

Comportamiento de variedades de naranja injertadas en diferentes portainjertos en Xalostoc, Morelos

Álvaro González Hernández¹
Dagoberto Guillén Sánchez^{2§}
Iran Alia Tejacal¹
Víctor López Martínez¹
Porfirio Juárez López¹
Daniel Bárcenas Santana²

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias-Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad Núm. 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. CP. 62209. (jetlis19@hotmail.com; iran.alia@uaem.mx; victor.lopez@uaem.mx; porfiriojlopez@yahoo.com). ²Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc (EESuX)-Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Nicolás Bravo s/n, Parque Industrial Cuautla, Xalostoc, Ayala, Morelos. CP. 62717. (daniel.barcenas@colpos.mx).

§Autor para correspondencia: dagoguillensanchez@outlook.es.

Resumen

Las plantaciones de cítricos en Morelos son recientes y están en expansión; sin embargo, las tecnologías presentes son escasas. Existen problemas por ataques de patógenos y por ende insuficiente productividad por lo que se necesita mejorar la producción y rentabilidad del cultivo empleando variedades con mejor comportamiento, que tengan un óptimo desarrollo vegetativo, producción y calidad del fruto. La investigación se realizó durante el año 2016, con el objetivo de evaluar el comportamiento y desarrollo de cuatro variedades de naranja injertadas en diferentes patrones, bajo las condiciones edafoclimáticas del oriente de Morelos. Se compararon 16 combinaciones de portainjerto-variedad, plantadas a una distancia de siembra de 7 x 4 m. Se evaluaron las variables agronómicas: diámetro de tallo y altura de las plantas, floración y fructificación, contenido relativo de clorofila, altura y diámetro de la copa. El portainjerto Volkameriano combinado con la variedad Mars alcanzó el mayor diámetro del tallo sin diferencias con las demás variedades. Cuando se emplearon las variedades Jaffa, Hamlin y Mars sobre este patrón se obtuvieron los árboles con mayor crecimiento al igual que la mayor altura y diámetro de la copa. La variedad Jaffa sobre Volkameriano tuvo el mayor número de flores y frutos, así como el mayor contenido de clorofila en hojas. Los árboles más pequeños, menos frondosos con troncos delgados y menor número de flores y frutos fueron los logrados sobre el patrón Naranjo Agrio.

Palabras claves: cítricos, patrón, variedad.

Recibido: marzo de 2020

Aceptado: julio de 2020

Introducción

La citricultura es una actividad económica importante en la fruticultura nacional. Los principales cítricos que se producen son: naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), limón mexicano (*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle), lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka) y mandarina (*Citrus reticulata* Blanco). En 2016, la superficie establecida con cítricos fue de 555 330.82 ha, que produjeron 4 586. 245 t de fruta de limón, naranja y pomelo SIAP (2018). México se ubica en el quinto lugar en la producción de cítricos a nivel mundial y en el caso de limas y limones, se mantiene como el segundo productor (FAOSTAT, 2016).

Los cítricos se desarrollan en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. En nuestro país la agroindustria cítrica representa una de las más importantes, generando una derrama económica superior a los 375 millones de dólares (SIAP, 2018). El mejoramiento genético de este cultivo constituye una actividad rutinaria que se lleva a cabo en varios países con el objetivo de mejorar la calidad de la fruta o conseguir tolerancia a estrés biótico y abiótico (Tozlu *et al.*, 1999; Mendoza *et al.*, 2001; Machado *et al.*, 2011; Omura y Shimada, 2016).

El estado de Morelos registró 620.8 ha de cítricos en 2016, de los cuales lima Persa y naranja Valencia ocuparon el 60 y 30% de la superficie total respectivamente, mientras que 10% restante estuvo ocupada por limón mexicano, mandarina, pomelo y lima. Las zonas productoras de naranja Valencia y lima Persa en el estado se localizan en los municipios de Coatlán del Río, Tlaquiltenango, Jojutla, Zacatepec, Jantetelco, Jonacatepec, Puente de Ixtla, Tepalcingo, Tlaltizapán y Ayala (SIAP, 2018).

En la citricultura, los portainjertos se emplean por su capacidad de modificar la calidad de fruta (Dubey y Sharma, 2016) porque pueden incrementar el rendimiento de la fruta (Georgiou y Gregoriou, 1999), la altura de copa (Mademba *et al.*, 2012) el contenido nutrimental en hojas (Ahmed y Al, 1984) y pueden proporcionar tolerancia a plagas y enfermedades (Castle *et al.*, 1993). La mayor parte de estos portainjertos son apomícticos, si se requiere mantener la homogeneidad genética puede resultar ventajosa esta condición como un proceso de multiplicación clonal.

De esta forma, se pueden producir plantas uniformes a partir de semillas a bajo costo (Khan y Kender, 2007). Hasta 2005, el principal portainjerto utilizado era el Naranjo Agrio, debido a que este es susceptible al virus tristeza de los cítricos, se promovió la utilización de portainjertos tolerantes a esta enfermedad. Los más comúnmente usados son Limón Volkameriano, Citrumelo Swingle y Citrange Carrizo, entre otros (Cruz, 2006).

El patrón de injerto puede conferir tolerancia o resistencia a los ataques de hongos u otros aspectos que pueden comprometer los cultivos de pie franco (Loussert, 1992). La elección correcta de un patrón es de suma importancia, ya que incide sobre el buen desarrollo del cultivo, teniendo además influencia directa sobre la adaptabilidad al suelo y al clima, vigor, calidad de fruta, producción y comportamiento a diferentes enfermedades (Gardiazabal y Rosenberg, 1991).

Además, el uso de portainjertos le concede a los cultivares características importantes como calidad interna y externa a los frutos y anticipación o retraso en la maduración, por lo que, en las diferentes regiones cítricas se requiere la constante búsqueda de portainjertos apropiados (Palacios, 2005).

Existen algunos reportes realizados por Garza *et al.* (2003), sobre la evaluación de cultivares de naranja sobre diferentes portainjertos en Colima, en Veracruz por Curtí *et al.* (1998) y en limón Persa por (Curtí *et al.*, 2000, 2012).

Al *et al.* (2005) señalaron que la calidad de fruta depende del portainjerto utilizado, obteniendo como resultado que los portainjertos Volkameriano y Naranja Agrio fueron los que registraron mayor peso de fruto de 149 a 185 g, diámetro de la fruta de 6.3 a 6.67 cm y grosor de cáscara de 4.28 a 4.93 mm. En estudios realizados por Arbeu *et al.* (2016) sobre la calidad de fruta de lima Persa en diferentes portainjertos en el estado de Veracruz, reportaron que la interacción portainjerto/variedad modificó las características físicas del fruto en las variables masa del fruto, diámetro de fruto, grosor de cáscara y firmeza de fruto, encontrando la menor solidez de los mismos cuando se utilizó el Naranja Agrio.

Además, informaron que el porcentaje de fruta de exportación sobre Volkameriano fue superior a 80%, recomendando que los productores tengan tres o más portainjertos en su terreno y que poco a poco, vayan reemplazando al Naranja Agrio. Por otro lado, Ahmed *et al.* (2018) obtuvieron sobre Volkameriano buena altura y extensión de la copa de las plantas injertadas. Con respecto a la calidad y rendimiento de la fruta los resultados fueron excepcionalmente buenos alcanzando un peso promedio de la fruta de 163.33 g.

En Morelos, se ha generado información básica sobre la fenología de limón Persa y naranja Valencia (Alia *et al.*, 2011), pero no de otros portainjertos y variedades de cítricos tales como: Amblycarpa, Citrange C-35, Volkameriano y Naranja Agrio y las variedades de naranja: Campbell, Hamlin, Jaffa y Mars. La mayor parte de los cítricos en el estado se encuentran establecidos sobre limón Volkameriano (*C. volkameriana* Ten. & Pasq), y algunos sobre Naranja Agrio (*Citrus aurantium* L) y mandarina Cleopatra (Lugo *et al.*, 2009).

Se asume que existe una diversidad de portainjertos-variedades pobre por lo que existe una gran preocupación por parte de los investigadores. El objetivo del trabajo consistió en evaluar el comportamiento y desarrollo de cuatro variedades de naranja injertadas en diferentes combinaciones de portainjertos en las condiciones edafoclimáticas del oriente de Morelos.

Materiales y métodos

Localización geográfica

El estudio se realizó en el Campo Experimental de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc (EESuX) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), Parque Industrial Cuautla, Cd. de Ayala, Morelos, durante el año 2016. En una superficie de 6 000 m², plantado sobre un suelo migajón arcillo-arenoso, con pH de 7.03, localizado en las coordenadas geográficas 18° 49' de latitud norte y 99° 01' longitud oeste, a una altitud 1 330 m, predominado el clima cálido subhúmedo (INEGI, 2009).

Material vegetal

Los portainjertos y variedades fueron obtenidos del vivero certificado ‘Cazones’, ubicado en Cazones de Herrera, Veracruz. Se adquirieron 149 plantas de un año después de ser injertadas. Los portainjertos empleados fueron: Amblycarpa (*Citrus amblycarpa* Ochse), Naranja Agrio (*Citrus aurantium* L.), limón Volkameriano (*Citrus volkameriana* Pasq) y Citrange C-35 (*Poncirus trifoliata* [L.] Raf. x *Citrus sinensis* L.), con las cuatro variedades de naranja ‘Campbell’, ‘Hamlin’, ‘Mars’ y ‘Jaffa’. Se realizaron 16 combinaciones de portainjerto-variedad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Relación del portainjerto-variedad de cítricos y sus combinaciones.

Núm. de combinaciones	Portainjerto	Variedad	Número de plantas
1	Amblycarpa	Campbell	10
2		Hamlin	10
3		Jaffa	10
4		Mars	7
5	Volkameriano	Campbell	10
6		Hamlin	10
7		Jaffa	10
8		Mars	9
9	Citrange C-35	Campbell	10
10		Hamlin	10
11		Jaffa	9
12		Mars	9
13	Naranja Agrio	Campbell	9
14		Hamlin	9
15		Jaffa	8
16		Mars	9
Total			149

Las plantas fueron certificadas por el laboratorio de Alta Tecnología Xalapa, SC (LATEX) registrado ante SENASICA en Xalapa, Veracruz, estas estuvieron libres del virus tristeza de los cítricos (VTC). Se trasladaron al área del experimento y se mantuvieron en un invernadero para ser aclimatadas hasta el trasplante.

Densidad de plantación y arreglo topológico

Los árboles se plantaron en un arreglo espacial rectangular con un diseño completamente al azar, donde la unidad experimental fue un árbol, con siete a diez repeticiones (Cuadro 1). La distancia de plantación fue de 7 m entre hileras y 4 m entre plantas, dando una densidad de plantación de 357 plantas por ha. El trasplante se realizó en abril de 2015, en cepas de 35 a 50 cm de profundidad, al fondo de cada cepa se agregó 3 kg de lombricomposta y posteriormente se colocó la planta. Se aplicó un riego para evitar el estrés y eliminar el espacio poroso.

Manejo agronómico de la plantación

El manejo agronómico de la plantación fue de acuerdo con lo recomendó por Lugo *et al.* (2009); Ariza *et al.* (2009). Se realizaron riegos por goteo cada dos días. Se fertilizó con la dosis 150-60-60 (N-P-K) de acuerdo con el análisis de suelo y requerimientos nutricionales. Se aplicó el fertilizante triple 17 a 20 cm de la planta en dos surcos laterales, se depositaron 100 g por cada lado la fertilización foliar se ejecutó con Bayfolan Forte® empleando una aspersora de mochila motorizada marca Echo® a 4 ml L⁻¹ de agua cada mes. Se realizaron podas de formación cada dos meses, eliminando chupones desarrollados en el tallo principal del portainjerto, los cortes se cubrieron con pintura vinílica.

Variables agronómicas evaluadas

Diámetro del tallo (mm) y la altura de la planta (cm). Fueron evaluados de forma mensual con un vernier digital marca Caliper® y una cinta métrica en todas las plantas. El diámetro del tallo se tomó a los 20 cm sobre el nivel del suelo.

Floración-fructificación. Se evaluó el número de flores en las plantas seleccionadas cuando aparecieron los primeros botones florales cada 15 días. Igualmente se evaluó el número de frutos en cada planta.

Contenido de clorofila. Se determinó de modo rápido, directo y no destructivo. Las lecturas se realizaron con un clorofilómetro portátil (Minolta Chlorophyll Meter SPAD-502®; Markwell *et al.*, 1995). Se tomaron dos lecturas en hojas de la parte superior y dos lecturas en hojas de la parte inferior, realizando un total de tres evaluaciones cada cuatro meses en cada una de las combinaciones.

Diámetro y altura de la copa. Se evaluaron un año después del trasplante, cuando la copa estaba completamente formada. El diámetro se midió empleando una cinta métrica. La altura de la copa de los árboles se determinó con el apoyo de dos varillas de hierro delgado completamente rectas, una varilla se colocó de manera horizontal en la base de la copa y otra en la parte superior del árbol, realizando las mediciones de abajo hacia arriba.

Análisis estadístico

Los datos se procesaron con el programa estadístico SAS® versión 9 SAS (1996), aplicando un análisis de varianza (Anova) simple y prueba de comparación de medias según Tukey, previa comprobación de los supuestos paramétricos de normalidad.

Resultados y discusión

Las variables agronómicas evaluadas se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Comparación de medias de las variables agronómicas evaluadas en los portainjerto-variedad de cítricos en Xalostoc, Ayala, Morelos.

Trat	Var	DT (mm)	Altura (cm)	Número de flores	Número de frutos	Contenido de clorofila US			AC (cm)	DC (cm)
						Jun-01	Oct-02	Feb-03		
I	Camp	20.59 cd	60.45 cf	0.87 fg	0.7 f	75.08 ab	83.87 a	83.89 ab	109.1 c	113 de
	Ham	18.81 ce	63.9 be	0.7 g	0.7 f	78.15 ab	82.16 ab	81.2 abc	102.7 cd	114.2 d
	Jaf	16.26 dg	60.55 cf	0.7 g	0.7 f	79.37 ab	80.68 ab	79.24 abc	83.4 f	80.6 i
	Mar	19.43 ce	59.28 cf	1.46 c	1.49 b	82.17 ab	77.42 ab	79.11 abc	94.2 e	107.2 e
II	Camp	26.39 ab	64.2 bd	2.07 b	1.27 c	81.99 ab	83.26 ab	84.02 ab	120.8 b	143.6 b
	Ham	26.33 ab	73 ac	0.7 g	0.7 f	81.06 ab	83.51 a	84.17 ab	139.1 a	135.5 c
	Jaf	27.37 ab	82.6 a	2.54 a	1.89 a	84.04 a	82.62 ab	83.38 ab	127.3 b	172 a
	Mar	30.83 a	67.77 ad	1.10 de	0.96 d	86.35 a	85.15 a	85.62 a	135 a	175.5 a
III	Camp	20.69 cd	79.9 ab	1.17 d	0.9 de	81.36 ab	82.79 ab	83.69 ab	86.6 f	113.5 de
	Ham	17.9 cf	44.5 fg	1.13 d	0.79 f	70.2 ab	80.48 ab	79.99 abc	85.6 f	100.9 f
	Jaf	19.68 cd	51.55 dg	0.83 fg	0.7 f	83.47 ab	79.08 ab	77.66 bc	98.5 de	116.8 d
	Mar	19.59 cd	46.05 eg	1.01 def	0.91 d	80.15 ab	82.31 ab	84.03 ab	80 fg	112.7 de
IV	Camp	14.42 eh	43 fg	0.99 def	0.88 de	82.3 ab	75.65 b	75.66 c	87.2 f	94.1 g
	Ham	11.36 gh	37.77 g	0.93 ef	0.7 f	80.43 ab	82.97 ab	83.21 ab	74.8 g	95.5 fg
	Jaf	10.45 h	34.61 g	1.14 d	0.94 d	66.09 b	81.96 ab	80.64 abc	67.7 h	86.8 h
	Mar	12.88 fg	35.81 g	1.13 d	1.23 c	80.67 ab	79.73 ab	81.98 abc	62.6 h	97.2 fg

Tratamientos= portainjertos: I) Amblycarpa; II) Volkameriano; III) Citrange C -35 y IV) naranjo-agrio. Variedades injertadas: Campbell (Camp); Hamlin (Ham); Jaffa (Jaf); Mars (Mar). Medias con letras iguales en columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DT= diámetro de tallo; AC= altura de copa; DC= diámetro de copa.

Diámetro del tallo y altura de la planta

El diámetro del tallo (mm) y la altura de la planta (cm) evaluadas en las diferentes combinaciones mostraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$; Cuadro 2). Las combinaciones: Volkameriano-Mars, Volkameriano-Jaffa, Volkameriano-Campbell y Volkameriano-Hamlin fueron las que arrojaron mayor grosor con 30.83, 27.37, 26.39 y 26.33 mm respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellas ($p > 0.05$), mientras que los cultivares que fueron injertados sobre Naranja Agrio manifestaron los menores valores ($p < 0.05$), siendo la combinación Naranja Agrio-Jaffa la que mostró el menor diámetro del troco (10.45 mm).

La altura de árboles de naranja fue mayor cuando se usó el portainjerto Volkameriano ($p < 0.05$, Cuadro 2), la combinación Volkameriano-Jaffa fue la que presentó el mayor crecimiento con 82.60 cm, sin diferencia significativa con Volkameriano-Hamlin, Volkameriano-Mars y la combinación Citrange C-35-Campbell ($p > 0.05$), coincidiendo con lo informado por Anderson (2012).

Quien señaló que Volkameriano induce plantas vigorosas y de gran tamaño, al igual que con los resultados reportados por Milla *et al.* (2009) en limero Tahití, donde plantas injertadas sobre Volkameriano presentaron los mayores tamaños que las injertadas sobre mandarino Cleopatra y Naranja Agrio. Arrieta *et al.* (2010) en estudios realizados sobre diferentes portainjertos alcanzaron mayor altura y diámetro con los patrones Volkameriano y Amblycarpa.

Lo cual coincide con los resultados obtenidos por Girardi *et al.* (2007), informando que los portainjertos tipo limón fueron más vigorosos y desarrollaron más rápido desde vivero que las mandarinas. Zamora *et al.* (2003) obtuvieron resultados similares al realizar un estudio sobre selección de portainjertos para naranja 'Valencia' en suelos calcimórficos, encontraron que los injertos realizados sobre Volkameriano, produjeron los árboles más grandes y frondosos.

El rápido crecimiento del tallo de Limón Volkameriano ha sido señalado también por Girardi *et al.* (2007), quienes afirmaron que es un portainjerto vigoroso en vivero. Este tiene mayor diámetro del tallo, lo que indica que ambas variables están relacionadas. El diámetro de tallo tiene mucha importancia en la etapa de vivero, debido a que el injerto se realiza cuando el tallo es mayor a 0.55 cm. Este alcanza más rápido este grosor, lo que representa menor tiempo en fase de aclimatación, costos de producción más bajos y una excelente alternativa para los viveristas.

Los árboles más pequeños se obtuvieron con el patrón Naranja Agrio ($p < 0.05$; menor a 43 cm). Del Valle *et al.* (1981) mostraron que los árboles de naranja injertados sobre Amblycarpa y Volkameriano mostraron mayor altura y grosor que aquéllos injertados sobre Naranja Agrio ($p < 0.05$) lo cual concuerda con lo obtenido en este trabajo y con lo reportado por Pérez *et al.* (2003) y Navejas *et al.* (2010).

De lo que se deduce que la elección de un patrón para uso convencional constituye una importante decisión, que debe estar basada en las características y cualidades que éste presenta, tanto en la fase juvenil como en condiciones de campo, dado que el comportamiento de los patrones es variable en relación con su adaptabilidad a las condiciones climáticas, suelos, tolerancia a enfermedades y plagas, teniendo además marcada influencia sobre el comportamiento del injerto y por ende en el vigor, precocidad, nivel de producción y la calidad de los frutos de las diferentes variedades de naranja.

Floración-fructificación

Al comparar las diferentes combinaciones de portainjertos-cultivares en relación con la floración, se observaron diferencias estadísticas entre ellas ($p < 0.05$; Cuadro 2), detectándose que la variedad Jaffa injertada sobre el patrón Volkameriano presentó la mayor emisión de botones florales por árbol ($p < 0.05$) con un promedio de 2.54 flores cada 15 días, durante el periodo evaluado y difiere de forma significativa con el resto de las combinaciones.

El menor número de flores se observó en las variedades Hamlin, Jaffa y Campbell injertadas sobre Amblycarpa y Hamlin sobre Volkameriano con 0.7 flores/árbol, sin diferencias estadísticas entre ellas ($p > 0.05$). El mayor número de frutos logrados fue en la combinación Volkameriano-Jaffa (1.89; $p > 0.05$). Las combinaciones Amblycarpa-Hamlin, Amblycarpa-Campbell, Amblycarpa-Jaffa, Volkameriano-Hamlin, Citrange C-35-Jaffa y Naranja Agrio-Hamlin reportaron el menor número de frutos, sin diferencias entre ellas ($p > 0.05$).

En México, las especies de *C. macrophylla* y *C. volkameriana* son comúnmente utilizadas como portainjertos para la propagación y establecimiento de árboles de limón mexicano (Bermúdez *et al.*, 2017). Se cultivan tres especies de limón: limón agrio (mexicano) *Citrus aurantifolia*, el limón persa *Citrus latifolia* y el limón italiano *Citrus limon* (SIAP, 2018).

La mayor parte de los cítricos en el estado de Morelos se encuentran establecidos sobre limón Volkameriano (*C. volkameriana*) y algunos sobre Naranja Agrio (*C. aurantium*; Lugo *et al.*, 2009). Corroborándose la aceptación de este híbrido de limón como buen productor de plantas de gran porte, vigorosas y productivas.

Contenido de clorofila

El contenido de clorofila (unidades SPAD), indicador del color verde de las hojas, fue un parámetro que no presentó gran variación durante el estudio. En la primera evaluación la combinación Volkameriano-Mars y Volkameriano-Jaffa presentaron los mayores valores, con 86.35 y 84.04 (unidades SPAD) respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellas ni con el resto de las combinaciones ($p > 0.05$), solo con la combinación Naranja Agrio-Jaffa que obtuvo el menor valor ($p < 0.05$; 66.09 unidades SPAD). Durante la segunda evaluación las variedades Hamlin, Jaffa y Mars injertadas sobre Volkameriano con 83.51, 82.62, 85.15 (unidades SPAD) y la combinación Amblycarpa-Campbell (83.87 unidades SPAD) fueron las que mostraron mayor contenido de clorofila, sin diferencias estadísticas entre ellas ni con el resto de las combinaciones ($p > 0.05$). En este periodo la combinación Naranja Agrio-Campbell arrojó el menor valor (75.65 unidades SPAD).

En la tercera evaluación las combinaciones tuvieron un comportamiento similar a la segunda destacándose nuevamente las combinaciones con Volkameriano las que alcanzaron las mayores unidades de clorofila por hojas evaluadas sin diferencia con las demás ($p < 0.05$), solo con la combinación Naranja Agrio-Campbell que arrojó el menor contenido de clorofila por hoja ($p < 0.05$; 75.66 unidades SPAD).

Achor *et al.* (2010) citaron que las lecturas SPAD solo son tomadas de una parte parcial de la hoja por lo que al no ser uniforme la destrucción de cloroplasto el sensor puede captar zonas con diferentes concentraciones de clorofila en la misma hoja. En este caso no se puede relacionar directamente al portainjerto sobre el contenido de clorofila en las variedades evaluadas, ya que esto puede estar influenciado por otros factores como la fertilización y el manejo agronómico que se le ofrezca a la plantación.

Algunos autores, como Lizana y Errázuriz (1980) han inferido que las bajas temperaturas, especialmente en las noches, podrían inducir una desaparición de la clorofila y un aumento de la síntesis de los carotenos, antes que el fruto esté maduro. Otros ensayos, justificaron que después de 15 días; a partir, de la aplicación de quelatos al suelo las lecturas SPAD, que indican el contenido foliar de clorofila, aumentaron significativamente con las dosis 50 y 100 g de Fe EDDHA por árbol hasta valores de casi 47 (índice SPAD) correspondiéndose con el color verde común de hojas sanas y que indica un contenido normal de clorofila en las mismas (Sánchez *et al.*, 2015).

Altura de la copa (AC)

Las variedades Hamlin y Mars sobre el patrón Volkameriano presentaron la mayor altura de la copa ($p < 0.05$) con 139.1 cm y 135.0 cm respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellas ($p > 0.05$) en contraparte las variedades Jaffa y Mars injertadas sobre Naranja Agrio exhibieron la menor altura de la copa ($p < 0.05$) con 67.7 cm y 62.6 cm, sin diferencias entre ellas ($p > 0.05$).

Lo anterior, concuerda con lo señalado por varios investigadores sobre la capacidad que tiene el portainjerto Volkameriano para inducir gran porte (Stenzel y Neves, 2004). Sin embargo, difiere con lo reportado por Curti *et al.* (2012) en injertos de limón Persa realizados sobre Volkameriano, como los de menor altura y volumen de la copa.

Otros investigadores como Ledo *et al.* (2008) señalaron que los portainjertos deben formar copas pequeñas, con alta eficiencia productiva con relación al volumen de esta, para así aumentar la densidad de plantación y la producción de la huerta. Las variedades Jaffa y Mars injertadas sobre naranja agrario, fueron las que tuvieron menor altura de la copa con 67.7 cm y 62.6 cm, sin diferencias entre ellas.

Los resultados muestran que existen portainjertos diferentes al Naranja Agrio, que es el que tradicionalmente se ha venido empleando en la citricultura a lo largo de los años, los cuales pueden emplearse como una alternativa para lograr altas producciones y árboles más frondosos.

Diámetro de la copa (DC)

Los cultivares Jaffa y Mars injertados sobre Volkameriano presentaron el mayor diámetro de la copa ($p < 0.05$) con 172 cm y 175.5 cm respectivamente, sin diferencias entre ellas ($p > 0.05$). Por otro lado, el cultivar Jaffa injertado sobre Amblycarpa presentó el menor diámetro de la copa ($p < 0.05$) con 80.6 cm. Figuereido *et al.* (2002) y Quijano *et al.* (2002) indicaron que las plantas de lima Persa injertadas sobre Volkameriano presentaron la mayor altura y diámetro de copa que las injertadas sobre 'Cleopatra' y 'Carrizo'.

La relación injerto/patrón es importante ya que el patrón constituye la base donde se desarrollará la copa (injerto) y de ahí depende la futura producción del árbol. Reyes y Ruiz (1983) calificaron a los injertos más frondosos y con mayores copas aquellos que fueron realizados sobre Volkameriano, limón Rugoso, limón Cravo, lo cual coincide con los resultados obtenidos; sin embargo, difiere con lo reportado por Pérez *et al.* (2003) quienes catalogaron a Amblycarpa como el patrón que ofreció mayor altura, diámetros de portainjerto e injerto, copa y volumen de la copa.

Según Orozco (1995) los injertos realizados sobre Volkameriano constituyen una alternativa ya que brindan árboles frondosos y tolerante a las condiciones de suelos calcáreos, pero tienen la desventaja que son sensibles a la tristeza de los cítricos, aspecto que hay que tener en cuenta a la hora de plantarlos. Avilán (1993) señaló que el conocimiento de un patrón de referencia es importante debido a que sus características genéticas pueden inducir a las plantas diferentes capacidades de desarrollo en la parte aérea.

De lo que se deduce que es significativo conocer el comportamiento de cada combinación en la fase de producción de plantas ya que sus interacciones afectan el desarrollo del injerto, acelerándolo o retardándolo, al presentar diferencias en la compatibilidad según las variedades injertadas. Las diferencias entre portainjertos pueden estar relacionadas con la respuesta de éstos a condiciones limitantes de agua, como el riego deficitario o estrés por sequía (Pérez *et al.*, 2008).

Mayor relación parte aérea/raíz implica más área foliar y por lo tanto, mayor superficie transpiratoria, lo que resulta en mayor absorción y transporte de agua y nutrimentos. La incorporación de nuevos patrones tiene un valor incalculable tanto para el buen desarrollo del injerto como para su comportamiento frente a diferentes patógenos, confiriéndole calidad a los frutos y acelerando su producción.

Conclusiones

El portainjerto Volkameriano combinado con la variedad Mars presentó el mayor diámetro del tallo. Cuando se emplearon las variedades Jaffa, Hamlin y Mars sobre este patrón se obtuvieron los árboles con mayor crecimiento al igual que la mayor altura y diámetro de la copa. La variedad Jaffa sobre Volkameriano tuvo el mayor número de flores y frutos, así como el mayor contenido de clorofila en hojas. Los árboles más pequeños, menos frondosos con troncos delgados y el menor número de flores y frutos fueron los logrados sobre el patrón Naranja Agrio.

Literatura citada

- Achor, D.; Etxeberria, E.; Wang, N.; Folimonova, S.; Chung, K. and Albrigo, L. 2010. Citrus affected with huanglongbing disease. *Plant Pathol. J.* 9(2):56-64.
- Ahmed, H. S. M. and Al, S. 1984. Effect of Rootstocks on the leaf mineral content of citrus. *Scientia Horticulturae.* 23(2):163-168.
- Ahmed, S.; Asim, M.; Ashraf, T.; Bakhsh, A.; Haque, Ul. E.; Hayat, A. and Khan, M. N. 2018. Performance of musambi sweet orange on rough lemon and Volkameriana rootstocks at sargodha, Pakistan. *World Journal of Biology and Biotechnology.* 3(3):223-226.
- Al, J. A.; Zekri, M. and Y. Hammam. 2005. Yield, fruit quality, and tree health of Allen Eureka lemon on seven rootstocks in Saudi Arabia. *Scientia Horticulturae.* 105(4):457-465.
- Alia, T. I.; Lugo, A. A.; Ariza, R. F.; Valdez, L. A. A.; López, V. M. y Pacheco, P. H. 2011. Manual de producción del limón 'Persa' y naranja 'Valencia' en el estado de Morelos. Folleto técnico 57. INIFAP-SAGARPA. Campo Experimental Zacatepec, Morelos, México. 89 p.
- Anderson, C. M. 2012. Variedades y portainjertos de frutales de uso público, edit. INTA, Buenos Aires, Argentina. 48 p. ISBN 978-987-679-171-7.
- Arbeu, R. B.; Méndez, L. A.; Velázquez, D. M.; Huerta, G. V.; Capurata, R. E. O. y Martínez, A. I. 2016. Calidad de fruta de lima 'Persa' en diferentes portainjertos en Veracruz, México. *Acta Agrícola y Pecuaria.* 2(1):17-22.
- Ariza, F. R.; Alia, I. T.; Lugo, A. A.; Ambriz, R. C. y López, V. M. 2009. Manejo Agronómico para la producción de naranja 'Valencia' en el Estado de Morelos. INIFAP-SAGARPA, Folleto técnico número 49. Zacatepec, Morelos, México. 27 p.
- Arrieta, B. A.; Villegas-Monter, A.; Hernández-Bautisa, M.; Rodríguez-Mendoza, de las N.; Ruiz-Posadas L. del M. y García-Villanueva, E. 2010. Estomas y vigor de naranja "Valencia" injertado en porta injertos tolerantes al virus tristeza de los cítricos. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 33(3):257-263.

- Avilán, R. L. 1993. El Patrón y su Importancia en la Fruticultura. Fonaiap-Ceniap. Maracay. <http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga>.
- Bermúdez Guzmán, M.; Guzmán Rodríguez, L.; García Mariscal, K.; Palmeros Suárez, P. y Orozco Santos, M. 2017. Identificación de híbridos de *Citrus aurantifolia X Citrus limon* utilizando marcadores de Secuencias Simples Repetidas (SSR). Rev. Mex. Cienc. Agríc. 8(6):1397-1408.
- Castle, W. S.; Tucker, D. P. H.; Krezdorn, A. H. and Youtsey, C. O. 1993. Rootstocks for Florida. University of Florida. 93 p.
- Cruz, F. M. 2006. Nuevos Patrones para Mandarino Dancy en la Huasteca Potosina. SAGARPA-INIFAP. 26 p.
- Curtí, S. A.; Hernández-Guerra, C. y Loredó-Salazar, R. X. 2012. Productividad de limón ‘Persa’ injertado en cuatro portainjertos en una huerta comercial de Veracruz, México. Revista Chapingo Serie Horticultura. 18(3):291-305.
- Curtí, S. A.; Díaz-Zorrilla, U. X.; Loredó-Salazar, J. A.; Sandoval, R. A. Pastrana L. y Rodríguez M. C. 1998. Manual de producción de naranja para Veracruz y Tabasco. Libro técnico No. 2. CIRGOC-INIFAP-SAGAR. 175 p.
- Curtí, S. A.; Loredó, S. X.; Díaz, Z. U.; Sandoval, R. J. A. y Hernández, H. J. 2000. Tecnología para producir limón Persa. INIFAP. México. 144 p.
- Del Valle, N.; Herrera, O. and Ríos, A. 1981. The influence of rootstocks on the performance of Valencia orange under tropical conditions. Proc. Int. Soc. of Citriculture. 1:134-137.
- Dubey, A. K and Sharma, R. M. 2016. Effect of rootstocks on trees growth, yield, quality and leaf mineral composition of lemon (*Citrus limon* (L.) Burm.). Scientia Horticulturae. 200:131-136.
- Figueiredo, J. O. De.; Stuchi, E. S.; Donadio, L. C.; Sobrinho, J. T.; Laranjeira, F. F.; PIO, R. M. and Sempionato, O. R. 2002. Porta-enxertos para a lima ácida ‘Tahití’ na regio de Bebedouro, SP. Rev. Bras. Frutic. 24(1):155-159.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of Statistical. 2016. Producción mundial por cultivo. <http://www.fao.org/statistics/es/>.
- Gardiazabal, F. y Rosenberg, G. 1991. Cultivo de los cítricos. Universidad Católica de Valparaíso-Facultad de Agronomía. Quillota, Chile. 400 p.
- Garza, L. J. G.; Medina, V. M. U.; Orozco, S. M.; Robles, G. M. M. y Becerra, S. R. 2003. Cultivares de naranja temprana y tardía para el trópico de Colima. INIFAP-SAGARPA. Folleto Técnico No. 1. Campo experimental Tecomán. Colima. 63 p.
- Georgiou, A and Gregoriou, C. 1999. Growth, yield and fruitquality of Shamouti orange on fourteen Rootstocks in Cyprus. Scientia Horticulturae. 80(1-2):113-121.
- Girardi, E. A.; Maourao, F. A. A. and Kluge, R. A. 2007. Effect of seed coat removal and controlled-release fertilizer application on plant emergence and vegetative growth of two citrus rootstocks. Fruits. 62(1):13-19.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censos económicos. 2009. MEX-INEGI. CNE.03.05-CE-2009.
- Khan, I. Q. and Kender, W. J. 2007. Citrus breeding: introduction and objectives. In: Khan, I. (Eds.). Citrus genetics, breeding and biotechnology. CABI. UK. 1-8 pp.
- Ledo, A. Da S.; Oliveira, T. K. De; Ritzinger, R. and Azevedo, F. F. 2008. Acid limes, mandarin and hybrids production in different rootstocks in Acre State, Brazil. Revista Ciencia Agronómica. 39(2):263-268.
- Lizana, L. y Errazuriz, M. 1980. Calidad de naranja cv Washington según época de cosecha y lugar de origen. Simiente. 50(3-4):154-161.

- Loussert, R. 1992. Los agrios. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España. 319 p.
- Lugo, A. A.; Ariza, F. R.; Alia, T. I.; Ambriz, C. R. y López, M. V. 2009. Manejo agronómico para la producción de limón persa en el estado de Morelos. INIFAP. México. 27 p.
- Machado, M. A.; Cristofani, Y. M. and Bastianel, M. 2011. Breeding, genetic and genomic of citrus for disease resistance. Rev. Brasileira. Frutic. 31(3):158-172.
- Mademba, S. F.; Lemerre, Z. D. and Lebegin, S. 2012. Use of Flying Dragon trifoliolate orange as dwarfing rootstock for citrus under tropical climatic conditions. HortScience. 47(1):11-17.
- Markwell, J.; Osterman, J. C. and Mitchell, J. L. 1995. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. Photosynthesis Research. 46(3):467-472.
- Mendoza, R. M. F.; Cervera, G. M. T.; Cabezas, M. J. A.; Cenis, J. L. y Martínez, Z. J. M. 2001. Utilización de marcadores AFLP y SAMPL en la identificación genética de especies y variedades de cítricos. Biotecnología Vegetal. 1(1):11-16.
- Milla, D.; Arizaleta, M. y Díaz, L. 2009. Crecimiento del limero 'Tahití' (*Citrus latifolia* Tan.) y desarrollo del fruto sobre cuatro portainjertos en un huerto frutal ubicado en el Municipio Palavecino, estado Lara, Venezuela. Revista Científica UDO Agrícola. 9(1):85-95.
- Navejas, J. J. E.; Gutiérrez, P. y Troyo, E. D. 2010. Comportamiento y desarrollo de portainjertos de cítricos, tolerantes a VTC, en Baja California Sur. Folleto número 19. INIFAP-SAGARPA, Baja California Sur, México. 2 p.
- Omura, M. and Shimada, T. 2016. Citrus breeding, genetics and genomics in Japan. Breed. Sci. 66(1):3-17.
- Orozco, S. M. 1995. Enfermedades presentes y potenciales de los cítricos en México. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo, México. 150 p.
- Palacios, J. 2005. Citricultura. Talleres Gráficos ALFA BETA S. A. 518 p.
- Pérez, Z. O.; Becerra, S. R. y Medina, V. U. 2003. Selección de portainjertos para naranja "Valencia" en suelos calcimórficos. Terra Latinoamericana. 21(1): 47-55.
- Pérez, J. G.; Romero, P.; Navarro, J. M. and Botía, P. 2008. Response of sweet orange cv 'Lane late' to deficit irrigation in two rootstocks. I. Water relations, leaf gas exchange, and vegetative growth. Irrigation Science. 26(2):415-425. doi: 10.1007/s00271-008-0106-3.
- Quijano, O.; Jiménez, O.; Matheus, M. y Monteverde, E. 2002. Evaluación de limero Tahití sobre 10 portainjertos en la planicie de Maracaibo. Revista Facultad de Agronomía (luz). 19(2):173-184.
- Reyes, F. y J. Ruiz. 1983. Desarrollo en el vivero de patrones de cítricos tolerantes a tristeza. Fonaiap Divulga. 1(13):1-3.
- Sánchez, Ch. E.; Torres González, A.; Flores Córdova, M. A.; Preciado Rangel, P. y Márquez Quiroz, C. 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.
- SAS. 1996. Statistical analysis system: Institute, Cary, North Caroline, USA.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2018. Atlas Agroalimentario. 1^{ra} Edición. SAGARPA. 236 pp. <http://www.gob.mx/siap>.
- Stenzel, N. M. C. and Neves, C. S. V. J. 2004. Porta-enxertos para a limeira ácida 'Tahiti'. Scientia Agrícola. 61(2):151-155.
- Tozlu, I.; Guy, C. L. and Moore, G. A. 1999. QTL analysis of morphological traits in an intergeneric BC1 progeny of Citrus and Poncirus under saline and non-saline environments. Genome. 42(5):1020-1029.
- Zamora, O. P.; Rodríguez, S. B. y Urrutia, V. M. 2003. Selección de portainjertos para naranja "Valencia" en suelos calcimórficos. Terra Latinoamericana. 21(1):47-55.