



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE VARIEDADES DE
CHILE MORRÓN MANEJADAS CON DIFERENTES
TIPOS DE PODA Y DENSIDADES DE POBLACIÓN**

RODOLFO CLEMENTE RESÉNDIZ MELGAR

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

CHAPINGO, MÉXICO JUNIO DE 2010



REGISTRADO EN LA ACADÉMICA
SECRETARÍA DE SERVICIOS ESCOLARES
SECRETARÍA DE EXÁMENES PROFESIONALES



EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE VARIEDADES DE CHILE MORRÓN MANEJADAS CON DIFERENTES TIPOS DE PODA Y DENSIDADES DE POBLACIÓN

Tesis realizada por **Rodolfo Clemente Reséndiz Melgar** bajo la dirección del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:



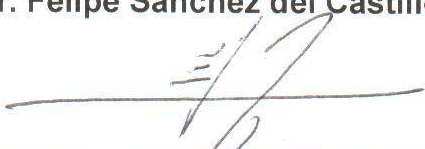
Dr. Esaú del Carmen Moreno Pérez

ASESOR:



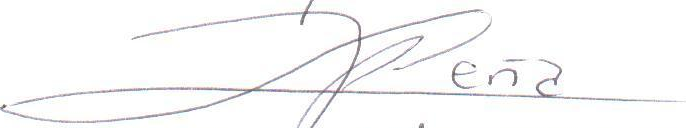
Dr. Felipe Sánchez del Castillo

ASESOR:



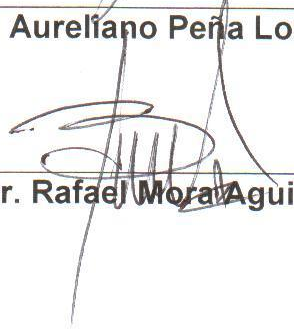
Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez

ASESOR:



Dr. Aureliano Peña Lomelí

LECTOR
EXTERNO:



Dr. Rafael Mora Aguilar

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico para la realización de mis estudios.

A la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA) por haberme permitido continuar con el doctorado, al igual que a todo el personal del CBTA No. 76 por haberme facilitado el proceso de titulación.

A la Universidad Autónoma Chapingo y en particular al Programa de Doctorado en Ciencias en Horticultura, por darme la oportunidad de continuar con mi formación profesional.

Al Dr. Esaú del Carmen Moreno Pérez por la dirección del trabajo de investigación, sus consejos y paciencia.

Al Dr. Felipe Sánchez del Castillo por explicar con detalle y de manera sencilla problemas complejos que demuestran su filosofía en la ciencia hortícola.

Al Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez por su invaluable ayuda y sugerencias en los análisis.

Al Dr. Aureliano Peña Lomelí por su atención y tiempo incondicional.

Al Dr. Rafael Mora Aguilar por su amabilidad y disponibilidad en la revisión de la tesis.

Al Ing. Francisco Suazo por su apoyo en el trabajo de campo y sus consejos técnicos.

DEDICATORIA

Para poder llegar a este momento tan especial en mi vida, he tenido el agrado de encontrarme con muchas personas valiosas, que de alguna u otra forma han confiado en mí, me han apoyado e inspirado, a todas ellas dedico este trabajo,

Al Ing. Raúl Ramírez y su esposa la Sra. Eva López de Ocotlán, Oaxaca.

Al Ing. Astilleros, su esposa Paula, su padre Don Gilberto, su madre, e hijas de Tecomavaca-Teotitlán, Oaxaca.

A la familia Arizmendi de Coatepec Harinas en particular a los Sres. Oscar, Toño, Mario Jesús y su esposa la Sra. Silvia Neidhart.

Al Sr. Angel Hernández de la central de abastos.

Al Ing. Gerardo Castillo Escorza de Tamaulipas.

Al Dr. Alfonso Valiente-Banuet, Dr. Julio Lemos, Dr. Alberto Rojas.

Al Dr. Ovidio Villaseñor de Obregón, Sonora.

A todos mis compañeros de generación del doctorado y la maestría en especial a Luis Enrique, Joel, Alonso, Erick, Cesar, Alex y Lulú.

A Doña Antonia Castillo e Isidro López de Chiltepec, Oaxaca.

A mis padrinos Margarita Reséndiz y Ezequiel Chávez;

A mis Abuelas Amelia Galván y Aurora Melgar y Abuelo Clemente Reséndiz

A mis hermanas Nelly y Haidé.

A mi esposa Elvira y mi hijo Yosef e hija Aurora Amelia. Muy especialmente agradezco a mi padre Clemente Reséndiz Galván, y a la persona más valiosa en todo lo largo de mi vida a mi madre María Luisa Melgar Caro que sin su apoyo nunca hubiera podido ni siquiera imaginar este momento

Sinceramente

Rodolfo Clemente Reséndiz Melgar

DATOS BIOGRAFICOS DEL AUTOR

Rodolfo Clemente Reséndiz Melgar nació en Baja California Norte el día 27 de septiembre de 1973. Hijo de Clemente Reséndiz Galván y María Luisa Melgar Caro. Obtuvo el título de Licenciatura en Biología en la Universidad Simón Bolívar en el año 1998; colaboró en investigaciones sobre biodiversidad en el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México y dirigió proyectos sobre manejo sustentable de recursos en la Unidad de Biología Tecnología y Prototipos de la misma Universidad. Hizo su Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental) en la UNAM obteniendo el grado de Maestro en Ciencias en el año de 2002. Ha colaborado con Organizaciones no-gubernamentales como la Red Mexicana de Organizaciones Campesinas Forestales RED-MOCAF, la RIOD-MEX, Kuranin, A.C. y Conservación Humana, A.C. Es Tercero Especialista del Servicio Nacional de Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Ha laborado y asesorado a productores y empresas relacionadas con el ramo de producción hortícola como Comercializadora Rancho el Tomate, S.A. de C.V. y Aristeeel, S.A. de C.V., simultáneamente y comprometido con el desarrollo rural ha laborado para la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA) desde el año 2003. En enero de 2006 ingreso al Doctorado en Ciencias en Horticultura por el Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS.....	ii
RESUMEN GENERAL.....	1
GENERAL ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	3
2. VARIEDADES DE PIMIENTO MORRÓN MANEJADAS CON DESPUNTE TEMPRANO EN DOS DENSIDADES DE POBLACIÓN.....	10
2.1 Resumen.....	11
2.2 Abstract.....	12
2.3 Introducción.....	13
2.4 Materiales y Métodos.....	16
2.5 Resultados y Discusión.....	19
2.6 Conclusiones.....	29
2.7 Literatura Citada.....	29
3. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y DENSIDADES DE POBLACIÓN EN DOS VARIEDADES DE CHILE MORRÓN BAJO AMBIENTE NO RESTRICTIVO.....	32
3.1 Resumen.....	33
3.2 Abstract.....	34
3.3 Introducción.....	35
3.4 Materiales y Métodos.....	38
3.5 Resultados y Discusión.....	43
3.6 Conclusiones.....	58
3.7 Literatura Citada.....	58
4. EFECTO DE LA EDAD DE TRASPLANTE EN CARACTERES MORFOLÓGICOS Y EN EL RENDIMIENTO DE CHILE MORRÓN.....	62
4.1 Resumen.....	63
4.2 Abstract.....	64
4.3 Introducción.....	65
4.4 Materiales y Métodos.....	68
4.5 Resultados y Discusión.....	71
4.6 Conclusiones.....	78
4.7 Literatura Citada.....	78
5. DISCUSIÓN GENERAL.....	81
6. CONCLUSIONES GENERALES.....	86
7. LITERATURA CITADA GENERAL.....	87

ÍNDICE DE CUADROS

2. VARIEDADES DE PIMIENTO MORRÓN MANEJADAS CON DESPUNTE TEMPRANO EN DOS DENSIDADES DE POBLACIÓN

CUADRO 1. Cuadrados medios de los análisis de varianza para variables indicadoras de crecimiento, estudiadas en 17 variedades de pimiento morrón en dos densidades de población.....	19
CUADRO 2. Cuadrados medios de los análisis de varianza para variables del rendimiento, estudiadas en 17 variedades de pimiento morrón en dos densidades de población.....	20
CUADRO 3. Comparación de medias de las densidades 4 y 6 plantas m ⁻² para variables indicadoras de crecimiento, en 17 variedades de pimiento morrón.	24
CUADRO 4. Comparación de medias de las densidades 4 y 6 plantas m ⁻² para variables del rendimiento, en 17 variedades de pimiento morrón.....	24
CUADRO 5. Comparación de medias de variedades de pimiento morrón para variables indicadoras de crecimiento estudiadas.....	27
CUADRO 6. Comparación de medias de variedades de pimiento morrón para las variables del rendimiento estudiadas.....	28

3. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y DENSIDADES DE POBLACIÓN EN DOS VARIEDADES DE CHILE MORRÓN BAJO AMBIENTE NO RESTRICTIVOS

CUADRO 1. Tratamientos realizados de acuerdo a los factores analizados para chile morrón en los sistemas de despunte a la tercera y cuarta bifurcación.....	42
CUADRO 2. Cuadrados medios de los análisis de varianza para las variedades de chile morrón Triple Star y Orión manejadas con el sistema tipo “V”	44
CUADRO 3. Comparación de medias para las variedades de chile morrón Orión y Triple Star manejadas con el sistema “V”.	44
CUADRO 4. Cuadrados medios de los análisis de varianza para las variedades de chile morrón Triple Star y Orión manejadas con el sistema español.....	46
CUADRO 5. Comparación de medias para las variedades de chile morrón Orión y Triple Star manejadas con el sistema español.	46
CUADRO 6. Cuadrados medios de los análisis de varianza únicamente considerando los sistemas de despunte a la 3ª y 4ª bifurcación para las variedades de chile morrón Orión y Triple Star.....	50
CUADRO 7. Comparación de medias considerando únicamente los sistemas de despunte a la 3ª y 4ª bifurcación para las variedades de chile morrón Orión y Triple Star.....	51
CUADRO 8. Prueba de comparación de medias entre todos los tratamientos para las variables analizadas, con despunte a la 3ª y 4ª bifurcación para las variedades de chile morrón Orión y Triple Star	53
CUADRO 9. Cuadrados medios de los análisis de varianza de los sistemas tipo “V”, español y despunte a la cuarta bifurcación con 8 plantas m ⁻² para la variedad de chile morrón Orión.....	57
CUADRO 10. Comparación de medias para los sistemas tipo “V”, español y despunte a la cuarta bifurcación con 8 plantas m ⁻² para la variedad de chile morrón Orión.....	57

4. EFECTO DE LA EDAD DE TRASPLANTE EN CARACTERES MORFOLÓGICOS Y EN EL RENDIMIENTO DE CHILE MORRÓN

CUADRO 1. Análisis de varianza de caracteres morfológicos de chile morrón variedad Giacomo, de plantas con diferentes edades de trasplante.....	73
CUADRO 2. Análisis de varianza de variables de rendimiento de chile morrón variedad Giacomo, de plantas con diferentes edades de trasplante.....	73
CUADRO 3. Comparación de medias de caracteres morfológicos de chile morrón variedad Giacomo, de plantas con diferentes edades de trasplante.....	74
CUADRO 4. Comparación de medias de variables de rendimiento de chile morrón variedad Giacomo, de plantas con diferentes edades de trasplante.....	77

RESUMEN GENERAL

El cultivo en invernadero de chile morrón (*Capsicum annuum*, L.) se basa en los sistemas de producción con podas tipo “V” u holandés (con plantas conducidas a dos tallos) y el español (libre crecimiento), con rendimientos de hasta 27 kg m⁻² año⁻¹ en sistemas de muy alta tecnología de invernadero y 7 kg m⁻² año⁻¹ respectivamente con menor tecnología. La densidad utilizada es de hasta 4 plantas·m⁻². El objetivo del estudio fue desarrollar un sistema de producción de chile morrón en invernadero alternativo, adecuado a las condiciones de clima y tipo de productores en México. El sistema se basa en la combinación de despunte temprano de los puntos de crecimiento de la planta para aprovechar el primer flujo productivo, combinado con altas densidades de población para aumentar la productividad anual. En la Universidad Autónoma Chapingo se hicieron tres experimentos en chile morrón, en un invernadero con cubierta de polietileno y sistema hidropónico, en bancales con sustrato de tezontle. En el primer experimento se comparó agrónomicamente 17 variedades manejadas con despunte a la cuarta bifurcación en dos densidades de siembra (4 y 6 plantas m⁻² de superficie útil). El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones con arreglo de parcelas divididas. No hubo diferencias en el rendimiento por área entre densidades; las mejores variedades fueron Orión y Triple Star con 7.6 y 7.3 kg m⁻², respectivamente, en un ciclo de 4 meses desde trasplante a cosecha de frutos maduros. En un segundo

experimento se evaluaron distintos sistemas de producción y densidades de población en dos variedades. Los sistemas evaluados fueron: poda en “V” con densidad de 2 plantas m⁻², el español con 4 plantas m⁻² y los sistemas de despunte a la tercera y cuarta bifurcación, estos últimos con 8, 10 y 12 plantas m⁻² de superficie útil. En todos los sistemas las variedades utilizadas fueron Orión y Triple Star. En los sistemas de despunte temprano se evaluó además, el efecto de dejar o eliminar el fruto de la primera bifurcación. El despunte a la cuarta bifurcación con la variedad Orión con una densidad de 8 plantas m⁻² fue el mejor tratamiento con rendimiento de 11 kg m⁻² en un tiempo de 4 meses de trasplante a fin de cosecha. En el tercer experimento se buscó la mayor edad de trasplante para disminuir el ciclo del cultivo sin que se afectara el rendimiento, para lo cual se trasplantaron plántulas de 37, 51, 65, 79 y 93 días después de la emergencia (dde) usando la variedad Giacomo. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. Los trasplantes de 37 y 51 dde tuvieron el mismo comportamiento; es factible utilizar trasplantes de 65 dde, para reducir el período de trasplante a cosecha en 28 días por ciclo. Los resultados en permiten establecer un sistema productivo de tres ciclos por año con potencial de 33 kg m⁻² año⁻¹, con tecnología sencilla de bajo costo y con posibilidad de usarse por los productores de México.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, invernadero, rendimiento, sistemas de producción.

GENERAL ABSTRACT

Bell peppers (*Capsicum annuum* L.) are grown in greenhouse with two main trellis systems: the Dutch or "V" system and the "Spanish" system, which yield 27 kg m⁻² year⁻¹ and 7 kg m⁻² year⁻¹ respectively. The density used in these systems is up to 4 plants·m⁻². The objective of the study was to develop an alternative system especially designed for Mexican growers and environment. The system is based on the combination of early pruning to stop plant growth and take advantage of the first flux of fruits, plus high plant stand to increase yield kg m⁻² year⁻¹. Three experiments were conducted in a polyethylene-covered greenhouse at Universidad Autónoma Chapingo. The peppers were grown hydroponically in containers filled with tezontle (inert volcanic material) under soilless culture. The first experiment agronomically compared 17 varieties, managed with a cultivation system that involved the pruning of the terminal buds above the fourth bifurcation, with two plantation densities (4 and 6 plants m⁻², useful area). A completely randomized block design with split plot arrangement was used. No differences in the yield per area were observed between densities. The best varieties were Orion and Triple Star with 7.61 and 7.34 kg m⁻² respectively. The total time from transplant to the end of harvest with mature fruit was less than four months. The second experiment evaluated different production

systems and population densities in two varieties. A randomized block design with factorial arrangement was used. The systems were: "V" with 2 plants m⁻²; Spanish with 4 plants m⁻²; and pruning above the third and fourth bifurcation. These last two systems were with 8, 10 and 12 plants m⁻² of useful area. Orion and Triple Star were the varieties used. Additionally the effect of eliminate or not the first fruit formed in the first bifurcation was studied in the early pruning systems. The pruning in the fourth bifurcation with 8 plants m⁻² had the best yield with 11 kg m⁻², in a period of 4 months to complete the cycle. The presence of the first fruit formed in the first bifurcation increased yield in early pruning systems. The third experiment sought to obtain the oldest transplant age in order to reduce the cycle even more without affecting yield, for which seedlings of 37, 51, 65, 79 and 93 days after sprouting (das) were tested using the Giacomo variety. A randomized block design was used. The performance of 37 and 51 das transplants was similar ($p \leq 0.01$). It is thus feasible to use 65 das transplants to reduce the transplant-harvest cycle by 28 days. The results as a whole allow establishing a production system of three cycles per year with 33 kg m⁻² year⁻¹, with the advantage of being cheaper and practical for Mexican growers.

Keywords: *Capsicum annuum*, greenhouse, yield, production system.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Producción de chile morrón en México

El chile morrón (*Capsicum annuum* L.) es uno de los principales chiles producidos en el país a campo abierto después del jalapeño y el serrano (SAGARPA 2008). La producción en invernadero de chile morrón también es importante porque México es el principal proveedor de este producto a los Estados Unidos de Norteamérica y a Canadá (PMA, 2007; CBSA, 2010), lo anterior pone de manifiesto la importancia que representa el cultivo de chile morrón.

La producción de esta hortaliza en invernadero es una actividad relativamente reciente y la investigación sobre el cultivo es escasa en el país. Por esto, se han adoptado los sistemas de producción europeos, aunque estos países tienen menor radiación solar y temperatura (Steta, 1999), diferencias que provocan que el rendimiento promedio producido en invernadero sea bajo de alrededor de 71 t·ha⁻¹ (Grijalva *et al.*, 2008). Con base en lo anterior, es necesario, contar con sistemas productivos adecuados a las condiciones del país y que sean factibles de ser usados por productores nacionales, mediante sistemas que reduzcan los costos de producción e incrementen los rendimientos.

Sistemas de producción de chile morrón en invernadero

El chile morrón cultivado en invernadero se caracteriza por ser de crecimiento semideterminado o indeterminado, con altura de planta superiores a los 2 m (Jovicich *et al.*, 2004). Se usan dos tipos de sistemas comerciales, el sistema de poda en “V” u holandés y el sistema español.

En el sistema en “V” se manejan densidades de 2 a 3 plantas m^{-2} , con dos tallos por planta, para lo cual se eliminan uno de los dos tallos que se desarrollan en cada nudo (horqueta) de la planta, cada tallo es guiado individualmente de tal forma que la planta simula una “V”; las plantas son desarrolladas en hidroponía en lana de roca, fibra de coco o en sistema NFT (Nutrient Film Technique); los rendimientos por área de este sistema en Holanda son altos, entre 25 a 30 kg m^{-2} año^{-1} (Cantliffe y Vansickle 2001; Heuvelink *et al.*, 2004).

En el sistema español, en el que se dejan de 2 a 4 tallos principales por planta, la poda es mínima manteniéndose las ramas laterales, se guía lateralmente por líneas de alambre y postes distribuidas en ambos lados a lo largo de las hileras de plantas; se utiliza principalmente para siembra en suelo, la densidad es de hasta 4 plantas $\cdot \text{m}^{-2}$; los rendimientos de este sistema son menores a los 10 kg m^{-2} (Cantliffe y Vansickle 2001; Jovicich *et al.*, 2004a).

El ciclo del cultivo en ambos sistemas es largo y por lo regular superior a 10 meses desde trasplante a cosecha, por lo que se tiene un solo ciclo de cultivo por año (Heuvelink *et al.*, 2004). Los primeros frutos maduros son cosechados después de tres o cuatro meses, con un período de cosecha de cuatro a siete meses (Heuvelink *et al.*, 2004). Una característica del cultivo de pimiento morrón son las fluctuaciones en la producción, donde se alterna un número alto de frutos y crecimiento lento de éstos con etapas de un bajo número de frutos y alto crecimiento de los mismos (Marcelis *et al.*, 2004); los períodos de cosecha duran por espacio de 50 días aproximadamente (Schepers *et al.*, 2006), por lo que aunque el período de cosecha es prolongado sólo se tienen frutos para la venta la mitad del tiempo, dos a tres meses y medio en el año.

Las fluctuaciones de producción se deben a la abscisión o aborto de flores y frutos, que pueden llegar a tasas de entre 85 y 90% del número total potencial de frutos que pudieran formarse (Bakker, 1989). El mecanismo de abscisión se debe a que durante el crecimiento activo, se encuentran auxinas difusas en la zona de abscisión que promueven que esto ocurra; en contraste, cuando los niveles de auxina disminuyen y los de hormonas promotoras de la senescencia como el etileno y ácido abscísico aumentan, se provoca el aborto (Wien *et al.*, 1989).

Los factores que provocan este fenómeno son varios: temperaturas diurnas mayores a 32 °C y nocturnas mayores a 21 °C, susceptibilidad de abscisión de flores acompañadas de una baja humedad relativa (Rylski 1986; Bakker 1989). El estrés por calor tiene efecto sobre el metabolismo de la sacarosa, lo que altera su movimiento hacia los órganos en formación, lo que produce la abscisión de flores y frutos pequeños. Las hojas jóvenes son más eficientes como fuentes de demanda que los órganos reproductivos y al alterarse el movimiento de la sacarosa pueden competir contra dichos órganos y provocar su caída (Aloni *et al.*, 1991). La humedad relativa también puede ser una causa de aborto de flores y frutos, lo cual aumenta al disminuir la humedad de aire; por ello se deben mantener humedades relativas por encima del 80 % para que no sea un factor que provoque la abscisión de órganos en la planta (Marcelis *et al.*, 2004). Excesos o disminución de la humedad en el sustrato también puede provocar aborto de flores (Jaafar *et al.*, 1994; Alarcón, 1996).

La intensidad de luz es importante porque una baja intensidad reduce la tasa de asimilación neta y por lo tanto menores niveles de azúcar, que generan el

aborto de órganos reproductivos en chile morrón (Wien *et al.*, 1989; Turner y Wien, 1994).

La baja temperatura reduce la cantidad y la calidad del polen, afecta la polinización y esto puede producir frutos deformes o no polinizados, los cuales son fácilmente susceptibles a la aborción (Marcelis y Hofman-Eijer, 1997).

La relación fuente demanda puede modificarse en chile morrón por los factores mencionados y por cambios en la densidad de plantas, o en la poda (Peil y Galvez, 2005) lo que es relevante, porque se ha observado que al disminuir el aporte de la fuente, el rango de aborción incrementa linealmente (Marcelis *et al.*, 2004). Las relaciones fuente demanda también están relacionadas con cuestiones hormonales (Heuvelink y Korner, 2001). Esto se genera por la competencia de asimilados entre flores y frutos de distinto tamaño, donde los de mayor edad dominan y pueden provocar la abscisión de los más jóvenes y de las flores (Marcelis *et al.*, 2004). Lo anterior se explica por el número de semillas, las cuales generan hormonas para que los asimilados lleguen a los frutos más grandes, lo que produce nudos con y sin frutos debido al aborto (Heuvelink y Korner, 2001).

Debido a la susceptibilidad de aborto de flores y frutos, los invernaderos deben tener adecuadas condiciones de control ambiental para obtenerse rendimientos altos. Por esto, en Holanda el costo de producción es elevado, alrededor de €1.2 kg⁻¹ (Heuvelink *et al.*, 2004); no obstante Holanda es el segundo país exportador para Canadá y el tercero a Estados Unidos de Norteamérica (PMA, 2007; CBSA, 2010).

Una alternativa productiva de chile morrón en invernadero a menor costo es la combinación de un despunte temprano y mayores densidades de población de plantas a las manejadas comercialmente. Con el despunte se busca detener el desarrollo de las plantas al eliminar los ápices de crecimiento, una vez que se han formado las primeras tres o cuatro bifurcaciones, con lo que sólo se cosecha el primer flujo de frutos y no se detiene el ciclo del cultivo esperando el nuevo flujo de frutos como ocurre con los sistemas convencionales; con esto se acorta el ciclo del cultivo alrededor de cuatro a cinco meses después del trasplante, lo que permite establecer al menos dos ciclos de cultivo por año (Cruz *et al.*, 2009) y aumentar la productividad.

La menor área foliar por planta permite elevar la densidad de población, de tal manera que el menor rendimiento por planta es compensado por el mayor número de plantas por unidad de superficie. Este número alto de plantas permite establecer un índice de área foliar (IAF) óptimo desde etapas relativamente tempranas del cultivo que si se tuviera menor densidad con plantas de mayor porte, lo que pudiera permitir rendimientos altos en un tiempo menor.

De manera experimental Cruz *et al.* (2005) y Cruz *et al.* (2009), que han probado este sistema con el cultivar Ariane de chile morrón, señalan que potencialmente podría lograrse una productividad anual igual o mayor al sistema de poda holandesa, pero con una tecnología más sencilla y con menores costos de producción.

Los ciclos cortos de producción con despunte temprano y altas densidades, pueden tener ventajas comparados con los ciclos largos, destacando las siguientes: 1) Se evitarían períodos de bajo o nulo rendimiento porque sólo se

utilizaría el primer flujo de producción y se termina el ciclo, pero se podría tener más de un ciclo por año. 2) Se obtendrían frutos homogéneos en tamaño y de alta calidad, porque generalmente los primeros frutos en producción son los de mejor tamaño. 3) Es posible utilizar invernaderos de menor altura y por lo tanto con menos costos. 4) Habría mejor uso de la mano de obra porque no se requiere trabajar con escaleras, grúas, andamios o estructuras similares, para descender la planta o manipularla, por la baja altura de ésta; asimismo, la actividad sería constante y no se presentarían las fluctuaciones dadas por la disminución en la producción, es decir no se requiere retirar y recontratar personal. 5) En muchas partes de México donde se siembra el mismo cultivo o cultivos similares a campo abierto, un ciclo largo resulta en más gasto para poder mantener la planta sin que haya afectación por plagas o enfermedades; en cambio, un ciclo corto asegura la producción incluso con la enfermedad o la plaga presente. 6) Con menor tiempo de cultivo, se pueden manejar efectivamente los límites máximos de residuos y la alternancia de plaguicidas, con lo que se disminuyen costos en el control de plagas y enfermedades, y con productos más inocuos. 7) Permite concentrar la cosecha en fechas de precios de venta más altos, lo que haría posible aumentar la rentabilidad.

Por otra parte el trasplante en chile morrón por lo regular se realiza entre las seis y ocho semanas de desarrollo, en países septentrionales (Vavrina, 1998); en México en general éste es adecuado a las seis semanas o menos. El tiempo necesario para el primer corte es de tres meses o más después del trasplante (Heuvelink *et al.*, 2004), por lo que si fuera posible aumentar el tiempo de la plántula en el semillero con un trasplante tardío (superior a las seis semanas) sin

repercusiones negativas en el rendimiento final de la planta, entonces se podría disminuir el tiempo de trasplante a cosecha. Lo anterior permitiría aumentar el número de ciclos por año y por lo tanto la productividad anual.

En México no existen trabajos sobre edades al trasplante de chile morrón, por lo que resulta relevante estudiar la posibilidad de utilizar trasplantes tardíos combinado con sistemas de despunte temprano y alta densidad con el propósito de aumentar la productividad anual.

1.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del trabajo fue generar información para disponer de un paquete tecnológico de chile morrón en invernadero e hidroponía, mediante la evaluación agronómica de variedades, sistemas de producción y trasplantes tardíos. Para esto se estableció una serie de experimentos, cuyos resultados se presentan en cada uno de los artículos siguientes:

2. VARIEDADES DE PIMIENTO MORRÓN MANEJADAS CON DESPUNTE TEMPRANO EN DOS DENSIDADES DE POBLACIÓN

2.1 RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo comparar el crecimiento y rendimiento de 17 variedades de pimiento morrón (4Ever, Cadia, Conan, Cyrus, Diego, Gandal, Giacomo, Grandísimo, Itzel, Magi, Magno, Moonset, Oberon, Orion, Triple4, Triple Star y Valencia), con dos densidades de siembra (4 y 6 plantas·m⁻²) manejadas bajo un sistema de despunte de las yemas terminales por encima de la cuarta bifurcación. Las plantas fueron desarrolladas bajo condiciones de invernadero y en sistema hidropónico. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones con un arreglo de parcelas divididas. En la parcela grande se ubicó la densidad de siembra y en la subparcela la variedad. El tiempo desde el trasplante a fin de cosecha fue menor de cuatro meses para este sistema de producción. Se evaluaron variables de crecimiento y de componentes del rendimiento al aumentar la densidad disminuyó significativamente el peso seco total de la planta, el porcentaje de amarre de frutos, el número de frutos y el peso de frutos por planta, lo que ocasionó que el rendimiento por unidad de superficie se mantuviera igual en ambas densidades. Las variedades más sobresalientes en rendimiento bajo el sistema de manejo utilizado fueron Orion y Triple Star; el peso de fruto por planta fue un componente del rendimiento más importante que su número de frutos.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., poda, rendimiento, hidroponía.

BELL PEPPER VARIETIES WITH EARLY PRUNING OF THE TERMINAL BUDS IN TWO POPULATION DENSITY

2.2 ABSTRACT

The aim of the study was to compare the growth and yield of 17 bell pepper varieties (4Ever, Cadia, Conan, Cyrus, Diego, Gandal, Giacomo, Grandisimo, Itzel, Magi, Magno, Moonset, Oberon, Orion, Triple4, Triple Star and Valencia) under two population densities (4 and 6 plants· m⁻²) and managed with a cultivation system that involved the pruning of the terminal buds above the fourth bifurcation. The plants were developed in a greenhouse under soilless culture. A randomized block design with four repetitions and split plot arrangement was used. The population densities were considered in the parcels and the varieties in the sub-parcels. The total time from transplant to the end of harvest was less than four months for this production system. Growth variables and yield components were evaluated when the population density increased the plant total dry weight, percentage of fruit set, fruit number and fruit weight per plant decreased significantly, in consequence the yield per area was the same for both densities. Under the cultivation system used, Orion and Triple Star; had better yield performance, showing that fruit weight per plant was more important than fruit number as a yield component.

Keywords: *Capsicum annuum* L., pruning, yield, soilless culture.

2.3 INTRODUCCIÓN

En México la mayor parte de la producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) se destina a la exportación, tanto la que se genera a campo abierto como la de invernadero. Se siembran aproximadamente 5,800 ha en todo el país, con rendimientos en campo que pueden llegar hasta las 50 t ha⁻¹ año⁻¹. La exportación hacia los Estados Unidos de Norteamérica y Canadá ha venido en ascenso llegando a un máximo de 240,000 t en el 2006 (Castellanos y Borbón 2009).

Los invernaderos que se utilizan para la producción de pimiento morrón por lo general son de alta tecnología y, en consecuencia, de costo elevado, por lo que la inversión se justifica cuando el rendimiento por unidad de superficie y el precio del producto es alto. En general el pimiento de invernadero, por su calidad y sanidad, alcanza un precio hasta cinco veces mayor que el proveniente de cultivo a cielo abierto, sobre todo cuando se comercializa hasta que el fruto toma el color característico de la variedad (rojo, naranja, amarillo, crema, chocolate, morado) (Jovicich *et al.*, 2004b).

El crecimiento de las plantas de chile pimiento es simpódico, en cada bifurcación se producen flores, generalmente solitarias. Si las plantas se dejan crecer libremente, las primeras 6 a 12 flores amarran frutos, pero el alto consumo de asimilados que requieren para su rápido crecimiento ocasiona que un alto porcentaje de flores generadas subsecuentemente aborten. Una vez que esos frutos finalizan su crecimiento y son cosechados, la disponibilidad de asimilados aumenta y permite continuar el crecimiento vegetativo y eventualmente el amarre y crecimiento de otros cuatro a ocho frutos más, que a su vez, ocasionarán el

aborto de flores que se forman posteriormente. Entre la cosecha del primer y segundo flujo de frutos, puede haber un intervalo de dos meses (Marcelis *et al.*, 2004; Cruz *et al.*, 2009) lo que causa que un ciclo de cultivo completo ocurra entre 8 a 10 meses después del trasplante, con rendimientos que oscilan entre las 50 y 80 t ha⁻¹ (Jurado y Nieto, 2003).

En la mayoría de los invernaderos con pimiento en México, el sistema de cultivo que se utiliza es el desarrollado en Holanda. Éste consiste en conducir a la planta a dos tallos en forma de V, lo que se consigue con la poda de una de las ramas de cada bifurcación, dejando la flor formada en la horqueta. De esta manera en cada nudo de los dos tallos crece un fruto (dos frutos por cada “nivel”). Al limitar el número de frutos que crece simultáneamente, este sistema puede modificar las relaciones fuente demanda, de tal forma que es posible lograr un crecimiento con producción continua que permite el cultivo durante casi todo un año a una densidad de 2 a 3 plantas m⁻² (4 a 6 tallos m⁻²) que alcanzan a crecer más de 2 m de altura (Jovicich *et al.*, 2004a). El sistema es delicado en su manejo, requiere de invernaderos con alto grado de control ambiental y aunque los rendimientos anuales pueden superar las 150 t ha⁻¹, el costo de producción por kilogramo es elevado (Paschold y Zengerle, 2000).

En otros cultivos como jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), se ha desarrollado y utilizado comercialmente un sistema de manejo que consiste en detener el crecimiento de las plantas mediante la eliminación de los ápices de crecimiento (despunte) por encima de la primera, segunda o tercer inflorescencia. Con esta práctica se reduce el ciclo de cultivo (de trasplante a fin de cosecha), lo que en invernadero permite lograr cuatro ciclos por año. La altura de planta se

reduce a menos de un metro, y la menor área foliar por planta hace posible una mayor densidad de población, de tal manera que el menor rendimiento por planta es compensado parcialmente por el mayor número de plantas por unidad de superficie, dando por resultado incrementos en la productividad anual, respecto a los sistemas convencionales de producción bajo invernadero de este cultivo (Sánchez *et al.*, 1999; Ucan *et al.*, 2005).

En pimiento morrón, el despunte temprano, combinado con alta densidad de población, puede efectuarse a menos de un metro de altura, una vez que se han formado las primeras tres o cuatro bifurcaciones para cosechar sólo el primer flujo de frutos; así se reduce el ciclo a cuatro meses o menos. De manera experimental Cruz *et al.* (2005) y Cruz *et al.* (2009) han probado este sistema con el cultivar Ariane de chile morrón y señalan que potencialmente podría lograrse una productividad anual igual o mayor al sistema de poda holandesa, pero con una tecnología más sencilla y con menores costos de producción.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento y rendimiento de variedades de pimiento morrón sometidas a despunte por encima de la cuarta bifurcación, bajo dos densidades de población, para seleccionar aquellas que presenten las mejores características de crecimiento y rendimiento. Posteriormente, con dichas variedades se pretende realizar otros experimentos que conduzcan a la optimización de este sistema de producción.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo de junio a diciembre de 2006, en un invernadero de 48 m de largo por 11 m de ancho y 4 m de alto, tipo túnel con paredes rectas y ventilación lateral, en el campo experimental de la Universidad Autónoma de Chapingo, ubicado en Chapingo, Estado de México, a 19° 29' de latitud Norte, 98° 53' de longitud Oeste y una altitud de 2250 m.

La siembra se realizó en charolas de poliestireno de 200 cavidades colocando una semilla por cavidad. Como sustrato se utilizó una mezcla de turba vegetal (*peat moss*) con perlita en proporción de 1:1 (v:v). La solución nutritiva que se utilizó desde una semana después de la emergencia hasta el final del ciclo contenía los siguientes elementos y concentraciones ($\text{mg}\cdot\text{litro}^{-1}$): Nitrógeno= 215, Fósforo= 60, Potasio= 202, Calcio= 235, Magnesio= 60, Azufre= 217, Hierro= 3.0, Boro= 0.6, Manganeso= 0.5, Cobre= 0.1 y Zinc= 0.1, lo que dio una conductividad eléctrica menor a 2.5 dS/m y un pH entre 6 a 6.5, como lo sugieren Sánchez y Escalante (1988).

El trasplante se efectuó 40 días después de la emergencia (dde), cuando las plántulas habían formado de dos a tres hojas verdaderas. Se utilizó un sistema hidropónico consistente en el uso camas de cultivo de 1.2 m de ancho, 23 m de largo y 0.3 m de alto rellenas con arena de tezontle rojo con la mayoría de sus partículas de 3 y 5 mm de diámetro. Se utilizaron 2 ó 3 cintillas de goteo (con emisores cada 20 cm) por cama (una por cada hilera de plantas) para proporcionar los riegos con solución nutritiva.

Las plantas se manejaron con el crecimiento de todos sus tallos hasta la cuarta bifurcación; una hoja por encima de éstas se realizó la eliminación de los

ápices de crecimiento (despunte), labor que se efectuó entre los 50 y 55 días después del trasplante (ddt). El tutorado se efectuó con cordones de rafia sostenida sobre alambre sujetado en la estructura del propio invernadero a una altura de 2 m y cada rama de la primera bifurcación presentó su propia línea de tutor.

Las densidades estudiadas fueron 4 y 6 plantas·m⁻², el arreglo para la primera fue de dos hileras por cama con 65 cm entre hileras y 58 cm entre plantas, y para la segunda de tres hileras con 32.5 cm entre hileras y 58 cm entre plantas.

Se evaluaron 17 variedades de pimiento morrón del tipo *blocky*; en nueve de éstas los frutos maduros son de color rojo (4Ever, Conan, Cyrus, Gandal, Grandísimo, Itzel, Orion, Triple4 y Triple Star), seis de color amarillo (Cadia, Diego, Giacomo, Magi, Moonset y Oberon) y dos de color naranja (Magno y Valencia).

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, y 34 tratamientos. El arreglo fue de parcelas divididas, en la parcela grande se manejaron dos densidades de población y en la subparcela a las 17 variedades. La unidad experimental de la subparcela ocupó un área de 1.5 m² de superficie útil (2.1 m² de invernadero considerando los pasillos).

Los caracteres evaluados al final de la cosecha fueron:

- (1) Índice de área foliar (IAF). Se obtuvo dividiendo el área foliar, medida con un integrador (LICOR 300 Lincoln, Nebraska) entre la superficie que correspondió a cada planta según la densidad (0.25 m⁻² para 4 plantas m⁻² y 0.17 m⁻² para 6 plantas m⁻²).
- (2) Altura de la planta (AP), en cm, desde el inicio del tallo al extremo distal.

- (3) Peso seco total (PST), en g, para lo cual se secaron las hojas, tallo y raíz por planta, en una estufa a 70 °C durante 48 horas hasta peso constante. A esto se le sumó el peso seco del total de los frutos producidos por planta, obtenido con estimadores a partir del peso fresco. Los estimadores se obtuvieron con una calibración de diez frutos por variedad con regresiones entre el peso seco y el peso fresco.
- (4) Diámetro del tallo (DT), en cm, medido a 3 cm de altura de la planta.
- (5) Porcentaje de amarre de frutos (% AMF), para esto se dividió el número de frutos planta^{-1} entre el total de flores planta^{-1} , obteniéndose un porcentaje, los cuales para su análisis fueron transformado de acuerdo con Sokal y Rohlf (1995).
- (6) Peso promedio del fruto fresco (PMF) en g.
- (7) El rendimiento y sus componentes por planta y por unidad de superficie: frutos $\cdot \text{planta}^{-1}$ (NFP); $\text{kg} \cdot \text{planta}^{-1}$ (RP); $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ (RM^2) y frutos m^{-2} . (NFM^2)

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza realizados (Cuadros 1 y 2), indican que hubo diferencias significativas entre densidades para el porcentaje de amarre de frutos (PAF), el número de frutos por planta (NFP) y el rendimiento por planta (RP). Entre variedades se encontraron diferencias significativas para la mayoría de las variables estudiadas, excepto para PAF y RP. No hubo efectos significativos en ninguna de las variables para la interacción densidad x variedad, por lo que se estudian únicamente los efectos para cada factor principal.

CUADRO 1. Cuadros medios de los análisis de varianza para variables indicadoras de crecimiento, estudiadas en 17 variedades de pimiento morrón en dos densidades de población.

F.V. ^z	G.L.	Índice de Área Foliar	Altura de Planta (cm)	Peso Seco Total (g)	Diámetro de Tallo (cm)	Amarre de Frutos (%)
D	1	11.25	1.88	104015	5.05	580.1*
Bloques	3	1.00	605.34	3471.87	0.95	63.75
Error a	3	2.49	180.24	7863.86	2.19	58.12
V	16	1.10**	339.93**	424438**	0.75**	93.1
D x V	16	0.26	28.24	562.25	0.21	51.52
Error b	96	0.17	27.91	926.79	0.3	58.67
CV (%)		18.49	8.97	18.4	25.35	20.57
Media		2.23	58.92	165.61	2.16	37.23

^z F.V.: Fuentes de variación; G.L.: Grados de libertad; D: densidad; V: Variedad; C.V.: Coeficiente de variación.

*, **; Significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.

CUADRO 2. Cuadrados medios de los análisis de varianza para variables del rendimiento, estudiadas en 17 variedades de pimiento morrón en dos densidades de población.

F.V. ^z	G.L.	Variables del Rendimiento				
		Peso de fruto (g)	(No. de frutos·planta ⁻¹)	(kg·planta ⁻¹)	(kg·m ⁻²)	(No. de frutos m ⁻²)
D	1	1238.78	72.46*	5.4*	13.80	493.24
Bloques	3	590.67	11.75	0.26	7.67	189.93
Error a	3	227.13	4.86	0.37	10.29	80.73
V	16	8862.78**	6.43*	0.17	4.15**	71.22*
D x V	16	242.84	1.14	0.05	1.29	16.99
Error b	96	341.48	3.43	0.10	2.17	33.91
CV (%)		8.83	28.93	24.14	23.13	28.31
Media		209.22	6.4	1.31	6.37	20.57

^z F.V.: Fuentes de variación; D: densidad; V: Variedad; C.V.: Coeficiente de variación. V: Variedad; G.L.: Grados de libertad.

*, **; significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.

Densidades

En los Cuadros 3 y 4 se muestra que al aumentar la densidad en 50 % (de 4 a 6 plantas por m^{-2}) las variedades en promedio disminuyeron 55 g en peso seco total (PST); el número de frutos por planta (NFP) en 1.46; el porcentaje de amarre de frutos (% AMF) en 4.15 y el rendimiento por planta (RP) en 0.38 kg m^{-2} , diferencias que fueron significativas (Tukey, $P \leq 0.05$). Para las demás variables estudiadas, entre ellas el RP y NFM², no tuvo diferencias significativas.

Cruz *et al.* (2009), obtuvieron un mayor rendimiento por unidad de superficie conforme se aumenta la densidad de población. Una forma de explicar este resultado, es por un índice de área foliar (IAF) relativamente alto que intercepta más radiación fotosintéticamente activa. El IAF óptimo para pimiento morrón se encuentra entre 3 y 4, con lo que se alcanzan los máximos valores en crecimiento, peso de la planta y rendimiento (Cruz *et al.*, 2005), incluso Dasgan y Abak (2003) reportaron valores altos de producción con un IAF mayor de 8.

En el presente estudio la ausencia de diferencias significativas para el rendimiento por unidad de superficie entre densidades, se puede explicar parcialmente porque el IAF para la densidad más alta fue relativamente bajo (2.52) y no hubo diferencias estadísticas con la densidad más baja (Cuadro 3).

La disminución en el peso seco al aumentar la densidad, se ha observado en otros trabajos (Cruz *et al.*, 2005; Agarwal *et al.*, 2007), lo cual se ha explicado por competencia entre plantas por luz y nutrientes. Es probable una disminución en la intercepción de la radiación solar incidente por planta conforme aumenta la densidad de población (Cebula, 1995); sin embargo, como ya se indicó, en el

presente trabajo el IAF resultó menor comparado con los otros trabajos mencionados.

La temperatura y humedad relativa promedio fueron adecuados para el cultivo con $18 \pm 1.2^{\circ} \text{C}$ y $71 \pm 7.3 \%$, respectivamente (Jurado y Nieto 2003); sin embargo, de acuerdo con los datos de la estación meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo, tomados desde la fecha de trasplante hasta mediados de la cosecha (datos no incluidos) el número de horas con nubosidad durante el día fue de $80 \pm 24 \%$. Este alto porcentaje de horas del día con nubosidad seguramente afectó de manera negativa el rendimiento por unidad de superficie, al provocar menor cantidad de radiación incidente durante el periodo de formación de los frutos, y un mayor porcentaje de abortos ($61 - 65 \%$), particularmente en el caso de la mayor densidad de plantas (Cuadro 3).

Con el despunte temprano, al limitar el número de frutos por planta y la demanda de la parte vegetativa en crecimiento, debe ocurrir una mejor distribución de asimilados entre ellos como ocurre en tomate (Ucán *et al.*, 2005); sin embargo, en el presente trabajo, esto no fue suficiente para evitar el aborto de flores y frutos, porque sólo se logró un amarre de frutos por planta menor al 40% (Cuadro 3). El porcentaje de amarre de frutos en este cultivo debe verse como un componente importante del rendimiento, ya que con la poda a la cuarta bifurcación, potencialmente podría duplicarse el número de frutos cosechados por planta (hasta $14 \text{ frutos planta}^{-1}$ si se elimina el de la primera bifurcación) respecto a los obtenidos en el presente trabajo que fue de entre 5 y $7 \text{ frutos planta}^{-1}$ (Cuadro 4), aumentando el rendimiento. Aún así se obtuvo un mayor número de frutos por planta que los obtenidos por Cruz *et al.* (2009).

Se sabe que ocurren situaciones de estrés que pueden provocar el aborto de flores y frutos en el cultivo del pimiento, como cambios de luz, temperatura, déficit de presión de vapor o competencia por asimilados y relaciones de dominancia entre frutos debido a efectos hormonales; estos factores no necesariamente actúan por separado sino que pueden actuar conjuntamente y en poco tiempo provocando la disminución en el número de frutos (Marcelis *et al.*, 2004). Aunque dichas situaciones no se estudiaron directamente, es posible que el estrés haya aumentado con la densidad por el mayor porcentaje de aborción de frutos en la densidad de 6 plantas m⁻², siendo tal vez la disminución de radiación incidente por planta debido a la alta nubosidad registrada durante ese periodo, el factor que más efecto tuvo.

CUADRO 3. Comparación de medias de las densidades 4 y 6 plantas m⁻² para variables indicadoras de crecimiento, en 17 variedades de pimiento morrón.

Densidad (plantas·m ⁻²)	Índice de Área Foliar	Altura de Planta (cm)	Peso Seco Total (g)	Diámetro de Tallo (cm)	Amarre de Frutos (%)
4	1.95 a ^z	59.03 a	193.3 a	2.35a	39.31a
6	2.52 a	58.80 a	138.0 b	1.97a	35.16 b
DMS	0.86	7.33	48.4	0.39	4.14

^z Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMS: diferencia mínima significativa.

CUADRO 4. Comparación de medias de las densidades 4 y 6 plantas m⁻² para variables del rendimiento, en 17 variedades de pimiento morrón.

Densidad (plantas·m ⁻²)	Variables del Rendimiento				
	Peso del fruto (g)	(No. de frutos·planta ⁻¹)	(kg·planta ⁻¹)	(kg·m ⁻²)	(No. de frutos m ⁻²)
4	212.24 a ^z	7.13 a	1.51 A	6.06 a	18.66 a
6	206.20 a	5.67 b	1.12 B	6.70 a	22.47 a
DMS	8.23	1.19	0.33	1.75	4.90

^z Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMS: diferencia mínima significativa.

Variedades

La prueba de comparación de medias (Cuadro 5 y 6) muestran que hubo diferencias entre variedades para casi todas las características estudiadas, excepto para el % AMF, NFP y NFM², variables que están altamente correlacionadas ($r=0.81$; $P\leq 0.01$), ya que el número de frutos por planta depende directamente del número de flores menos el número de frutos abortados. Este resultado contrasta con otros trabajos como es el caso de variedades con diferente susceptibilidad a la caída de flores (Turner y Wien, 1994).

En el promedio de las densidades, se observó diferencia para el IAF, donde Triple Star tuvo el mayor valor (2.99) siendo estadísticamente diferente al de otras nueve variedades, Itzel fue la que menor IAF desarrolló (1.49).

En altura de planta (AP), Grandísimo y Cyrus fueron las de mayor altura (74 y 71 cm, respectivamente), difiriendo estadísticamente de casi todas las demás variedades con excepción de Giacomo; la de menor AP fue Gandal con 49 cm. Respecto al diámetro del tallo (DT) hubo poca variabilidad, pues sólo Diego fue estadísticamente superior a Itzel y Magno. El mayor valor de peso seco total (PST) correspondió a Orion (202.6 g) que difirió significativamente de Magno, Itzel y Magi.

El peso medio del fruto (PMF) mostró amplia variabilidad entre variedades y los valores oscilaron desde 289 g en Orion hasta 178 g en Valencia y 4Ever. De cualquier forma, estos pesos son mayores a lo reportado por otros sistemas de producción (Zuñiga-Estrada *et al.*, 2004; Cruz *et al.*, 2009).

En RP y el RM² casi todos los genotipos tuvieron el mismo valor, con excepción de Orion con 1.58 kg planta⁻¹ (7.61 kg m⁻²) que fue significativamente superior a Itzel que solamente rindió 1.01 kg planta⁻¹ (menos de 5 kg m⁻²).

Con el despunte temprano, se logró que el periodo de trasplante a cosecha fuera de sólo cuatro meses, por lo que teniendo un control adecuado de las condiciones ambientales del invernadero, se puede obtener hasta tres ciclos de cultivo por año, lo equivalente a obtener un rendimiento potencial anual de al menos 21 kg m⁻², de acuerdo a los resultados con las variedades analizadas, particularmente con Cadia, Diego, Orión y Triple Star que en valores absolutos, presentaron rendimientos de más de 7 kg·m⁻² ciclo⁻¹. Este rendimiento es mayor a lo reportado por Cruz *et al.* (2009) en un ciclo equivalente, y similar a los máximos que se han reportado en la literatura para ciclos anuales y con muy alta tecnología (Bar-Tal *et al.*, 2000; Paschold y Zengerle 2000; Zuñiga-Estrada *et al.*, 2004).

CUADRO 5. Comparación de medias de variedades de pimiento morrón para variables indicadoras de crecimiento estudiadas.

Variedades	Índice de Área Foliar		Altura de Planta (cm)		Peso Seco Total (g)		Diámetro de Tallo (cm)		Amarre de Frutos (%)	
4Ever	2.80	ab ^z	59.29	b-d	181.2	a-c	2.01	ab	35.52	a
Cadia	2.06	b-e	61.25	bc	175.8	a-c	2.36	ab	40.99	a
Conan	2.02	b-e	58.34	b-e	149.9	a-c	1.78	ab	39.54	a
Cyrus	2.24	b-d	71.11	a	174.3	a-c	2.39	ab	40.46	a
Diego	2.55	a-c	60.14	bc	198.7	a-c	2.73	a	31.04	a
Gandal	1.72	de	49.31	e	149.6	a-c	1.99	ab	41.28	a
Giacomo	2.44	a-d	65.1	ab	176.2	a-c	2.43	ab	35.69	a
Grandisimo	2.27	a-d	74.31	a	163.9	a-c	2.30	ab	32.84	a
Itzel	1.49	e	59.93	b-e	135.2	c	1.73	b	35.70	a
Magi	2.28	a-d	55.81	b-e	118.8	c	2.05	ab	33.7	a
Magno	1.81	de	53.63	c-e	146.2	b	1.66	b	37.84	a
Moonset	2.25	b-d	59.16	b-d	165.3	a-c	2.06	ab	40.88	a
Oberon	2.27	a-d	50.75	de	171.8	a-c	2.12	ab	36.12	a
Orion	2.52	a-d	59.95	b-d	202.6	a	2.55	ab	32.95	a
Triple4	2.10	b-e	55.81	b-e	149.6	a-c	2.03	ab	38.60	a
Triple Star	2.99	a	58.43	b-e	199.1	ab	2.52	ab	37.34	a
Valencia	2.07	c-e	53.52	c-e	156.9	a-c	1.98	ab	42.44	a
DMSH	0.74		9.39		54.1		0.97		13.61	

^z Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

CUADRO 6. Comparación de medias de variedades de pimiento morrón para las variables del rendimiento estudiadas.

Variedades	Variables del Rendimiento						
	Peso del fruto (g)	(No. de frutos·planta ⁻¹)	(kg·planta ⁻¹)	(kg·m ⁻²)	(No. de frutos m ⁻²)		
4Ever	178.18 f ^z	7.25 a	1.32 ab	6.63 ab	23.25 a		
Cadia	192.89 d-f	7.63 a	1.44 ab	7.01 ab	25.38 a		
Conan	192.89 d-f	6.50 a	1.22 ab	5.85 ab	20.75 a		
Cyrus	189.86 d-f	7.38 a	1.40 ab	6.77 ab	23.88 a		
Diego	263.08 ab	5.50 a	1.47 ab	7.06 ab	17.75 a		
Gandal	180.42 ef	6.75 a	1.26 ab	6.10 ab	20.00 a		
Giacomo	219.75 cd	5.63 a	1.28 ab	6.23 ab	17.50 a		
Grandisimo	259.76 ab	4.75 a	1.25 ab	6.04 ab	15.50 a		
Itzel	233.49 bc	5.25 a	1.20 ab	5.82 ab	17.00 a		
Magi	210.56 c-e	5.50 a	1.01 b	4.77 b	20.25 a		
Magno	187.06 d-f	6.13 a	1.10 ab	5.39 ab	17.38 a		
Moonset	202.44 c-f	7.00 a	1.38 ab	6.58 ab	22.75 a		
Oberon	192.53 d-f	6.75 a	1.40 ab	6.71 ab	21.75 a		
Orion	289.09 a	5.50 a	1.58 a	7.61 a	17.75 a		
Triple4	189.82 d-f	6.63 a	1.22 ab	5.92 ab	21.50 a		
Triple Star	200.63 d-f	7.38 a	1.49 ab	7.34 ab	24.38 a		
Valencia	178.18 ef	7.38 a	1.34 ab	6.52 ab	22.88 a		
DMSH	32.83	3.29	0.57	2.62	10.35		

^z Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

2.6 CONCLUSIONES

El aumento en la densidad de 4 a 6 plantas m⁻² no mostró aumentos en el rendimiento por unidad de superficie, debido a que sí tuvo efectos negativos sobre varios aspectos del crecimiento y en variables del rendimiento por planta; particularmente se redujo el peso seco total, porcentaje de frutos amarrados y número de frutos formados por planta.

Bajo el sistema de manejo consistente en el despunte por encima de la cuarta bifurcación utilizado, las variedades más sobresalientes con base en su acumulación de materia seca y rendimiento por planta fueron Orión y Triple Star.

2.7 LITERATURA CITADA

- Agarwal, A.; Gupta, S.; Ahmed, Z. 2007. Influence of plant densities on productivity of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under greenhouse in high altitude cold desert of Ladakh. *Acta Horticulturae* 756: 309-314.
- Bar-Tal, A.; Keinan, M.; Aloni, B.; Karni, L.; Oserovitz, Y.; Gantz, S.; Hazan, A.; Itach, M.; Tartakovski, N.; Avidan, A.; Posalski, I. S. 2000. Relationships between blossom end rot and water availability and Ca fertilization in bell pepper fruit production. *Acta Horticulturae* 554: 97-103.
- Castellanos, J. Z.; Borbón, C. M. 2009. Panorama de la horticultura protegida en México, pp. 1-18. *In*: Manual de producción de tomate en invernadero. Castellanos, J. Z. (ed.). Intagri. Guanajuato, México.
- Cebula, S. 1995. Optimization of plant and shoot spacing in greenhouse production of sweet pepper. *Acta Horticulturae* 412: 321-329.

- Cruz, H. 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.
- Dasgan, H. I.; Abak, K. 2003. Effects of plant density and number of shoots on yield and fruit characteristics of pepper grown in glasshouses. *Turkish Journal Agriculture Forestry* 27: 29-35.
- Jovicich, E.; Cantliffe, D. J.; Stoffella, P. J.; 2004a. Fruit yield and quality of greenhouse-grown bell pepper as influenced by density, container and trellis system. *HorTechnology* 14: 507-513.
- Jovicich, E.; Cantliffe, D. J.; Vansickle, J. J. 2004b. U.S. imports of colored bell peppers and the opportunity for greenhouse production of peppers in Florida. *Acta Horticulturae* 659: 81-85.
- Jurado, R.; Nieto, N. M. 2003. El Cultivo de Pimiento bajo Invernadero, pp. 541-568. *In: Técnicas de Producción en Cultivos Protegidos*. CAMACHO, F. (ed.). Cajamar. Almería, España.
- Marcelis, L. F. M.; Heuvelink, E.; Hofman-Eijer, L. R. B.; Bakker, J. D.; Xue, L. B. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany* 55: 2261-2268.
- Paschold, P. J.; Zengerle, K. H. 2000. Sweet pepper production in a closed system in mound culture with special consideration to irrigation scheduling. *Acta Horticulturae* 554: 329-333.

- Sánchez, C. F.; Escalante, R. E. 1988. Hidroponía. 3a ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 194 p.
- Sánchez, C. F.; Ortiz, C. J.; Mendoza, C. C.; González, H. V. A.; Colinas, Z. T. 1999. Características morfológicas asociadas con un arquetipo apto para un ambiente no restrictivo. *Agrociencia* 33: 21-29.
- Sokal, R. R.; Rohlf, F. J. 1995. Biometry. 3d Edition. Freeman. New York, U.S.A. 887 p.
- Turner, A. D.; Wien, H. C. 1994. Dry matter assimilation and partitioning in pepper cultivars differing in susceptibility to stress-induced bud and flower abscission. *Annals of Botany* 73: 617-622.
- Ucan, C. I.; Sánchez, C. F.; Contreras, M. E.; Corona, S. T. 2005. Efecto de la densidad de población y raleo de frutos sobre el rendimiento y tamaño del fruto en tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28: 33-38.
- Zuñiga-Estrada, L.; Martínez-Hernández, J.J.; Baca-Castillo, G. A.; Martínez-Garza, A.; Tirado-Torres, J. L.; Kohashu-Shibata, J. 2004. Producción de chile pimiento en dos sistemas de riego bajo condiciones hidropónicas. *Agrociencia* 38: 207-218.

3. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y DENSIDADES DE POBLACIÓN EN DOS VARIEDADES DE CHILE MORRÓN BAJO AMBIENTE NO RESTRICTIVO

3.1 RESUMEN

Los sistemas de producción comúnmente utilizados en el cultivo de chile morrón en invernadero son el de poda tipo “V” con 2 plantas m^{-2} , y el español con 4 plantas m^{-2} , en un solo ciclo por año. Con el propósito de lograr incrementos en la productividad anual en chile morrón, se evaluaron sistemas alternativos de producción basados en el manejo del cultivo en alta densidad (8, 10 y 12 plantas m^{-2}) con despuntes tempranos (tercera y cuarta bifurcación). Para los sistemas poda en “V” y español, se usó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, donde se compararon dos variedades (Triple Star y Orión). En los sistemas con despunte se hizo un diseño factorial con cuatro factores que fueron: los dos niveles de despunte, las tres densidades de población, las dos variedades y eliminación o no del fruto de la primera bifurcación. De este primer análisis se seleccionaron los mejores tratamientos y posteriormente se compararon entre éstos. En ambos sistemas tipo “V” y español, resultó mejor la variedad Orión; en los sistemas con despunte y alta densidad, resultó superior el manejo con despunte a la cuarta respecto a la tercera bifurcación, a una densidad de 8 plantas m^{-2} , con la variedad Orión y con eliminación del primer fruto. Al comparar los mejores tratamientos entre los sistemas, se encontró que el tipo “V” y español presentaron un mayor rendimiento por planta, pero no por área (4.3 kg m^{-2} y 6.9 kg m^{-2} , respectivamente), en cambio el sistema con despunte a la cuarta bifurcación, permitió incrementar el rendimiento por área, en este caso 11 kg m^{-2} de chile morrón en un ciclo de cuatro meses de trasplante a cosecha.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, poda, hidroponía, invernadero.

PRODUCTION SYSTEMS AND POPULATION DENSITIES ON TWO BELL PEPPER VARIETIES CULTIVATED WITHIN NO RESTRICTIVE ENVIRONMENT

3.2 ABSTRACT

The plant trellis systems widely used in greenhouse-grown bell pepper crops are “V” (2 plants m^{-2}) and the “Spanish” (4 plants m^{-2}). The two systems are cultivated with one cycle per year. We evaluated alternative production systems which are based on early pruning (third and fourth bifurcation cut) and high population stand (8, 10 and 12 plants m^{-2}) with the aim of increase annual productivity for greenhouse-grown bell pepper crop. For the “V” and “Spanish” systems a randomized block design was used, to compare two varieties (Triple Star and Orion). In the alternative production systems a randomized block design with factorial arrangement was used; the evaluated factors were: the two early pruning levels, the three densities, the two varieties mentioned above, and the presence or not of the first bifurcation fruit. Orion variety obtained the better performance in “V” and “Spanish systems; the best treatment in the alternative systems consist of: early pruning at fourth bifurcation, 8 plants m^{-2} , Orion variety and no presence of the first fruit. A second analysis was done with the better treatment of each system in the four month, when the experiment was concluded. The “V” and “Spanish” systems obtained more plant yield but not area yield (4.3 kg m^{-2} and 6.9 kg m^{-2} , respectively) compared with the alternative system of early pruning that obtain 11 kg m^{-2} .

Keywords: *Capsicum annuum*, pruning, soilles culture, greenhouse.

3.3 INTRODUCCIÓN

La radiación solar es el principal recurso por el cual las plantas de cultivo compiten dentro de un ambiente no restrictivo como lo es el cultivo en invernadero e hidroponía. Este factor ambiental al igual que el agua, el CO₂, la temperatura, la humedad relativa, los nutrimentos esenciales minerales, entre otros, juega un papel fundamental durante la fotosíntesis, y por lo tanto, en la formación de azúcares para el crecimiento de las plantas (Papadopoulos y Pararajasingham, 1997). Es por ello que con los sistemas productivos dentro de los invernaderos, se busca optimizar la cantidad de luz solar incidente y la forma en que ésta es interceptada por el dosel de las planta, ya que de ésta depende el rendimiento (Jovicich *et al.*, 2004).

Una manera de controlar la cantidad de luz y obtener mayor rendimiento de frutos por unidad de área, es el manejo de la densidad del cultivo (Papadopoulos y Pararajasingham, 1997). Con esta estrategia se busca establecer un Índice de Área Foliar (IAF) óptimo en el menor tiempo posible y lograr mantenerlo para maximizar la interceptación de radiación fotosintéticamente activa, lo que aumenta la posibilidad de mayores rendimientos (Sánchez *et al.*, 1999). La conducción y poda de las plantas es otra medida que puede contribuir en una mejor eficiencia en la interceptación de luz, lo cual también tiene efecto sobre el rendimiento (Jovicich *et al.*, 2004).

En el caso del chile morrón (*Capsicum annuum* L.) existen dos sistemas productivos comerciales utilizados para la producción en invernadero; uno de ellos es el sistema de poda en “V” (sistema holandés), que consiste en remover (eliminar) uno de los dos tallos que se desarrollan en cada nudo (horqueta) de la

planta; éstos son guiados individualmente de tal forma que la planta simula una “V” con dos tallos principales; este sistema es utilizado principalmente en hidroponía e invernadero, y con densidad de población de 2 plantas m^{-2} . El otro sistema es el “español” en el que se dejan de 2 a 4 tallos principales, con un mínimo de poda manteniéndose las ramas laterales, se guía por líneas sostenidas por alambre y postes que se distribuyen en ambos lados a lo largo de las hileras de plantas; se utiliza principalmente para siembra en suelo y la densidad es de hasta 4 plantas· m^{-2} (Jovicich *et al.*, 2004). En Chile morrón, a la fecha no existen otros sistemas alternativos que se utilicen de manera comercial, solamente los de alta densidad de población y poda temprana propuestos y evaluados por Cruz *et al.* (2005) y Cruz *et al.* (2009), sin que a la fecha se haya generalizado su uso.

De acuerdo con estos autores, un IAF óptimo para Chile estaría en el orden de 3 a 4; Dasgan y Abak (2003) obtuvieron valores de IAF de 8 (manejo de podas y densidades) y con rendimientos de hasta 11 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$.

Otro componente importante en la producción de cultivos en invernadero es la duración del ciclo de cultivo; sin embargo, no ha sido considerado en la producción de pimiento morrón porque los ciclos que normalmente se manejan son largos (de 10 o más meses) de tal forma que sólo se tiene un solo ciclo por año (Heuvelink *et al.*, 2004); no obstante cabe señalar que en México, a diferencia de los países septentrionales, existe mayor luminosidad, que a pesar de que ocurre una disminución en épocas de lluvias (no en el invierno), ésta es suficientemente alta para mantener producciones elevadas durante todo el año (Steta, 1999). En esta hortaliza es factible obtener más de dos ciclos por año dentro de invernadero utilizando despunte temprano de la planta y altas

densidades de población con rendimientos potenciales de $14 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{año}^{-1}$ (Cruz *et al.*, 2009).

Además del tiempo prolongado del ciclo de este cultivo, es frecuente la abscisión o aborto de flores y frutos en formación, esto provoca flujos de producción (Marcelis *et al.*, 2004) en períodos de 6 a 8 semanas entre sí (Schepers *et al.*, 2006). Los ciclos cortos de producción con despunte temprano y altas densidades como lo sugieren Cruz *et al.* (2009) tienen ventajas importantes comparados con los ciclos largos porque se puede aprovechar el mayor vigor de las plantas jóvenes para producir más kilogramos de frutos por unidad de superficie y tiempo y cosechar frutos de mejor calidad; las plantas son más sanas con lo que se obtienen productos más inocuos; puede aprovecharse los frutos desarrollados en las primeras bifurcaciones, que por lo general son de mayor peso y tamaño (Bhatt y Srinivasa, 1997).

En los sistemas convencionales, los primeros frutos son eliminados debido a que estos son de tamaño grande que por competencia de asimilados y efectos hormonales pueden producir aborto o abscisión de frutos más pequeños y de flores (Bhatt y Srinivasa, 1997; Marcelis *et al.*, 2004).

Con el propósito de lograr incrementos en la productividad anual en chile morrón en invernadero, se llevó a cabo el presente estudio en el que se evaluó diferentes sistemas de producción y densidades de población en dos variedades de chile morrón, con y sin eliminación del fruto del primer nudo, bajo un sistema hidropónico.

3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo de febrero a agosto de 2007, en un invernadero de 48 m de largo por 11 m de ancho y 4 m de alto, tipo túnel con paredes rectas y ventilación lateral, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en Chapingo, Estado de México, a 19° 29' de latitud Norte, 98° 53' de longitud Oeste y una altitud de 2250 m.

La siembra se realizó en charolas de poliestireno de 200 cavidades colocando una semilla por cavidad. Como sustrato se utilizó una mezcla de turba vegetal (*peat moss*) con perlita en proporción de 1:1 (v:v). La solución nutritiva que se utilizó desde una semana después de la emergencia hasta el final del ciclo contenía los siguientes elementos y concentraciones (mg·litro⁻¹): Nitrógeno= 215, Fósforo= 60, Potasio= 202, Calcio= 235, Magnesio= 60, Azufre= 217, Hierro= 3.0, Boro= 0.6, Manganeseo= 0.5, Cobre= 0.1 y Zinc= 0.1. Esto resultó en una conductividad eléctrica ligeramente menor a 2.5 dS/m y un pH entre 6 a 6.5 (Sánchez y Escalante 1988). Se utilizó un sistema hidropónico consistente en el uso de camas de cultivo de 1.2 m de ancho, 23 m de largo y 0.3 m de alto rellenas con arena de tezontle rojo con la mayoría de sus partículas de 3 a 5 mm de diámetro. Se utilizaron 2 ó 3 cintillas de goteo (con emisores a cada 20 cm) por cama (una por cada hilera de plantas) para proporcionar los riegos con solución nutritiva.

La siembra se efectuó el 15 de febrero y el trasplante el 6 de abril es decir, 43 días después de la emergencia (dds), cuando las plántulas habían formado de dos a tres hojas verdaderas; el tiempo que transcurrió de trasplante a final de cosecha fue de cuatro meses (6 de agosto de 2007).

El tutorio fue para cada rama de manera individual en todos los sistemas, para lo cual a las plantas se les colocó como tutor cordones de rafia (dos o más por planta) sostenidos sobre alambre sujetado en la estructura del propio invernadero a una altura de 2 m. Lo que varió entre los sistemas fue el tipo de poda, las densidades manejadas y el despunte.

El sistema de poda en “V” consistió en dejar dos tallos principales, removiéndose uno de los tallos que se desarrollaron en cada nudo de la planta posterior a la primera bifurcación; se utilizó una densidad de 2 plantas m^{-2} útil, y se eliminó el fruto de la primera bifurcación, similar a la poda tipo holandés.

Para el sistema tipo español, las plantas fueron manejadas a libre crecimiento a una densidad de 4 plantas $\cdot \text{m}^{-2}$ útil; el fruto de la primera bifurcación también fue eliminado.

Para los sistemas de despunte temprano, según correspondiera una hoja por encima de la tercera o cuarta bifurcación se realizó la eliminación de los ápices de crecimiento (despunte), entre los 35 a 55 días después del trasplante (ddt) según el crecimiento propio de la variedad. Las densidades en las dos alturas de despunte fueron de 8, 10 y 12 plantas m^{-2} útil. Un factor adicional en el estudio de los sistemas con despunte temprano fue el hecho de permitir o eliminar el crecimiento del fruto de la primera bifurcación, por lo que se tomó como un factor de estudio la eliminación o no de este primer fruto.

Los sistemas tipo “V” y el español se consideraron como testigos, y los datos fueron tomados de forma simultánea a los provenientes de las plantas manejadas con despunte a la tercera y cuarta bifurcación, es decir que para todos los sistemas sólo se consideraron los datos obtenidos hasta el cuarto mes,

cuando se terminó el ciclo de las plantas manejadas a la primera y cuarta bifurcación.

Para el análisis de los datos en el sistema de poda en “V” y español por separado se utilizó un diseño de bloques al azar.

En los sistemas de despunte temprano se utilizó un análisis factorial completo con cuatro factores. El primer factor fue el sistema de producción (S) con dos niveles que fueron: despunte a la tercera y a la cuarta bifurcación; el segundo factor fue la densidad de población (D) con tres niveles que fueron: 8, 10 y 12 plantas m^{-2} útil; el tercer factor fue la variedad (V) con dos niveles que fueron: variedad Triple Star y Orión; y el cuarto factor fue la presencia del fruto de la primera bifurcación (F) con dos niveles: presencia y ausencia del fruto. De esta forma se obtuvieron 24 tratamientos como se indican en el Cuadro 1.

Se comparó el mejor tratamiento de cada tipo de sistema de poda en “V” y español; y el mejor tratamiento de poda a tercera y cuarta bifurcación; posteriormente se hizo una comparación de medias entre estos.

Para todos los sistemas, la unidad experimental fue de 1.5 m^2 con cuatro repeticiones. Los caracteres evaluados a los cuatro meses ddt fueron: Índice de Área Foliar (IAF), que se obtuvo dividiendo el área foliar medida con un integrador (LICOR 300 Lincoln, Nebraska) entre la superficie que ocupó cada planta según la densidad; Peso seco total de planta (PST) en g, para lo cual se secaron las hojas, tallo y raíz por planta, en una estufa a 70 °C durante 48 horas hasta peso constante, a esto se le sumó el peso seco del total de los frutos producidos por planta, obtenido con estimadores a partir del peso fresco; los estimadores se obtuvieron con una calibración de diez frutos por variedad con regresiones lineal

entre el peso seco y el peso fresco; Porcentaje de Amarre de Frutos (% AMF), para esto se dividió el número de frutos producidos entre el número total de nudos por planta, este resultado se expresó en porcentaje; para su análisis se hizo una transformación arco-seno; Peso medio de fruto fresco (PMF) en g; Número de Frutos planta⁻¹ (NFP), Número de frutos por área medido en frutos m⁻² (NFA), Rendimiento por planta (RP) medido en kg·planta⁻¹ y Rendimiento por unidad de área medido en kg·m⁻² (RPA).

CUADRO 1. Tratamientos realizados de acuerdo a los factores analizados para chile morrón en los sistemas de despunte a la tercera y cuarta bifurcación.

#	Sistema de Manejo	Densidad (Plantas m ⁻²)	Variedad	Con/sin fruto en el 1 ^{er} nudo
1	Despunte a la 3 ^a bifurcación	8	Triple Star	Con
2	Despunte a la 3 ^a bifurcación	8	Triple Star	Sin
3	Despunte a la 3 ^a bifurcación	10	Triple Star	Con
4	Despunte a la 3 ^a bifurcación	10	Triple Star	Sin
5	Despunte a la 3 ^a bifurcación	12	Triple Star	Con
6	Despunte a la 3 ^a bifurcación	12	Triple Star	Sin
7	Despunte a la 3 ^a bifurcación	8	Orión	Con
8	Despunte a la 3 ^a bifurcación	8	Orión	Sin
9	Despunte a la 3 ^a bifurcación	10	Orión	Con
10	Despunte a la 3 ^a bifurcación	10	Orión	Sin
11	Despunte a la 3 ^a bifurcación	12	Orión	Con
12	Despunte a la 3 ^a bifurcación	12	Orión	Sin
13	Despunte a la 4 ^a bifurcación	8	Triple Star	Con
14	Despunte a la 4 ^a bifurcación	8	Triple Star	Sin
15	Despunte a la 4 ^a bifurcación	10	Triple Star	Con
16	Despunte a la 4 ^a bifurcación	10	Triple Star	Sin
17	Despunte a la 4 ^a bifurcación	12	Triple Star	Con
18	Despunte a la 4 ^a bifurcación	12	Triple Star	Sin
19	Despunte a la 4 ^a bifurcación	8	Orión	Con
20	Despunte a la 4 ^a bifurcación	8	Orión	Sin
21	Despunte a la 4 ^a bifurcación	10	Orión	Con
22	Despunte a la 4 ^a bifurcación	10	Orión	Sin
23	Despunte a la 4 ^a bifurcación	12	Orión	Con
24	Despunte a la 4 ^a bifurcación	12	Orión	Sin

3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sistema tipo “V”

El análisis de varianza mostró significancia para todas las variables estudiadas con excepción del % AMF, NFP y NFA (Cuadro 2). La variedad Orión superó a Triple Star en PMF, RP, RPA y PST. Con excepción del IAF, donde Triple Star tuvo un valor más alto, en los demás caracteres las dos variedades fueron iguales (Cuadro 3). Como ambas variedades tuvieron un bajo valor de área foliar es posible incrementar la densidad (Cruz *et al.*, 2009).

El tiempo hasta donde abarcó el estudio (4 meses) es aproximadamente una tercera parte del total del ciclo del cultivo que normalmente se utiliza con este sistema y de acuerdo con Schepers *et al.* (2006), este periodo solamente representa uno de cinco picos de producción. Durante el tiempo del estudio la planta estuvo en fase de crecimiento vegetativo más que en producción, llegando entre la quinta y la sexta horqueta, con una altura aproximada de 1.7 m. Bajo este criterio, el rendimiento que se pudiera alcanzar sería aproximadamente 19 kg m⁻², considerando cinco picos productivos a lo largo del año (Schepers *et al.*, 2006). Este rendimiento es 30 % menor a lo reportado por productores de Holanda que utilizan invernaderos de vidrio y con alto control ambiental (Schepers *et al.* 2006).

CUADRO 2. Cuadrados medios de los análisis de varianza para las variedades de chile morrón Triple Star y Orión manejadas con el sistema de poda tipo “V”.

F.V. ²	G.L.	IAF	% AMF	PST	PMF	RP	RPA	NFP	NFA
V	1	0.49 **	50.00	9543.4 **	100224 **	0.57 **	2.27 **	8.00	2.00
B	3	0.11	33.33	828.85	314.83	0.05	0.20	2.33	9.33
Error	3	0.002	16.67	153.32	43.50	0.01	0.02	0.167	0.17
CV (%)		2.21	5.07	6.28	3.14	4.15	4.05	4.53	4.54

²F.V.: Fuentes de variación; G.L.: Grados de libertad; V: Variedad; B: Bloque; C.V.: Coeficiente de variación.

Coeficiente de variación.

IAF: Índice de área foliar; % AMF: Porcentaje de amarre de frutos; PST: Peso seco total (g); PMF: Peso promedio del fruto (g); RP: Rendimiento por planta (kg planta⁻¹); RPA: Rendimiento por área (kg m⁻²); NFP: Número de frutos por planta; NFA: número de frutos por área (frutos m⁻²).

*, **; Significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.

CUADRO 3. Comparación de medias para las variedades de chile morrón Orión y Triple Star manejadas con el sistema de poda tipo “V”.

Variedad	IAF	% AMF	PST (g)	PMF (g)	RP (kg planta ⁻¹)	RPA (kg m ⁻²)	NFP	NFA
Triple Star	2.45 a ^z	83.82 a	162.75 b	174.00 b	1.61 b	3.21 b	9.25 a	18.5 a
Orión	1.96 b	77.12 a	231.83 a	245.50 a	2.14 a	4.28 a	8.75 a	17.5 a
DMSH	0.11	9.18	27.9	14.84	0.18	0.34	0.92	1.84
Media	2.20	80.47	197.29	209.75	1.87	3.74	9.00	18.00

^zValores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMSH: diferencia mínima significativa honesta;

IAF: Índice de área foliar; % AMF: Porcentaje de amarre de frutos; PST: Peso seco total (g); PMF: Peso promedio del fruto (g); RP: Rendimiento por planta (kg planta⁻¹); RPA: Rendimiento por área (kg m⁻²); NFP: Número de frutos por planta; NFA: número de frutos por área (frutos m⁻²).

Sistema español

En el sistema español las variables IAF, % AMF y PMF resultaron diferentes entre variedades ($P \leq 0.05$; Cuadro 4). El IAF y % AMF fueron superiores en Triple Star, pero el PMF fue mayor en Orión (Cuadro 5). Con base en el IAF se esperaría que Triple Star tuviera mayor rendimiento por área, no obstante rindieron igual, dado que el peso del fruto en Orion fue mayor. Es probable que el bajo número de frutos por planta⁻¹ se haya debido a competencia y dominancia de los más grandes que provocan la caída de los más pequeños (Marcelis *et al.*, 2004).

El rendimiento por área del sistema español fue aceptable (un promedio de 6.47 kg m⁻²), que es ligeramente menor a lo reportado en un ciclo más largo por Jovivich *et al.* (2004) y similar a los promedios de producción en España reportados por Cantliffe y Vansickle (2001) para ciclos completos. El IAF para ambas variedades fue relativamente alto para la edad en que se manejó el cultivo, por lo que la densidad manejada con este sistema sería difícil de incrementarla, lo que sí pudiera realizarse es dos ciclos por año con relativamente buenos rendimientos.

CUADRO 4. Cuadrados medios de los análisis de varianza para las variedades de chile morrón Triple Star y Orión manejadas con el sistema español.

F.V. ^z	G.L.	IAF	% AMF	PST	PMF	RP	RPA	NFP	NFA
V	1	0.12**	88.89 *	2265.90	5253.13 **	0.10	1.55	2.00	32.00
B	3	0.16**	3.70	988.40	1427.38 *	0.11	1.83	4.83	77.33
Error	3	0.003	3.70	258.80	74.38	0.05	0.74	1.00	16.00
CV (%)		1.92	6.79	6.46	2.50	13.27	13.27	12.12	12.12

^z F.V.: Fuentes de variación; G.L.: Grados de libertad; V: Variedad; B: Bloque; C.V.:

Coeficiente de variación.

IAF: Índice de área foliar; % AMF: Porcentaje de amarre de frutos; PST: Peso seco total (g); PMF: Peso promedio del fruto (g); RP: Rendimiento por planta (kg planta⁻¹); RPA: Rendimiento por área (kg m⁻²); NFP: Número de frutos por planta; NFA: número de frutos por área (frutos m⁻²).

*, **; Significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.

CUADRO 5. Comparación de medias para las variedades de chile morrón Orión y Triple Star manejadas con el sistema español.

Variedad	IAF	% AMF	PST (g)	PMF (g)	RP (kg planta ⁻¹)	RPA (kg m ⁻²)	NFP	NFA
Triple Star	3.16a ^z	31.67a	232.19a	173.50b	1.51a	6.03a	8.75a	35.00a
Orión	2.92b	25.00b	265.85a	224.80a	1.73a	6.91a	7.75a	31.00a
DMSH	0.13	4.33	36.20	11.21	0.48	1.93	2.25	9.00
Media	3.04	28.33	249.00	199.13	1.62	6.47	8.25a	33.00

^z Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMSH: diferencia mínima significativa honesta;

IAF: Índice de área foliar; % AMF: Porcentaje de amarre de frutos; PST: Peso seco total (g); PMF: Peso promedio del fruto (g); RP: Rendimiento por planta (kg planta⁻¹); RPA: Rendimiento por área (kg m⁻²); NFP: Número de frutos por planta; NFA: número de frutos por área (frutos m⁻²).

Sistemas con despunte a la tercera y cuarta bifurcación

El análisis de varianza mostró interacciones significativas entre todos los factores de estudio: S*D*V*F únicamente para el índice de área foliar; en la interacción triple F*S*D hubo significancia para las variables: IAF, PMF y RPA; en las interacciones dobles (de dos factores) hubo diferencia en S*D para IAF, %AMF, NFP y NFA, y en la interacción S*V en las mismas variables que en S*D, excepto en PMF (Cuadro 6). Los factores por separado también tuvieron influencia sobre casi todas las variables (Cuadro 6).

El sistema de despunte a la cuarta bifurcación fue superior al de despunte a la tercera bifurcación en todas las variables con excepción de % AMF (Cuadro 7). Esto se explica, porque potencialmente una planta a menor altura de despunte (tercera bifurcación) puede tener 7 nudos y una planta despuntada en la cuarta bifurcación hasta 15 nudos, es decir más del doble de frutos que se pueden formar; sin embargo, aunque el amarre de frutos fue menor en la poda a la cuarta bifurcación, el número de frutos si fue más alto (más de un 30 %) por planta.

Se esperaba que al aumentar la densidad el rendimiento por área también aumentara y que no se presentara competencia entre frutos en plantas despuntadas a la tercera bifurcación, en especial porque el IAF que desarrollaron estuvo bajo en promedio. El óptimo en Chile es de 3 a 4 (Cruz *et al.*, 2009), y la densidad de 12 plantas m⁻² alcanzó este valor, pero esta densidad no representó el mayor rendimiento por superficie, entonces seguramente hubo otros factores que pueden afectar la cantidad de fotoasimilados así como su distribución. Entre los principales factores, señalados en varios trabajos, han sido la temperatura, la

humedad relativa y hormonales (Turner y Wien, 1994; Heuvelink y Korner, 2001; Heuvelink *et al.*, 2004; Marcelis *et al.*, 2004; Peil y Galvez, 2005). Los azúcares que se formaron como producto de la fotosíntesis, tal vez no fueron suficientes para aumentar el porcentaje de amarre de frutos conforme al aumento en la densidad, o quizá la poda efectuada sobre las plantas a la tercera bifurcación fue demasiado severa, para poder mantener más frutos. En las densidades altas hubo menor acumulación de materia seca en las estructuras de la planta que con baja densidad, pues el peso seco de planta y el peso del fruto fueron menores en la densidad más elevada.

En ambas alturas de despunte en la densidad de 8 plantas·m⁻²; la disminución en el tamaño del fruto y en el % AMF generó un menor rendimiento conforme la densidad de plantas m⁻² aumentó. En la literatura se han reportado variaciones en los máximos rendimientos desde una densidad de 3.2 plantas·m⁻² (Lorenzo y Castilla, 1995) hasta una densidad de población entre 10 y 14 plantas·m⁻² (Jolliffe y Gaye 1995; Agarwal *et al.*, 2007; Cruz *et al.*, 2009), densidades superiores no han demostrado incrementos en el rendimiento (Agarwal *et al.*, 2007) con excepción del trabajo de Zuñiga-Estrada *et al.* (2004) que reportan los mayores rendimientos en densidades de 24 plantas·m⁻², pero un bajo tamaño de fruto.

La variedad Orión fue mejor que la Triple Star con más de 2 kg m⁻² en promedio, por su mayor peso del fruto de Orión (Cuadro 7). El amarre de frutos no disminuyó con la presencia del primer fruto generan abscisión por competencia con las demás flores y frutos de los nudos superiores (Heuvelink y Korner, 2001; Marcelis *et al.*, 2004). Aunque el rendimiento por superficie aumentó al dejar el

primer fruto (Cuadro 7), por su alto peso (más de 200 g), sin embargo el tratamiento más alto se logró con la poda a la cuarta bifurcación con eliminación del primer fruto (Cuadro 8). Por las densidades manejadas en los sistemas de despunte temprano puede representar rendimientos extras entre 1.6 a 2.4 kg·m⁻²; como en estos sistemas lo que se busca es el mayor rendimiento por superficie en el menor tiempo posible, es recomendable dejar el fruto del primer nudo, aunque el rendimiento más alto observado no haya presentado dicho fruto; de todas formas se sugiere dejarlo porque no tuvo efecto negativo y el quitarlo requiere un gasto en mano de obra innecesario.

Para incrementar el rendimiento es deseable aumentar el porcentaje de frutos amarrados por planta. Posiblemente la poda de dos frutos más (frutos de la segunda bifurcación) en planta podada a la cuarta bifurcación pudiera permitir un mayor amarre de frutos, en este caso de hasta 12 frutos m⁻², con lo que se incrementaría el rendimiento por área; esto no se ha evaluado, pero podría sugerirse para estudios posteriores. Asimismo, se sabe que las citocininas, juegan un papel importante en la división celular y demanda de azúcares (Lambers *et al.*, 2008), por lo que el uso de estas hormonas también pudiera tener efectos positivos en el aumento y crecimiento de los frutos y por ende en el rendimiento final.

CUADRO 6. Cuadrados medios de los análisis de varianza únicamente considerando los sistemas de despunte a la 3ª y 4ª bifurcación para las variedades de chile morrón Orión y Triple Star.

F.V. ²	G.L.	IAF	% AMF	PST	PMF	RP	RPA	NFP	NFA
F	1	0.07	574.18**	1260.63*	0.002	0.07	8.90*	574.18	28.17
S	1	65.65**	12420.6**	36181.79**	0.002	2.11**	208.4**	12420.6**	7280.2**
D	2	5.22**	1554.20**	8930.38**	0.020**	1.78**	22.31**	1554.2**	244.50**
V	1	6.26**	0.40	30271.56**	0.070**	1.51**	138.3**	0.40	60.17
F*S	1	0.01	74.13	233.88	0.00	0.001	0.02	74.13	20.17
F*D	2	0.07	80.70	673.50	0.001	0.05	5.10	80.70	67.17
F*V	1	0.02	79.10	74.55	0.000	0.01	0.34	79.10	28.17
F*S*D	2	0.20**	30.20	767.75	0.003*	0.06	6.17*	30.20	41.17
F*S*V	1	0.01	65.87	2.56	0.000	0.001	0.23	65.87	20.17
F*D*V	2	0.01	63.65	66.41	0.000	0.01	1.20	63.65	55.17
F*S*D*V	2	0.13**	14.85	516.74	0.000	0.01	0.62	14.85	5.17
S*D	2	0.18**	164.08*	137.33	0.008**	0.004	1.77	164.08**	141.17*
S*V	1	0.37**	311.18**	911.93	0.000	0.002	0.23	311.18**	337.50**
V*D	2	0.02	5.92	482.67	0.001	0.05	0.63	5.92	1.17
S*V*D	2	0.05	1.16	53.01	0.000	0.000	0.04	1.16	4.50
Modelo	23	3.66**	754.56**	4008.37**	0.006**	0.33**	18.79**	754.56**	386.72**
Error	72	0.03	43.25	253.38	0.001	0.02	1.911	43.25	31.94
CV (%)		5.29	12.49	13.22	15.30	17.24	17.98	10.92	11.39

²F.V.: Fuentes de variación; G.L.: Grados de libertad; V: Variedad; B: Bloque; C.V.: Coeficiente de variación.

IAF: Índice de área foliar; %AMF: Porcentaje de amarre de frutos; PST: Peso seco total (g); PMF: Peso promedio del fruto (g); RP: Rendimiento por planta (kg planta⁻¹); RPA: Rendimiento por área (kg m⁻²); NFP: Número de frutos por planta; NFA: número de frutos por área (frutos m⁻²).

*, **; Significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.

CUADRO 7. Comparación de medias considerando únicamente los sistemas de despunte a la 3ª y 4ª bifurcación para las variedades de chile morrón Orión y Triple Star.

TRATAMIENTO	IAF ^y	% AMF	PST (g)	PMF (g)	RP (kg planta ⁻¹)	RPA (kg m ⁻²)	NFP	NFA
Sistema de producción								
3ª bifurcación	2.16b ^z	64.04a	100.97b	150a	0.65b	6.22b	4.15b	40.92b
4ª bifurcación	3.81a	41.29b	139.80a	160a	0.95a	9.17a	5.98a	58.33a
DMSH	0.06	2.68	6.48	10	0.06	0.56	0.23	2.30
Media	2.99	52.66	120.39	160	0.80	7.69	5.06	49.63
Densidad								
8	2.62c	59.15a	136.84a	180a	1.03a	8.27a	5.81a	46.50b
10	2.92b	53.54b	120.88b	160b	0.81b	8.08a	5.06b	50.63a
12	3.42a	45.30c	103.44c	130c	0.56c	6.74b	4.31c	51.75a
DMSH	0.10	3.93	9.52	19	0.08	0.83	0.33	3.38
Media	3.17	49.42	112.16	140	0.68	7.41	4.69	51.19
Variedad								
Triple star	3.24a	52.73a	102.63b	130b	0.68b	6.49b	5.15a	50.42a
Orion	2.73b	52.60a	138.14a	180a	0.93a	8.90a	4.98a	48.83a
DMSH	0.06	2.68	6.48	10	0.06	0.56	0.23	2.30
Media	2.99	52.66	120.39	160	0.80	7.69	5.06	49.63
Con o sin la presencia del fruto de la primera bifurcación								
Con	2.96a	50.22b	124.01a	160a	0.83a	8.00a	5.10a	50.17a
Sin	3.01a	55.11a	116.76b	152a	0.77a	7.39b	5.02a	49.08a
DMSH	0.06	2.68	6.48	10	0.06	0.56	0.23	2.30
Media	2.99	52.7	120.39	160	0.80	7.70	5.06	49.63

^z Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMSH: diferencia mínima significativa honesta; D.T.: Despunte temprano a la cuarta bifurcación.

^yIAF: Índice de área foliar; %AMF: Porcentaje de amarre de frutos; PST: Peso seco total (g); PMF: Peso promedio del fruto (g); RP: Rendimiento por planta (kg planta⁻¹); RPA: Rendimiento por área (kg m⁻²); NFP: Número de frutos por planta; NFA: número de frutos por área (frutos m⁻²).

Con despunte a la tercera y cuarta bifurcación, uno de los mejores tratamientos fue la poda a la cuarta bifurcación con 8 plantas m^{-2} , con la variedad Orión y con la eliminación del primer fruto, con el que se produjo hasta 11 kg m^{-2} , en el periodo de cuatro meses de trasplante a fin de cosecha. En realidad casi todas las combinaciones de variedades y densidades para la poda a la cuarta bifurcación fueron estadísticamente iguales en rendimiento, ya que solamente el mejor tratamiento señalado superó en rendimiento a las plantas podadas a la cuarta bifurcación pero usando la variedad Triple Star a 12 plantas m^{-2} , a pesar de que con este tratamiento se obtuvo el mayor IAF (4.8).

Cuadro 8. Prueba de comparación de medias entre todos los tratamientos para las variables analizadas, con despunte a la 3ª y 4ª bifurcación para las variedades de chile morrón Orión y Triple Star.

#	S ^y	D	V	F	IAF		% AMF		PST		PMF		RP		RPA		NFP		NFA	
1	3	8	1	1	1.8	k-m ^z	64.29	a-d	89.18	g-i	152	c-i	0.69	e-k	5.51	cd	4.50	e-h	36.0	f
2	3	8	2	1	1.6	ml	64.29	a-d	141.0	b-e	223	ab	1.00	b-g	7.98	a-c	4.50	e-h	36.0	f
3	3	8	1	0	1.9	k-m	70.84	ab	93.2	f-i	169	b-g	0.72	d-j	5.72	cd	4.25	f-h	34.0	f
4	3	8	2	0	1.5	m	75.00	a	137.2	b-e	242	a	1.09	a-c	8.69	a-c	4.50	e-h	36.0	f
5	3	10	1	1	2.2	j-l	67.86	a-c	101.9	e-i	139	d-i	0.66	f-l	6.64	cd	4.75	e-h	47.5	b-e
6	3	10	2	1	1.9	k-m	64.28	a-d	134.0	b-f	198	a-d	0.90	c-h	8.99	a-c	4.5	e-h	45.0	c-e
7	3	10	1	0	2.5	g-i	62.50	a-d	64.3	i	108	g-i	0.41	j-l	4.07	d	3.75	gh	37.5	ef
8	3	10	2	0	2.0	j-l	75.00	a	112.7	d-g	155	d-i	0.70	e-j	7.02	b-d	4.50	e-h	45.0	c-f
9	3	12	1	1	2.9	e-h	50.00	d-i	68.0	ih	95	hi	0.34	kl	4.03	d	3.50	h	42.0	d-f
10	3	12	2	1	2.4	ji	53.57	b-g	102.9	e-i	132	e-i	0.51	i-l	6.07	cd	3.75	gh	45.0	c-f
11	3	12	1	0	2.8	f-h	58.34	a-e	64.2	i	92	i	0.32	l	3.83	d	3.50	h	42.0	d-f
12	3	12	2	0	2.4	h-j	62.50	a-d	103.2	e-i	134	d-i	0.50	i-l	6.05	cd	3.75	gh	45.0	c-e
13	4	8	1	1	3.9	bc	48.34	d-j	143.7	b-e	144	c-i	1.05	a-e	8.39	a-c	7.25	ab	58.0	a-c
14	4	8	2	1	3.2	de	43.34	e-j	169.0	ab	205	a-c	1.33	ab	10.62	ab	6.50	a-c	52.0	a-e
15	4	8	1	0	3.8	c	55.39	b-e	134.6	b-f	132	e-i	1.02	a-f	8.15	a-c	7.75	a	62.0	a-b
16	4	8	2	0	3.1	d-f	51.79	d-h	186.9	a	191	a-d	1.38	a	11.05	a	7.25	ab	58.0	a-c
17	4	10	1	1	4.0	bc	41.67	e-j	122.0	c-g	138	d-i	0.87	c-h	8.7	a-c	6.25	b-d	62.5	a
18	4	10	2	1	3.4	d	36.66	g-j	157.8	a-c	194	a-e	1.05	a-e	10.52	ab	5.50	c-f	55.0	a-d
19	4	10	1	0	3.9	c	41.09	e-j	124.5	c-g	139	d-i	0.80	e-i	7.95	a-c	5.75	c-e	57.5	a-c
20	4	10	2	0	3.4	d	39.29	f-j	149.9	a-d	195	a-d	1.07	a-d	10.71	a	5.50	c-f	55.0	a-d
21	4	12	1	1	4.3	bc	35.00	h-j	118.1	c-g	125	f-i	0.65	g-l	7.85	a-c	5.25	c-f	63.0	a
22	4	12	2	1	3.9	c	33.33	ij	140.7	b-e	179	a-f	0.89	c-g	10.65	ab	5.00	d-g	60.0	ab
23	4	12	1	0	4.8	a	37.50	gj	107.9	d-h	114	g-i	0.59	h-l	7.04	b-d	5.25	c-f	63.0	a
24	4	12	2	0	4.0	bc	32.14	j	122.7	c-g	158	c-h	0.70	e-k	8.35	a-c	4.50	e-h	54.0	a-d
Media					2.99		52.66		120.39		156		0.8		7.70		5.06		49.63	
DMSH					0.40		17.36		42.95		65.0		0.37		3.66		1.45		14.87	

^zValores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMSH: diferencia mínima significativa honesta;

^yS: Sistema de manejo (3= tercera bifurcación; 4= cuarta bifurcación); D: densidad de plantas m⁻²; V= variedad (1= Triple Star; 2= Orión); F: Con la presencia (1), o con la ausencia (0) del fruto de la primera bifurcación. IAF: Índice de área foliar; % AMF: Porcentaje de amarre de frutos; PST: Peso seco total (g); PMF: Peso medio del fruto (g); RP: Rendimiento por planta (kg planta⁻¹); RPA: Rendimiento por área (kg m⁻²); NFP: Frutos por planta⁻¹; NFA: número de frutos por área (frutos m⁻²).

Comparaciones entre sistemas de producción

En todas las variables hubo significancia estadística con excepción del número de frutos por planta (Cuadro 9). El sistema de despunte temprano superó a los otros dos sistemas en RPA y NFA. En IAF fue similar al español y superior al tipo “V”. Este último fue superior a los otros sistemas en % AMF y superior al de despunte temprano, pero similar al español en PMF y RP; el sistema español fue superior a los otros sistemas solamente en PST (Cuadro 10).

El sistema tipo “V” y español al utilizar una baja densidad de plantas, permitió que plantas manejadas con esas combinaciones de sistema y densidad respondieran mejor individualmente a las plantas cultivadas con los sistemas de despunte temprano. La baja densidad y el control de la ramificación en el tipo “V” y en el español, permiten captar una alta radiación solar que incida sobre la planta, diseñados de esta forma para que la competencia entre plantas sea lo más reducida posible incluso a alturas superiores de 2 m (Jovicich *et al.*, 2004). En los sistemas de despunte temprano la planta se maneja a poca altura, lo que permite aumentar la densidad de población y con ello se logra alcanzar un mayor IAF en el menor tiempo posible; aunque con este sistema se sacrifica el desempeño individual de la planta, se mejora el desempeño por área y tiempo.

El potencial de formación de frutos explica el rendimiento por superficie, el cual dependió del manejo de la planta y de la densidad de siembra. El sistema tipo “V” tuvo un potencial de 10 a 12 frutos planta⁻¹ al término del estudio y de acuerdo con la densidad de siembra de 20 a 24 frutos m⁻², obtuvo también un alto porcentaje de frutos formados (78 %). En el sistema español potencialmente pudo haberse formado 31 o más frutos planta⁻¹ y de acuerdo a la densidad más alta

hasta 124 frutos m^{-2} ; sin embargo, tuvo muy bajo amarre de frutos (25%); es posible que haya habido competencia entre los frutos y flores en formación con el desarrollo vegetativo, debido a que las hojas son mejores para obtener asimilados que los órganos reproductivos (Aloni *et al.*, 1991), o bien que las plantas manejadas con ese sistema entraron a un período de baja productividad (Schepers *et al.*, 2006). El despunte a la cuarta bifurcación dio mayores rendimientos, en parte porque el número de frutos potenciales a formarse por planta era de 14 y de entre 112 a 168 por m^{-2} , según la densidad, con amarre de del 52 % por planta, por lo que con este sistema se formó el mayor número de frutos m^{-2} y que de acuerdo con la densidad manejada también tuvo un tamaño de fruto aceptable, lo que produjo el mayor rendimiento por unidad de superficie.

En el presente trabajo se cosecharon frutos al menos con 70 % de su color; los sistemas de despunte temprano pudieran ser mejores aún si se cosechara el fruto en verde, porque tal vez aumentaría el número de frutos amarrados, pues la cosecha de frutos no maduros (cosecha en verde) promueve y estimula la floración y el amarre de frutos, en cambio cuando los frutos se cosechan hasta que toman su color final, se favorece la senescencia del follaje (Miccolis *et al.*, 1999).

El período de despunte fue entre los 35 a 55 días, pero, la técnica puede afinarse si se utiliza como criterio el período de antesis, debido a que una baja intensidad de luz durante 10 días antes o después de este período provoca alto porcentaje de abortos (Marcelis *et al.*, 2004), por lo que se debería evitar la poda de las plantas durante este período y tener especial control ambiental dentro del invernadero.

El rendimiento en el sistema de despunte temprano a la cuarta bifurcación fue de 11 kg m^{-2} . Si el ciclo de cultivo se lograra establecer siempre en cuatro meses del trasplante a fin de cosecha como lo ocurrido en este experimento, con plantas de mayor edad provenientes de macetas, entonces sería factible completar al menos tres ciclos al año, lo que daría un potencial de rendimiento superior a las $300 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ para frutos en maduro; en México, esto puede ser factible ya que existen condiciones de alta luminosidad en la mayor parte del país, lo que superaría a las mayores producciones comerciales en México, Estados Unidos de América y en España y equivalentes a las de Holanda, pero con menores recursos o costos de producción (Cantliffe y Vansickle, 2001; Heuvelink *et al.*, 2004; Jovivich *et al.*, 2004; Grijalva *et al.*, 2008).

CUADRO 9. Cuadrados medios de los análisis de varianza de los sistemas tipo “V”, español y despunte a la cuarta bifurcación con 8 plantas m⁻² para la variedad de chile morrón variedad Orión.

F.V. ^z	G.L.	IAF	% AMF	PST	PMF	RP	RPA	NFP	NFA
S	1	1.59 **	2756.63 **	6277.25 **	2853.08 **	0.57 **	46.69 **	2.33	1070.00 **
B	3	0.04	24.15	118.00	871.64	0.04	0.94	1.64	22.55
Error	3	0.07	8.66	242.89	202.31	0.05	1.04	1.22	693.93
CV (%)		9.90	5.74	6.83	6.44	12.59	13.75	13.97	13.18

^zF.V.: Fuentes de variación; G.L.: Grados de libertad; S: Sistema de producción; B: Bloque; C.V.: Coeficiente de variación.

IAF: Índice de área foliar; % AMF: Porcentaje de amarre de frutos; PST: Peso seco total (g); PMF: Peso promedio del fruto (g); RP: Rendimiento por planta (kg planta⁻¹); RPA: Rendimiento por área (kg m⁻²); NFP: Número de frutos por planta; NFA: número de frutos por área (frutos m⁻²).

*, **; Significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01, respectivamente.

CUADRO 10. Comparación de medias para los sistemas tipo “V”, español y despunte a la cuarta bifurcación con 8 plantas m⁻² para chile morrón, variedad Orión.

Tipo de Sistema	IAF ^y	% AMF	PST (g)	PMF (g)	RP (kg planta ⁻¹)	RPA (kg m ⁻²)	NFP	NFA
“V”	1.96 b ^z	77.12a	231.83 b	245.50 a	2.14 a	4.28 c	8.75 a	17.50 c
Español	2.92 a	25.00c	265.85 a	224.75 a	1.73ab	6.91 b	7.75 a	31.00 b
D. T	3.14 a	51.79b	186.87 c	192.50 b	1.38 b	11.06 a	7.25 a	58.00 a
DMSH	0.57	6.38	33.81	30.86	0.48	2.21	2.40	10.15
Media	2.67	51.30	228.18	220.92	1.75	7.42	7.92	35.5

^zValores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMSH: diferencia mínima significativa honesta; D.T.: Despunte temprano a la cuarta bifurcación.

^yIAF: Índice de área foliar; % AMF: Porcentaje de amarre de frutos; PST: Peso seco total (g); PMF: Peso promedio del fruto (g); RP: Rendimiento por planta (kg planta⁻¹); RPA: Rendimiento por área (kg m⁻²); NFP: Número de frutos por planta; NFA: número de frutos por área (frutos m⁻²).

*, **; Significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01, respectivamente.

3.6 CONCLUSIONES

Con el sistema de poda “V” y manejo tipo español, la variedad Orión fue mejor en rendimiento (kg m^{-2}) que Triple Star.

El sistema de despunte a la cuarta bifurcación permitió obtener hasta 11 kg m^{-2} de chile morrón maduro en un ciclo de cuatro meses de trasplante a cosecha, con un rendimiento potencial de hasta $300 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ al cultivar la variedad Orión a una densidad de 8 plantas m^{-2} .

3.7 LITERATURA CITADA

- Agarwal, A.; Gupta, S.; Ahmed, Z. 2007. Influence of plant densities on productivity of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under greenhouse in high altitude cold desert of Ladakh. *Acta Horticulturae* 756: 309-314.
- Aloni, B.; Pashkar, T.; Karni, L. 1991. Partitioning of [^{14}C] sucrose and acid invertase activity in reproductive organs of pepper plants in relation to their abscission under heat stress. *Annals of Botany* 67: 371-377.
- Bhatt, R. M.; Srinivasa, N.K. 1997. Growth and photosynthesis in bell-peppers as affected by sink manipulation. *Biologia Plantarum* 39: 437-439.
- Cantliffe, D.J.; Vansickle J.J. 2001. Competitiveness of the Spanish and Dutch greenhouse industries with the Florida fresh vegetable industry. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 114: 283-287.

- Cruz, H. 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 pimienta. *Agricultura Técnica en México* 35: 70-77.
- Dasgan, H. I.; Abak, K. 2003. Effects of plant density and number of shoots on yield and fruit characteristics of pepper grown in glasshouses. *Turkish Journal Agriculture Forestry* 27: 29-35.
- Grijalva, C. R. L.; Macías, D. R.; Robles, C. F. 2008. Productividad y calidad de variedades y densidades de chile bell pepper bajo condiciones de invernadero en el noroeste de Sonora. *Biotecnia* 10: 3-10.
- Heuvelink, E.; Korner, O. 2001. Parthenocarpic fruit growth reduces yield fluctuation and blossom-end rot in sweet pepper. *Annals of Botany* 88: 69-74.
- Heuvelink E.; Marcelis, L. F. M.; Körner, O. 2004. How to reduce yield fluctuations in sweet pepper. *Acta Horticulturae* 633: 349-355
- Jolliffe P. A.; Gaye, M. M. 1995. Dynamics of growth and yield component responses of bell peppers (*Capsicum annum* L.) to row covers and population density. *Scientia Horticulturae* 62: 153-164.
- Jovicich, E.; Cantliffe, D. J.; Stoffella, P. J.; 2004. Fruit yield and quality of greenhouse-grown bell pepper as influenced by density, container and trellis system. *HorTechnology* 14: 507-513.

- Lambers, H.; Chapin, F. S.; Pons, T.J. 2008. Plant physiological ecology. 2d Edition. Springer. N.Y. USA. 604 p.
- Lorenzo, P.; Castilla, N. 1995. Bell pepper yield response to plant density and radiation in unheated plastic glasshouse. *Acta Horticulturae* 412: 330-334.
- Marcelis, L. F. M.; Heuvelink, E.; Hofman-Eijer, L. R. B.; Bakker, J. D.; Xue, L. B. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany* 55: 2261-2268.
- Miccolis V.; Candido, V.; Marano, V. 1999. Influence of harvest time on yield of some sweet pepper cultivars grown in greenhouses. *Acta Horticulturae* 491: 205-208.
- Papadopoulos, A.P. ; Pararajasingham, S. 1997. The influence of plant spacing on light interception and use in greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Scientia Horticulturae* 69: 1-29.
- Peil, R. M.; Galvez, J.L. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. R. Bras. Agrociencia 11:5-11.
- Sánchez, C. F.; Escalante, R. E. 1988. Hidroponía. 3a ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 194 p.
- Sánchez, C. F.; Ortiz, C. J.; Mendoza, C. C.; González, H. V. A.; Colinas, Z. T. 1999. Características morfológicas asociadas con un arquetipo apto para un ambiente no restrictivo. *Agrociencia* 33: 21-29.
- Schepers, H.E.; Kromdijk, W.; Kooten, O. V. The Conveyor Belt Model for Fruit Bearing Vegetables: Application to Sweet Pepper Yield Oscillations *Acta Horticulturae* 718: 43-50.

- Steta, M. 1999. Status of the greenhouse industry in México. *Acta Horticulturae* 481: 735-738.
- Turner, A. D.; Wien, H. C. 1994. Dry matter assimilation and partitioning in pepper cultivars differing in susceptibility to stress-induced bud and flower abscission. *Annals of Botany* 73: 617-622.
- Zuñiga-Estrada, L.; Martínez-Hernández, J.J.; Baca-Castillo, G. A.; Martínez-Garza, A.; Tirado-Torres, J. L.; Kohashu-Shibata, J. 2004. Producción de chile pimienta en dos sistemas de riego bajo condiciones hidropónicas. *Agrociencia* 38: 207-218.

4. EFECTO DE LA EDAD DE TRASPLANTE EN CARACTERES MORFOLÓGICOS Y EN EL RENDIMIENTO DE CHILE MORRÓN

4. 1 RESUMEN

El objetivo del trabajo fue definir la edad máxima de trasplante de chile morrón, manejado en alta densidad de población y despunte a la cuarta bifurcación, sin que hubiera disminución del rendimiento por planta y unidad de superficie para acortar los intervalos de tiempo de trasplante a fin de cosecha y lograr mayor productividad anual. Se hicieron trasplantes con plántulas de 37, 51, 65, 79 y 93 días después de la emergencia (dde) utilizando como material vegetal la variedad Giacomo. Las plántulas fueron crecidas en contenedores individuales de un litro y regadas por subirrigación en un sistema hidropónico; se usó una densidad de 100 plantas m^{-2} , que fue 10 veces menor a las densidades utilizadas en charola. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron indicadores de crecimiento y componentes del rendimiento. Para todas las variables analizadas se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Los resultados indican que al aumentar la edad de trasplante (después de 65 dde) las plantas tienden a detener su crecimiento y disminuir su rendimiento. El mayor crecimiento y rendimiento por unidad de superficie, en plantas despuntadas por encima de la cuarta bifurcación, se observó en trasplantes de plántulas de hasta 51 días de edad, con rendimientos de 5.7 kg m^{-2} .

Palabras clave: *Capsicum annuum*, edad de trasplante, invernadero, pimiento.

TRANSPLANT AGE EFFECT IN MORPHOLOGICAL CHARACTERS AND THE YIELD OF BELL PEPPER

4.2 ABSTRACT

The aim of the study was to define the ripest age for transplanting bell pepper in order to not diminishing the kg m^{-2} of the harvest and potentially getting more cycles per year. The plants were managed using a fourth bifurcation pruning and a high population stand. It were used seedlings of 37, 51, 65, 79 and 93 days after emergence (dae) which were transplanted. The vegetal material was Giacomo. The seedlings were grown in individual container of one liter with 100 plants m^{-2} , (10 times fewer density than a cell of a tray) and sub-irrigated in soilless culture. A randomized block design was used with four repetitions. It was analyzed the growing indicators and the yielding components. There was significance difference in all the analyzed varieties ($P \leq 0.05$). The results indicated that when the transplant age (after 70 dae) was increased, the plants tend to stop their growing and diminished their efficiency. Under the conditions the experiment took place, the greatest growing and efficiency per surface unit were observed in seedling plants pruned over the fourth bifurcation and in plants until 51 dae with yield of 5.7 kg m^{-2} .

Keywords: *Capsicum annuum*, transplant age, greenhouse.

4.3 INTRODUCCIÓN

El chile morrón (*Capsicum annum* L.) es un cultivo hortícola importante a nivel mundial por su alto valor en el mercado y contenido de vitaminas B y C (Milla, 1996). A campo abierto, en buenas condiciones climáticas y tecnificación, se obtienen rendimientos del orden de las 50 t ha⁻¹ año⁻¹, mientras que en invernadero en México se han reportado rendimientos de 105 t·ha⁻¹, en ciclos de cultivos de hasta 10 meses de siembra a fin de cosecha (Grijalva *et al.*, 2008).

En los países Europeos y en empresas mexicanas, el manejo más común que se hace de este cultivo consiste en conducir las plantas a dos tallos (poda tipo holandesa), en el que se establecen 2 a 3 plantas m⁻², en un solo ciclo largo de cultivo al año (Jovicich *et al.*, 2004).

En México se ha propuesto un sistema alternativo de producción, donde las plantas son manejadas en altas densidades de población, pero con poda de las yemas terminales por encima de las primeras tres o cuatro bifurcaciones (Cruz *et al.*, 2005; Cruz *et al.*, 2009). En el primer artículo del presente trabajo, utilizando plántulas de 40 días después de la emergencia, y el despunte por encima de la cuarta bifurcación, el intervalo de trasplante a cosecha fue de 75 días en verde o 92 días en color maduro, lo que ofrece manejar hasta de 3 ciclos de cultivo por año con un rendimiento potencial anual que puede superar las 200 t ha⁻¹.

En ambos sistemas, las plántulas generalmente son trasplantadas cuando han formado las primeras 2 ó 3 hojas verdaderas, lo cual para condiciones templadas, como las que ocurrieron en el sitio donde se llevó a cabo este estudio (temperatura promedio de entre 20 – 30 °C), ocupa un periodo de alrededor de 35

días después de la emergencia, con plántulas producidas en charolas de poliestireno normalmente de 200 cavidades.

Con el manejo del cultivo de pimiento en alta densidad, la productividad anual lograda depende del rendimiento (kg m^{-2}) por ciclo y del número de ciclos por año, por lo que para incrementar esta productividad anual, es necesario buscar sistemas de producción que optimicen ambos aspectos o al menos uno de éstos, sin que el otro se afecte de manera negativa.

Bajo el sistema de alta densidad de población y despunte temprano (Cruz *et al.*, 2009), es claro que el rendimiento por planta es menor que cuando se maneja un solo ciclo al año (poda holandesa), pero con la mayor densidad de población y al obtener al menos dos ciclo de cultivo al año, es posible compensar el rendimiento final por unidad de superficie.

Con plántulas provenientes de charolas que crecen en contenedores de 20 a 30 ml de capacidad y densidad de 1100 plántulas m^{-2} , el trasplante debe hacerse aproximadamente a los 40 días después de la siembra (dds) para obtener plántulas de alta calidad, pues es básico para obtener una buena producción (De Grazia *et al.*, 2007). Esta actividad deberá hacerse de manera oportuna (Montaño-Mata y Nuñez, 2003), una vez que las plántulas han logrado alcanzar el tamaño adecuado (plántulas vigorosas de 15-18 cm de altura).

Las plántulas trasplantadas oportunamente dan plantas de mayor vigor; en cambio, una plántula trasplantada después del periodo óptimo, en etapas subsecuentes muestra un retraso en el desarrollo y por lo tanto efectos negativos en la producción; esto debido a desequilibrios fisiológicos entre el periodo de crecimiento y el inicio de la reproducción (Shrader, 2000), seguramente como

resultado de la competencia entre plántulas por luz al disponer de poco espacio entre plántulas, que también dificulta el desarrollo de la raíz al crecer en contenedores con poco volumen. Al respecto, Weston (1988) y NeSmith y Duval (1998) señalan que las plantas pueden lograr rendimientos altos cuando son producidas en contenedores de mayor que de menor volumen.

En este sentido, los trasplantes tardíos (tt), del cultivo del chile morrón en invernadero entendiéndose éste como el uso de plántulas de edad mayor a los 40 dde para su trasplante, con plántulas obtenidas de contenedores de mayor volumen al de las charolas convencionales, pudieran ser una alternativa para disminuir aún más el intervalo de trasplante a fin de cosecha para aumentar la productividad anual. Esto debido a que si se combina el manejo de despuntes tempranos y alta densidad de población, se aumenta el número de ciclos que se pueden lograr por año. Para esta especie no se cuenta con investigaciones el uso de trasplantes tardíos, por lo que el objetivo del presente trabajo fue definir la edad máxima de trasplante que se podría utilizar en chile morrón manejado en alta densidad de población y despunte encima de la cuarta bifurcación, sin que haya disminución del rendimiento por planta y por unidad de superficie, a fin de acortar los intervalos de tiempo de trasplante a fin de cosecha y lograr ciclos por año que conduzca a incremental el rendimiento.

4.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en un invernadero con cubierta de polietileno, que medía 50 m de largo por 10 m de ancho y 4 m de alto, tipo túnel con paredes rectas y ventilación lateral, ubicado en el campo experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Texcoco, Estado de México, de junio a diciembre de 2006.

Como material vegetal, se utilizó la variedad Giacomo que es un pimiento que madura en color amarillo tipo *blocky*.

La siembra se hizo inicialmente en charolas de poliestireno de 200 cavidades y como sustrato se utilizó una mezcla de turba vegetal (peat moss) con perlita en proporción de 1:1 (v:v). A los 25 días después de la emergencia (dde) se hizo un primer trasplante a macetas de polietileno rígido de un litro de capacidad; se utilizó como sustrato tezontle rojo con partículas de 1 a 3 mm de diámetro.

La solución nutritiva durante todo el ciclo contenía los elementos y las concentraciones ($\text{mg}\cdot\text{litro}^{-1}$) siguientes: Nitrógeno= 215, Fósforo= 60, Potasio= 202, Calcio= 235, Magnesio= 60, Azufre= 217, Hierro= 3.0, Boro= 0.6, Manganeso= 0.5, Cobre= 0.1 y Zinc= 0.1. El riego fue por subirrigación durante la etapa de plántula en macetas, con varias perforaciones en el fondo de las mismas. Para la aplicación del riego en las macetas, se preparó una cama de sustrato de 5 cm de espesor, con partículas de igual tamaño al usado para las macetas (1-3 mm). A lo largo de estas camas, se colocaron cintas de goteo para humedecerlo, ahí se enterraron 2 cm las bases de las macetas procurando contacto entre el sustrato de la maceta con el de las camas, y lograr que el agua para las plántulas subiera por capilaridad.

Las plantas se trasplantaron en el sitio definitivo en contenedores (camas) de concreto forrados de plástico, de 1.3 m de ancho, 23 m de largo (29.9 m^2) y 0.3 m de profundidad. El sustrato utilizado fue el mismo que se mencionó anteriormente y el riego se efectuó con cintilla de goteo.

Las plantas se dejaron a libre crecimiento, realizándose un despunte (eliminación de los ápices de crecimiento) dos hojas por encima de la cuarta bifurcación. Para evitar caída de las plantas, éstas fueron tutoradas con rafia tratada para luz ultravioleta y sostenidas sobre alambre que iba directamente sujetado en la estructura del propio invernadero a una altura de 2 m; cada rama de la primera bifurcación presentaba su propia línea de tutor.

Los tratamientos fueron establecidos bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, se utilizaron 5.8 m de largo de cada cama y 1.3 m de ancho lo que se consideró como un bloque o repetición. Se manejó una densidad de población de $4 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-2}$.

Las edades de plántulas consideradas como tratamientos de trasplante fueron: 37, 51, 65, 79 y 93 dde. La edad de 37 dde se usó como testigo. Cada unidad experimental ocupó un área de 1.5 m^2 en rectángulos de 1.3 m por 1.16 m. Dentro de esta área, el arreglo fue de dos hileras y tres plantas por cada una (6 plantas en total por repetición), separadas 65 cm a lo ancho y 58 cm a lo largo.

Al final de la cosecha, aleatoriamente dentro de cada unidad experimental, se seleccionó una planta para comparar el crecimiento de los diferentes tratamientos. Las variables a evaluar fueron las siguientes:

Índice de área foliar, que se obtuvo dividiendo el área foliar (medida con integrador marca LICOR 300 de Lincoln, Nebraska) por la superficie del suelo que ocupó cada planta según el marco de plantación.

Altura de la planta, se midió en cm desde la base del tallo hasta la punto de crecimiento más alto.

Diámetro del tallo, medido en cm a la altura de la primera bifurcación.

Peso seco de planta (g) sin considerar los frutos, lo cual se obtuvo al secar las estructuras del tallo y hoja en una estufa a 70 °C durante 48 horas hasta peso constante.

Para las siguientes variables se promedió el número total de plantas por unidad experimental:

Peso promedio del fruto fresco (g).

Número de frutos por planta.

Número de frutos por m².

Rendimiento por planta (kg·planta⁻²).

Rendimiento por unidad de superficie (kg·m⁻²).

Días del trasplante al 50 % de la cosecha.

Para cada variable se hizo un análisis de varianza, probándose posibles diferencias entre edades de trasplante. Se realizaron también comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Indicadores de crecimiento

Los análisis de varianza realizados fueron significativos para todas las variables estudiadas ($P \leq 0.05$) como se observa en los Cuadros 1 y 2. Al comparar las medias correspondientes a los caracteres morfológicos (Cuadro 3), se encontró que con la edad de trasplante de 37 dde resultó con mayor valor promedio y de manera significativa en el índice de área foliar, el peso seco de planta y diámetro del tallo; únicamente en la altura de planta resultaron estadísticamente mayores las edades de 51 y 65 dde. El IAF disminuyó progresivamente con la edad al trasplante, excepto entre 79 y 93 dde que fueron estadísticamente iguales. Estas últimas dos edades de trasplante tuvieron también los menores valores promedio en todos los caracteres morfológicos analizados (Cuadro 3).

Los resultados indican que al aumentar la edad de trasplante (después de 65 dde) las plantas tienden a detener su crecimiento; esta respuesta del pimiento morrón se ha explicado por restricción de espacio en la raíz, que provoca disminución de la tasa fotosintética y acelera la madurez de la planta (NeSmith *et al.*, 1992). Es posible que para plantas mayores a los 65 dde el volumen del contenedor no haya sido suficiente para permitir un desarrollo pleno de la raíz, no obstante que el volumen utilizado fue de un litro, que es al menos 30 veces mayor al de una celda de una charola de 200 cavidades. También pudo haber competencia por la radiación incidente en las plantas trasplantadas a mayor edad; sin embargo, al momento del trasplante no se apreció ningún efecto de elongación del tallo, además de que la densidad fue de 100 plántulas m^{-2} que es 10 veces

menor a la densidad de las manejadas en charola. El sistema de subirrigación para el suministro de agua y nutrientes tiene un buen funcionamiento en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Leskovar *et al.*, 1994), pero en chiles la frecuencia, la cantidad y el tipo de riego tienen efectos sobre el crecimiento de la plántula (Leskovar 1998), lo cual pudo haber influido en la expresión de las estructuras morfológicas. El sistema por subirrigación quizás provocó estrés en las plántulas por acumulación de sales, sobre todo en aquellas de mayor edad de trasplante, ya que no se hicieron riegos superficiales (sobre las macetas) que pudieran haber lavado las sales probablemente acumuladas, aspecto que no se midió en el presente trabajo. En trabajos posteriores sería recomendable hacer este lavado de sales acumuladas en los contenedores usados (macetas) para la producción de plántula, para evitar confusiones sobre este problema.

CUADRO 1. Análisis de varianza de caracteres morfológicos de chile morrón variedad Giacomo, de plantas con diferentes edades de trasplante.

F.V. ^z	G.L.	Índice de Área Foliar	Altura de Planta (cm)	Peso Seco Total (g)	Diámetro de Tallo (cm)
Edades	4	1.49**	452.69**	13744.18**	1.90**
Bloques	3	0.10	36.03	1332.72	0.10
Error	12	0.13	32.01	535.73	0.11
CV (%)		20.60	7.70	15.30	16.50

^zF.V.: Fuentes de variación; G.L.: Grados de libertad;

C.V.: Coeficiente de variación.

*, **; significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.

CUADRO 2. Análisis de varianza de variables de rendimiento de chile morrón variedad Giacomo, de plantas con diferentes edades de trasplante.

F.V. ^z	G.L.	Días al 50% de la cosecha	Peso del fruto (g)	Rendimiento		No. de	
				kg·planta ⁻¹	kg·m ⁻²	Frutos ·planta ⁻¹	Frutos ·m ⁻²
Edades	4	120.32**	3880.93**	0.59**	9.46**	7.75*	123.97**
Bloques	3	9.52	181.34	0.16	2.49	3.80	60.81
Error	12	20.39	441.72	0.05	0.83	1.60	25.61
CV (%)		4.39	9.95	23.54	23.97	28.75	28.43

^zF.V.: Fuentes de variación; G.L.: Grados de libertad;

C.V.: Coeficiente de variación.

*, **; significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.

CUADRO 3. Comparación de medias de caracteres morfológicos de chile morrón variedad Giacomo, de plantas con diferentes edades de trasplante.

Edad de Trasplante (dde)	Índice de Área Foliar	Altura de Planta (cm)	Peso Seco de planta (g)	Diámetro de Tallo (cm)
37	2.64a ^z	76.63b	228.12a	2.98 a
51	2.01b	80.88a	194.76b	2.38b
65	1.72c	84.00a	129.03c	1.93c
79	1.24d	68.38c	120.53c	1.55d
93	1.15d	57.63d	84.13d	1.23e
Media	1.75	73.5	151.3	2.01
DMSH	0.23	3.64	14.91	0.22

^z Valores con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

Rendimiento y sus componentes

Al comparar las variables relacionadas con el rendimiento, las edades de trasplante de 37 y 51 dde fueron estadísticamente similares en todas las variables (Cuadro 4). Ambos tratamientos fueron significativamente mayores a todas las demás, con excepción del peso del fruto que fue similar estadísticamente a la edad de 65 dde; y en el número de días del 50 % de la cosecha (Cuadro 4).

Estos resultados indican que el rendimiento por planta y por unidad de superficie se redujo conforme aumentó la edad del trasplante, más allá de los 51 días. Este menor rendimiento con trasplantes más tardíos se dio principalmente por una disminución en el número de frutos por planta, por el menor IAF de las plantas a partir de los 65 dde, porque el IAF tuvo un índice de correlación de 0.8 con el peso del fruto y de 0.6 con el rendimiento por superficie. Con base en este índice, y dado que en pimiento el IAF óptimo es de entre 3 y 4 (Cruz *et al.*, 2009), es factible aumentar la densidad de población para los tratamientos de plántulas de mayor edad de trasplante, con lo que se debería incrementar el rendimiento por planta o por unidad de superficie.

La precocidad no se observó en los tratamientos de plántulas de mayor edad como se ha mencionado en otros trabajos (Vavrina 1998) debido posiblemente a que estos tratamientos retrasaron su producción por un probable estrés salino. Además, se debe considerar que el peso de frutos con trasplantes de plántulas de 70 días fue estadísticamente igual que a 37 y 51 dde, por lo que de lograrse mantener el mismo número de frutos y evitar los problemas de acumulación de sales, podrían manejarse trasplantes de plántulas de 65 días con el mismo rendimiento, con la ventaja de reducir en 28 días el ciclo de cultivo. En el

mismo sentido, la poda a la cuarta bifurcación y trasplantes a los 37 días, un ciclo de trasplante a fin de cosecha ocurre en poco más de 4 meses, mientras que con el trasplante usando plántulas de 65 días el ciclo de cultivo sería menor a cuatro meses, lo que permitiría completar hasta tres ciclos de cultivo al año y obtener mayor productividad anual.

Se sabe que la aborción de flores y frutos en pimiento es una de las principales causas de la disminución en la producción (Wien y Zhang, 1991; Bakker, 1989), lo que se debe a diferentes causas como altas temperaturas, humedad relativa baja, alta frecuencia de días nublados, como ocurrió durante este estudio, y principalmente por la inadecuada distribución de asimilados y dominancia de éstos por los primeros frutos en desarrollo (Marcelis *et al.*, 2004). Una distribución de asimilados más homogénea podría lograrse, entre otras técnicas, mediante poda del primer o de los primeros tres frutos de la parte inferior, que son los que primeramente se desarrollan; con esto y con el aumento en la densidad de población, con trasplantes de 65 dde podría lograrse rendimientos similares al obtenido con trasplantes con plántulas más jóvenes, pero con un tiempo de cuatro semanas menos por ciclo en el primer caso. En pimiento morrón es factible producir dos ciclos por año mediante la técnica de despunte temprano (Cruz *et al.*, 2009) y hasta tres con base a los resultados aquí indicados, así como los reportados en el primer artículo del presente trabajo.

CUADRO 4. Comparación de medias de variables de rendimiento de chile morrón variedad Giacomo, de plantas con diferentes edades de trasplante.

Edad de Trasplante (dde)	Días al 50 % de la cosecha	Peso del fruto (g)	Rendimiento		No. de Frutos	
			kg·planta ⁻¹	kg·m ⁻²	Frutos ·planta ⁻¹	Frutos ·m ⁻²
37	95.75c ^z	237.49a	1.43a	5.707 a	6.0a	24.1a
51	98.50c	229.24a	1.28a	5.108 a	5.8a	23.3a
65	106.25ab	230.32a	0.75b	2.983 c	3.2bc	13.0bc
79	105.00b	195.09b	0.78b	3.120 c	4.0b	16.0b
93	108.75a	163.88c	0.52c	2.074d	3.1c	12.5c
Media	102.9	211.2	0.95	3.8	4.4	17.80
DMSH	2.91	13.54	0.15	0.60	0.81	3.3

^z Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

4.6 CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se llevó a cabo el estudio, el mayor crecimiento y rendimiento por unidad de superficie, en plantas despuntadas por encima de la cuarta bifurcación, se observó en trasplantes de plántulas de hasta 51 días de edad.

4.7 LITERATURA CITADA

- Bakker, J.C. 1989. The effects of temperature on flowering, fruit set and fruit development of glasshouse sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of Horticultural Science 64: 313–320.
- Cruz, H. 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 pimienta. Agricultura Técnica en México 35: 70-77.
- De Grazia, J.; Titonell, P. A.; Chiesa, A. 2007. Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimienta (*Capsicum annuum*). Ciencia e Investigación Agraria 34: 195-204.

- Grijalva, C. R. L.; Macías, D. R.; Robles, C. F. 2008. Productividad y calidad de variedades y densidades de chile bell pepper bajo condiciones de invernadero en el noroeste de Sonora. *Biotecnia* 10: 3-10.
- Jovicich, E.; Cantliffe, D. J.; Stoffella, P. J.; 2004. Fruit yield and quality of greenhouse-grown bell pepper as influenced by density, container and trellis system. *HortTechnology* 14: 507-513.
- Leskovar, D.I.; Cantliffe, D.J.; Stoffella, P.J. 1994. Transplant production systems influence growth and yield of fresh market tomatoes. *Journal of American Society of Horticultural Science* 119: 662-668.
- Leskovar, D. I. 1998. Root and shoot modification by irrigation. *HortTechnology* 8: 510-514.
- Montaño-Mata, N. J.; Nuñez, J.C. 2003. Evaluación del efecto de la edad de transplante sobre el rendimiento en tres selecciones de ají dulce *Capsicum chinense* Jacq. en Jusepín, estado Monagas. *Rev. Fac. Agron.* 20: 144-155.
- Marcelis, L. F. M.; Heuvelink, E.; Hofman-Eijer, L. R. B.; Bakker, J. D.; Xue, L. B. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany* 55: 2261-2268.
- Milla, A. 1996. *Capsicum de capsas, cápsula: el pimiento*, pp. 21-31. *In: Pimientos*. Namesny, V. A. (ed.) Compendios de horticultura No. 9. Ediciones de horticultura S.L. Reus, Madrid, España.
- Nesmith, D.S.; Bridges, D.C.; Barbour, J. C. 1992. Bell pepper responses to root restriction. *Journal of Plant Nutrition* 15: 2763-2776.
- Nesmith, D. S.; Duval, J. R. 1998. The effect of container size. *HortTechnology* 8: 495-498.

- Shrader, W. L. 2000. Using transplants in vegetable production. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication # 8013.
- Vavrina, C. S. 1998. Transplant age in vegetable crops. HortTechnology 8:550-555.
- Weston, L.A. 1988. Effect of flat cell size, transplant age and production site on growth and yield of pepper transplants. HortScience 22: 709-711.
- Wien H.C.; Zhang, Y. 1991. Prevention of flower abscission in bell pepper. Journal of the American Society for Horticultural Science 116: 516-519.

5. DISCUSIÓN GENERAL

La escasa información de sistemas de producción de chile morrón en invernadero apropiado para México, condujo a desarrollar esta investigación. A partir de la evaluación de 17 variedades manejadas con despunte a la cuarta bifurcación con una densidad de plantación de 4 y 6 plantas m^{-2} ; se encontró que el rendimiento promedio fue de 6 kg m^{-2} ; las variedades Triple Star y Orión con 7.3 y 7.6 kg m^{-2} , respectivamente, fueron las de mayores rendimiento.

Otro aspecto relevante de la evaluación de las variedades bajo el sistema de manejo fue el tamaño del fruto, que en promedio rebasó los 200 g. Dado que en el mercado de chile morrón se paga de acuerdo a la calidad, el color en maduro y el tamaño (Jovicich *et al.*, 2004b), la técnica de despunte temprano permite obtener alto rendimiento por unidad de área y tiempo, así como frutos de mayor peso.

El despunte temprano de la planta de chile morrón combinado con altas densidades de plantación es una alternativa viable para utilizarlo como sistema de producción en invernadero. Este sistema de producción se basa en un modelo de productividad donde la cantidad de intercepción de luz y la eficiencia con que es utilizada juegan un papel fundamental en la producción (Charles-Edwards *et al.*, 1986). Los sistemas de producción de pimiento morrón en invernadero como el tipo “V” y el español, no funcionan en México de la misma forma que en los países donde fueron originados (Holanda y España, respectivamente) porque la luminosidad es diferente (Steta, 1999), al utilizar la mejor variedad que fue Orión con una densidad de 8 plantas m^{-2} se obtuvieron rendimientos de 11 kg m^{-2} , en un período de 4 meses de trasplante a cosecha de frutos maduros. Esto posibilita

mayores rendimientos por año comparado con el sistema español y similares al sistema tipo “V” al obtenerse tres ciclos por año con un rendimiento potencial de hasta $330 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, rendimientos comparables con los promedios máximos reportados (Cantliffe y Vansickle, 2001; Heuvelink *et al.*, 2004).

El sistema de despunte temprano y altas densidades permite un mejor aprovechamiento de las condiciones de luz ya que el dosel interceptara alta cantidad diaria de energía luminosa, al lograr un índice de área foliar (IAF) óptimo pronto. Esto conduce a incrementos en la acumulación de materia seca y por ende mayor rendimiento por m^{-2} . Por ello una estrategia para aumentar el rendimiento por unidad de área, es incrementar la densidad de plantas y en consecuencia el IAF (Sánchez *et al.*, 1999).

El IAF en el sistema de poda en “V” y el español, aumenta conforme se desarrolla el cultivo, por lo que las densidades bajas utilizadas, están pensadas en el tamaño final que alcanzará la planta (Jovicic *et al.*, 2004a). El IAF óptimo, entendiéndolo como el momento en que la producción de biomasa alcanza su valor máximo (Cruz *et al.*, 2005), se obtiene en un período de tiempo mayor en los sistemas tipo “V” y español que con el sistema de despunte temprano y alta densidad. De hecho el IAF óptimo puede incluso sobrepasarse, y existir competencia entre plantas por la radiación fotosintéticamente activa (RFA), por ello la forma de la planta del sistema tipo “V” y el español no permite incrementos en la densidad de población.

En el sistema de despunte a la cuarta bifurcación, se observó que al aumentar la densidad de 4 a 6 plantas m^{-2} , las plantas fueron afectadas en su crecimiento, sin embargo, se mantuvo el rendimiento (kg m^{-2}). Al comparar las

densidades de 8, 10 y 12 plantas m^{-2} , tanto el crecimiento como el rendimiento se vieron ligeramente afectados en las densidades de 10 y 12 plantas m^{-2} . Esto se explica porque al exceder cierto límite en la densidad de población, hubo menor intercepción de RFA por planta, pues la radiación incidente por unidad de superficie se reparte entre más plantas, lo que conduce a cambios en la concentración de asimilados (Sánchez *et al.*, 1999). En chile morrón se ha observado que al disminuir el aporte de la fuente de azúcares, el rango de aborción se incrementa linealmente (Marcelis *et al.*, 2004), por ello pasado dicho límite de densidad, el rendimiento no se incrementa, e incluso se pudo haber provocado menor porcentaje de amarre de frutos amarrados particularmente en el sistema español.

En los trabajos efectuados sobre densidades, en varios de ellos se concluye que el rendimiento aumenta por área hasta cierto límite, aunque a nivel de planta disminuye (Cebula, 1995; Khasmakhi-Sabet *et al.*, 2009). Densidades de 4 a 15 plantas m^{-2} , han aumentado el rendimiento, aunque densidades mayores no han conseguido incrementos (Cruz *et al.*, 2009; Agarwal *et al.*, 2007).

Otro inconveniente de la densidades altas, es que el tamaño del fruto se reduce (Zuñiga-Estrada *et al.*, 2004) lo cual también sucede conforme la planta crece en el sistema en “V” (Schepers *et al.*, 2006). Hasta la densidad de 8 plantas por m^{-2} con despunte a la cuarta bifurcación se obtuvo 180 g de peso de fruto en promedio, lo cual es un fruto comercial.

El despunte temprano al tener menor altura de la planta, implica menor gasto de asimilados en la elongación, que favorece mayor distribución de

asimilados hacia los frutos y menor competencia por RFA (Sánchez *et al.*, 1999) mejorando el rendimiento (Charles-Edwards, 1981).

El tiempo utilizado en todos los experimentos desarrollados fue de 4 meses de trasplante a cosecha lo cual permite hasta tres ciclos por año. Se intentó reducir el ciclo aún más mediante trasplantes tardíos y se observó que con plántulas de 51 días después de la emergencia fueron adecuadas, y de acuerdo a las edades de trasplante utilizadas en los experimentos permite reducir el ciclo en dos semanas; sin embargo, hace falta mejorar la técnica de producción de plántulas para poder reducirlo todavía más este período.

La mayor limitante observada en este estudio fue el aborto de flores y frutos con tasas de 50% en promedio, lo mismo que sucede con todos los sistemas de producción desarrollados hasta el momento en chile morrón (Heuvelink *et al.*, 2004).

Para mejorar el rendimiento por unidad de área en el sistema desarrollado se debe aumentar el porcentaje de amarre de frutos, pues en esta investigación se observó un alto porcentaje de aborción de flores y frutos. Esto muestra a la vez la necesidad de futuras investigaciones para incrementar la productividad anual.

Algunas sugerencias son: controlar en lo posible el ambiente dentro del invernadero y evitar la poda una semana antes y una semana después del período de antesis de la flor, período en el cual se presenta la mayor susceptibilidad a abortos de las mismas (Marcelis *et al.*, 2004); posiblemente la poda de dos frutos más (frutos de la segunda bifurcación) en planta podada a la cuarta bifurcación pudiera permitir un mayor amarre de frutos, en este caso de hasta 12 frutos m⁻², con lo que se incrementaría el rendimiento por área; se sabe que las citocininas,

juegan un papel importante en la división celular y demanda de azúcares (Lambers *et al.*, 2008), por lo que el uso de estas hormonas pudiera tener efectos positivos en el crecimiento y amarre de frutos; se ha intentado disminuir la aborción produciendo frutos partenocarpicos y así evitar que las semillas generen las señales de abscisión, pero hasta el momento no hay variedades partenocarpicas como en algunas otras hortalizas.

5. CONCLUSIONES GENERALES

Con base en la evaluación de 17 variedades de chile morrón, el aumento en la densidad de 4 a 6 plantas m^{-2} redujo el crecimiento y rendimiento por planta, sin afectar el rendimiento en kg m^{-2} .

Bajo el sistema de despunte por encima de la cuarta bifurcación, las variedades más sobresalientes con base en su acumulación de materia seca y rendimiento fueron Orión y Triple Star.

Con la variedad Orión manejada a una densidad de 8 plantas m^{-2} , con plantas despuntadas a la cuarta bifurcación, se obtuvo 11 kg m^{-2} de chile morrón en un ciclo de cuatro meses de trasplante a cosecha.

En chile morrón se puede hacer trasplante de 51 días después de la emergencia sin disminución en el rendimiento.

6. LITERATURA GENERAL CITADA

- Agarwal, A.; Gupta, S.; Ahmed, Z. 2007. Influence of plant densities on productivity of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under greenhouse in high altitude cold desert of Ladakh. *Acta Horticulturae* 756: 309-314.
- Alarcón, V. A. L. 1996. Fertirrigación del pimiento dulce en invernadero. Pp: 45-52. *In: Pimientos*. Namesny, V. A. (ed.) Compendios de horticultura No. 9. Ediciones de horticultura S.L. Reus, Madrid, España.
- Aloni, B.; Pashkar, T.; Karni, L. 1991. Partitioning of [^{14}C] sucrose and acid invertase activity in reproductive organs of pepper plants in relation to their abscission under heat stress. *Annals of Botany* 67: 371-377.
- Aloni, B.; Pressman, E.; Karni, L. 1996. The Effect of Fruit Load, Defoliation and Night Temperature on the Morphology of Pepper Flowers and on Fruit Shape. *Annals of Botany* 83: 529-534.
- Bakker, J.C. 1989. The effects of temperature on flowering, fruit set and fruit development of glasshouse sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Horticultural Science* 64: 313-320.
- Cantliffe, D.J.; Vansickle J.J. 2001. Competitiveness of the Spanish and Dutch greenhouse industries with the Florida fresh vegetable industry. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 114: 283-287.
- CBSA (Canada Border Service Agency). 2010. Greenhouse bell peppers originating in or exported from the Netherlands. <http://www.cbsa.gc.ca/sima-lmsi/i-e/ad1387/ad1387-i10-de-eng.pdf>

- Cebula, S .1995. Optimization of plant and shoot spacing in greenhouse production of sweet pepper. *Acta Horticulturae* 412: 321-329.
- Charles-Edwards, D.A. 1981. The mathematics of photosynthesis and productivity. Academic Press. London, UK. 127 pp.
- Charles-Edwards, D.A.; Doley, D.; Rimmington, G.M. 1986. Modelling plant growth and development. Academic Press. Australia. 235 pp.
- Cruz, H. 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 pimienta. *Agricultura Técnica en México* 35: 70-77.
- Grijalva, C. R. L.; Macías, D. R.; Robles, C. F. 2008. Productividad y calidad de variedades y densidades de chile bell pepper bajo condiciones de invernadero en el noroeste de Sonora. *Biotecnia* 10: 3-10.
- Heuvelink, E.; Korner, O. 2001. Parthenocarpic fruit growth reduces yield fluctuation and blossom-end rot in sweet pepper. *Annals of Botany* 88: 69-74.
- Heuvelink E.; Marcelis, L. F. M.; Körner, O. 2004. How to reduce yield fluctuations in sweet pepper. *Acta Horticulturae* 633: 349-355
- Jaafar H.; Black, C. R.; Atherton J. G. 1994. Water relations, dry matter distribution and reproductive development of sweet pepper (*Capsicum annuum*). *Aspects of Applied Biology* 38: 299-306.

- Jovicich, E.; Cantliffe, D. J.; Stoffella, P. J.; 2004a. Fruit yield and quality of greenhouse-grown bell pepper as influenced by density, container and trellis system. *HorTechnology* 14: 507-513.
- Jovicich, E.; Cantliffe, D. J.; Vansickle, J. J. 2004b. U.S. imports of colored bell peppers and the opportunity for greenhouse production of peppers in Florida. *Acta Horticulturae* 659: 81-85.
- Khasmakhi-Sabet, A.; Sedaghatthoor, S.; Mohammady, J.; Olfati, J. A. 2009. Effect of Plant Density on Bell Pepper Yield and Quality. *International Journal of Vegetable Science* 15: 264-271.
- Lambers, H.; Chapin, F. S.; Pons, T.J. 2008. *Plant physiological ecology*. 2d Edition. Springer. N.Y. USA. 604 pp.
- Marcelis, L. F. M.; Heuvelink, E.; Hofman-Eijer, L. R. B.; Bakker, J. D.; Xue, L. B. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany* 55: 2261-2268.
- Marcelis LFM, Baan Hofman-Eijer LR. 1997. Effects of seed number on competition and dominance among fruits in *Capsicum annuum* L. *Annals of Botany* 79, 687–93.
- Peil, R. M.; Galvez, J.L. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *R. Bras. Agrociencia* 11:5-11.
- PMA (PRODUCE MARKETING ASSOCIATION). 2007. Fresh producer imports into U.S. <http://www.pma.com>. Consultado en mayo de 2010.
- Rylski I. 1986. Pepper (*Capsicum*). *In*: Monselise SP, ed. *Handbook of fruit set and development*. Boca Raton: CRC Press, 341-354.

SAGARPA. 2008. Plan rector nacional sistema producto chile. Consultado en mayo de 2010. <http://amsda.com.mx/PREstatales/Estatales/JALISCO/PREchile.pdf>

Sánchez, C. F.; Ortiz, C. J.; Mendoza, C. C.; González, H. V. A.; Colinas, Z. T. 1999. Características morfológicas asociadas con un arquetipo apto para un ambiente no restrictivo. *Agrociencia* 33: 21-29.

Schepers, H.E.; Kromdijk, W.; Kooten, O. V. The Conveyor Belt Model for Fruit Bearing Vegetables: Application to Sweet Pepper Yield Oscillations *Acta Horticulturae* 718: 43-50

Steta, M. 1999. Status of the greenhouse industry in México. *Acta Horticulturae* 481: 735-738.

Turner, A. D.; Wien, H. C. 1994. Dry matter assimilation and partitioning in pepper cultivars differing in susceptibility to stress-induced bud and flower abscission. *Annals of Botany* 73: 617-622.

Wien H. C.; Turner A. D.; Yang, S. F. 1989. Hormonal basis for low light intensity induced flower bud abscission of pepper. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 114: 981-985.

Zuñiga-Estrada, L.; Martínez-Hernández, J.J.; Baca-Castillo, G. A.; Martínez-Garza, A.; Tirado-Torres, J. L.; Kohashu-Shibata, J. 2004. Producción de chile pimienta en dos sistemas de riego bajo condiciones hidropónicas. *Agrociencia* 38: 207-218.