

MÉTODOS DE ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES PARA LA PRODUCCIÓN DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) HIDROPÓNICO

ROOTING METHODS FOR CUTTINGS IN THE PRODUCTION OF HYDROPONIC TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.)

Moreno-Pérez, E.C.¹; Felipe Sánchez-Del Castillo, F.^{1*}; González-Molina, L.²; Contreras-Magaña, E.¹; Messina-Fernández, R.U.¹

¹Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5. Carretera México-Texcoco. Chapingo, Texcoco, Estado de México, 56230. México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de México. Km 13.5, Carretera Los Reyes-Texcoco. Coatilnchán, México. CP 56250.

*Autor responsable: fsanchezdelcastillo@yahoo.com.mx

RESUMEN

Se ha desarrollado tecnología para producción de jitomates (*Solanum lycopersicum* L.) híbridos en invernadero e hidroponía consistente en alta densidad de población y despuntes para dejar de uno a tres racimos de frutos por planta; sin embargo, el principal inconveniente es el costo de la semilla. Una opción es la propagación mediante esquejes enraizados, por lo que se evaluó el efecto de cinco métodos para enraizar esquejes de jitomate sobre el crecimiento, precocidad y rendimiento. Se aplicó un enraizado directo en las camas de producción, y cuatro con trasplante después de enraizar los esquejes en bandejas o tubos de 10, 15 y 20 cm de profundidad. Los esquejes se cubrieron con micro túnel de polietileno color blanco opaco, con sistema de riego por micro aspersión para proporcionar condiciones favorables al enraizamiento de los mismos. Se usó un diseño de bloques completos al azar, cuatro repeticiones, unidad experimental de 3.24 m², y densidad de 12 plantas m⁻², despuntando las plantas para dejarle tres racimos. El enraizado directo de los esquejes produjo mayor altura de planta, diámetro de tallo, precocidad y rendimiento. Entre los tratamientos que involucraban trasplante, no se encontraron diferencias.

Palabras clave: despuntes, tomates, densidad, invernadero, propagación asexual.

ABSTRACT

Technology has been developed for the production of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) hybrids in greenhouse and hydroponics, which consists of high density in the population and trimmings to leave one to three fruit clusters per plant; however, the main inconvenience is the cost of seed. One option is propagation through rooted cuttings, so the effect on growth, precociousness and yield of five methods used to root tomato cuttings was evaluated. Direct rooting was applied on the production beds, and four with transplant after rooting the cuttings on trays or tubes of 10, 15 and 20 cm of depth. The cuttings were covered with polyethylene micro tunnel of opaque white color, with micro spraying irrigation system to provide favorable conditions for their rooting. A complete random block design was used, with four repetitions, experimental unit of 3.24 m², and plant density of 12 plants m⁻², trimming the plants to leave three clusters. The direct rooting of the cuttings produced greater plant height, stem diameter, precociousness and yield. Differences were not found among the treatments that involved transplanting.

Keywords: trimmings, tomatoes, density, greenhouse, asexual propagation.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 10, octubre, 2016. pp: 50-55.

Recibido: febrero, 2015. **Aceptado:** octubre, 2016.



INTRODUCCIÓN

Con la producción hidropónica de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de invernadero, se ha incrementado de manera importante la productividad respecto a la producción que se logra a campo abierto (Sánchez y Escalante, 1988; Resh, 2001). Se ha desarrollado tecnología para la producción de jitomate en invernadero basada en el manejo de las plantas en altas densidades de población con despunte de la yema terminal para dejar de uno a tres racimos florales por planta (Sánchez *et al.*, 1998; Ucan *et al.*, 2005). Al despuntar tempranamente se reduce el ciclo de trasplante a fin de cosecha de 11 meses en los sistemas comúnmente usados en los invernaderos, hasta menos de tres meses (Sánchez *et al.*, 2010). La producción de un ciclo se concentra en un periodo muy corto de tiempo, por lo que es posible programar la cosecha en ventanas de mercado con mejor precio (Sánchez y Ponce, 1998). El menor rendimiento que se obtiene por planta, es compensado con altas densidades de población, por lo que el rendimiento por unidad de superficie es similar, pero se logra en menor tiempo (Sánchez y Santos, 2003). No obstante a los altos rendimientos y calidad de frutos que se obtiene con el sistema de manejo en alta densidad señalado, un inconveniente es el mayor costo de producción que significa mayor cantidad de semilla que se ocupa (80,000 a 180,000 semillas por hectárea), pues se utilizan semillas de cultivares híbridos de alto valor en el mercado (uno a dos pesos por semilla). Una alternativa para disminuir este costo, puede ser la sustitución de la semilla por esquejes enraizados a partir de las yemas terminales (producto de los despuntes que se realizan con este sistema de producción), o brotes laterales que normalmente se desechan (Juárez *et al.*, 2000). Esto es factible en jitomate, ya que la inducción de raíces adventicias se obtiene con relativa facilidad, gracias a la alta concentración de auxinas que se encuentra en las ramas, lo que permite que bajo condiciones adecuadas de temperatura (20-30 °C) se obtengan esquejes con suficiente raíz para ser trasplantados en un tiempo máximo de 15 días a partir de su establecimiento (Bruin y Sande, 1986; Juárez *et al.*, 2000), incluso sin la necesidad de utilizar sustancias estimuladoras de enraizamiento (Hartmann y Kester 1988). De acuerdo con experiencias comerciales, plántulas obtenidas por esquejes enraizados tuvieron un costo de producción de \$0.70, mientras que en las provenientes de semilla híbrida el costo fue de \$2.70, en ambos casos hasta el trasplante (Vegetales Arellano, 2012). Se ha encontrado tanto en resultados de investigación (Simon *et al.*, 2002) como en experiencias comerciales (Industrial Agropecuaria Junco, 2005; Vegetales Arellano, 2012) en donde han participado los autores de esta contribución, que el rendimiento y la calidad de fruto de jitomate que se lograra con el uso de esquejes enraizados es similar al que se obtiene con plántulas provenientes de semilla botánica, con la ventaja adicional de que mediante esquejes, el periodo de manejo en el semillero se reduce e incluso las plantas inician su producción en menos tiempo (Bruin y Sande, 1986; Simon *et al.*, 2002). Por ejemplo con temperaturas de 20 a 30 °C, una plántula que proviene de semilla sembrada en charola de 200 cavidades, tarda en promedio 30 días de siembra a trasplante y otros 90 días para inicio de producción, mientras que las plántulas provenientes de esquejes enraizados, solamente requieren 15 días para formar raíces suficientes y ser trasplantadas y aproximadamente 70 días para empezar a producir

(Bruin y Sande, 1986). Aunque con el uso de esquejes se pueden presentar problemas de transmisión de enfermedades, se considera que es posible evitarlo con un manejo fitosanitario apropiado, poniendo énfasis en la selección de esquejes a partir de plantas identificadas como sanas y siguiendo un control sanitario similar al de plántulas en semillero.

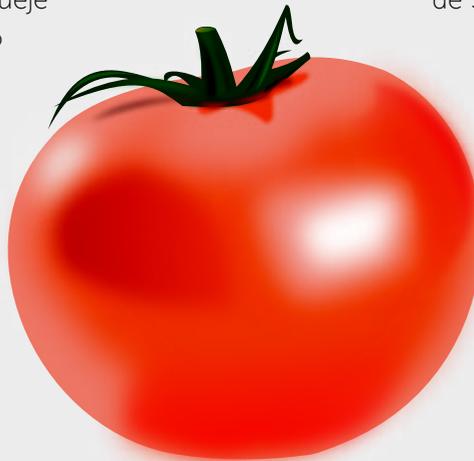
Durante el trasplante, las plántulas provenientes de semillas o inclusive las originadas de esqueje pueden sufrir daños en la raíz, lo que a su vez ocasiona retrasos en la floración y eventualmente mermas en rendimiento (Wien, 1999; Juárez *et al.*, 2000). Para el caso de la propagación por medio de esquejes, se considera que los daños a la raíz podrían evitarse o minimizarse enraizando los esquejes directamente en el área de producción (sin una fase previa de semillero) o mediante procedimientos de trasplante con todo y cepellón. Con base en lo anterior, se comparó el efecto de diferentes métodos para enraizar esquejes de jitomate sobre el crecimiento, precocidad y rendimiento de plantas manejadas con el sistema de despuntes tempranos y altas densidades de población. La hipótesis es que con el enraizado directo de los esquejes en las camas de cultivo, las plántulas no sufren el estrés al cambio de ambiente que supone el trasplante, lo que finalmente podría expresarse en mayor precocidad y rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se condujo en condiciones de invernadero e hidroponía, en Chapingo, Estado de México. La variedad utilizada fue el híbrido de jitomate "Daniela", que es de hábito de crecimiento indeterminado

y presenta frutos redondos de tamaño medianos a grandes. Los esquejes se obtuvieron a partir de brotes laterales de plantas en producción, cortados a una longitud de aproximadamente 10 cm. En el extremo basal se les hizo un corte diagonal con un ángulo cercano a 45° y posteriormente se prosiguió con el método de enraizado. Los tratamientos evaluados fueron: **Tratamiento 1:** Enraizado directo de los esquejes en la cama de producción, sin trasplante (enraizado directo). La densidad utilizada fue de 8 plantas m². **Tratamiento 2:** Enraizado de esquejes en bandejas rellenas con tezontle fino, con trasplante posterior del esqueje enraizado a las camas de producción (enraizado en bandejas). **Tratamiento T3:** Enraizado de esquejes en tubos de polietileno de 7 cm de diámetro y 10 cm de profundidad, rellenos con arena de tezontle fino, con trasplante posterior del esqueje a las camas de producción (enraizado en tubo de 10 cm). **Tratamiento T4:** Enraizado de esquejes en tubos de polietileno de 7 cm de diámetro y 15 cm de profundidad, rellenos con arena de tezontle fino, con trasplante posterior del esqueje a las camas de producción (enraizado en tubo de 15 cm). **Tratamiento T5:** Enraizado de esquejes en tubos de polietileno de 7 cm de diámetro y 20 cm de profundidad, rellenos con arena de tezontle fino, con trasplante posterior del esqueje a las camas de producción (enraizado en tubo de 20 cm).

Para los tratamientos 2 al 5, la densidad en semillero fue en cuadro real a 10×10 cm; para hacer el enraizado directo de los esquejes, por encima de la cama de cultivo se construyó un micro túnel de polietileno blanco opaco de un metro de altura, al que se le colocó un sistema de riego por micro aspersión para mantener humedad relativa alta y evitar la deshidratación. Se hicieron riegos con agua durante dos minutos cada hora los primeros 10 días. Durante los cinco días siguientes, los riegos por micro aspersión fueron cada vez menos frecuentes, hasta suspensión, al tiempo que con cintillas se aplicaba una solución nutritiva balanceada. Para el caso de los otros tratamientos, el enraizado de esquejes se hizo también bajo microtúnel con las mismas características del anterior. El riego por microaspersión se hizo de la misma manera con agua sola durante los primeros 10 días, y con solución nutritiva diluida al 50% su concentración normal los últimos cinco días.



Después de los primeros 10 días de enraizamiento, el plástico de los microtúneles se fue retirando paulatinamente a fin de aclimatar los esquejes a un ambiente de menor humedad relativa y mayor insolación. Cuando los esquejes habían formado suficientes raíces adventicias (15 días en los tratamientos T2 al T5), fueron trasplantados al invernadero de producción a una densidad de población también de 8 plantas m⁻². Posteriormente las plantas fueron tutoradas con hilos de rafia. Se eliminaron todos los brotes laterales (chupones) conforme las plantas los emitían, y cuando se formó la tercera inflorescencia, se procedió al despunte, dejando dos hojas sobre la última inflorescencia.

La solución nutritiva aplicada fue de 4 a 6 L m⁻² diarios, y contenía las siguientes concentraciones de nutrientes (mg litro⁻¹): N=250, P=60, K=300, Ca=300, Mg=75, S=200, Fe=3, Mn=0.5, B=0.5, Cu=0.1, y Zn=0.1 (Sánchez y Escalante, 1989). Las camas de cultivo estaban rellenas de arena de tezontle con partículas de 1 a 3 mm de diámetro con 25 cm de profundidad. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con los cinco tratamientos y cuatro repeticiones; cada unidad experimental fue de 3.24 m².

Variables

Altura de planta (AP), medida de la base del tallo al ápice de crecimiento a los 53 días después de que los esquejes fueron colocados para su enraizamiento (dee).

Diámetro de tallo (DT), que se midió a una altura de 40 cm, también a los 53 dee.

Precocidad (P), se tomó como un criterio de precocidad al porcentaje de plantas por unidad experimental (39 plantas en 3.24 m⁻² de cama) con al menos dos flores en

antesis en la segunda inflorescencia a los 53 dee y el porcentaje de rendimiento acumulado con respecto al total en el primero, segundo y tercer corte, a los 80, 100 y 120 días después del trasplante (ddt), respectivamente; se cosecharon en cada caso únicamente los frutos que alcanzaban madurez comercial. **Rendimiento total (RT)** en Kg m⁻². **Número de frutos m⁻² (NFM²)**. **Peso medio de frutos (PMF)** en g. Para cada una de las variables se hizo análisis de varianza y comparaciones de medias con prueba de Tukey (P≤0.05), utilizándose el paquete SAS (2004).

Cuadro 1. Cuadrados medios de variables de crecimiento, precocidad y de componentes del rendimiento en plantas de jitomate provenientes de esquejes.

FV	GL	AP (cm)	DT (cm)	FSI (%)	RAC1 (%)	RAC2 (%)	RAC3 (%)	RT (Kg m ⁻²)	NFM ²	PF
T	4	2285**	0.62**	2895**	29.1**	1654**	370**	184**	3966	363
B	3	49.9	0.02	1952	0.16	32.5	148	16.6	338	79.9
Error	12	23.6	0.10	252	0.16	7.4	55.2	16.7	1989	37.8
CV		9.3	9.4	28.1	34.0	17.8	9.1	10.6	9.8	7.2

FV: Fuentes de variación; T: Tratamiento; B: Bloque; CV: Coeficiente de variación; GL: Grados de libertad; AP: Altura de planta; DT: diámetro de tallo; FSI: floración en la segunda inflorescencia a los 53 días después del enraizado; RAC1: Rendimiento acumulado en el primer corte; RAC2: Rendimiento acumulado en el segundo corte; RAC3: Rendimiento acumulado en el tercer corte; RT: Rendimiento total; NF: Número de frutos m²; PF: Peso de fruto en g. **: Diferencia altamente significativa ($P \leq 0.05$).

Cuadro 2. Efecto del método de enraizamiento sobre la altura de planta y diámetro de tallo a los 53 días de iniciado el enraizado de esquejes de jitomate.

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)
Enraizado directo	93.5 a	1.10 a
Enraizado en bandeja	33.0 c	0.81 c
Enraizado en tubo de 10 cm	43.1 bc	0.89 bc
Enraizado en tubo de 15 cm	41.8 bc	0.90 abc
Enraizado en tubo de 20 cm	47.8 b	1.00 ab
DMS	10.95	0.20

DMS: Diferencia Mínima Significativa. Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencia significativa (Tukey, $P=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza indican que casi en todas las variables evaluadas mostraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, excepto en número y peso de frutos (Cuadro 1). Se registró (Cuadro 2) que la altura de planta (AP) en el tratamiento de enraizado directo, fue significativamente mayor (93.5 cm) al resto de los tratamientos. Entre los tratamientos de enraizado en tubos no hubo diferencias estadística, pero con el de 20 cm de profundidad, hubo mayor AP que el enraizado en bandejas.

El enraizado directo fue el tratamiento con mayor diámetro de tallo (DT), aunque no difirió significativamente del enraizado en tubos de 15 y 20 cm de profundidad; este último tratamiento tuvo mayor DT que el enraizado en bandeja tal como ocurrió en AP.

El hecho de que a 53 dee el tratamiento de enraizado directo presentara mayor AP y DT, indica que estas plantas llevaban un adelanto en el crecimiento respecto a los otros tratamientos de enraizado, posiblemente debido a que con el enraizado directo, las plantas no tuvieron el estrés que normalmente ocurre en plántulas al ser trasplantadas (daños físicos a la raíz, cambios en temperatura, humedad relativa y luz, y cambios en el ambiente de la raíz, etcétera.), ocasionando detención o disminución temporal del crecimiento vegetativo, pues la mayoría de los foto asimilados formados en dicha fase, se utilizan para el crecimiento de la raíz (Wien, 1999). Como esto no ocurrió en el enraizado directo se favoreció su crecimiento. De acuerdo con los criterios de precocidad establecidos, las plantas del enraizado directo fueron las más precoces (Figuras

1 y 2). A los 53 dee, en el enraizado directo ya se tenía el 100% de flores del segundo racimo floral en antesis, mientras que en los otros tratamientos apenas había 30% a 62.5% de plantas con antesis en dicho racimo, diferencia que resultó estadísticamente significativa (Figura 1).

A los 80 dee sólo en plantas enraizadas de forma directa se inició la cosecha con 6% del rendimiento total. El segundo corte de ese tratamiento y primero de los demás fue a 100 dee. En este momento en el enraizado directo ya se había acumulado un poco más del 50% de su rendimiento total, mientras que en los otros tratamientos solamente se había registrado entre 4.7% y 7% de su rendimiento total correspondiente. En la tercer fecha de corte (120 dee) se terminó la cosecha de plantas del tratamiento de enraizado directo, mientras que en los otros tratamientos sólo se había cosechado entre 74% y 76% (Figura 2).

En cada corte, las diferencias en el porcentaje de corte entre el enraizado directo y el resto de tratamientos fueron estadísticamente significativas, pero no entre los demás tratamientos. La cosecha de los cuatro tratamientos con trasplante finalizó 15 días después del tercer corte, es decir a los 135 dee.

Estas diferencias en precocidad también se pueden atribuir a que en el enraizado directo las plantas no sufren el estrés causado por el trasplante como en los otros tratamientos. Cabe aclarar que la duración del ciclo de cultivo en el área de producción fue igual para los cinco tratamientos, ya que los trasplantes a esta área se realizaron con plántulas que ya tenían 15 días en el enraizador, por lo que su ciclo de trasplante a fin de cosecha fue también de 120 días.

El Cuadro 3 muestra el rendimiento por unidad de superficie (kg m^{-2}) fue significativamente mayor en el tratamiento sin trasplante (enraizado directo) al producir casi 50% más que los tratamientos con trasplante (T2 al T5). Este mayor rendimiento se debió a mayor peso de fruto en el tratamiento con enraizado directo (alrededor de 20 gramos más por fruto), ya que en número de frutos no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos. Es posible que el efecto de estrés hídrico y la muerte de raíces al que son sometidas las plántulas durante el trasplante posterior al enraizado haya sido el factor responsable de las mermas en el rendimiento, sobre todo porque el trasplante se hizo con esquejes enraizados con varias hojas y posiblemente con inflorescencias ya diferenciadas, aunque éstas aún no eran visibles a simple vista. Al haber daños a la raíz, se provoca temporalmente un mayor flujo de fotoasimilados a éstas para su recuperación y en consecuencia un menor flujo de azúcares hacia las nuevas flores y los frutos (Tadeo, 2000), lo que seguramente redundó en menor peso medio de estos últimos y por lo tanto, en un menor rendimiento por unidad de superficie. De acuerdo con Wien (1999) la práctica del trasplante tiene un efecto negativo inmediato sobre el estado hídrico de la planta y sobre la raíz. Es probable también que este efecto negativo del trasplante inicialmente haya sido mayor en las plantas provenientes de esquejes obtenidos en bandejas, ya que el trasplante de éstos fue sin "cepellón" (raíz desnuda). Aunque el enraizado directo resulta más costoso en términos de mayor superficie de micro túnel y equipo de riego por microaspersión, el mayor ingreso que se puede obtener por aumento en el rendimiento por unidad de superficie que se logra

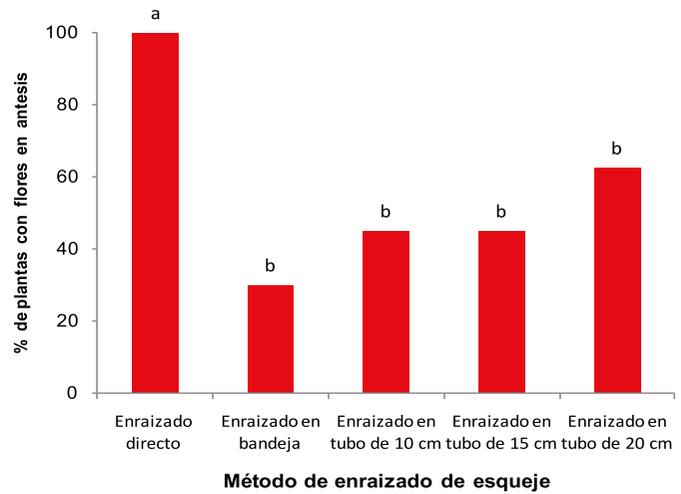


Figura 1. Porcentaje de plantas de (*Solanum lycopersicum*) con al menos dos flores en antesis a 53 después del inicio del enraizado del esqueje por diversos métodos.

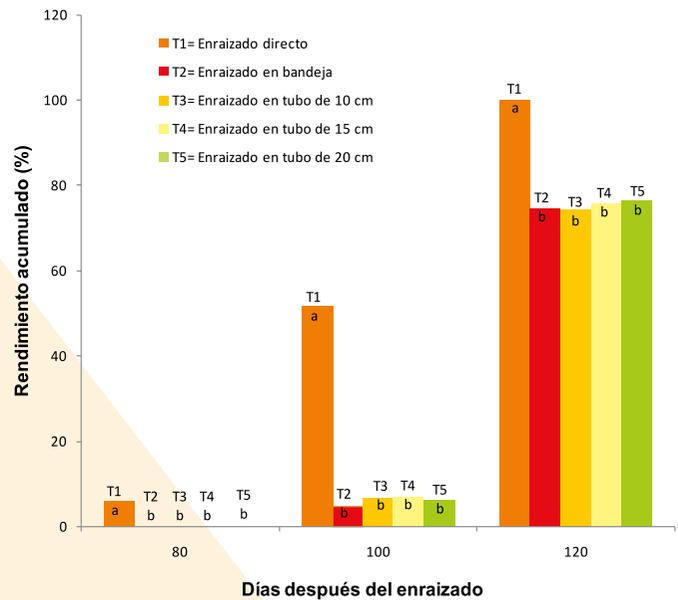


Figura 2. Porcentaje de rendimiento acumulado, respecto al total de cada tratamiento de enraizado en diferentes fechas de corte.

Cuadro 4. Comparaciones de medias de rendimiento y sus componentes primarios en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum*) provenientes de esquejes enraizados.

Tratamiento	Rendimiento (kg m^{-2})	Número de frutos m^2	Peso de fruto (g)
Enraizado directo en cama	15.43 a	154 a	101a
Enraizado en semillero	11.75 b	143 a	82 b
Enraizado en tubo de 10 cm	10.06 b	131 a	77 b
Enraizado en tubo de 15 cm	10.55 b	131 a	80 b
Enraizado en tubo de 20 cm	11.66 b	140 a	83 b
DMS	2.83	31	13.9

DMS: Diferencia Mínima Significativa. Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencia significativa (Tukey, $P=0.05$).

con este método (4 Kg m⁻² cada 120 días), compensa los costos dejando mayor rentabilidad económica.

CONCLUSIONES

La propagación vegetativa de jitomate por medio de esquejes enraizados es una opción factible, y el método con el cual se obtiene mayor crecimiento, precocidad y rendimiento es enraizando directamente los esquejes en las camas de producción, ya que con este sistema las plántulas no sufren los efectos de estrés que ocasiona el trasplante.

LITERATURA CITADA

- Bruin, de J.; Sande, V. 1986. Tomato cuttings for interplanting. *Groenten en Fruit* 41(43): 32-33.
- Hartmann, T. H.; Kester, E. D. 1988. Propagación de Plantas. Editorial Continental. México, D.F. Segunda Edición. 760 p.
- Juárez, L. G.; Sánchez, del C. F. y Contreras, M. E. 2000. Efectos del manejo de esquejes sobre el rendimiento de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6 (1): 19-23.
- Resh, H. M. 2001. Cultivos hidropónicos. 5ta. Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 558 p.
- Sánchez, del C. F. y Escalante, R. E. 1988. Hidroponía. 3ra. Edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 194 p.
- Sánchez, del C. F.; Moreno, P. E. Del C.; Coatzín, R. R.; Colinas, León Ma. T. y Peña, L. A. 2010. Evaluación agronómica y fisiotécnica de cuatro sistemas de producción en dos híbridos de jitomate. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16 (3): 207-214.
- Sánchez, del C. F. y Ponce, O. J. 1998. Densidades de población y niveles de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en hidroponía. *Revista Chapingo, Serie Horticultura* 4(2):89-94.
- Sánchez, del C. F. y Santos, M. J. 2003. Densidades de población, arreglos de dosel y despuntes en jitomate cultivado en hidroponía bajo invernadero. *Fitotecnia Mexicana* 26(4):257-262.
- SAS. 2004. Statistical Analysis System Institute. SAS Proceeding Guide. Versión 8.1. SAS Institute. Cary, NC. USA.
- Tadeo, R. F. 2000. Fisiología de las plantas y el estrés. En: Azcón-Bieto, J. y Talón M. *Fundamentos de fisiología Vegetal*. McGraw-Hill Interamericana. Barcelona, España. Pp. 481-498.
- Ucan I. Chan F., Sánchez del C.; E. Contreras Magaña y T. Corona S. 2005. Efecto de la densidad de población y raleo de frutos sobre el rendimiento y tamaño del fruto en jitomate. *Fitotecnia Mexicana* 28(1): 33-38.
- Wien H.C. 1999. Transplanting. In: Wien, H. C. (ed.). *The Physiology of Vegetable Crops* pp. 37-68. CABI Publishing, Co. Cambridge, Inglaterra.

