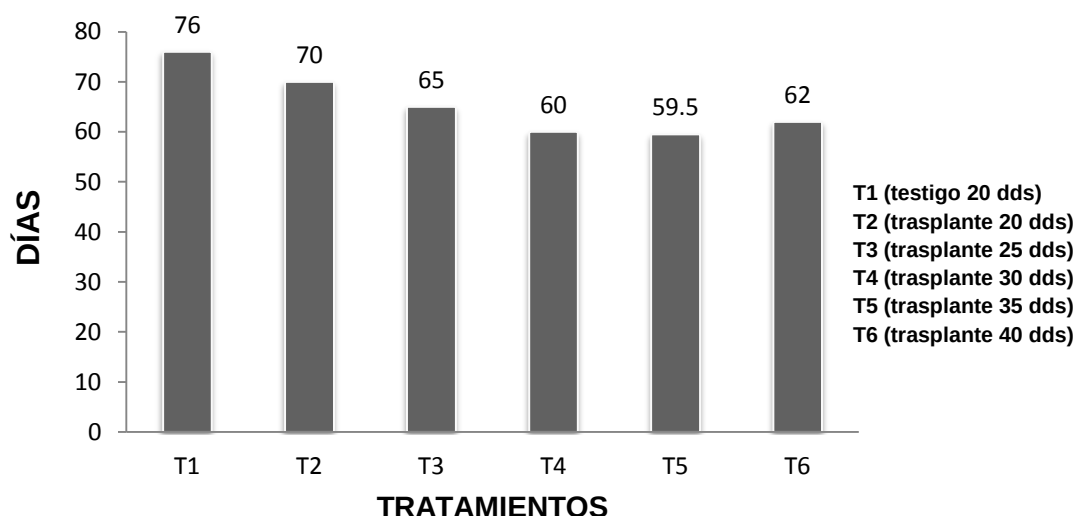


Figura 3. Tiempo de un ciclo de trasplante a final de cosecha de pepino hidropónico bajo invernadero, según la edad de trasplante.

4.1.3. Porcentaje de frutos cosechados al cuarto corte de pepino

Se realizaron 6 cortes y como criterio de precosidad en los tratamientos, se calculó el porcentaje de cosecha en el cuarto corte (Figura 4), siendo el más precoz el trasplante de 25 días (T3) con el 100 % de frutos cosechados seguido

por el trasplante a los 20 días (T2) con 97 % y el más tardío el trasplante a los 40 días con 60.41 % de frutos cosechados al cuarto corte. El testigo quedó ubicado en quinto lugar en cuanto a precosidad, únicamente por encima del trasplante a los 40 días. Esto es que a partir de trasplantes a los 25 días de edad de la plántula, el tiempo de trasplante a fin de cosecha, aumenta gradualmente conforme aumenta la edad de la plántula al momento del trasplante.

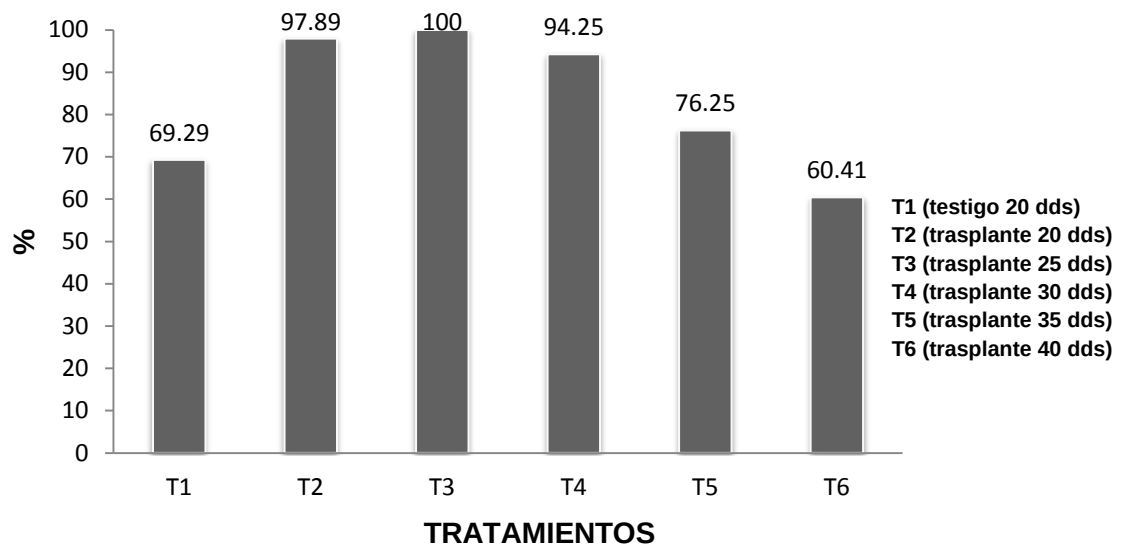


Figura 4. Frutos cosechados al cuarto corte en pepino.

4.2. Resultados en jitomate

4.2.1. Caracteres morfológicos en jitomate

En jitomate, el análisis de varianza (Cuadro 6) y las comparaciones de medias (Cuadro 7), muestran diferencias estadísticas a favor del tratamiento 2, en PST, AF y DT, con excepción de la DE, donde se favorece estadísticamente al testigo.

Para peso seco total los tratamientos de trasplante a los 30 y 38 dds (T2 y T3), fueron estadísticamente iguales, con valores de 39.40 y 36.25 g/planta. Ambos tratamientos superaron en acumulación de materia seca a los tratamientos cuyos trasplantes se hicieron con plántulas con más de 38 dds (T4 a T6). El tratamiento con el valor más bajo en peso seco fue el de plántulas de 62 dds.

Cuadro 6. Análisis de varianza en caracteres evaluados en plántulas de jitomate

Fuente de Variación.	Grados de Libertad	Peso Seco Total (g)	Área Foliar (cm ²)	Diametro de Tallo (mm)	Distancia Entre Nudos (cm)
Tratamiento	5	538.1925*	689272.1*	5.081*	0.802*
Bloque	3	0.4178	55129.1	0.017	0.108
Error	15	5.8747	64458.8	0.140	0.010
Total	23				
Coef. Var.		10.0115	24.3221	5.3103	1.8193

*Significativo a una $P= 0.05$.

El área foliar (AF), presentó diferencia estadística a favor del T2 (1853.05 cm²/planta), superando al resto de los tratamientos (T1 y T3 a T6); entre éstos no hubo diferencias estadísticas, y solamente se observó una tendencia a

reducir el AF a medida que se prolongó el tiempo de trasplante, por lo que la menor área foliar se dio con el trasplante a los 63 días (712.85 cm²/planta).

En diámetro de tallo (DT) el T2 y T1 fueron estadísticamente iguales, con valores de 8.51 y 8.42 mm respectivamente, y diferentes al resto de los tratamientos (T3 a T6), los cuales tuvieron valores estadísticos iguales.

La mayor distancia entre nudos (DE) ocurrió con trasplante de plántulas de 30 días obtenidas en charolas. En los otros tratamientos esta distancia se disminuyó estadísticamente conforme se prolongó el tiempo al trasplante.

Cuadro 7. Comparación de medias en caracteres evaluados en plántulas de jitomate

Tratamiento	PST (g)	AF (cm ²)	DT (mm)	DE (cm)
T1 (testigo 30 dds)	15.662 c	890.70 b	8.425 a	6.385 a
T2 (trasplante 30 dds)	39.400 a	1853.05 a	8.510 a	6.100 b
T3 (trasplante 38 dds)	36.250 a	1062.42 b	6.650 b	5.675 c
T4 (trasplante 46 dds)	23.087 b	787.30 b	4.435 b	5.235 d
T5 (trasplante 54 dds)	21.287 b	956.75 b	6.410 b	4.985 e
T6 (trasplante 62 dds)	9.575 d	712.85 b	5.875 b	4.635 f
DMS	5.565	583.25	0.8603	0.2300

Valores con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales, de acuerdo a Tukey ($\alpha=0.05$)

Los resultados del crecimiento favorecen como mejor tratamiento el trasplante a los 30 dds (plántulas obtenidas en macetas de 850 cm³), en los tres primeros caracteres estudiados (PST, AF y DT), notándose una reducción del tamaño y calidad de las plantas en su desarrollo a medida que la edad de trasplante fue más tardío.

La condición anterior (plántulas crecidas en macetas de 850 cm³ y 30 días de edad al trasplante) permitió que desde el semillero éstas dispusieran de mejores condiciones favorables a nivel radical que les permitió un mejor desarrollo en la parte aérea. Esto coincide con lo reportado por Nesmit y Duval, (1998) y Moreno *et al.* (2010), quienes encontraron que el tamaño de las cavidades para manejar plántulas en semillero influye en su vigor, crecimiento y desarrollo. Por su parte Cooper *et al.* (2002), señalan que al aumentar el volumen de la cavidad, se incrementa el desarrollo de las plantas, la precocidad de la floración y cosecha, lo que explica, por qué plántulas trasplantadas a 30 dds y con ese volumen de 850 cm³ de sustrato, presentaron mejores características de crecimiento. Dicho de otra forma, los caracteres fisiológicos y morfológicos de las plántulas y que después se reflejan en plantas adultas, son afectados por la restricción de espacio para el crecimiento de raíces tal como lo señalan Nesmith y Duval (1998).

(Reghin *et al.*, 2006), también señalan que una mayor tasa de producción de fotoasimilados y en consecuencia de materia seca acumulada, favorece el crecimiento y desarrollo del jitomate.

La condición de espacio para las raíces fue cada vez más restringida conforme el trasplante se hizo más tardío, ya que a medida que las plántulas crecían, el espacio para las raíces fue reduciéndose, lo que se reflejó en plantas de menor calidad. Estos resultados, coincidieron con lo reportado por Ruff *et al.* (1987), quienes consideran que la limitación de espacio para el desarrollo de las raíces provoca un desarrollo radical corto y ramificado y una menor producción y

translocación de citocininas, que son reguladores del crecimiento necesarios en los procesos de división celular.

4.2.2. Rendimiento y sus componentes en jitomate

No se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos para las variables de peso de fruto (PF), diámetro de fruto (DF) y longitud de fruto (LF); en lo que sí hubo diferencias significativas fue en número de frutos y en rendimiento por unidad de superficie (Cuadros 8 y 9).

Con ambos trasplantes de 30 días y con el de 38, se produjeron 122.0, 122.6 y 106.3 frutos/m², respectivamente. Entre éstos no hubo diferencias, pero fueron superiores respecto a los tratamientos con trasplantes más tardíos, siendo el trasplante a los 62 días con el que menos frutos se produjo (92.37 frutos/m²). Entre los tratamientos de mayor (T2) y menor (T6) número de frutos, hay una diferencia de 30 frutos/m², lo que deja en claro que para jitomate, la mejor edad de trasplante en cuanto a NFT, fue a los 38 días, con contenedores de 850 cm³, como los utilizados en este experimento. Esta afirmación también se sustenta en una publicación de Cooper *et al.* (2002), quienes al estudiar el efecto del volumen de sustrato en plántulas de jitomate, concluyeron que un mayor volumen de sustrato por plántula en semillero influye en el tamaño de fruto y por tanto en el rendimiento.

El rendimiento (Kg m^{-2}), tuvo un comportamiento similar al observado en número de frutos, de manera que con ambos trasplantes de 30 días y con el de 38 días, el rendimiento fue estadísticamente el mismo (14.82 y 16.19 kg m^{-2}). Éste fue disminuyendo al hacerse trasplantes más tardíos, particularmente cuando el trasplante se hizo a los 62 días, con el cual solamente se cosecharon 11.34 Kg m^{-2} .

Con trasplante de 46 y 54 días de edad de las plántulas, el rendimiento fue de 12.60 y 13.19 Kg m^{-2} . Sin embargo, estadísticamente resultó igual que con trasplante a los 30 días de plantas provenientes de charolas.

Con base en el tiempo transcurrido de trasplante a fin de cosecha (Cuadro 9 y Figura 5), se encontró que el hecho de hacer un trasplante con plántulas de 30 días obtenidas en charolas de 200 cavidades, implicó un ciclo más tardío (109.5 días); con la misma edad de plántulas, pero obtenidas en un contenedor de 850 cm^3 , hubo una ganancia en precocidad de 10 días, y con el trasplante ocho días después (plántulas de 38 días de edad), el ciclo del cultivo también se acortó en esa misma medida.

Es importante señalar que con el trasplante a los 38 días (con plántulas obtenidas en macetas), el periodo de trasplante a fin de cosecha fue solamente de 92 días, lo que permitiría obtener casi 4 ciclos de cultivo por año. Así se lograría un rendimiento potencial anual de 50 kg m^{-2} (500 t ha^{-1} al año), similar e incluso mayor a los rendimientos que se han reportado en jitomate con sistemas de alta tecnología (Velasco y Nieto, 2006).

Cuando el trasplante se hizo a los 54 días de edad de las plántulas, el ciclo de cultivo de trasplante a fin de cosecha fue de 85 días, es decir, 25 días más precoz que con trasplante usando charolas de 200 cavidades que normalmente se utilizan en semilleros comerciales. Con este sistema es posible obtener 3.3 ciclos de cultivo al año, mientras que con trasplante de 54 días, se lograría un ciclo más, esto si los factores se mantienen constantes. El rendimiento en el primer caso fue de 14.82 Kg m^{-2} , de manera que en tres ciclos se lograría un rendimiento aproximado de 489 t ha^{-1} al año, y con el trasplante tardío el rendimiento fue de 13.19 Kg m^{-2} , lo que permitiría un rendimiento anual aproximado de 567 t ha^{-1} . Este rendimiento es incluso mayor al que se lograría con trasplante de plántulas de 38 días en semillero utilizando macetas de 850 cm^3 , (488 t ha^{-1}) ya que no hubo diferencias estadísticas en dicha variable, pero sí en precocidad, y 79 t ha^{-1} al año más que al utilizar charolas de 200 cavidades para la obtención de plántulas. Una ventaja adicional del trasplante más tardío que se observó en este estudio es la sanidad de plantas que se puede tener en el invernadero por la precocidad con que se logra la cosecha.

Algunos autores, señalan que la condición de aumento en el volumen del sustrato y una densidad de población baja en semillero, como responsables directos del aumento de vigor y rendimiento por planta. Así por ejemplo, Sánchez *et al.* (2012), señalan que el ambiente generado por una densidad baja en semillero (con el uso de macetas de 850 cm^3), permite obtener plántulas con más vigor definido éste por mayor altura, área foliar, número de hojas y peso seco total al momento del trasplante, que las manejadas a densidad mayor (en

charolas). Además indican que un mayor volumen de sustrato favorece la altura de plántulas, y que la densidad menor de población en semillero, tiene un efecto suficiente para promover un mayor número de flores y frutos por planta respecto a la densidad alta usada en semilleros convencionales.

Cuadro 8. Análisis de varianza en caracteres reproductivos de plantas de jitomate germinados en contenedores de diferente volumen y trasplantados a diferentes edades

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Peso de Frutos (g)	Diámetro de Fruto (mm)	Longitud de Fruto (mm)	Número de Frutos Totales m ²	Rendimiento (Kg m ⁻²)	Días a Fin de Cosecha
Tra	5	124.393*	39.121*	10.811*	619.868*	12.034*	386.041*
Blo	3	151.888	32.532	6.172	82.815	0.559	22.8194
Error	15	192.872	30.712	19.461	61.124	0.633	11.8194
Total	23						
Coef. Var.		11.096	9.7858	5.9964	7.2769	5.3880	3.6884

*Significativo a una $P=0.05$.

Además, Sánchez *et al.* (1998), señalan que quizá la ventaja más grande encontrada en el sistema de poda temprana y altas densidades de población, en combinación con trasplantes tardíos en jitomate, es la obtención de varios ciclos al año y la producción concentra en tan poco tiempo, que permite al productor aprovechar ventanas de mejores precios en el mercado, esto con una buena programación de las etapas de producción que se puede hacer coincidir con las fechas de mejores precios en el mercado. Además, es un sistema adaptable a invernaderos de menor altura, y por tanto con estructuras menos costosas, que daría mayor rentabilidad económica.

Cuadro 9. Comparación de medias para caracteres reproductivos en plantas de jitomate germinadas en contenedores de diferente volumen y trasplantadas a diferentes edades.

Tratamiento	Peso de Frutos (g)	Diámetro de Fruto (mm)	Longitud de Fruto (mm)	Número de Frutos Totales m ²	Rendimiento (Kg m ⁻²)	Días a Fin de Cosecha
T1 (test. 30 dds)	121.50 a	56.565 a	71.615 a	122.00 a	14.82 ab	109.5 a
T2 (trat. 30 dds)	132.90 a	62.765 a	74.930 a	122.62 a	16.19 a	100.0 b
T3 (trat. 38 dds)	117.72 a	55.850 a	74.250 a	106.37 ab	12.52 b	92.0 c
T4 (trat. 46 dds)	128.25 a	54.418 a	72.515 a	98.25 b	12.60 b	88.5 c
T5 (trat. 54 dds)	128.10 a	55.825 a	75.758 a	103.00 b	13.19 b	84.7 c
T6 (trat. 62 dds)	122.87 a	54.370 a	72.353 a	92.37 b	11.34 c	84.5 c
Dif. Min. Sig.	31.906	12.732	10.135	17.961	1.829	7.89

Valores con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales, de acuerdo a Tukey ($\alpha=0.05$)

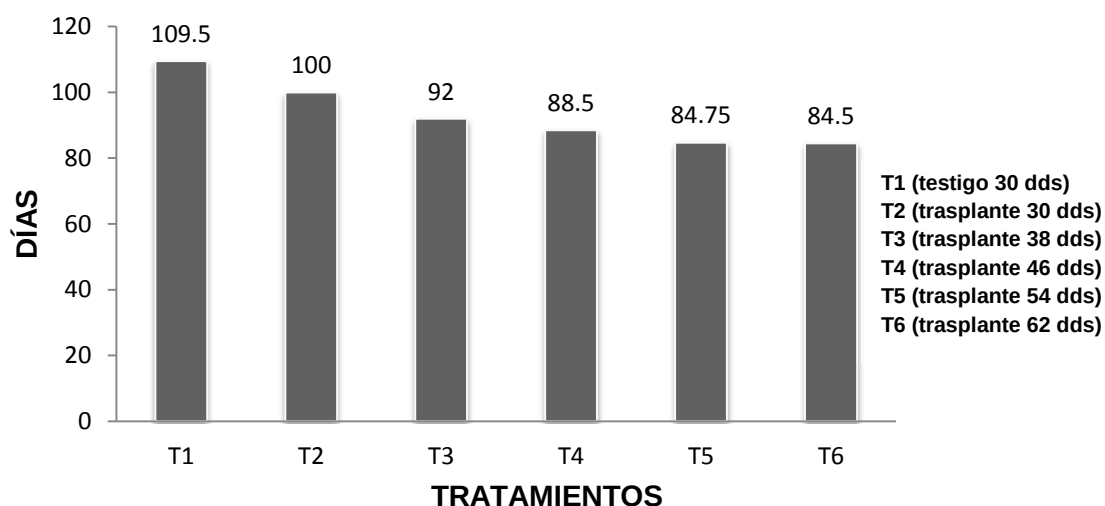


Figura 5. Duración de un ciclo de trasplante a final de cosecha de jitomate hidropónico bajo invernadero según la edad de trasplante

4.2.3. Porcentaje de frutos cosechados al decimo corte en jitomate

En jitomate se realizaron un total de 14 cortes, y se tomó el porcentaje de frutos cosechados al corte 10 (Figura 6) como criterio de precosidad de cosecha según los tratamientos, siendo los más precoces los trasplantes a los 30 y 38 días respectivamente, con plantas obtenidas en los contenedores de 850 cm³.

El porcentaje de frutos cosechados disminuyó a medida que el trasplante fue más tardío, de manera que con el trasplante más tardío solamente se tenía 64.19 % de frutos cosechados al decimo corte. El testigo quedó ubicado en quinto lugar.

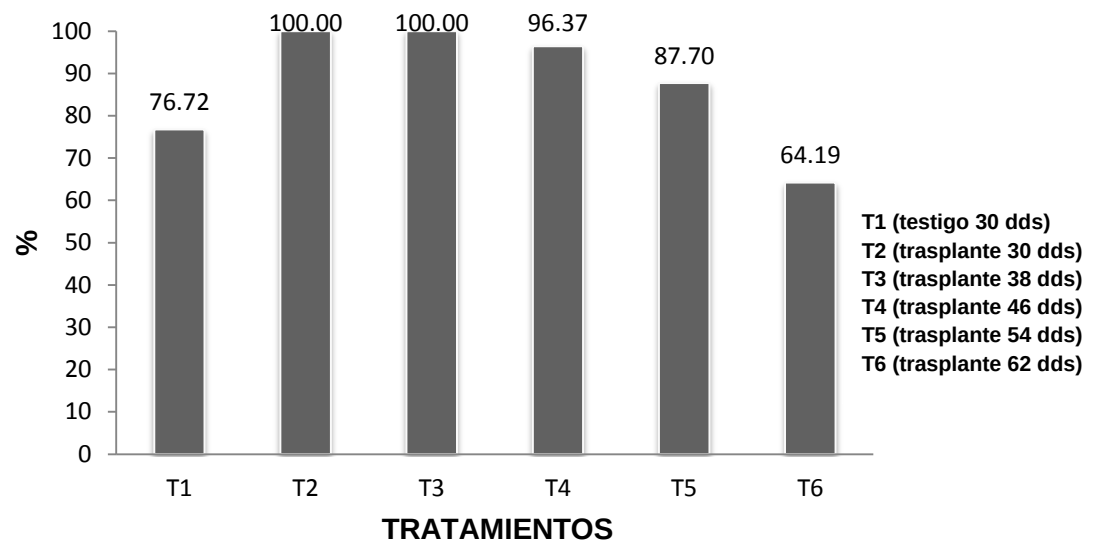


Figura 6. Frutos cosechados al corte diez en jitomate.

4.3. Resultados en pimiento

4.3.1. Caracteres morfológicos en pimiento

El análisis de varianza (Cuadro 10) y las comparaciones de medias (Cuadro 11), muestran diferencias estadísticas en los cuatro caracteres morfológicos estudiados, en dos de éstos (peso seco y área foliar) en favor del tratamiento consistente en trasplante a los 40 días después de la siembra y producidas en macetas de 850 cm³. El mayor peso seco y área foliar fue de 46.1 y 1913.1 cm²/planta. Las plantas procedentes de trasplantes a los 40 y 50 días (14.25 y 14.0 mm, respectivamente) obtenidas en macetas de 850 cm³, fueron de mayor diámetro que las del trasplante a los 70 días. Las plantas de los tratamientos con mayor diámetro fueron también las que tuvieron mayor distancia entre nudos, siendo el trasplante más tardío la que dio plantas de menor distancia entre nudos.

Cuadro 10. Análisis de varianza en caracteres evaluados en plántulas de pimiento.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Peso Seco Total (g)	Área Foliar (cm ²)	Diámetro de Tallo (mm)	Distancia Entre Nudos (cm)
Tratamiento	5	216.29*	547416.89*	5.75*	7.72*
Bloque	3	3.03	8381.25	0.13	0.18
Error	15	3.44	5760.41	0.88	0.086
Total	23				
Coef. Var.		5.383	5.262	7.229	3.392

*Significativo a una $P=0.05$

Los resultados aquí obtenidos, coinciden con Moreno *et al.* (2010), quienes indican que con mayor espacio para la raíz, hay un efecto favorable en el crecimiento posterior de las plantas tanto de la parte radical como de las

estructuras aéreas. Con plántulas de mayor edad en semillero, se tuvo una mayor cantidad de raíces creciendo en el mismo espacio de contenedor, lo que seguramente fue afectando de manera negativa el crecimiento de las plantas, de manera que con los trasplantes más tardíos, se obtuvieron plantas con menor desarrollo posterior tal como se muestra en los resultados de caracteres morfológicos en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Comparación de medias en caracteres evaluados en plántulas de pimiento

Tratamiento	Peso Seso Total (g)	Área Foliar (cm ²)	Diametro de Tallo (mm)	Distancia Entre nudos (cm)
T1 (Testigo 40 dds)	26.95 d	1089.70 d	12.75 ab	8.57 b
T2 (trasplante 40 dds)	46.10 a	1913.12 a	14.25 a	10.27 a
T3 (trasplante 50 dds)	36.60 b	1670.71 b	14.00 a	9.72 a
T4 (trasplante 60 dds)	32.07 c	1479.30 c	12.75 ab	7.82 c
T5 (trasplante 70 dds)	30.70 cd	1057.75 d	11.25 b	6.85 d
Dif. Min. Sig.	4.184	142.51	1.764	0.66

Valores con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales, de acuerdo a Tukey ($\alpha=0.05$)

4.3.2. Rendimiento y sus componentes en pimiento

Se encontró que en todos los caracteres relacionados con componentes del rendimiento (peso de fruto, diámetro de fruto, longitud de fruto y número de frutos totales), no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos, excepto para diámetro de fruto en el que con trasplante a los 70 días, los frutos fueron de menor diámetro respecto al trasplante de 30 días de plántulas de charolas de 200 cavidades.

En rendimiento (REN) solamente hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos de 40 y 70 al trasplante, con valores de 15.08 y 11.31 kg m⁻² respectivamente (Cuadro 13).

Cuadro 12. Análisis de varianza en caracteres reproductivos de plantas de pimiento germinados en contenedores de diferente volumen y trasplantados a diferentes edades

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Peso de Frutos (g)	Diámetro de Frutos (mm)	Longitud de Frutos (mm)	Número de Frutos Totales (m ²)	Rendimiento (Kg m ⁻²)	Días a Fin de Cosecha
Tratamiento	5	958.12*	44.79*	10.38*	76.65*	7.21*	652.30*
Bloque	3	1016.74	10.37	8.57	297.21	5.13	4.05
Error	15	790.48	8.59	8.88	68.59	1.15	6.30
Total	23						
Coef. Var.		10.654	3.083	3.707	16.121	10.386	1.785

*Significativo a una $P=0.05$.

En cuanto al tiempo del trasplante a fin de cosecha (DAF) se muestran diferencias estadísticas entre los tratamientos, teniendo como el más tardío al T1 con 157.25 días, y como más precoz el tratamientos T5 con 124 días.

Entre los trasplantes de 40, 50 y 60 días al trasplante, no hubo diferencias en rendimiento, pero en tiempo para llegar al final de la cosecha, hay una diferencia de 23 días entre el primero cuando la plántula se obtiene en charola

De esta manera trasplantando a los 40 días con plántulas obtenidas en macetas, que fue con la que se produjo más en valores absolutos se tendría un rendimiento de 362 t ha⁻¹ anual, mientras que con el trasplante a los 60 días, el rendimiento anual sería de 359 t ha⁻¹, es decir, un rendimiento similar. La diferencia o ventaja para el trasplante a los 60 días, sería el menor tiempo de las plantas en el invernadero (15 días menos), que haría que la producción sea

más redituable, ya que el costo de producción se disminuye de manera importante.

Cuadro 13. Comparación de medias para caracteres reproductivos en plantas de pimiento germinadas en contenedores de diferente volumen y trasplantadas a diferentes edades.

Tratamiento	Peso de Frutos (g)	Diámetro de Frutos (mm)	Longitud de Frutos (mm)	Numero de Frutos Totales (m ²)	Rendimiento (Kg m ⁻²)	Días a Fin de Cosecha
T1 (testigo 40 dds)	273.14 a	99.55 a	81.79 a	47.87 a	13.07 ab	157.25 a
T2 (trasplante 40 dds)	267.00 a	94.22 ab	81.71 a	56.00 a	15.08 a	148.00 b
T3 (trasplante 50 dds)	256.72 a	95.71 ab	81.17 a	50.75 a	13.03 ab	139.50 c
T4 (trasplante 60 dds)	274.60 a	96.52 ab	78.44 a	48.50 a	13.31 ab	134.00 c
T5 (trasplante 70 dds)	241.29 a	92.35 b	78.88 a	46.87 a	11.31 b	124.00 d
Dif. Min. Sig.	63.36	6.61	6.72	18.664	2.43	5.65

Valores con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales, de acuerdo a Tukey ($\alpha=0.05$)

Por los resultados anteriores, es de considerarse como benéfico el empleo de macetas de 850 cm³, al proporcionar más espacio radical a las plántulas, en comparación con charolas de 200 cavidades, que proporcionan menor volumen, lo que influye directamente en la formación de raíces, que permite mejor desarrollo de las plántulas en la parte aérea (Cuadro 11), sin efectos negativos en el rendimiento.

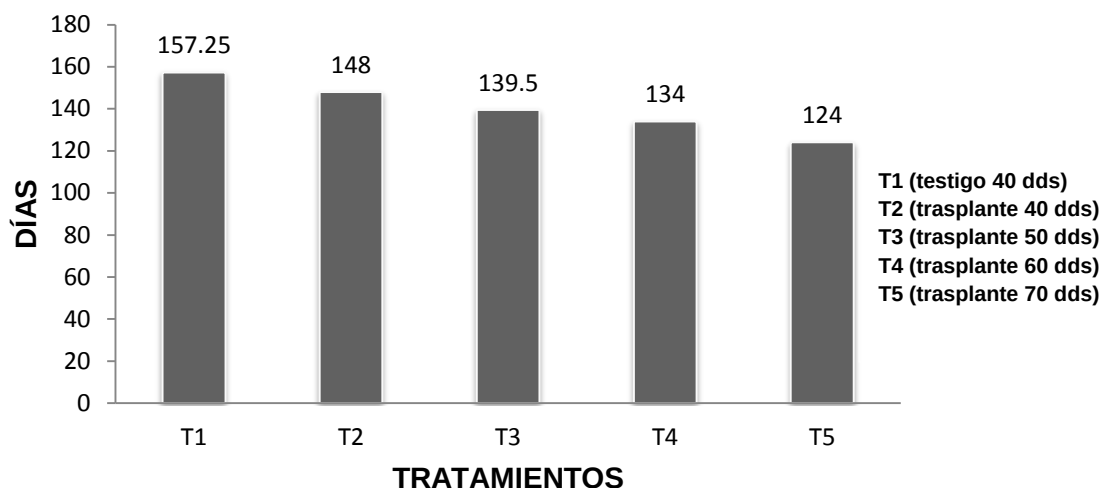


Figura 7. Duración de un ciclo de trasplante a final de cosecha de pimiento hidropónico bajo invernadero según la edad de trasplante

4.3.3. Porcentaje de frutos cosechados al octavo corte en pimiento.

En pimiento se realizaron 10 cortes, y se graficó el porcentaje de frutos cosechados al corte 8 (Figura 8), para ubicar la precosidad de cosecha de los tratamientos, teniendo como mas precoces al T2 con el 100 % de frutos cosechados, trasplantados a los 40dds respectivamente, seguido por T3 con 99.87 % y el mas tardio el T4 con 98.11 % de frutos cosechados al octavo corte. El testigo queda ubicado en cuarto lugar, unicamente por encima del T4.

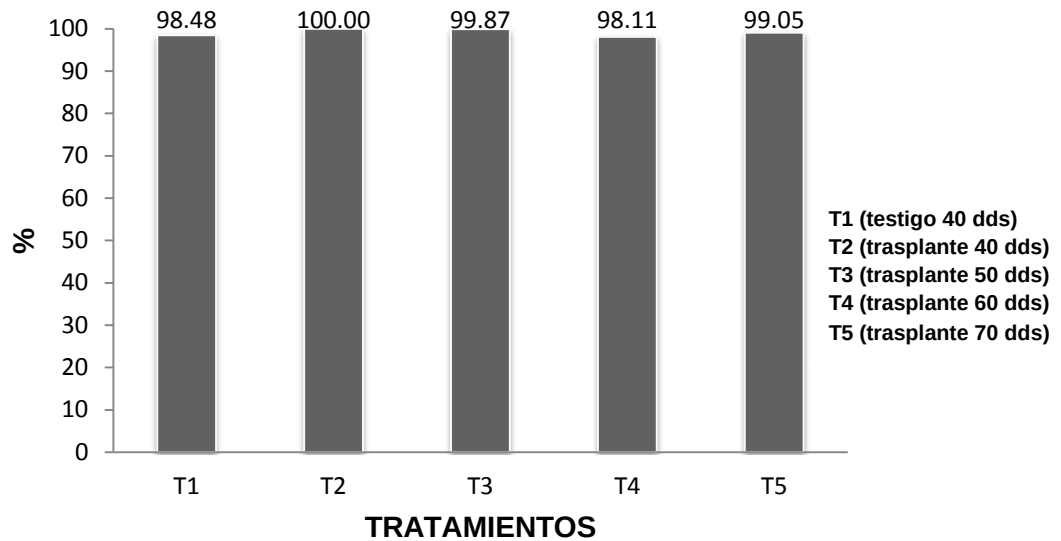


Figura 8. Frutos cosechados al octavo corte de pimiento en cultivo hidropónico bajo invernadero

4.4. Temperaturas dentro del invernadero

Dentro de los factores como, ventilación, humedad relativa, entre otros, la temperatura toma un papel importante ya que influyen en el desarrollo de las plantas, como en la tasa de crecimiento y desarrollo de muchos procesos metabólicos de las plantas. De acuerdo con Jones (2005), para jitomate, cuando la temperatura del aire está entre 23 a 24 °C los carbohidratos transportan con mayor eficacia hacia el fruto; durante el crecimiento del fruto, el cuajado no se produce por encima de temperaturas promedio superior a 30 °C.

Para pepino la temperatura óptima es de 25 a 27 °C para el desarrollo y crecimiento del cultivo, (Guenkov, 1974).

Pimiento necesita de temperaturas de 20 a 25 para la germinación y 28 para el desarrollo, y soportando una máxima de 40 °C, si tener efectos en el crecimiento de frutos, (Serrano, 1996).

La figura 9, muestra como en el presente trabajo, la temperatura promedio se mantuvo cercana a los 20 °C, con algunas fluctuaciones, principalmente en los primeros días de establecidos los cultivos.

La temperatura máxima, presentó marcadas oscilaciones, durante el primer mes, debido a los múltiples días soleados y otros nublados que se presentó durante esos días, posterior a eso, la temperatura tendió a bajar, a causa de la entrada de la temporada de lluvias en la región.

La temperatura mínima, por su parte, fue más estable, manteniéndose cercana a los 8 °C, durante caso todo el desarrollo de los cultivos.

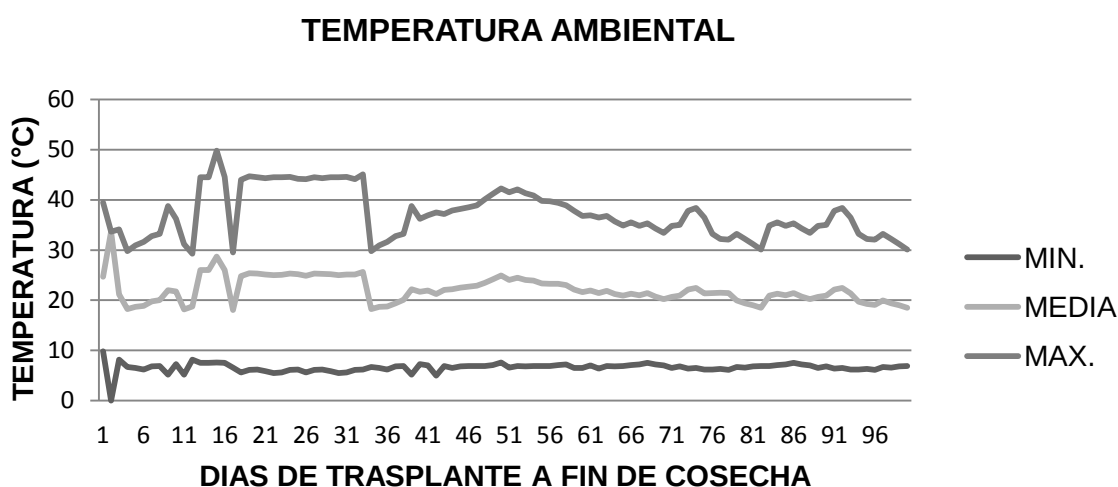


Figura 9. Temperaturas dentro del invernadero durante un ciclo de desarrollo del cultivo de pepino, jitomate y pimiento

Tanto en Pepino, Jitomate y Pimiento, no se observaron efectos negativos por parte de la temperatura al interior del invernadero, en el crecimiento y desarrollo de las plantas, tal y como lo muestran los resultados de caracteres morfológicos y de crecimiento.

4.5. Intensidad de luz dentro del invernadero

La luz, es un factor determinante en los procesos fisiológicos de las plantas, que afecta directamente la productividad de los cultivos, esencial para activar el desarrollo de las plantas, a través de la fotosíntesis. La luz es la parte visible de la radiación solar, que se ubica en 390 a 760 nm; en las plantas las longitudes de 400 a 700 nm son las idóneas para el proceso de fotosíntesis y se le conoce como radiación fotosintéticamente activa (PAR) y las mediciones se expresan como densidad de flujo de fotones fotosintéticos (PPFD). Sus componentes son la calidad, cantidad, intensidad y fotoperiodo. La eficacia con que las hojas interceptan la luz depende de su área foliar, disposición y ángulo con que crecen las hojas en la planta; así, manipulando su densidad (o acomodo de plantas) se logra interceptar la mayor cantidad de PPFD (Papadopoulos y Pararajasingham, 1997); y con ello mayor rendimiento por unidad de superficie y tiempo.

En este trabajo, se determinó la intensidad de luz diaria en tres tiempos, a las 9, 13 y 17 horas del día, para observar, las condiciones de luz a la cual se desarrollaron los cultivos de Pepino, Jitomate y Pimiento. Obteniéndose que

tales condiciones de luz fueran favorables al desarrollo de los cultivos, al coincidir con el Papadopoulos y Pararasinham (1997), quien dice que las longitudes de 400 a 700 nm son las idóneas para el proceso de fotosíntesis necesario para las plantas. Y la figura 10, muestra que la intensidad de luz, después de mediodía se mantuvo a lo largo del proceso productivo cercana a los 500 nm.

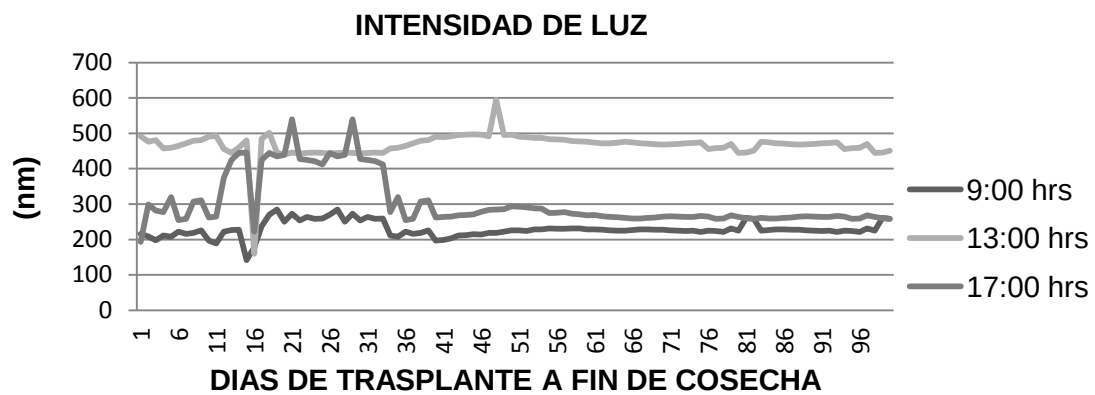


Figura 10. Longitud de onda de luz dentro del invernadero durante un ciclo de desarrollo del cultivo de pepino, jitomate y pimiento

V. CONCLUSIONES

En pepino es posible producir un ciclo del cultivo en un periodo de trasplante a fin de cosecha de 60 días, utilizando plántulas de 40 días de edad sin disminución en el rendimiento (8.51 Kg m^{-2} de invernadero), con plantas despuntadas a 1.2 m de altura, manejando 9 plantas/m^2 útil y usando en semillero contenedores de 0.85 L de volumen de sustrato. Esto indica un rendimiento potencial de 522.72 t ha^{-1} al año en invernadero.

En jitomate es posible producir un ciclo del cultivo en un periodo de trasplante a fin de cosecha de 85 días, utilizando plántulas de 54 días de edad sin disminución en el rendimiento (8.7 Kg m^{-2} de invernadero), con plantas despuntadas al formarse el tercer racimo, manejando 9 plantas/m^2 útil y usando en semillero contenedores de 0.85 L de volumen de sustrato. Esto indica un rendimiento potencial de 374.22 t ha^{-1} al año en invernadero. El uso de plántulas de 54 días de edad, permitió obtener un ciclo de cultivo más que cuando las plántulas fueron obtenidas en charolas de 200 cavidades.

Para pimiento es posible producir un ciclo del cultivo en un periodo de trasplante a fin de cosecha de 134 días, utilizando plántulas de 60 días de edad sin disminución en el rendimiento (8.78 Kg m^{-2} de invernadero), con plantas con despunte inmediatamente arriba de la cuarta bifurcación, manejando 7.5 plantas/m^2 útil y usando en semillero contenedores de 0.85 L de volumen de sustrato. Esto indica un rendimiento potencial de 296.94 t ha^{-1} al año en invernadero. El uso de plántulas de 60 días de edad, permitió acortar el ciclo de

producción por 23 días, que cuando las plántulas fueron obtenidas en charolas de 200 cavidades.

VI. LITERATURA CITADA

- AMHPAC. 2010. Asociación Mexicana de Horticultura Protegida. www.amhpac.org. Fecha de consulta: 28-02-2012.
- BAEZA L., J. C. 1997. Producción de chile pimiento tipo Bell (*Capsicum annum* L.) en hidroponía bajo invernadero. Tesis Prefesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 62 p.
- BRINGAS G., L. 2004. Cultivo en suelo. Densidad de plantación, podas y manejo de plagas. Chiles y Pimientos. Revista productores de Hortalizas. Julio 2004. 10 p.
- BRUNET L., R.; VALLE R., N.; ACOSTA M, E. 1991. La producción de Tomates en Condiciones de Hidroponia. Editorial Científico-Técnico. La Habana, Cuba. 63 p.
- CAMARENA B., J. G. 2002. Acortamiento del ciclo del cultivo del pepino europeo mediante despuntes tempranos. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 57 pp.
- CARMI A, B. H. 1981. The role of roots in control of bean shoot growth. Ann. Bot. 48: 519-527.
- CARMI A., J. 1983. Root effects on cotton growth and yield. Crop Sci. 23:875-878.
- CASTELLANOS J., Z. 2009. Manual de producción de tomate en invernadero. Intagri. S. C. 1ra. Edición. México. 456 p.
- CHALLINOR P., F. 1996. Producción de pimiento en climas fríos. *In*: Pimientos. Namesny, V. (Ed). Ed. de Horticultura. Reus, España. p: 41-44.
- COOPER P., E.; STARK C. R.; FRANCIS P. B.; GINSON A.; GREEN., J.; MCGRAW M. AND TRUAX., B. 2002. The effect of tomato transplant container size on yield and quality of fresh-market tomatoes. Arkansas Agricultural Experiment Station. Horticultural Studies. Research series 494 pp.

- CRUZ ., N.; ORTIZ C., J.; SÁNCHEZ C., F.; MENDOZA C., M. C. 2005. Biomasa e índices fisiológicos en chile morrón cultivados en altas densidades. Revista. Fitotecnia Mexicana 28: 287–293.
- CRUZ H., N.; SÁNCHEZ C., F.; ORTIZ C., J.; MENDOZA C., M. C. 2009. Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y período de cosecha en chile pimiento. Agricultura Técnica en México 35: 70–77.
- FAO. 2009. Soilless culture for horticultural crop production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia.
- FLORES M., J. 1987. Prueba de adaptabilidad y rendimiento de siete variedades de pepino (*Cucumis sativus*) en el campo experimental de la facultad de agronomía de la universidad Autónoma de Nuevo León. Tesis profesional. Monterrey Nuevo León. 42 p.
- FLORES D.; FORD, M. 2010a. Greenhouse and Shade House Production to Continue Increasing. USDA, Foreign Agricultural Service. Global Agricultural information Network. USA. 10 p.
- GÁLVEZ H., F. 2004. El cultivo de pepino en invernadero. *In*: Manual de Producción Hortícola en Invernadero, 2a ed. R J Castellanos (Ed). INTAGRI. Celaya, Gto. México. pp: 282-293.
- GARCÍA E. 1988. Los climas del Valle de México, según el sistema de clasificación climática de Koppen. 4ta. Edición. Instituto de geografía. Universidad nacional autónoma de México, D.F., México. pp: 132.
- GUENKOV, G. 1974. Fundamentos de la horticultura cubana. Instituto cubano del libro. La Habana. 335 p.
- GRIJALVA C., R. L.; MACIAS D., R.; ROBLES C., F. 2008. Productividad y calidad de variedades de chile Bell pepper bajo condiciones de invernadero en el noroeste de Sonora. Biotecnia, Vol. X, No. 3, septiembre-diciembre. Sonora, México. 28 p.
- HUERRES P., C. 1988. Horticultura. Editorial Pueblo y Educación. La habana, Cuba. 24 pp.

- IÑIGUEZ C., G.; IÑIGUEZ F., F.M.; MARTINEZ G., A.; RYCKEBOER J. 2011. Separación de residuos domiciliarios para la preparación de composta y su análisis en la producción. Agrociencias. México. pp: 43-49.
- JONES J., B. 1999. Tomato plant culture. Ed. CRC Press. 1990 p. Boca Ratón, Florida, USA. 199 p.
- JORGE S., M. Y SÁNCHEZ DEL C., F. 2003. Densidades de población, arreglos de dosel y despunte en jitomate cultivado en hidroponía bajo invernadero. Revista Fitotecnia Mexicana. 26(004): 257-262.
- JOVICICH, E.; CANTLIFFE D., J.; STOFELLA, P. J. 2004a. Fruit yield and quality of greenhouse-grown bell pepper as influenced by density and trellis system. Hortotechnology 14:507-513.
- LEÓN., J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. Segunda Edición. Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 393 p.
- MAROTO B., J. V. 1983. Horticultura Herbácea Especial. Editorial Mundi-prensa. Madrid España. 566 p.
- MARTÍNEZ C., E.; GARCÍA L., M. 1993. Cultivos sin Suelo: Hortalizas en Clima Mediterráneo. Compendio de Horticultura Núm. 3. Ediciones de Horticultura. Barcelona, España. 123 p.
- MONTAÑO M., N. J.; NUÑEZ J., C. 2003. Evaluación del efecto de la edad de trasplante sobre el rendimiento en tres selecciones de Capsicum chinense Jacq., en Jusepin, estado Managás. Revista facultad de agronomía (Luz) 20: 144-155.
- NESMITH D., S. AND DUVAL R., J. 1998. Trasplant production and performance: The effect of container cell size. Department of Horticulture. Georgia Experiment Station. Griffin, G. A. USA. HortTechnology 8:1-4.
- NUEZ V., F.; GIL, R. O. Y COSTA J., G. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 607 p.

- NÚÑEZ, M. 1996. Influencia de nuevos biorreguladores cubanos en la producción de hortalizas en condiciones tropicales. / En: XLIV Reunión Anual de la Sociedad Interamericana de Horticultura Tropical, (sept. 28-oct.2, Barquisimeto).- Barquisimeto, Venezuela. p. 23.
- RESENDIZ M., R. C.; MORENO P., E. C.; SANCHEZ DEL C., F.; RODRIGUEZ P., J. E.; LOMELI P., A. 2010. Variedades de pimiento morrón manejados con despunte temprano en dos densidades de población. Rev. Chapingo. Ser. Horticultura. 16(3)122-132.
- RUFF M., S.; KRIZER D., T.; MIRECKI R., M.; INOUE D., W. 1987. Restricted root zone volume: influence on growth and development of tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112:763-769.
- ORTIZ C., J.; SÁNCHEZ DEL C., F.; MENDOZA C., M. DEL C.; TORREZ G., A. 2009. Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. Revista Fitotecnia Mexicana. 32(4): 289-294.
- PAPADOPOULOS., A. P.; PARARAJASINGHAM,. S. 1997.The influence of plant spacing on light interception and use in greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.): Areview. Scientia Horticulturae 69: 1-29.
- PAPADOPOULUS., A. P. 1994. Growin greenhouse seedles cucumbers in soil and in soilless media.Agricultura and Agri-Food. Canada. 126 p.
- PONCE O., J.; SANCHES DEL C., F.; CONTRERAS M., E.; CORONA S., T. 2000. Efecto de modificaciones al ambiente en la floración y fructificación de jitomate (*Lycopersicum sculentum* Mill.). Revista Fitotecnia. 23: 87-98.
- PÉREZ A., J. L. 1984. Cultivo de pepino en invernadero. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Publicaciones de Extensión Agraria. Madrid, España. 303 p.
- REGHIN, M. Y.; OTTO R., F.; OLINIK J., R.; JACOBY E., C. F. 2006. Producao de cebola sobre palhada a partir de mudas obtenidas em bandejas com diferentes números de cédulas. Hort. Bras. 24:289-297.

- RESH, H. M. 1997. Cultivos Hidropónicos. Mandí Prensa. Barcelona, España. 507 p.
- RESH, H. M. 2004. Cultivos Hidropónicos. Tercera edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 369 p.
- RODRÍGUEZ R., R. 1984. El cultivo moderno del tomate. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 206 p.
- RUFF, M. S.; KRIZER., D. T.; MIRECKI., R. M. AND INOUE., D. W. 1987. Restricted root zone volume: influence on growth and development of tomato. J. Am. Soc. Hort. Sci. 112: 763-769.
- SÁNCHEZ DEL C., F.; MORENO P., E DEL C.; MORALES M. A.; PEÑA L. A.; COLINAS L., M. T. 2012 Densidad de población y volumen de sustrato en Plántulas de Jitomate (*Lycopersicon lycopersicon* Mill.). *Agrociencia*, 46(3): 255-266.
- SÁNCHEZ DEL C., F.; MORENO P., E DEL C.; CONTRERAS M., E.; VICENTE. G., E. 2006. Reducción del ciclo de crecimiento en pepino europeo, mediante trasplante tardío. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 29(2): 87 - 90.
- SÁNCHEZ DEL C., F.; MIRANDA V., I.; NIETO A., R.; VILLEGAS R., H. 2004. Evaluación de Sustratos y Variedades en la Producción Protegida de Jitomate (*Lycopersicon esculnetum* Mill.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 10(2): 113-120.
- SÁNCHEZ DEL C., F.; MORENO P., E. DEL C.; CRUZ A., E. L. (2009). Producción de jitomate en hidroponía bajo invernadero en un sistema de dosel en forma de escalera. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 15(1): 67-73.
- SÁNCHEZ DEL C., F.; ESCALANTE R., E. 1988. Hidroponía. 3ª ed. Ed. Universidad Autónoma Chapingo. México. 194 p.
- SÁNCHEZ DEL C., F. Y PONCE O., J. 1998. Proyecto de Producción de hortalizas en hidroponía bajo invernadero en el valle de San Fernando. Chapingo, México. 194 p.

- SÁNCHEZ DEL C., F.; ORTÍZ C., J.; MENDOZ C., M. C.; GONZÁLEZ H., V. A. Y COLINAS L., M. T. 1999. Características morfológicas asociadas con un arquetipo de tomate apto para un ambiente no restrictivo. *Agrociencia*. 33:21-29.
- SANCHEZ DEL C., F.; CORONA S., T. 1994. Evaluación de cuatro variedades de jitomate (*Lycopersicum sculentum* Mill) bajo un sistema hidropónico de producción a base de despuntes y altas densidades. *Revista Chapingo serie Horticultura* 1: 109-114.
- SÁNCHEZ DEL C., F.; ESPINOSA R., P. Y ESCALANTE R., E. 1992. Producción superintensiva de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponia bajo invernadero. *Avances de Investigación. Revista Chapingo* 78: 62-68.
- SANTOS M., J.; SANCHEZ DEL C., F. 2003. Densidades de plantación, arreglos de dosel y despuntes en jitomate cultivado en hidroponía bajo invernadero. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 26(004): 257-262.
- SAGARPA. 2010. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca (SIAP). México. www.sagarpa.gob.mx. (Consulta: junio 21, 2011).
- SERRANO, Z. 1996. Veinte cultivos de hortalizas en invernadero. Ed. Zoilo Serrano, C. Sevilla. pp: 433-487
- SIAP-SAGARPA (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2011. www.siap.sagarpa.gob.mx. (Consulta: mayo 13, 2012).
- SIAP. SAGARPA. 2011. Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera. Resumen Nacional de la Producción Agrícola. <http://www.siap.gob.mx> (Consulta: noviembre, 2011).
- SOBRINO I., E. 1989. Tratado de Horticultura Herbácea. Hortalizas de flor y fruto. Editorial AEDOS S.A. Barcelona. España. 128 p.

- STEINER, A. 1984. The Universal Nutrient Solution. *In*: proceedings of the 6th International Congress on Soil Culture. ISOSC, Wageningen, The Netherlands. pp. 633-649.
- URRESTARAZU, G. M. 2002. Manual de Cultivos sin Suelo. Glosario Terminología usual empleada en cultivos sin suelo. Grupo Mundi-Prensa. El Ejido, España. 928 p.
- URRESTARAZU, G. M. 2004. Proceeding of the International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics. International Society for Horticulture Science. Almería, Spain. pp: 123-134.
- URRESTARAZU, M. Y SALAS, M. C. 2004. Cultivo en sustratos alternativos. p. 669-690. En: M. Urrestarazu (ed.). Tratado de cultivo sin suelo. 3ª Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp: 76-89.
- VALLE MENDOZA., J. C. 2010. Acumulación de biomasa, crecimiento y extracción nutrimental en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L). Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 90 p.
- VASCO M., R. 2003. El cultivo del pepino bajo invernadero. *In*: Técnicas de Producción en Cultivos Protegidos. F F Camacho (Ed). Caja Rural Intermediterránea, Cajamar. Almería, España. pp: 691-722.
- VELASCO H., E; NIETO A., R. 2006. Cultivo de Jitomate en Hidroponía e Invernadero. 2ª ed. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México. 99 p.
- VILLEGAS C., J. R. 2004. Crecimiento y Rendimiento de Tomate en Respuesta a densidades de población en dos sistemas de producción. Rev. Fitotecnia Mexicana. 27(004): 333-338.
- VILLEGAS V., A. 1999. Efectos de la edad de trasplante y despunte temprano en la precocidad y rendimiento de pepino (*Cucumis sativus*). Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 49 p.
- <http://www.semillasmagna.com>. Venta e información de semillas de hortalizas. Fecha de consulta 27 de junio del 2012.

