

Revista Electrónica Nova Scientia

Influencia de la variedad, portainjerto y época de cosecha en la calidad e índices de madurez en pimiento morrón

Influence of the variety, rootstock and harvest time on the quality and maturity indices in Bell pepper

Alejandro Palacio Márquez¹ y Esteban Sánchez Chávez²

¹Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua.

²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Unidad Delicias.

México

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

© Universidad De La Salle Bajío (México)

Resumen

Introducción: El uso de portainjertos para la producción de hortalizas es una técnica que ha ido en aumento en los últimos años, generando resistencia a patógenos y aumentando la producción en los cultivos. Sin embargo, hoy en día la producción no lo es todo en el rubro comercial; no basta solo con producir en grandes cantidades y en espacios más pequeños; el mercado actual está pidiendo productos de calidad. Por lo que el objetivo del presente trabajo de investigación fue estudiar el efecto de la variedad, el portainjerto y la época de cosecha en la calidad e índices de madurez en pimiento morrón.

Método: El presente estudio se llevó a cabo en el ciclo de producción 2012, desarrollado bajo un sistema de malla sombra, ubicada en Delicias, Chihuahua, México. El diseño experimental usado fue en bloques completos al azar con tres factores estudiados: variedades (Fascinato de frutos rojos y Janette de frutos amarillos), portainjerto (con portainjerto Terrano y sin portainjerto) y tiempo de cosecha (11 de julio, 8 de agosto, 20 de agosto y 4 de septiembre). Las variables evaluadas fueron: índices de madurez y parámetros de calidad en pimiento morrón.

Resultados: Se encontraron diferencias significativas en los parámetros de calidad e índices de madurez entre las variedades evaluadas, así mismo, el efecto del portainjerto Terrano en la calidad del fruto de las variedades Fascinato y Janette incrementó el tamaño de fruto (diámetro, longitud y peso); mientras que, en variables como firmeza, sólidos solubles totales, color (L, C, °h) y acidez titulable (% de ácido málico) el portainjerto causó un decremento. Por otra parte, la época de cosecha para las variedades estudiadas fue estrechamente relacionada con el grado de madurez del fruto.

Conclusión: El factor variedad influyó en los parámetros: diámetro, longitud, peso del fruto, firmeza, sólidos solubles totales, color y acidez; mientras que el factor portainjerto sólo afectó la firmeza del fruto. Por otra parte, el factor época de cosecha tuvo influencia en la longitud y peso del fruto, firmeza, sólidos solubles totales, color y acidez titulable. Finalmente, la interacción de los tres factores estudiados solamente fue significativa en el color del fruto.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L.; parámetros físicos; calidad del fruto; tecnología del injerto

Recepción: 09-01-2017

Aceptación: 26-06-2017

Abstract

Introduction: The use of rootstocks for the production of vegetables is a technique that has been increasing in recent years, generating resistance to pathogens and increasing production in crops. However, today production is not everything in the commercial field, it is not enough to only produce in large quantities and in smaller spaces. The current market is asking for quality products. Therefore, the objective of this research was to study the effect of variety, rootstock and harvest time on the quality and maturity indexes of red pepper.

Method: The present study was carried out in the 2012 production cycle, developed under a shade mesh system, located in Delicias, Chihuahua, Mexico. The experimental design used was in randomized complete blocks with three factors studied: varieties (Fascinate of red fruits and Janette of yellow fruits), rootstock (with rootstock Terrano and without rootstock) and time of harvest (11 of July, 8 of August, 20 August and 4 September). The evaluated variables were: maturity indices and quality parameters in red pepper.

Results: There were significant differences in the quality parameters and maturity index among the evaluated varieties, and the effect of the Terrano rootstock on fruit quality of the Fascinate and Janette varieties increased fruit size (diameter, length and weight); While in variables such as firmness, total soluble solids, color (L, C, ° h) and titratable acidity (% of malic acid) the rootstock caused a decrease. On the other hand, the harvest time for the varieties studied was closely related to the degree of maturity of the fruit.

Conclusion: The variety factor influenced the parameters: diameter, length, fruit weight, firmness, total soluble solids, color and acidity; while the rootstock factor only affected the firmness of the fruit. On the other hand, the factor of harvest time had influence in the length and weight of the fruit, firmness, total soluble solids, color and titratable acidity. Finally, the interaction of the three factors studied was only significant in the color of the fruit.

Key words: *Capsicum annuum* L., physical parameters, fruit quality, grafting technology.

Introducción

El chile (*Capsicum annuum L.*) tiene su origen en las regiones tropicales y subtropicales de América (Calvo-López, 2013). En el mundo se cosechan, según FAO (2016), más de 31 millones de toneladas de chile en sus distintas variedades. Por su parte, en nuestro país el chile es uno de los cultivos de mayor relevancia socioeconómica, ocupando el octavo puesto en la agricultura nacional con un valor generado anual de 13 mil millones de pesos, con una producción promedio de 2.2 millones de toneladas, de las cuales cerca de 900 mil son exportadas en sus diferentes presentaciones (FND-SHCP, 2014). En cuanto al pimiento morrón, la producción anual ronda las 375,590 toneladas (entre campo, invernadero y malla sombra) con un valor aproximado de 3,230 millones de pesos (SIAP-SAGARPA, 2016).

Las estadísticas previas hacen del pimiento morrón un cultivo muy rentable, donde uno de sus principales problemas radica en la susceptibilidad de la planta al oomiceto *Phytophthora capsici*. Dicho patógeno produce la marchitez del chile, y además deja los suelos infectados y por tanto no son aptos para el cultivo de esta hortaliza (Ezziyyani *et al.*, 2005). Como alternativa de producción, se ha optado por el uso del portainjerto, el cual consiste en utilizar como portainjerto plantas resistentes o tolerantes al patógeno sobre las cuales se injerta una variedad específica de pimiento morrón. En adición, el portainjerto reduce o evita pérdidas de producción causadas por suelos desfavorables, estrés hídrico u otras condiciones ambientales adversas (Schwarz *et al.*, 2010); siendo el portainjerto una alternativa para la obtención de alimentos más sanos al disminuirse la aplicación de productos químicos, además de reducirse la contaminación ambiental.

Si bien el efecto del portainjerto para el control de enfermedades aun no es bien entendido, estudios anteriores han demostrado que la producción de un cultivo injertado se eleva significativamente en relación a uno sin injertar, teniendo cifras hasta del 50% de incremento en la producción (Sánchez-Chávez *et al.*, 2015). Sin embargo, hoy en día no basta solo con producir grandes cantidades y en espacios más pequeños; el mercado actual está pidiendo productos de calidad. Dada esta situación, los estudios recientes se basan en la calidad de los productos que se introducen al mercado (Rouphael *et al.*, 2012). Como se mencionó anteriormente, los efectos del portainjerto en hortalizas están poco entendidos, aunque autores como Lacasa *et al.* (2006) y Jang *et al.* (2013) reportaron que los injertos no influyen en el nivel de producción y calidad comercial final, no habiendo diferencias entre plantas de pimiento injertadas y sin injertar en ninguna de las

categorías comerciales de calidad; en tanto que Rodríguez-Valencia (2015) encontró que los frutos de pimiento procedentes de las plantas injertadas no tuvieron buena calidad en comparación con los procedentes de plantas no injertadas, incluso con menor desarrollo en la planta. Por otro lado, Colla *et al.* (2006) reportaron que las plantas de pimiento injertadas incrementan la producción de frutos de calidad comercial entre 22 y 46% en comparación con las plantas no injertadas; así mismo, Chávez-Mendoza *et al.* (2013) obtuvieron un incremento en la calidad nutracéutica y en el contenido de antioxidantes en plantas injertadas, así como diferencias significativas en el contenido de compuestos bioactivos en variedades de pimiento morrón injertadas (Chávez-Mendoza *et al.*, 2015). Sin embargo, Gisbert *et al.* (2010) mencionan que los frutos de pimiento procedentes de las plantas injertadas tienen una mayor variabilidad en parámetros como peso, forma y tamaño. Rouphael *et al.* (2012) resaltan que las principales variaciones en la calidad del fruto vienen de factores externos al portainjerto (ambientales, condiciones de suelo, variedades y sistemas de producción).

En general, existe escasa literatura sobre este tema de investigación, por lo que el objetivo de este trabajo de investigación fue estudiar la influencia de la variedad, del portainjerto y de la época de cosecha en la calidad e índices de madurez en pimiento morrón.

Materiales y Métodos

Manejo del cultivo y diseño experimental

El presente estudio se llevó a cabo en el ciclo de producción agrícola 2012, bajo un sistema de casa sombra, proporcionado por una compañía comercial, ubicada en Ciudad Delicias, Chihuahua, México, geolocalizada a 28° 11' 36'' LN, 105° 28' 16'' y a 1171 m de altitud. 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 a *Phytophthora capsici*. Las semillas de las variedades y del portainjerto fueron sembradas en charolas de 200 cavidades en enero del 2012 en condiciones de invernadero. Treinta y un días después de la siembra, las plántulas fueron llevadas al área de injertación para realizar el injerto realizando un corte tipo aproximación (se realizó el corte de 45°, tanto al portainjerto como a la variedad, y posteriormente se unió con una pinza y luego se colocó un palillo de dientes para reforzar el injerto) de las variedades. Las plantas se trasplantaron en camas

de suelo de 30 cm de ancho y 90 cm entre camas, con una distancia entre plantas de 30 cm, dentro del sistema de malla sombra, cinco semanas después de haber sido injertadas. La clase textural del suelo empleado fue franco-arcilloso-arenosa, la concentración N inorgánico fue de 50.17 mg kg⁻¹, 64.14 mg kg⁻¹ de P, 32.5 cmol₍₊₎ kg⁻¹ de capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica de 0.84 dS m⁻¹, 1.68% de materia orgánica y un pH de 7.72.

El programa de fertilización para un ciclo de producción de 220 días consistió en la aplicación de los siguientes compuestos y dosis: NH₄NO₃ (50.4 g.m⁻²), UAN-32-00-00 (37.7 g.m⁻²), 5-30-00 (N-P-K) (56 g.m⁻²), KNO₃ (44.8 g.m⁻²), Ca(NO₃)₂ (162.3 g.m⁻²), K₂SO₄ (201.3 g.m⁻²) y MgSO₄ (107.5 g.m⁻²), empleando productos comerciales. La fertilización se fraccionó y aplicó cada dos días por medio de fertirriego con dos pulsos de aplicación de 1 h cada uno.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones en arreglo factorial: Factor A: variedades (Fascinato y Janette); Factor B: portainjerto (con portainjerto Terrano y sin portainjerto); Factor C: tiempo de cosecha (11 de julio a 191 días después de la siembra (dds), 8 de agosto a 219 dds, 20 de agosto a 231 dds y 4 de septiembre a 246 dds), para un total de 16 tratamientos. La unidad experimental consistió de dos surcos de 90 m de largo separados a 90 cm, dentro de cada bloque se muestrearon 10 frutos por tratamiento con cuatro repeticiones.

La época de cosecha fue definida de acuerdo con la Norma de Calidad Suprema de México (SAGARPA, 2012). 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.

Variables evaluadas

La evaluación de la presente investigación se realizó con base en los parámetros de calidad del fruto e índices de madurez.

Calidad e índices de madurez del fruto

De cada tratamiento evaluado se recolectaron 10 frutos con cuatro repeticiones con base en 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 del fruto por el método de Bartram *et al.* (1993) que a continuación se describe:

Diámetro ecuatorial del fruto. Se midió usando un calibrador de cinta Cranston (Maurer, USA) y se expresó en mm.

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

Peso del fruto. Se determinó con una balanza digital Ohaus (modelo ScoutPro, USA) y fue expresado en gramos.

Firmeza del pericarpio. Se utilizó un texturómetro universal modelo TA-XT2i (Texture Technologies Corp. Inglaterra). De cada fruto se cortaron 2 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 12 mm de diámetro, hasta una profundidad del 50% del grosor del pericarpio. El valor de la firmeza se expresó en Newtons (N).

Sólidos solubles totales. Mediante 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 a 3 gotas de jugo sobre la superficie de medición del prisma. Los resultados fueron expresados en °Brix.

Color del epicarpio. Se usó un colorímetro marca Minolta modelo CR-300 (Minolta Ltd. Japón). Se realizaron 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 luminosidad 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 el color rojo, 90 el amarillo, 180 el verde y 270 el azul, mientras que croma expresa la saturación del color.

Acidez titulable. Se determinó en los frutos de cada tratamiento. Mediante un extractor de jugos marca Turmix (TUO5, USA), se obtuvieron 10 mL de jugo, al cual se le añadieron 3 gotas del indicador fenolftaleína al 1%, y se registró la cantidad de NaOH 0.1 N gastado hasta obtener un viraje a color rojo durante la titulación química, según los procedimientos de la AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 1980). Los resultados se expresaron 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 con un intervalo de confianza de 95% (SAS Institute, 2012) versión 9.4. Los niveles de significancia están representados por * a $P \leq 0.05$, ** a $P \leq 0.01$, *** a $P \leq 0.001$ y NS, no significativo.

Resultados y discusión

Tamaño de fruto

Los resultados obtenidos en tres variables relacionadas con el tamaño de fruto y que son importantes en la calidad externa en pimiento morrón (diámetro, longitud y peso) se muestran en las Figuras 1, 2 y 3, respectivamente. En el presente estudio, se encontraron diferencias altamente significativas en el diámetro ($P \leq 0.001$), longitud ($P \leq 0.001$) y diferencias significativas en el peso del fruto ($P \leq 0.05$) por efecto de la variedad. Frutos de la variedad Janette superaron en longitud y peso en 10.9 mm y 10.2 g, respectivamente, a la variedad Fascinato. Por el contrario, frutos de la variedad Fascinato tuvieron un diámetro superior en 3.14 mm, a los de Fascinato.

La época de cosecha afectó significativamente la longitud y el peso del fruto ($P \leq 0.05$). Frutos recolectados en el primer muestreo (11 de julio) presentaron incrementos de 1.18% en diámetro, 1.70% en longitud y 5.51% en peso con respecto al promedio de los otros tres muestreos. Por lo que en este trabajo de investigación, esta fecha es considerada como la más adecuada para el corte de pimiento morrón si se busca tener los más altos calibres en cuanto a parámetros físicos.

El injerto no influyó significativamente en el tamaño del fruto (Cuadro 1). No obstante, los frutos provenientes de plantas injertadas exhibieron incrementos de 0.96% en diámetro y 5.07% en peso, así como una disminución de 1.12% en longitud, en comparación con frutos de plantas no injertadas.

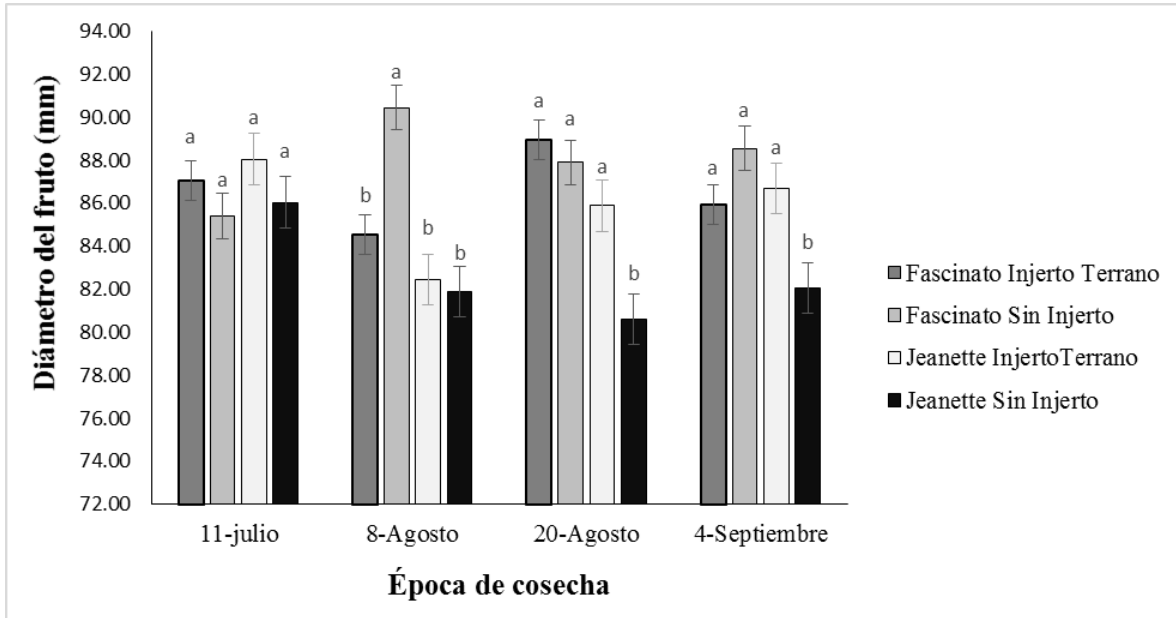


Figura 1. Diámetro de fruto en dos variedades de pimiento morrón injertadas y sin injertar.

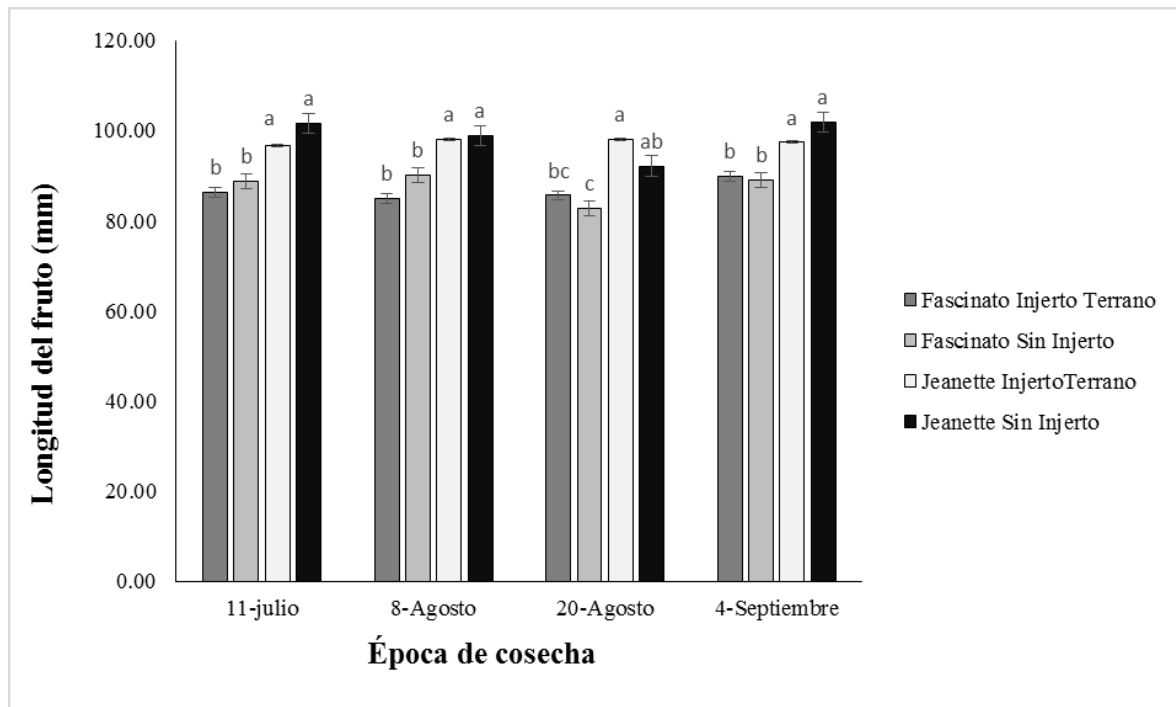


Figura 2. Longitud de fruto en dos variedades de pimiento morrón injertadas y sin injertar.

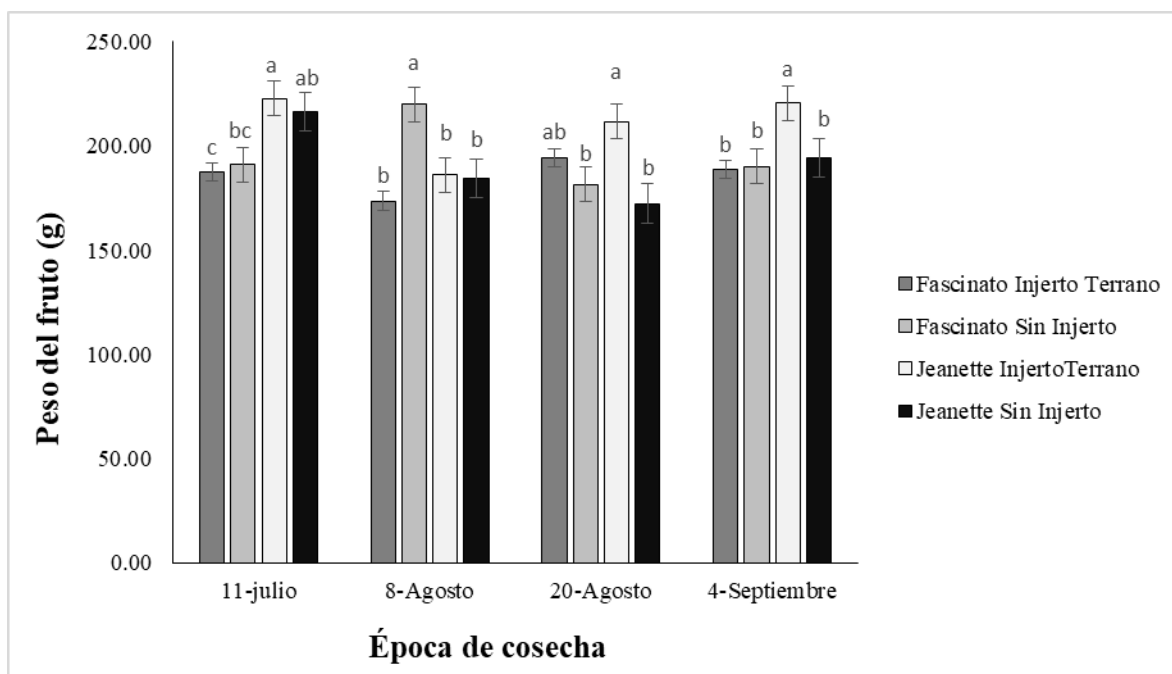


Figura 3. Peso de fruto en dos variedades de pimiento morrón injertadas y sin injertar.

Cuadro 1. Efectos principales e interacciones entre factores estudiados en las variables: diámetro, longitud y peso del fruto en pimiento morrón.

| Fuente | Diámetro | Longitud | Peso |
|---------------------------|----------|----------|------|
| Variedad | *** | *** | * |
| Injerto | NS | NS | NS |
| Grado de madurez | NS | * | * |
| Var-Inj | ** | NS | *** |
| Var-Cosecha | * | NS | ** |
| Inj-Cosecha | * | NS | *** |
| Var*Inj* Grado de madurez | NS | NS | NS |

Los niveles de significancia están representados por * a $P \leq 0.05$, ** a $P \leq 0.01$, *** a $P \leq 0.001$, NS, no significativo.

Por otra parte, la interacción de los tres factores estudiados (variedad*portainjerto*época de cosecha) no mostró diferencias significativas en el tamaño de frutos (Cuadro 1).

Los resultados obtenidos en los parámetros que definen el tamaño de fruto se encuentran dentro del rango previamente estimado por Penchaiya *et al.* (2009) para frutos de pimiento morrón en sus diferentes variedades, los cuales establecieron un rango de 38.29 mm a 89.99 mm para el diámetro y de 41.52 a 113.51 mm para la longitud. A su vez, Toledo-Martín (2014) indicó

la existencia de una amplia variabilidad para componentes de calidad físicos (peso, diámetro y longitud) en variedades de pimiento de diferentes tipologías. El rango de variación del diámetro estuvo entre 24.4 y 100 mm, mientras que en la longitud de los frutos osciló entre 60.5 y 237.9 mm. Por su parte, Doñas-Uclés *et al.* (2014) evaluaron la variedad de pimiento dulce italiano Palermo sobre tres diferentes portainjertos: Tesor, Oscos y AR40, obteniendo diferencias significativas en el tamaño del fruto (principalmente Palermo/Tesor) por dos años consecutivos con respecto a los frutos de Palermo sin injertar. Estos resultados apoyan a los publicados por Rouphael *et al.* (2010) donde mencionan incrementos de hasta un 90% en el tamaño del fruto en sandía, cuando se utilizó un portainjerto. Si bien los efectos del portainjerto en la calidad física del fruto de pimiento Morrón no han sido elucidados, estudios previos demuestran que el portainjerto puede ayudar a mejorar la calidad del fruto en diferentes hortalizas bajo condiciones de estrés o salinidad y dependiendo de las variedades seleccionadas (Flores *et al.*, 2010; Davis *et al.*, 2008; Martínez-Rodríguez *et al.*, 2008).

Firmeza

La firmeza es fundamental para la aceptabilidad de los frutos y para su posible almacenamiento, la cual depende del momento de recolección y de la temperatura de almacenamiento (Ruiz-Altisent y Valero-Ubierna, 2000). En el presente trabajo de investigación, la firmeza del fruto de pimiento Morrón se evaluó en dos variedades comerciales, con y sin portainjerto, y en cuatro épocas de cosecha (Figura 4), encontrándose diferencias altamente significativas en los factores de variedad ($P \leq 0.001$), portainjerto ($P \leq 0.01$) y época de cosecha ($P \leq 0.001$) (Cuadro 2). Frutos de la variedad Fascinato presentaron mayor firmeza, (6.39 N en promedio más que la variedad Janette); mientras que en los frutos provenientes de plantas no injertadas se logró un incremento en la firmeza de 6.30% respecto a aquellos de plantas injertadas. De igual manera, la mejor época de cosecha fue el 20 de agosto, con un incremento en la firmeza de 7.43% en relación con las demás fechas. Los frutos con mayor firmeza fueron de la variedad Fascinato sin injertar en la tercera época de muestreo con un valor de 85 N. Por otra parte, la interacción de los tres factores estudiados (variedad*portainjerto*época de cosecha) no presentó diferencias significativas en la firmeza del fruto (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efectos principales e interacciones entre factores estudiados en las variables: firmeza, sólidos solubles totales, color y acidez titulable en pimiento morrón.

| Fuente | Firmeza | SST | Luminosidad (L) | Croma (C) | Angulo hue (°h) | Acidez Titulable |
|---------------------------|---------|-----|-----------------|-----------|-----------------|------------------|
| Variedad | *** | ** | *** | *** | *** | *** |
| Injerto | ** | NS | NS | NS | NS | NS |
| Grado de madurez | *** | *** | *** | NS | *** | *** |
| Var-Inj | NS | *** | NS | NS | *** | * |
| Var-Cosecha | NS | * | *** | * | NS | NS |
| Inj-Cosecha | NS | NS | NS | NS | NS | *** |
| Var*Inj* Grado de madurez | NS | NS | ** | ** | NS | NS |

Los niveles de significancia están representados por * a $P \leq 0.05$, ** a $P \leq 0.01$, *** a $P \leq 0.001$, NS, no significativo.

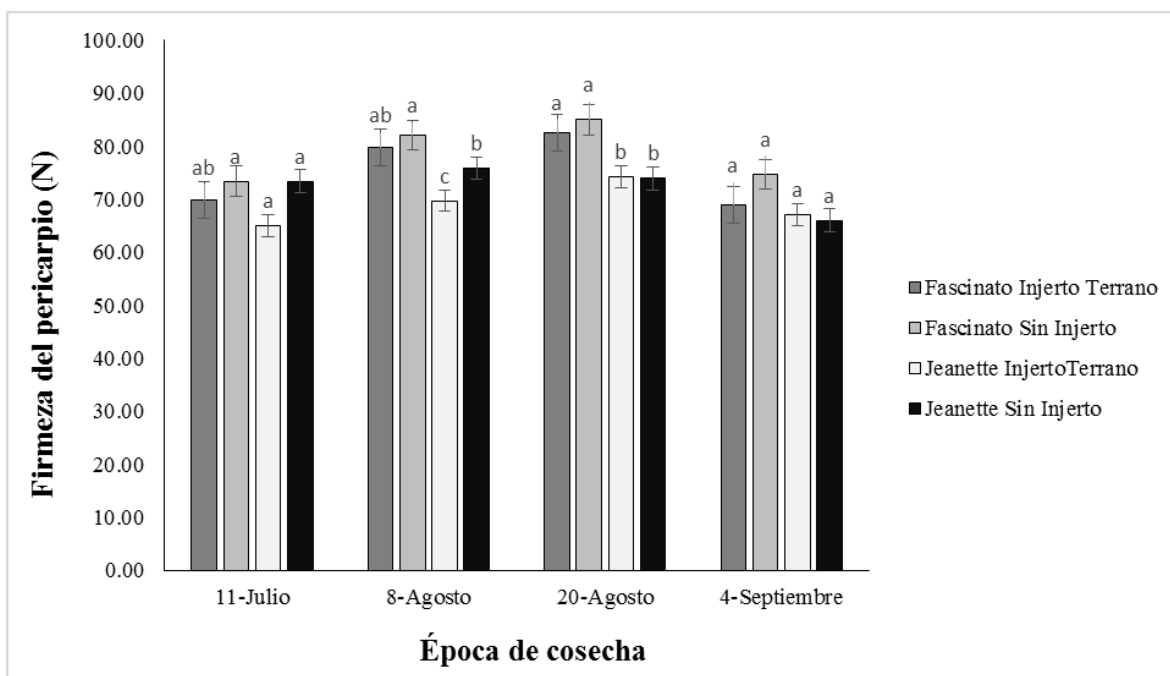


Figura 4. Firmeza del pericarpio del fruto en dos variedades de pimiento morrón injertadas y sin injertar.

La firmeza es la consistencia de los frutos, atributo textural importante en hortalizas, que se utiliza en relación al establecimiento del momento óptimo de la recolección, a la evaluación de la calidad durante el almacenamiento, a la comercialización en fresco o al procesado inicial

de los productos (Barreiro-Elorza y Ruiz-Altisent, 1996); es un parámetro muy importante en la calidad que se puede ver afectado por muchos factores (ambientales, variedades cultivadas, almacenamiento, etc.) (Muy-Rangel y Cantwell, 2005). En la presente investigación, se encontró que el efecto del portainjerto no mejoró la firmeza en los frutos, cuyos valores más bajos correspondieron a los frutos provenientes de plantas injertadas, estos resultados concuerdan con los reportados por Arvanitoyannis *et al.* (2005), quienes observaron que la firmeza de frutos provenientes de plantas de berenjena injertadas fue reducida. A su vez, Valentini *et al.* (2006) y Roberts *et al.* (2005) indican que el injerto afectó de forma diferencial la firmeza del fruto de durazno y sandía, teniendo como factor principal la interacción portainjerto-injerto y la fecha de maduración de cada variedad. Mientras que Gaytán-Mascorro *et al.* (2013) mencionan que el efecto del portainjerto en la firmeza es positivo ya que ésta aumentó hasta un 27% en frutos de tomate provenientes de plantas injertadas. Estos resultados previos no se ajustan a un patrón en cuanto al efecto del portainjerto en la firmeza de fruto, probablemente debido a que los estudios se realizaron en diferentes especies vegetales.

Sólidos solubles totales

Los resultados obtenidos en Sólidos solubles totales (SST) de frutos de pimiento Morrón se presentan en la Figura 5. Los SST en los factores de variedad y época de cosecha tuvieron un comportamiento similar a la firmeza, encontrándose diferencias significativas ($P \leq 0.01$ y $P \leq 0.001$, respectivamente), presentando la variedad Fascinato una mayor concentración de SST (0.31°Brix) con respecto a la variedad Janette y donde la época de muestreo, en especial la primera fecha (11 de julio) tuvo un incremento de 5.96%, siendo ésta la mejor fecha para la cosecha en cuanto a este parámetro se refiere. Por su parte, los frutos provenientes de plantas no injertadas tuvieron un incremento de 2.58% en relación con las plantas injertadas; sin embargo, no mostraron diferencias significativas. Por otra parte, la interacción de los tres factores estudiados (variedad*portainjerto*época de cosecha) no presentó diferencias significativas en la concentración de sólidos solubles totales (Cuadro 2).

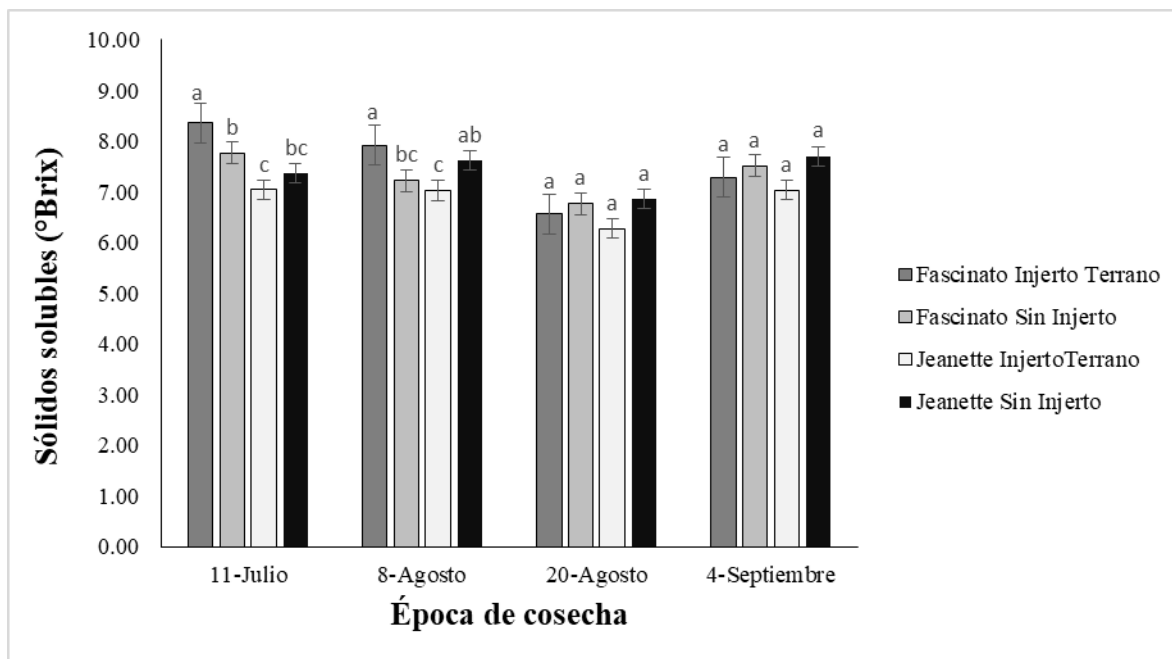


Figura 5. Sólidos solubles totales en frutos de dos variedades de pimiento morrón injertadas y sin injertar.

Los resultados obtenidos de SST para ambas variedades (6.3-8.3 °Brix) se encuentran dentro del rango de 3.6 y 8.9 °Brix propuesto por Penchaiya *et al.* (2009), para diferentes variedades de pimiento morrón. En cuanto al efecto del portainjerto, los resultados obtenidos se asemejan a los presentados por Sanjuán-Lara (2013), quien encontró que frutos de tomate provenientes de plantas injertadas presentaron menor concentración de SST. Mientras que Khah *et al.* (2006) mencionan que no existe diferencia significativa entre frutos de tomates de plantas injertadas y no injertadas. López-Marín *et al.* (2013) reportaron que el injerto mejoró la calidad de frutos de pimiento y un mayor número de frutos de calidad comercial. El aumento o disminución de la concentración de SST depende del tamaño de fruto debido a una mayor concentración de azúcares, así como del grado de madurez de los frutos (Sakamoto *et al.*, 1999).

Color

En este estudio, el color del epicarpio del fruto se evaluó mediante las coordenadas cromáticas de luminosidad (L) (Figura 6), croma (C) (Figura 7) y ángulo hue (°h) (Figura 8), en dos variedades comerciales, con y sin portainjerto y en cuatro épocas de cosecha. Para este estudio se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$) entre las dos variedades debido a la naturaleza del color del epicarpio del fruto de cada variedad: Fascinato (rojo) y Janette (amarillo).

En relación al efecto del portainjerto, los frutos de plantas no injertadas exhibieron un incremento de 49% en promedio para los tres parámetros evaluados respecto a los frutos de plantas injertadas, sin embargo, no presentaron diferencias significativas. Por otro lado, la época de cosecha no arrojó resultados claros, atribuido posiblemente a que los frutos muestreados fueron seleccionados cuando al menos el 50% de su epidermis había cambiado de color. La interacción de los tres factores estudiados (variedad*portainjerto*época de cosecha) presentó diferencias significativas en el color L ($P \leq 0.01$) y color C ($P \leq 0.01$); mientras que en el Color °h no se observaron diferencias significativas (Cuadro 2).

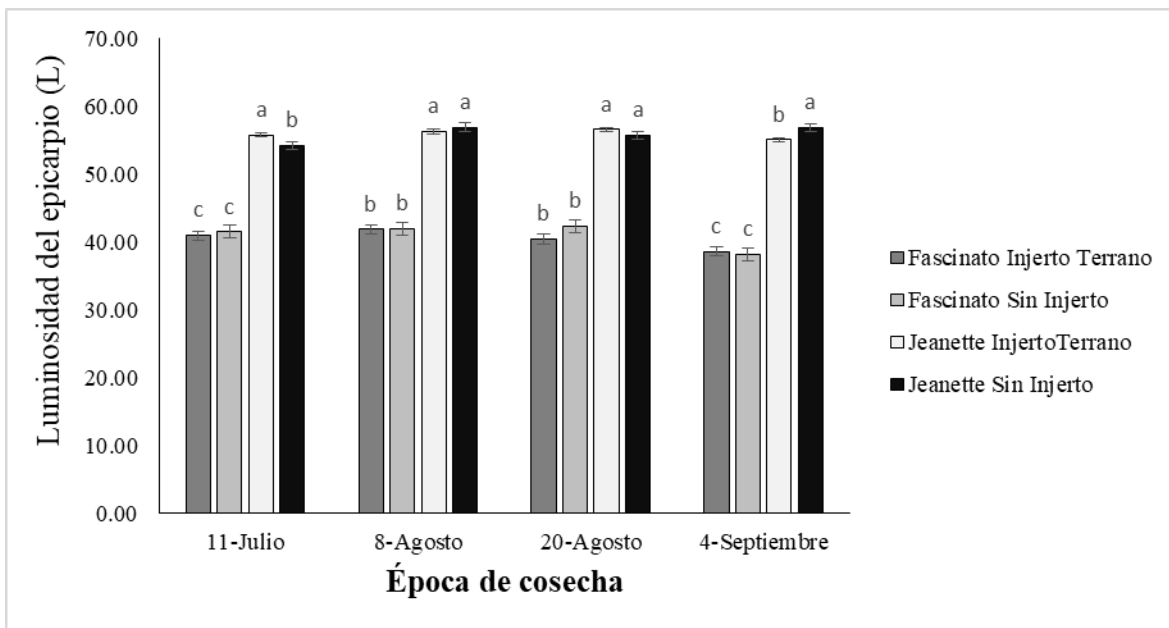


Figura 6. Luminosidad del epicarpio (L) en frutos de dos variedades de pimiento morrón injertadas y sin injertar.



Figura 7. Cromo del epicarpio (C) en frutos de dos variedades de pimiento morrón injertadas y sin injertar.

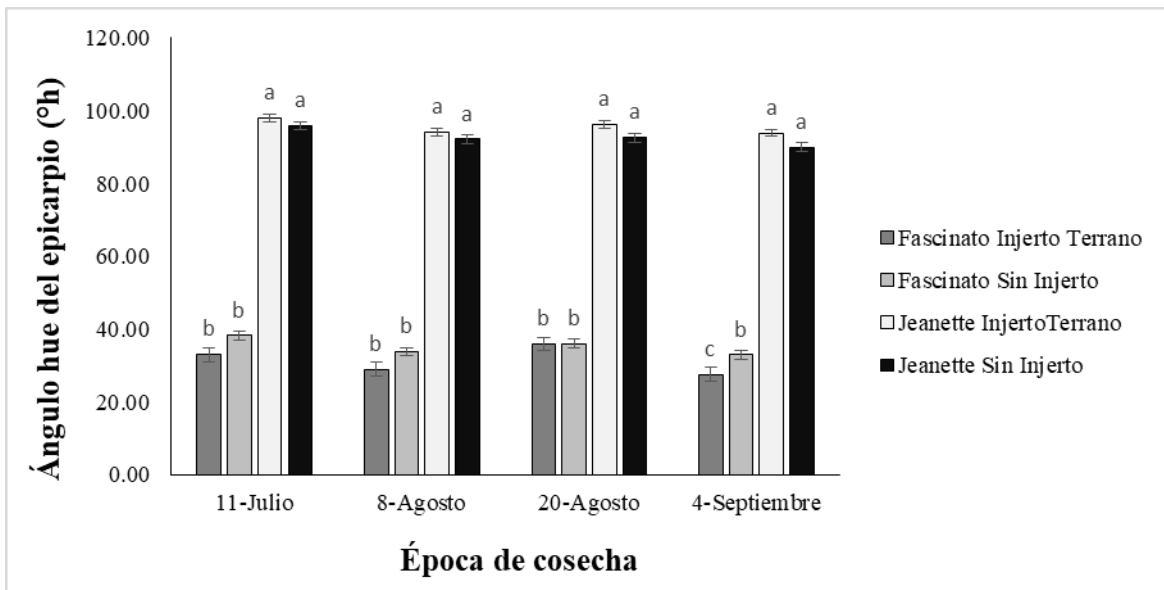


Figura 8. Ángulo hue del epicarpio (°h) en frutos de dos variedades de pimiento morrón injertadas y sin injertar.

El color del fruto quizá juega el papel más importante para los consumidores a la hora de hacer una compra (Schreiner *et al.*, 2002; Davis *et al.*, 2008). Gonçalves *et al.* (2006) mencionan que aunque existen diferencias significativas en frutos de cereza provenientes de plantas injertadas, no hay evidencias del efecto del portainjerto en este parámetro, sino que la interacción

de diferentes variedades de injerto-portainjerto es lo que genera la variabilidad en los resultados. Cantín *et al.* (2010) obtuvieron frutos con colores menos atractivos para el consumidor, lo que se traduce como un efecto negativo del portainjerto sobre la calidad del fruto.

Acidez titulable

La acidez es otro factor fundamental que afecta al sabor. La fruta contiene diferentes ácidos orgánicos libres o en forma de nutrientes, siendo el ácido málico el más abundante en pimiento morrón (Ruiz-Altisent y Valero-Ubierna, 2000). En este estudio, la acidez titulable (% de ácido málico) de frutos de pimiento morrón se evaluó (encontrándose diferencias altamente significativas entre variedades ($P \leq 0.001$) y entre épocas de cosecha ($P \leq 0.001$); mientras que el factor portainjerto no tuvo efecto significativo (Figura 9). En todas las muestras, la variedad Fascinato mostró un mayor porcentaje de ácido málico (0.047%) que la variedad Janette. El uso del portainjerto permitió una disminución de 4.16% en acidez titulable en frutos, comparado con aquellos de plantas no injertadas. En este parámetro, la mejor época de cosecha para estas variedades fue la del 20 de agosto, con un incremento de 8%, mostrando diferencias significativas respecto a las otras épocas evaluadas. Por otro lado, la interacción de los tres factores estudiados (variedad*portainjerto*época de cosecha) no presentó diferencias significativas en la acidez titulable (Cuadro 2).

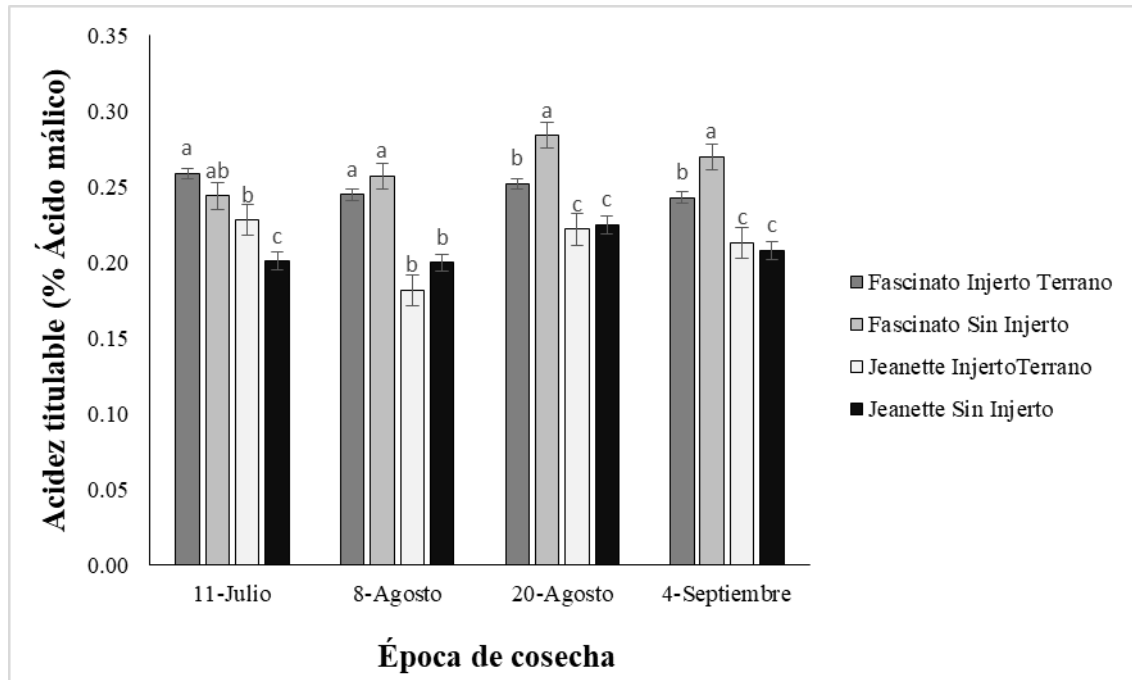


Figura 9. Acidez titulable (% de ácido málico) en frutos de dos variedades de pimiento morrón injertadas y sin injertar.

Los resultados aquí mostrados concuerdan con Toledo-Martín (2014), quien encontró que el porcentaje de ácido málico para pimientos varía entre 0.1 y 0.4%; dentro de este rango se ubicaron todas las muestras de este estudio. Estudios previos indican que los efectos del portainjerto en los frutos se ve reflejado en el rendimiento; sin embargo, sus efectos en la calidad no son significativos (Vinkovic-Vrcek *et al.*, 2011). Así mismo, Di Gioia *et al.* (2010) reportaron decrementos por dos años consecutivos en frutos de plantas de tomate injertadas, mientras que Flores *et al.* (2010) no encontraron diferencias entre plantas injertadas y no injertadas, al menos que estuvieran bajo estrés salino; lo anterior fortalece lo presentado por Martínez-Rodríguez *et al.* (2008) al mencionar que el efecto positivo del portainjerto sobre la calidad del fruto se hace presente bajo condiciones desfavorables para la planta.

Conclusiones

El factor variedad influyó en los parámetros: diámetro, longitud, peso del fruto, firmeza, sólidos solubles totales, color y acidez; mientras que el factor portainjerto sólo presentó diferencias significativas en la firmeza del fruto. Por otra parte, el factor época de cosecha influyó en la longitud y peso del fruto, firmeza, sólidos solubles totales, color y acidez titulable. Finalmente, la

interacción de los tres factores estudiados (variedad*portainjerto*época de cosecha) solamente influyó en el color del fruto. El portainjerto Terrano puede mejorar algunas características físicas del pimiento morrón bajo condiciones de estrés biótico.

Agradecimientos

Al programa de Estímulos a la Innovación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el financiamiento de este proyecto. De la misma manera, a las Empresas Agrícolas “Los Álamos” e Insumos y Servicios Agrícolas Delicias S.A. de C.V.

Referencias

- Arvanitoyannis, I.S., Khah, E.M., Christakou, E.C., Bletsos, F.A. (2005). Effect of grafting and modified atmosphere packaging on eggplant quality parameters during storage. *International Journal of Food Science and Technology* 40 (3): 311-322.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1980). *Official Methods of Analysis*. Horwitz, W. (ed). 13th Ed. Benjamin Franklin Station, Washington DC. USA. 1018 p.
- Barreiro-Elorza, P., Ruiz-Altisent, M. (1996). Propiedades mecánicas y calidad de frutos. Definiciones y medidas instrumentales. *Fruticultura Profesional* 77: 48-51.
- Bartram, R.B., Bramlage, W., Kupferman, E.M., Olsen, K.L., Patterson, M.E., Thompson, J. (1993). *Apple maturity program handbook*. U.S.D.A.-ARS Tree Fruit Research Station, Wenatchee, Wa. Vol. 57.
- Calvo-López, L. F. (2013). Producción de chile chilaca (*Capsicum annum* L.) bajo diferentes regímenes de riego. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.
- Cantín, C.M., Pinochet, J., Gogorcena, Y., Moreno, M.Á. (2010). Growth, yield and fruit quality of ‘Van’ and ‘Stark Hardy Giant’ sweet cherry cultivars as influenced by grafting on different rootstocks. *Scientia Horticulturae* 123 (3): 329-335.
- Chávez-Mendoza, C., Sánchez, E., Carvajal-Millán, E., Muñoz-Márquez, E., Guevara-Aguilar, A. (2013). Characterization of the nutraceutical quality and antioxidant activity in bell pepper in response to grafting. *Molecules* 18 (12): 15689-15703.
- Chávez-Mendoza, C., Sánchez, E., Muñoz-Marquez, E., Sida-Arreola, J. P., Flores-Córdova, M.A. (2015). Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Grafted Varieties of Bell Pepper. *Antioxidants* 4 (2): 427-446.

- Colla, G., Roupheal, Y., Cardarelli, M., Temperini, O., Rea, E., Salerno, A., Pierandrei, F. (2006). Influence of grafting on yield and fruit quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under greenhouse conditions. *In: IV International Symposium on Seed, Transplant and Stand Establishment of Horticultural Crops; Translating Seed and Seedling* 782: 359-364.
- Davis, A.R., Perkins-Veazie, P., Hassell, R., Levi, A., King, S. R., Zhang, X. (2008). Grafting effects on vegetable quality. *HortScience* 43 (6): 1670-1672.
- Di Gioia, F., Serio, F., Buttarò, D., Ayala, O., Santamaria, P. (2010). Influence of rootstock on vegetative growth, fruit yield and quality in 'Cuore di Bue', an heirloom tomato. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 85 (6): 477-482.
- Domínguez-Soto, J.M., Gutiérrez, R., Delia, A., Prieto-García, F., Acevedo-Sandoval, O. (2012). Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3 (1): 141-155.
- Doñas-Uclés, F., Jiménez-Luna, M.D.M., Góngora-Corral, J. A., Pérez-Madrid, D., Verde-Fernández, D., Camacho-Ferre, F. (2014). Influence of three rootstocks on yield and commercial quality of "Italian Sweet" pepper. *Ciência e Agrotecnologia* 38 (6): 538-545.
- Ezziyyani, M., Requena, M.E., Sánchez, C.P., Castillo, M.E.C. (2005). Efecto del sustrato y la temperatura en el control biológico de *Phytophthora capsici* en pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Anales de Biología* 27: 119-126.
- FAO. (2016). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>. (Fecha de consulta Febrero 11, 2016).
- Flores, F.B., Sanchez-Bel, P., Estañ, M.T., Martínez-Rodríguez, M.M., Moyano, E., Morales, B., Romojaro, F. (2010). The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Scientia Horticulturae* 125 (3): 211-217.
- FND-SHC. (2014). Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero. [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Chile%20\(abr%202014\).pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Chile%20(abr%202014).pdf). (Fecha de consulta Febrero 11, 2016).
- Gaytán-Mascorro, A., Chew-Madinaveitia, Y.I., Reta-Sánchez, D.G., Espinoza-Arellano, J.D.J., Juárez, I.R. (2013). Uso de injertos en hortalizas. Memoria de la XXV Semana Internacional de Agronomía. Facultad de Agronomía y Zootecnia – Universidad de Juárez del Estado de Durango: (37-52).

- Gisbert, C., Sánchez-Torres, P., Raigón, M.D., Nuez, 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.
- Gonçalves, B., Moutinho-Pereira, J., Santos, A., Silva, A.P., Bacelar, E., Correia, C., Rosa, E. (2006). Scion–rootstock interaction affects the physiology and fruit quality of sweet cherry. *Tree Physiology* 26 (1): 93-104.
- Jang, Y., Moon, J.H., Lee, J.W., Lee, S.G., Kim, S.Y., Chun, C. (2013). Effects of different rootstocks on fruit quality of grafted pepper (*Capsicum annuum* L.). *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 31 (6): 687-699.
- Khah, E.M., Kakava, E., Mavromatis, A., Chachalis, D., Goulas, C. (2006). Effect of grafting on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in greenhouse and open-field. *Journal of Applied Horticulture* 8 (1): 3-7.
- Lacasa, C.M., Guerrero, M.M., Martínez, M.A., Lacasa, A., Ros, C., Alfredo, M. (2006). Comportamiento de variedades de pimiento injertadas en cultivo ecológico de invernadero. *Actas del VII Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica*. Zaragoza 2006 63: 1-7.
- López-Marín, J., González, A., Pérez-Alfocea, F., Egea-Gilabert, C., Fernández, J. A. (2013). Grafting is an efficient alternative to shading screens to alleviate thermal stress in greenhouse-grown sweet pepper. *Scientia Horticulturae* 149:39-46.
- Martínez-Rodríguez, M.M., Estan, M.T., Moyano, E., Garcia-Abellan, J., Flores, F.B., Campos, J.F., Bolarin, M.C. (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.
- Muy-Rangel, M.D., Cantwell, M. (2005). Sun Exposures Impact the Postharvest Quality and Firmness of Harvested Bell Peppers. *HortScience* 40 (4): 1029-1029.
- Penchaiya, P., Bobelyn, E., Verlinden, B.E., Nicolai, B.M., Saeys, W. (2009). Non-destructive measurement of firmness and soluble solids content in bell pepper using NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering* 94: 267-273.
- Roberts, W., Bruton, B.D., Popham, T.W., Fish, W.W. (2005). Improving the quality of fresh-cut watermelon through grafting and rootstock selection. *HortScience* 40 (3): 871-871.

- Rodríguez-Valencia, D. (2015). Efecto de los cv Serrano de Morelos 2 y Jalapeño utilizados como portainjertos sobre la producción del pimiento “Tipo California” cv Bily bajo invernadero. Tesis de licenciatura, Universidad de Almería Escuela Politécnica Superior y Facultad de Ciencias Experimentales.
- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Bassal, A., Leonardi, C., Giuffrida, F., Colla, G. (2012). Vegetable quality as affected by genetic, agronomic and environmental factors. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 10 (3&4): 680-688.
- Rouphael, Y., Schwarz, D., Krumbein, A., Colla, G. (2010). Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. *Scientia Horticulturae*: 127 (2): 172-179.
- Ruiz-Altisent, M., Valero-Ubierna, C. (2000). La calidad de la fruta. *Vida Rural* 107 (8): 66-68.
- 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%2012/PC_022_2005_Pimiento.pdf. (Fecha de consulta Febrero 11, 2016).
- Sakamoto, Y., Watanabe, S., Nakashima, T., Okano, K. (1999). Effects of salinity at two ripening stages on the fruit quality of single-truss tomato grown in hydroponics. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 74 (6): 690-693.
- Sánchez-Chávez, E., González, A.T., Córdova, M.A.F., Rangel, P.P., Quiroz, C.M. (2015). Uso de portainjerto sobre el rendimiento, calidad del fruto y resistencia a *Phytophthora capsici* Leonian en pimiento morrón. *Nova Scientia* 7 (15): 227-244.
- Sanjuan-Lara, F. (2013). Portainjertos de jitomate nativos (*Solanum lycopersicum* L.) tolerantes a niveles altos de conductividad eléctrica en la solución nutritiva. Tesis de doctorado en Ciencias, Colegio de Posgraduados México.
- SAS Institute. (2012). SAS/STAT User's guide. Version 9.4; SAS Institute. Cary, NC, USA: 1028-1056.
- Schreiner, M., Huyskens-Keil, S., Peters, P., Schonhof, I., Krumbein, A., Widell, S. (2002). Seasonal climate effects on root colour and compounds of red radish. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82(11):1325-1333.

- Schwarz, D., Rouphael, Y., Colla, G., Venema, J.H. (2010). Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: Thermal stress, water stress and organic pollutants. *Scientia Horticulturae* 127 (2): 162-171.
- SIAP-SAGARPA. (2016) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>. (Fecha de consulta Febrero 11, 2016).
- Valentini, G.H., Murray, R.E., Arroyo, L.E. (2006). Evaluación de los efectos de distintos portainjertos sobre la calidad de los frutos de dos variedades de duraznero cultivadas en el nordeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 35 (2): 71-89.
- Vinkovic-Vrcek, I., Samobor, V., Bojic, M., Medic-Saric, M., Vukobratovic, M., Erhatic, R., Matotan Z. (2011). The effect of grafting on the antioxidant properties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Spanish Journal of Agricultural Research* 9 (3): 844-851.