

Revista Electrónica Nova Scientia

Uso de portainjerto sobre el rendimiento, calidad del fruto y resistencia a *Phytophthora capsici* Leonian en pimiento morrón

Use of rootstocks on the yield, fruit quality and resistance to *Phytophthora capsici* Leonian in bell peppers

**Esteban Sánchez Chávez¹, Aminadab Torres González¹,
María Antonia Flores Córdova¹, Pablo Preciado Rangel² y
César Márquez Quiroz³**

¹Tecnología de Alimentos y Productos Lácteos, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Delicias

²Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila

³División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

México

Esteban Sánchez Chávez. E-mail: esteban@ciad.mx

Resumen

El pimiento morrón es uno de los principales chiles producidos en México a campo abierto después del chile jalapeño y el serrano. El principal factor que limita la producción de este cultivo, es la incidencia de marchitez del chile, enfermedad causada por el hongo *Phytophthora capsici* la cual ocasiona pérdidas entre 10 y 100% de la producción. Una alternativa viable para el control de la enfermedad, es el uso de portainjertos en hortalizas. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto del uso de portainjerto sobre el rendimiento, calidad del fruto y resistencia a *P. capsici* en pimiento morrón. Se utilizaron las variedades comerciales de pimiento morrón Fascinato y Janette y el portainjerto comercial Terrano. El experimento se desarrolló en un sistema de malla sombra en Delicias, Chihuahua, México durante el ciclo de producción 2012. Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones; los tratamientos fueron: Terrano injertado con Fascinato, Terrano injertado con Janette, Fascinato sin injertar y Janette sin injertar. Las variables evaluadas fueron: rendimiento, calidad del fruto y mortandad de plantas. Los resultados obtenidos indican que la combinación variedad/portainjerto Fascinato/Terrano y Janette/Terrano produjeron los más altos rendimientos en fruto, registrándose incrementos del 53.47 % y 49.40 % respectivamente en relación a las mismas variedades sin injertar. Además, Fascinato/Terrano presentó la menor mortandad de plantas provocada por *P. capsici* (32 %), seguida por Janette/Terrano (36 %); mientras que las variedades Fascinato y Janette sin injertar presentaron la mayor cantidad de plantas muertas (57 % y 53 %, respectivamente), lo que indica que el portainjerto Terrano confirió resistencia a la enfermedad provocada por *P. capsici*. El portainjerto Terrano aumentó la producción en un 50 % y mejoró los parámetros de calidad del fruto del pimiento morrón, asumiéndose que el uso de portainjertos podría ser una técnica viable en la horticultura sustentable del futuro.

Palabras clave: *Phytophthora capsici*, pimiento morrón, portainjerto, resistencia genética

Recepción: 20-04-2015

Aceptación: 28-09-2015

Abstract

The bell pepper is one of the main chilies produced in Mexico to open field after the jalapeño and Serrano. The main factor limiting the production of this crop, is the incidence of wilt in chili, a disease caused by the fungus *Phytophthora capsici* that causes losses between 10 and 100% of the production. A viable alternative for the control of the disease, is the use of rootstocks in vegetables. The objective of the present work was to study the effect of the use of rootstock on performance, quality of the fruit and resistance to *P. capsici* in bell peppers. We used the commercial varieties of sweet red pepper Fascinato and Janette and the commercial rootstock Terrano. The experiment was conducted in a mesh system shadow in Delicias, Chihuahua, Mexico during the production cycle 2012. We used an experimental design of a randomized complete block with four treatments and four replications; treatments were: Terrano grafted with Fascinato, Terrano grafted with Janette, Fascinato without grafting and Janette without grafting. The variables evaluated were: yield, fruit quality and lethality of plants. The results obtained indicate that the combination variety/rootstock Fascinato/Terrano and Janette/Terrano produced the highest yields in fruit, recorded increases of 53.47 % and 49.40 % respectively in relation to the same varieties without grafting. Also, Fascinato/Terrano had the lowest mortality of plants caused by *P. capsici* (32%), followed by Janette/Terrano (36%). While Fascinato and Janette ungrafted varieties showed the greatest number of dead plants (57% and 53%, respectively), indicating that the rootstock Terrano confers resistance to the disease caused by *P. capsici*. The rootstock Terrano increased production by 50% and fruit quality of bell peppers, assuming that the use of rootstocks could be a viable technology in the future of sustainable horticulture.

Keywords: *Phytophthora capsici*, bell pepper, rootstock, genetic resistance

Introducción

El cultivo de hortalizas contribuye en forma importante con la economía de México. En la actualidad se siembran 512,000 ha de este grupo hortícola con una producción de ocho millones de toneladas, de las cuales se exportan 600 mil toneladas anuales aproximadamente y tienen su destino principal a Estados Unidos y Canadá. En México se cultivan anualmente 136,053 ha de chile (*Capsicum annuum* L.) de las cuales unas 10,000 ha son de pimiento morrón. El pimiento morrón es uno de los principales chiles producidos en México a campo abierto después del jalapeño y el serrano (SIAP-SAGARPA, 2015). Así su cultivo tiene gran aceptación por los productores, lo cual incrementa la superficie plantada cada año. En términos económicos, la producción de pimiento morrón es una alternativa de producción muy atractiva durante el ciclo otoño-invierno de cada año, lo cual se debe a su elevado rendimiento ya que puede alcanzar un precio mayor de hasta cinco veces comparado al ciclo de producción primavera-verano, sobre todo si se comercializa hasta que el fruto toma el color secuencial característico de la variedad (verde, amarillo, naranja, morado, chocolate, rojo) (Jovicich *et al.*, 2004). Sin embargo, la incidencia de *P. capsici*, es un problema muy grande en el desarrollo de este cultivo, ya que este patógeno puede ocasionar pérdidas entre 10 y 100 % de la producción, razón por la cual muchas áreas de cultivo cambiaron de uso del suelo o el chile morrón se cultiva en sitios libres de la presencia de este patógeno (Sanogo y Ji, 2012).

Actualmente, la marchitez del chile ocasionada por el Oomiceto *Phytophthora capsici*, es una de las principales enfermedades en atacar al cultivo de chile. Esta provoca muerte prematura de la planta por marchitamiento, asociándosele con la obstrucción de haces vasculares (Sanogo y Ji, 2012). La enfermedad se ha detectado en los cultivos de chile morrón en todo el mundo. Dada la importancia de este cultivo, se han desarrollado algunas tecnologías para disminuir este problema fitopatológico. Uno de los productos usados para el control de *Phytophthora* en cultivos de pimiento fue el uso de Bromuro de metilo en fumigaciones al suelo; tratamiento que está prohibido debido a que afecta a la capa de ozono y provoca alteraciones en el medio ambiente (Saadoun y Allagui, 2013), convirtiéndose en contaminante del suelo. Es por esto, que se buscan nuevas tecnologías ecológicas y/o culturales para tratar de disminuir este problema que ataca al pimiento y que además sean de bajo impacto en el medio ambiente (Jang *et al.*, 2012).

En la actualidad, el uso de portainjertos en hortalizas es una estrategia que mejora la calidad y rendimiento de los cultivos. Se requiere de portainjertos que resistan condiciones extremas tales

como sequías, problemas fitosanitarios, excesos de humedad, excesos o deficiencias de nutrientes, suelos sobreexplotados, etc. De esta manera, la planta mejora el vigor, desarrollo, floración, fructificación y longevidad (Rivero *et al.*, 2003). Los portainjertos han aumentado su uso debido a su eficacia e inocuidad para el proteger al ambiente, al minimizar el uso de agroquímicos contra plagas y enfermedades. En Corea se injertaron cerca de seis millones de plantas de chile para controlar a *Phytophthora* (Lee y Oda, 2003). Por lo que el uso de portainjertos en pimiento morrón, se considera una alternativa viable e innovadora para incrementar la producción sustentable de esta hortaliza. Sarath *et al.* (2011) mencionan que el chile tipo serrano Criollo de Morelos 334 (CM-334) es considerado como universalmente resistente, sin importar la agresividad del aislado ni las condiciones ambientales. Osuna et al. (2012) indican que el usar el CM 334 como un portainjerto resistente a *P. capsici* podría formar parte del manejo integrado para controlar la marchitez en estos tipos de chiles comerciales.

En general, existen pocos estudios sobre este tema, por lo que el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo estudiar el efecto del uso de portainjerto sobre el rendimiento, calidad del fruto y resistencia a *Phytophthora capsici* en pimiento morrón.

Materiales y Métodos

Manejo del cultivo y diseño experimental

El presente estudio, se llevó a cabo en el ciclo de producción 2012, desarrollado bajo un sistema de malla sombra, proporcionado por una compañía comercial, ubicada en Ciudad Delicias, Chihuahua México, geolocalizada a 28°11'36" LN, 105°28'16" LO y a 1,171 msnm. Las variedades comerciales de pimiento morrón usadas fueron: Fascinato (frutos rojos) y Janette (frutos amarillos) (Syngenta, Co. Houston. TX, USA). Estas variedades se injertaron sobre el portainjerto comercial Terrano (Syngenta, Co. Houston. TX, USA), seleccionado por su resistencia *P. capsici*. Las semillas de las variedades y portainjerto fueron sembradas en charolas de 200 cavidades en enero de 2012 para posteriormente realizar los injertos tipo aproximación (se realizó el corte de 45° tanto al portainjerto como a la variedad y posteriormente se unían con una pinza y luego le colocaban un palillo de dientes para reforzar el injerto) de las variedades, durante 31 días después de la siembra las plantas eran crecidas en condiciones de invernadero y posteriormente eran llevadas al área de injertación para realizar la técnica del injerto. Las plantas fueron trasplantadas en camas de suelo de 30 cm de ancho y 90 cm entre camas y distancia entre

planta a planta de 30 cm, dentro del sistema de malla sombra, cinco semanas después de haber sido injertadas. El suelo usado fue del tipo franco-arcilloso-arenoso con la siguiente composición: 50.17 ppm de nitrógeno inorgánico, 64.14 ppm de fósforo, 32.5 me/100g de CIC, conductividad eléctrica de 0.84 dS m⁻¹, 1.68 % de materia orgánica y un pH 7.72.

El programa de fertilización para un ciclo de 220 días consistió en la aplicación de los siguientes compuestos y dosis: NH₄NO₃ (50.4 g.m²), UAN32 (37.7 g.m²), 5-30-00 (N-P-K) (56 g.m²), KNO₃ (44.8 g.m²), Ca (NO₃)₂ (162.3 g.m²), K₂SO₄ (201.3 g.m²), y MgSO₄ (107.5 g.m²), empleando productos comerciales. El manejo de la fertilización y riegos fue a través del sistema de fertirriego. La fertilización fue fraccionada y se realizó cada 2 días por medio de fertirriego con dos pulsos de aplicación de una hora cada pulso, el primer pulso de aplicación se realizó a las 8 am y el segundo a las 10 am.

El diseño experimental usado fue en bloques completos al azar, con cuatro tratamientos: (1) Fascinato injertado (Fascinato/Terrano), (2) Janette injertado (Janette/Terrano), (3) Fascinato sin injertar y, (4) Janette sin injertar; distribuidos en cuatro bloques. Los dos últimos tratamientos fueron tomados como controles. Durante el ciclo de producción del experimento se realizó un muestreo de frutos para cada tratamiento fue el 20 de agosto de 2012. Se evaluó un lote de dos surcos de 90 m de largo y 90 cm de separación entre surcos de cada tratamiento, y de cada lote por bloque se muestrearon los frutos de 10 plantas, siendo éstos lotes considerados como la unidad experimental.

Variables evaluadas

La evaluación de la presente investigación se realizó en base a los parámetros de mortandad de plantas, producción de pimiento y calidad del fruto.

Evaluación de mortandad de plantas

La parcela donde se realizó el experimento tenía antecedentes de epifitias causadas por *Phytophthora capsici*, por lo que durante el tiempo que duró este experimento se monitoreó el daño producido por el patógeno. Cada semana se evaluó cada planta para observar si presentaban síntomas de marchitez y de esta manera cuantificar el número de plantas muertas el cual fue expresado en porcentaje. El diagnóstico en campo de *Phytophthora capsici* se hizo por la sintomatología y fue corroborado en laboratorio.

Producción de pimiento

Las variedades injertadas y no injertadas (tratamientos) fueron cosechadas cuando los frutos desarrollaron el color según las preferencias del consumidor. Los frutos fueron cosechados cuando al menos 50 % de su epidermis (cáscara) había cambiado de color. Fascinato cambió de color verde hacia una tonalidad chocolate, hasta desarrollar pigmento rojo; y se cosechó cuando el 50 % de los frutos tuvieron color chocolate y 50 % rojo. Janette se cosechó cuando el fruto cambió de color verde a amarillo; cosechándose 75 % de fruto amarillo y 25 % verde. El primer corte de fruto se realizó 105 días después del trasplante (13 de julio), cuando fueron observadas las características deseables y aceptables en color y calibre. En total se realizaron 17 cortes que finalizaron el 12 de septiembre. Los resultados fueron expresados en kg ha⁻¹.

Calidad del fruto

De cada tratamiento evaluado se recolectaron 10 frutos el 20 de Agosto de 2012 con base a los parámetros de clasificación de la calidad comercial, que fueron definidos de acuerdo con la Norma de Calidad Suprema de México (SAGARPA, 2012). A los frutos seleccionados se les determinaron los índices de madurez y calidad de fruto por el método de Bartram *et al.* (1993) que a continuación se describen:

Diámetro ecuatorial del fruto. Se determinó mediante un calibrador de cinta Cranston (Maurer, USA) y se expresó en centímetros.

Longitud del fruto. Se midió con una cinta métrica y fue expresado en centímetros.

Peso del fruto. Se cuantificó con una balanza digital Ohaus® (modelo Scout Pro, USA) y fue expresado en gramos.

Firmeza de pulpa. Se utilizó un texturómetro universal modelo TA-XT2i (Texture Technologies Corp. Inglaterra). De cada fruto se cortaron dos porciones de pericarpio de aproximadamente 9 cm². En cada porción, del lado del endocarpio, se determinó la fuerza necesaria para la penetración de un émbolo de 11 mm de diámetro, hasta una profundidad del 50 % del grosor del pericarpio. El valor de la firmeza se expresó en *N*.

Sólidos solubles totales. Se utilizó un refractómetro digital Atago® (modelo PAL-1, USA, de 0-53 °Brix). Para lo cual se presionó una porción de pericarpio hasta la obtención de 2-3 gotas de jugo sobre la superficie de medición del prisma. Los resultados fueron expresados en °Brix.

Color de la cáscara. Se utilizó un colorímetro marca Minolta, modelo CR-300 (Minolta Ltd. Japón). Se llevaron a cabo dos lecturas en lados opuestos de cada fruto. Mediante los

componentes del color en el sistema CIELAB (Domínguez-Soto et al. 2012). El valor de L* representa la claridad del color, donde el 0 corresponde al negro y el 100 al blanco. Los datos a* y b* se transformaron a las funciones del color hue (h°) y croma (C). Hue es expresado como la distancia angular donde 0 representa al color rojo, 90 al amarillo, 180 al verde y 270 al azul, mientras que croma expresa la saturación del color.

Acidez titulable. Se determinó en cada fruto de un bloque con 10 repeticiones. Mediante un extractor de jugos marca Turmix (TUO5, USA), se obtuvieron 10 mL de jugo, al cual se le añadieron tres gotas del indicador fenolftaleína al 1 %, y se registró la cantidad de hidróxido de sodio 0.1N gastado hasta obtener un viraje a color rojo durante la titulación química, según los procedimientos de la AOAC (AOAC, 1980). Los resultados fueron expresados en porcentaje de ácido málico.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza. Para la diferencia entre medias de los tratamientos se utilizó la prueba de LSD a 95 % (SAS, 1987).

Resultados y discusión

Evaluación de la mortandad de plantas

Durante el periodo que duró el experimento se realizó una evaluación de la mortandad producida por *Phytophthora capsici*. Los resultados del daño se presentan en la Figura 1, donde se observa que las variedades que presentaron la menor mortandad de plantas fueron Fascinato/Terrano (32 %), seguida por Janette/Terrano (36 %); mientras que las variedades que presentaron la mayor cantidad de plantas muertas fueron Fascinato sin injertar (57 %) y Janette sin injertar (53 %). Lo que indica que el portainjerto Terrano les confirió resistencia a la enfermedad.

El principal uso de los portainjertos en cultivos hortícolas en el mundo ha sido proveer resistencia a patógenos del suelo. Las pérdidas potenciales de Bromuro de Metilo como un fumigante del suelo combinado con patógenos resistentes al uso común de pesticidas pudiera generar resistencia a patógenos del suelo siendo más importante en el futuro. Los mayores problemas de enfermedades direccionadas por el portainjerto incluyen las causadas por hongos, bacterias y nematodos (mejorar la sintáxis de éste párrafo). El portainjerto también se ha usado para incrementar la tolerancia a enfermedades fungales foliares, virus e insectos. Si la superficie agrícola utilizada para el uso de portainjertos se incrementara en el futuro, pudiera provocar un

cambio en el ambiente microbial del suelo que pudiera conducir al desarrollo de nuevas enfermedades o cambios en la población de los patógeno de las enfermedades actuales (King *et al.*, 2008).

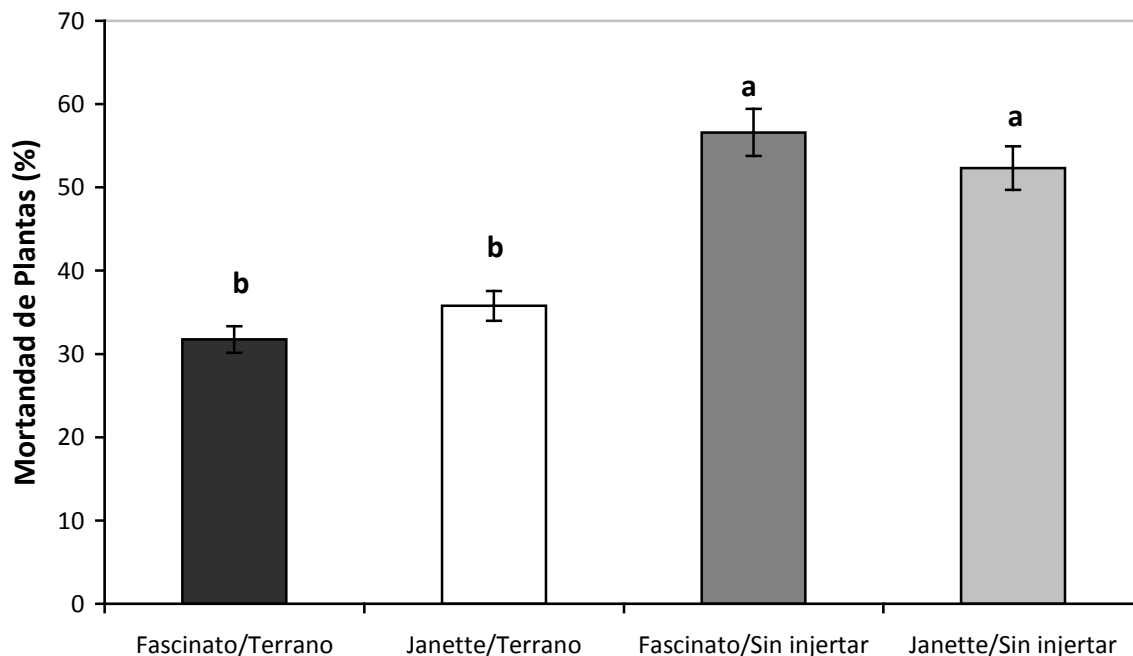


Figura 1. Efecto de la combinación variedad/portainjerto sobre la mortandad provocada por la marchitez del chile (*Phytophthora capsici*) en pimienta morrón. Las líneas verticales en cada barra corresponden a la desviación estándar. Promedios con letras iguales en cada barra no son estadísticamente diferentes (LSD, 0.05).

El efecto de control de la enfermedad proporcionado por el portainjerto no es aún bien entendido. Se presume que la principal protección es por evasión, cuando el portainjerto es resistente al patógeno. Esto ha sido confirmado por observaciones en las cuales los brotes de las raíces u otras raíces intactas del brote confieren resistencia a las plantas injertadas. Este incremento en vigor pudiera también explicar la resistencia a patógenos foliares, especialmente virus (King *et al.* 2008). Los mecanismos involucrados en la defensa de las plantas de chile (*Capsicum annuum*) contra *P. capsici*, son complejos y pocas veces comprendidos en su totalidad. La protección que proporcionan los portainjertos a *P. capsici* suele atribuirse a la acumulación de compuestos químicos en los tejidos, la activación de enzimas involucradas en la biosíntesis de lignina, alteraciones del metabolismo oxidativo de la planta, la acumulación de compuestos fenólicos, cambios citológicos e histológicos de los tejidos, así como, la síntesis de enzimas capaces de dañar las células del patógeno, la respuesta sistémica adquirida y la respuesta

hipersensible. Esta variedad de mecanismos de defensa es reflejo de la naturaleza poligénica de la interacción *C. annuum*-*P. capsici* (Castro-Rocha *et al.*, 2012).

El avance en las investigaciones ha demostrado los cambios estructurales y funcionales que se manifiestan en las plantas de chile durante el proceso de infección de *P. capsici*. La información generada sugiere que las plantas de chile que son resistentes a este patógeno manifiestan una respuesta de defensa más temprana y con mayor intensidad que aquellas plantas que son susceptibles. Además, las plantas de chile resistentes a la infección parecen estar mejor capacitadas para soportar el estrés oxidativo generado por la interacción con el patógeno. Además no se debe ignorar la importancia de isoenzimas y proteínas que han sido reportadas únicamente en variedades resistentes, que pueden ser utilizadas como marcadores de resistencia en programas de mejora genética, y cuya función aun permanece desconocida (Castro-Rocha *et al.*, 2012).

En el presente estudio, se observó que el portainjerto Terrano le confirió mayor vigor a las variedades injertadas, lo que se tradujo en una mayor resistencia a *P. capsici*. Sin embargo, *P. capsici* ha causado pérdidas económicas a nivel mundial y solamente algunos cultivares de chile que presentan resistencia parcial están comercialmente disponibles (Gisbert *et al.*, 2010). En México los genotipos que presentaron resistencia a *Phytophthora* son las líneas de chile Serrano Criollo de Moleros 331 y 334, denominadas SCM 331 y SCM 334 respectivamente (Thabuis *et al.*, 2003). Ambas líneas han sido usadas en programas de mejoramiento, sin embargo variedades de chile con resistencia general a *Phytophthora* no han sido comercialmente liberadas (Gisbert *et al.*, 2010). Tolerancia a *P. capsici* ha sido mostrada por los cultivares híbridos de chile Foc y Charlot con similar o mayor tolerancia que SCM 334, la principal fuente de resistencia a *P. capsici* (Gisbert *et al.*, 2010). SCM 334 presentó más alta resistencia que Chilcote, de acuerdo con reportes previos de investigación (Palloix *et al.*, 1988). El híbrido comercial Tesor mostró baja resistencia a *P. capsici* con un 75 % de plantas marchitas en 35 días después del injerto y 25 % de plantas con síntomas demorados e incapaces de completar el ciclo de cultivo. Híbridos comerciales F1 de Coyote y Almuden resultaron muy susceptibles, lo que causó su muerte rápidamente. Una mortandad mayor al 50 % fue producida en las plantas de Coyote y de un 10-23 % en plantas de SCM 334, Charlot y Foc (Gisbert *et al.*, 2010). García-Rodríguez *et al.* (2010) estudiaron la resistencia in vitro a *P. capsici* de cuatro portainjertos comerciales de chile y del cultivar SCM 334 y encontraron baja incidencia y severidad de síntomas en SCM 334 en las

evaluaciones de resistencia, reportándose que SCM 334 fue el único genotipo resistente a *P. capsici*. El uso de SCM 334 como portainjerto disminuyó significativamente el vigor y el rendimiento. Sin embargo, fue altamente eficaz para proteger al chile ancho Rebelde del ataque de *P. capsici* ya que todas las plantas sin injertar murieron al ser inoculadas. Este estudio confirma que el uso de SCM 334 como portainjerto tiene potencial para la producción de chile en condiciones de infestación de suelos por *P. capsici* (García-Rodríguez *et al.*, 2010).

Producción

Se observaron diferencias significativas en el rendimiento entre las plantas injertadas respecto a las plantas sin injertar (control, Figura 2). Las variedades Fascinato y Janette injertadas sobre el portainjerto Terrano produjeron los más altos rendimientos de fruto, registrándose incrementos del 53.47 % y 49.40 % respectivamente, en relación a las mismas variedades sin injertar (control). La efectividad del portainjerto se vio reflejada con los resultados de rendimiento, ya que las variedades control mostraron los promedios más bajos. Ruiz *et al.* (1997) obtuvieron resultados similares al comparar y evaluar diferentes portainjertos en el cultivo de melón. Por otro lado, García-Rodríguez *et al.* (2010) evaluaron la resistencia in vitro a *P. capsici* en cuatro portainjertos comerciales de chile y de la variedad tipo serrano Criollo de Morelos 334, encontrando diferencias significativas en el rendimiento entre las plantas injertadas y sin injertar, se observó que ninguna planta sin injertar sobrevivió a la inoculación con *P. capsici*. Este estudio confirma que el uso de SCM 334 como portainjerto tiene potencial para la producción de chile en condiciones de infestación por *P. capsici*.

Altos rendimientos comerciales en plantas injertadas de pimiento morrón fueron también obtenidos por Del Amor *et al.* (2008) y Colla *et al.* (2008) bajo condiciones de clima mediterráneo. De la misma manera, López-Marín *et al.* (2013) mencionan que el uso del portainjerto Creonte incrementó significativamente tanto el rendimiento total y comercial en relación a las plantas no injertadas. Sin embargo, el uso de este portainjerto afectó negativamente los parámetros de calidad del fruto, comparado con las plantas sin injertar y otros portainjertos, dando énfasis de la relación inversa existente entre el rendimiento y la calidad de los frutos (Ho, 1996). En general, el portainjerto promueve el crecimiento vegetativo del injerto debido al más vigoroso sistema radical de los portainjertos, los cuales son a menudo capaces de absorber agua y nutrientes mucho más eficientemente que las plantas sin injertar (Lee *et al.*, 2010). De esta manera, en híbridos de pimiento morrón, Colla *et al.* (2008) demostraron que las plantas

injertadas fueron más altas que el control (plantas sin injertar). No obstante, la promoción del crecimiento y rendimiento difieren, dependiendo de las características del portainjerto y la capacidad para alterar la fisiología de los brotes (Schwarz *et al.*, 2010).

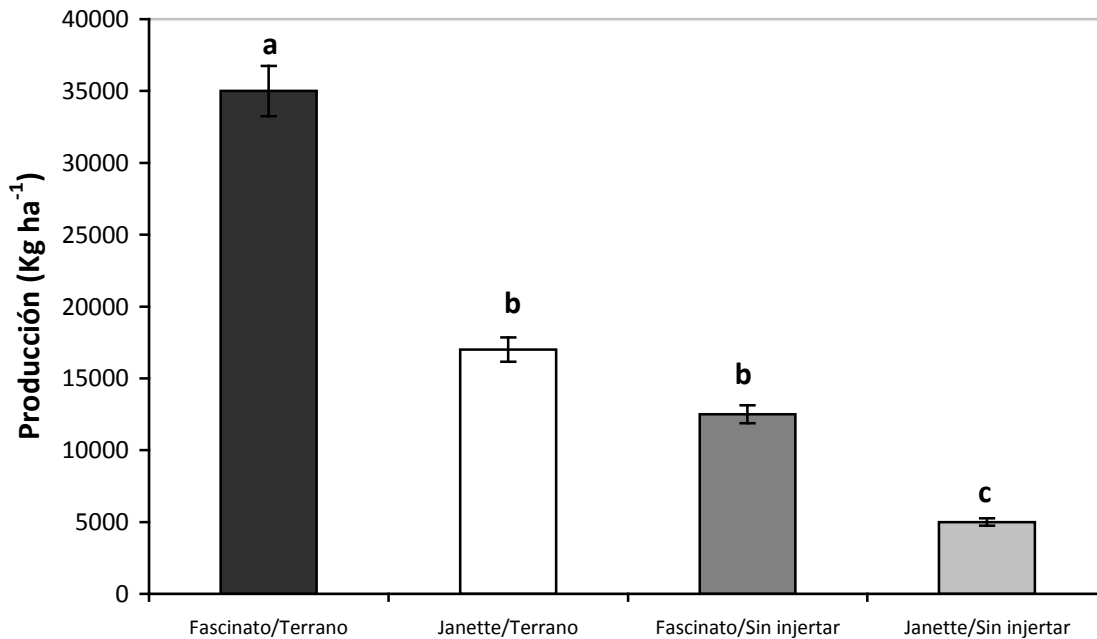


Figura 2. Efecto de la combinación variedad/portainjerto sobre la producción total en pimiento morrón. Las líneas verticales en cada barra corresponden a la desviación estándar. Promedios con letras iguales en cada barra no son estadísticamente diferentes (LSD, 0.05).

Calidad del fruto

La calidad del fruto es definida como una combinación de estímulos visuales, tamaño, forma y color, y propiedades sensoriales, dulzor, acidez y aroma (Bai y Lindhout, 2007). En el presente estudio, se observó un efecto del portainjerto sobre la calidad del fruto del pimiento morrón (Tabla 1). En el caso del diámetro ecuatorial del fruto, los datos muestran diferencias significativas solamente para Janette/Terrano comparado con Janette sin injertar (Tabla 1), ya que fue mayor el diámetro en Janette/Terrano. Con respecto a la longitud del fruto, se observaron diferencias significativas en los conjuntos Fascinato/Terrano y Janette/Terrano en relación a las mismas variedades sin injertar que presentaron los promedios más bajos en longitud (Tabla 1). En peso del fruto, Fascinato y Janette injertados sobre Terrano presentaron un comportamiento similar que el diámetro y longitud del fruto, mostró los valores más altos las variedades Fascinato

y Janette injertados sobre Terrano en comparación a las mismas variedades sin injertar (Tabla 1), lo que indicó que el uso del portainjerto tuvo un efecto positivo sobre el tamaño del fruto. Estos resultados encontrados son similares a los reportados por Doñas-Uclés *et al.* (2014) quienes mencionan que el uso de portainjertos en pimiento dulce italiano (Palermo/Tresor) mejoró el tamaño del fruto durante dos años de evaluación.

Tabla 1. Efecto de la combinación variedad/portainjerto sobre los parámetros físicos de calidad del fruto en pimiento morrón.

Tratamiento	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Peso (g)
Fascinato/Terrano	88.95 a ^z	85.6 b	194.40 a
Fascinato/sin injertar	87.90 a	82.8 b	181.60 b
Janette/Terrano	85.90 a	98.0 a	211.60 a
Janette/sin injertar	80.60 b	92.1 a	172.41 c
Significancia	*	*	**

***Significativo, altamente significativo a $P \leq 0.001$. ^zPromedios con la misma literal en las columnas son estadísticamente iguales, según prueba de medias LSD (95 %).

Con respecto a la firmeza de la pulpa del pimiento morrón, se observan diferencias significativas en las variedades evaluadas por efecto del portainjerto (Tabla 2), mostró los promedios más altos en las variedades sin injertar que son las que presentaron los promedios más bajos de tamaño del fruto.

Otro parámetro importante fueron los sólidos solubles totales, en la Tabla 2 se muestran los promedios de sólidos solubles, siendo mayores estos en las variedades sin injertar, que además presentaron el menor tamaño de fruto.

En cuanto al color del fruto no se observaron diferencias significativas por efecto del portainjerto dentro de la misma variedad (Tabla 2) debido probablemente a que durante la cosecha se utilizó el siguiente criterio de selección del fruto: cuando al menos 50 % de su epidermis había cambiado de color. La cosecha de los frutos y los parámetros de clasificación de la calidad comercial, fueron definidos de acuerdo con la Norma de Calidad Suprema de México (SAGARPA, 2012). No obstante, existieron diferencias significativas entre las dos variedades estudiadas: Fascinato (fruto color rojo) y Janette (fruto color amarillo), debido a la naturaleza del color de fruto de cada variedad (Tabla 2).

En relación a la acidez titulable en frutos de pimiento morrón, no se observaron diferencias significativas (Tabla 2), sin embargo, las variedades Fascinato y Janette sin injertar presentaron los promedios más altos en comparación a las mismas variedades injertadas sobre el portainjerto Terrano (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto de la combinación variedad/portainjerto sobre los índices de madurez del fruto en pimiento morrón.

Tratamiento	Firmeza (N)	Sólidos so- lubles (°Brix)	Color cáscara			Acidez titu- lable (% ácido málico)
			L	C	h°	
Fascinato/Terrano	82.6 a ^z	6.5 a	40.4b	17.8b	35.9b	0.25 a
Fascinato/sin injertar	85.0 a	6.8 a	42.4b	19.6b	35.9b	0.29 a
Janette/Terrano	74.2 b	6.3 a	56.6a	35.2a	96.2a	0.22 a
Janette/sin injertar	74.0 b	6.9 a	55.7a	33.2a	92.6a	0.23 a
Significancia	*	NS	*	*	*	NS

* NS, Significativo, no significativo a $P \geq 0.05$. ^zPromedios con la misma literal en las columnas son estadísticamente iguales, según prueba de medias LSD (95 %).

Los procesos agronómicos y fisiológicos que afectan la calidad del fruto de plantas injertadas han recibido mucha atención en investigación, especialmente en sandía, melón, pepino y tomate, y en menor grado en berenjena y pimiento, sin embargo, los procesos bioquímicos y moleculares involucrados permanecen relativamente desconocidos. De esta manera, la identificación de portainjertos y las combinación variedad/portainjerto tienen un efecto positivo sobre la calidad del fruto, especialmente sobre los compuestos que promueven la salud, justifican la continua utilización del injerto (Rouphael *et al.*, 2010). Flores *et al.* (2010) y Fernández-García *et al.* (2004) estudiaron la efectividad del portainjerto para promover la calidad del fruto de tomate bajo condiciones de salinidad, encontraron que los sólidos solubles y la acidez titulable fueron los más importantes parámetros químicos de calidad en tomate y estos fueron solamente afectados por la salinidad y no por el injerto. Esto pudiera ser debido al hecho de que el control de la calidad del fruto reside principalmente en los brotes (parte aérea) y no en la raíz o que el efecto del portainjerto sobre la calidad del fruto depende del genotipo usado como variedad (Martínez-Rodríguez *et al.*, 2008). Estos resultados coinciden con los encontrados en el presente estudio, ya

que se observaron diferencias significativas en las variedades Fascinato y Janette, en comparación al efecto del portainjerto. Por su parte, Colla *et al.* (2010) estudiaron la influencia del portainjerto sobre el rendimiento y calidad del fruto en pimiento morrón cultivado bajo condiciones de invernadero y encontraron que la calidad nutricional de los pimientos injertados (contenido de sólidos solubles totales y acidez titulable) fueron similares en comparación a las plantas no injertadas.

Diversos cambios en los parámetros nutricionales como resultado de la utilización del injerto/portainjerto han sido descritos en otras especies. Por ejemplo, en sandía, modificaciones positivas (contenido alto en vitamina C) y negativas (bajo contenido de sólidos solubles) fueron descritos por Proietti *et al.* (2008) y López-Galarza *et al.* (2004), respectivamente. Gisbert *et al.* (2010) mencionan que los portainjertos Foc y Charlot no modificaron el contenido de vitamina C, un importante compuesto nutricional en pimiento morrón. Sin embargo, la ausencia de modificaciones negativas para los parámetros de calidad (contenido de vitamina C y minerales), indican que estos híbridos pudieran ser muy apropiados como portainjertos de pimiento morrón. Jang *et al.* (2013) estudiaron el efecto de diferentes portainjertos sobre la calidad de fruto de pimiento morrón injertado, destacando que las propiedades de calidad y textural de frutos de pimiento fueron influenciados no solamente por el portainjerto, sino también por el periodo y tiempo de cosecha. Consecuentemente, la combinación portainjerto/variedad, la variedad y el periodo de cosecha pudieran ser cuidadosamente seleccionada para obtener la óptima calidad de fruto deseada.

Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que los conjuntos Fascinato/Terrano y Janette/Terrano produjeron los más altos rendimientos en fruto, con incrementos del 53.47 % y 49.40 % respectivamente en relación a las mismas variedades sin injertar. Así mismo, Fascinato/Terrano presentó la menor mortandad de plantas provocada por *Phytophthora capsici* (32 %), seguida por Janette/Terrano (36 %); mientras que las variedades Fascinato y Janette sin injertar presentaron la mayor cantidad de plantas muertas (57 % y 53 %, respectivamente), lo que indica que el portainjerto Terrano le confirió resistencia a la enfermedad marchitez del chile producida por *P. capsici*. El uso del portainjerto Terrano permitió aumentar la producción y calidad del fruto del

pimiento morrón de las variedades Fascinato y Janette, por tanto se asume que el uso de portainjertos podría ser una técnica viable en la horticultura sustentable del futuro.

Agradecimientos

Al Programa de Estímulos a la Innovación del Conacyt por el financiamiento de este proyecto. Así mismo, a las Empresas Agrícolas “Los Álamos” e Insumos y Servicios Agrícolas Delicias S.A. de C.V.

Referencias

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1980. Official Methods of Analysis. Horwitz, W. (ed). 13th Ed. Benjamin Franklin Station, Washington DC. USA. 1018 p.
- Bai Y, Lindhout P. (2007). Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future? *Annals of Botany* 100: 1085-1094.
- Bartram RB, Bramlage W, Kupferman EM, Olsen KL, Patterson ME, Thompson J. (1993). Apple maturity program handbook. U.S.D.A.-ARS Tree Fruit Research Station, Wenatchee, Wa. 57
- Castro-Rocha A, Fernández-Pavia SP, Osuna-Ávila P. (2012). Mecanismos de defensa del chile en el patosistema *Capsicum annum-Phytophthora capsici*. *Revista Mexicana de Fitopatología* 30 (1): 49-65.
- Colla G, Roupheal Y, Cardarelli M, Temperini O, Rea E, Salerno A, Pierandrei F. (2008). Influence of grafting on yield and fruit quality of pepper (*Capsicum annum* L.) grown under greenhouse conditions. *Acta Horticulturae* 782: 359-363.
- Colla G, Roupheal Y, Leonardi C, Bie Z. (2010). Role of grafting in vegetable crops grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae* 127: 147-155.
- Del Amor FM, López-Marín J, González A. (2008). Effect of photoselective sheet and grafting technique on growth, yield, and mineral composition of sweet pepper plants. *Journal of Plant Nutrition* 31: 1108-1120.
- Doñas-Uclés F, Jiménez-Luna MM, Góngora-Corral JA, Pérez-Madrid D, Verde-Fernández D, Camacho-Ferre F. (2014). Influence of three rootstocks on yield and commercial quality of “Italian sweet” pepper. *Ciencia Agrotecnología* 38(6): 538-545.
- Fernández-García N, Martínez V, Carvajal M. (2004). Fruit quality of grafted tomato plants grown under saline conditions. *Journal of Horticultural Science Biotechnology* 79: 995-1001.
- Flores FB, Sánchez-Bel P, Estañ MT, Martínez-Rodríguez MM, Moyano E, Morales B, Campos JF, García-Abellan JO, Egea MI, Fernández-García N, Romojaro F, Bolarin MC. (2010). The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Scientia Horticulturae* 125: 211-217.
- García-Rodríguez MR, Chiquito-Almanza E, Loera-Lara PD, Godoy-Hernández H, Villordo-Pineda E, Pons-Hernández JL, González-Chavira MM, Anaya-López JL. (2010). Producción

- de chile ancho injertado sobre criollo de morelos 334 para el control de *Phytophthora capsici*. *Agrociencia* 44: 701-709.
- Gisbert C, Sánchez-Torres P, Raigón MD, Nueza F. (2010). *Phytophthora capsici* resistance evaluation in pepper hybrids: agronomic performance and fruit quality of pepper grafted plants. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 8(1): 116-121.
- Ho LC. (1996). The mechanism of assimilate partitioning and carbohydrate compartmentation in fruit in relation to the quality and yield of tomato. *Journal of Experimental Botany* 47: 1239-1244.
- Jang Y, Yang E, Cho M, Um Y, Ko K, Chun C. (2012). Effect of grafting on growth and incidence of *Phytophthora* blight and bacterial wilt of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Horticulture, Environment and Biotechnology* 53(1): 9-19.
- Jang Y, Moon JH, Lee JW, Lee SG, Kim SY, Chum C. (2013). Effects of different rootstocks on fruit quality of grafted pepper (*Capsicum annuum* L.). *Korean Journal of Horticultural Science Technology* 31(6): 687-699.
- Jovicich E, Cantliffe DJ, Stoffella PJ. (2004). Fruit yield and quality of greenhouse-grown bell pepper as influenced by density, container and trellis system. *HorTechnology* 14: 507-513.
- King SR, Davis AR, Liu W, Levi A. (2008). Grafting for disease resistance. *HortScience* 43(6):1673-1676.
- Lee JM, Kubota C, Tsa SJ, Bie Z, Hoyos-Echevarria P, Morra L, Oda M. (2010). Current status of vegetable grafting: diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae* 127: 93-105.
- Lee JM, Oda M. (2003). Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops: *Horticulturae Review* 28: 61-124.
- López-Galarza S, San Bautista A, Pérez DM, Miguel A, Baixauli C, Pascual B, Maroto JV, Guardiola JL. (2004). Effects of grafting and cytokinin-induced fruit setting on color and sugar-content traits in glasshouse-grown triploid watermelon. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 79: 971-976.
- López-Marín J, González A, Pérez-Alfocea F, Egea-Gilabert C, Fernández JA. (2013). Grafting is an efficient alternative to shading screens to alleviate thermal stress in greenhouse-grown sweet pepper. *Scientia Horticulturae* 127: 127-146.
- Martínez-Rodríguez MM, Estañ MT, Moyano E, García-Abellan JO, Flores FB, Campos JF, Al-Azzawi MJ, Flowers TJ, Bolarín MC. (2008). The effectiveness of grafting to improve salt tolerance in tomato when an “excluder” genotype is used as scion. *Environmental and Experimental Botany* 63: 392-401.
- Osuna-ÁVILA p, Aguilar-Solis J, Fernández-Pavía S, Godoy-Hernández H, Corral-Díaz B, Flores-Margez JP, Borrego-Ponce A, Olivas E. 2012. Injertos en chiles tipo Cayene, Jalapeño y chilaca en el Noroeste de Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3(4): 739-750.
- Palloix A, Daubéze AM, Pochard E. (1988). Time sequences of root infection and resistance expression in an artificial inoculation method of pepper with *Phytophthora capsici*. *Journal of Phytopathology* 123: 12-24.

- Proietti S, Roupael Y, Colla G, Cardrelli M, de Agazio M, Zacchini M, Rea E, Moscatello S, Battistelli A. (2008). Fruit quality of mini-watermelon as affected by grafting and irrigation regimes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88: 1107-1114.
- Rivero RM, Ruiz JM, Romero L. (2003). Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 1(1): 70-74.
- Ruiz JM, Belakbir A, López-Cantarero I, Romero L. (1997). Leaf macronutrient content and yield in grafted melon plants. A model to evaluate the influence of rootstock genotype. *Scientia Horticulturae* 71: 227-234.
- Roupael Y, Schwarz D, Krumbein A, Colla G. (2010). Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. *Scientia Horticulturae* 127: 172-179.
- Sanogo S, Ji P. (2012). Integrated management of *Phytophthora capsici* on solanaceous and cucurbitaceous crops: current status, gaps in knowledge and research needs. *Canadian Journal of Plant Pathology* 34(4): 479-492.
- Saadoun M, Allagui B. (2013). Management of chili pepper root rot and wilt (caused by *Phytophthora nicotianae*) by grafting onto resistant rootstock. *Phytopathologia Mediterranea* 52(1): 141-147.
- SAGARPA. (2012). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca, y Alimentación. Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial, México calidad suprema en pimiento morrón.
http://www.normich.com.mx/archivos/OC/mes/PLIEGOS%20DE%20CONDICIONES%202/PC_022_2005_Pimiento.pdf (Consulta Abril 7, 2015).
- Sarath BB, Pandravada SR, Prasada Rao RDVJ, Anitha K, Chakrabarty SK and Varaprasad KS. (2011). Global sources of pepper genetic resources against arthropods, nematodes and pathogens. *Crop Protection* 30:389-400.
- SAS Institute. (1987). SAS/STAT User's guide. Version 6; SAS Institute. Cary, NC, USA: 1028-1056.
- Schwarz D, Roupael Y, Colla C, Venema JH. (2010). Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: thermal stress, water stress and organic pollutants. *Scientia Horticulturae* 127: 162-171.
- SIAP-SAGARPA. (2015). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> (consulta Abril 7, 2015).
- Thabuis A, Palloix A, Pflieger S, Daubéze AM, Caranta C, Lefebvre V. (2003). Comparative mapping of *Phytophthora* resistance loci in pepper germplams: Evidence for conserve resistance loci across Solanaceae and for a large genetic diversity. *Theoretical and Applied Genetics* 106: 1473-1485.