

INTERACCIÓN LIMA PERSA-PORTAINJERTOS. EFECTO EN CARACTERÍSTICAS ESTOMÁTICAS DE HOJA Y VIGOR DE ÁRBOLES

R. Berdeja-Arbeu¹; A. Villegas-Monter¹; L. M. Ruíz-Posadas²;
J. Sahagún-Castellanos³; M. T. Colinas-León³

¹Fruticultura, Colegio de Postgraduados, km 36.5 Carretera México-Texcoco,
Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

Correos-e: raulberdeja@yahoo.com.mx; avillega@colpos.mx (¹Autor responsable).

²Botánica, Colegio de Postgraduados, km 36.5 Carretera México-Texcoco,
Montecillo Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO. Correo-e: lucpo@colpos.mx

³Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México-Texcoco,
Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

Correos-e: jsahagun@correo.chapingo.mx; lozcol@prodigy.net.mx.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de 11 portainjertos en el número y tamaño de estomas, así como en el índice estomático y se correlacionaron con la altura en plantas de lima 'Persa'. Se evaluaron los portainjertos: citranges 'C32', 'C35', 'Benton', 'Carrizo', 'Florida' y 'Morton', los mandarinos 'Amblicarpa' y 'Cleopatra', limón 'Volkameriano', 'Flying Dragon' y naranjo 'Agrio' como testigo. Las hojas de lima 'Persa' son anfiestomáticas; en el haz sólo tiene estomas en la nervadura principal. Se encontró que los portainjertos modificaron el número de estomas (desde 287 hasta 331 por mm²) y células epidérmicas (2,871 a 2,269 por mm²); estos parámetros fueron mayores con naranjo 'Agrio'; el índice estomático fue superior en mandarino 'Cleopatra' (9.86) y el tamaño de estomas en citrange 'Carrizo' (25.89 µm). La menor área foliar en cuatro hojas de lima 'Persa' la presentaron las plantas injertadas en 'Flying Dragon' (124 cm²). En 10 portainjertos la altura de las plantas de lima 'Persa' fue superior a 4.01 m, y el diámetro de copa, a 3.03 m, pero en 'Flying Dragon' sólo fue de 2.43 y 2.21 m, respectivamente. La frecuencia estomática se correlacionó positivamente con el número de células epidérmicas ($r = 0.709$) y negativamente con diámetro de tallo del portainjerto ($r = -0.449$).

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Citrus latifolia*, estomas, índice estomático, tamaño de estoma, relación injerto-portainjerto.

INTERACTION OF PERSIAN LIME-ROOTSTOCKS. EFFECT ON LEAF STOMATA CHARACTERISTICS AND TREE VIGOUR

ABSTRACT

Eleven combinations of rootstock varieties and grafts were carried out with the purpose of evaluating the effect on number and size of stomata, as well as on the stomatal index. These variables were correlated with the height of "Persian" lime plants. The rootstocks, 'C32', 'C35', 'Benton', 'Carrizo', 'Florida' and 'Morton' citranges, 'Amblicarpa' and 'Cleopatra' tangerine, 'Volkamerian', 'Flying Dragon' lemon and 'Sour' orange, which was used a control, were evaluated. 'Persian' lime leaves are amphistomatic; on the upper face of the leaf, stomas are found only on the midrib. It was found that the rootstocks modified the number of stomata (from 287 to 331 per mm²); these parameters were higher with 'Sour' orange; the stomatal index was superior in 'Cleopatra' tangerine (9.86) and the stomata were larger in 'Carrizo' citrange (25.89 µm). A lower area of four 'Persian' lime leaves of was found on the plants grafted onto 'Flying Dragon' (124 cm²). On 10 rootstocks the height of 'Persian' lime plants was above 4.01 m, and crown diameter was more than 3.03 m, but on 'Flying Dragon' height and crown diameter were only 2.43 and 2.21 m, respectively. The number of stomas correlated positively with the number of epidermal cells ($r = 0.709$) and negatively with rootstock stem diameter ($r = -0.449$).

ADDITIONAL KEY WORDS: *Citrus latifolia*, stomas, stomatic index, stomas size, graft-rootstocks relation.

INTRODUCCIÓN

Los estomas son importantes en la fisiología de las plantas debido a que son responsables del intercambio de gases entre la atmósfera y la hoja, pero también por éstos se da la pérdida de agua (Weeb y Baker, 2002). En general, cuando se evalúan portainjertos en cítricos y otras especies, se analizan crecimiento, rendimiento, calidad de fruta, vigor, incidencia de plagas y enfermedades, adaptación al medio y contenidos de elementos minerales en hojas del injerto (Quijano *et al.*, 2002; Figueiredo *et al.*, 2002; Lallan *et al.*, 1999). Sin embargo, pocos trabajos han considerado el efecto del portainjerto en el índice estomático, frecuencia estomática, tamaño de estomas y número de células epidérmicas y su efecto en el crecimiento de la planta.

Cañizares *et al.* (2003) estudiaron las características estomáticas en hojas de árboles de lima 'Persa' injertados en ocho portainjertos, y encontraron que las hojas son anfiestomáticas, el tipo de estomas es aniscítico, que el número de estomas osciló entre 39.7 (injertada en 'Troyer') y 88.9 (injertada en citrúmelo 'Swingle') en un campo de 400X y que el índice estomático es de 0.4 a 18.5. Prasad y Renkha (1996), al analizar clones de lima 'Mexicana' (*C. aurantifolia*), encontraron que la frecuencia de estomas osciló de 177 a 315 estomas por mm² y el área foliar se modificó dependiendo de la accesión utilizada. En cítricos, la posición de la hoja en la rama y la latitud donde se desarrollan las plantas afectan el tamaño de estoma y la frecuencia estomática; en limón (*C. limón*), conforme aumenta el área foliar, se incrementa el número de estomas, pero la longitud decrece (Reed y Hirano, 1931).

Por otra parte, Hirano (1931), en hojas de limón 'Eureka' (*C. limon*), encontró que el número de estomas decreció conforme aumentó la latitud; en Calexico, E.U., con latitud norte de 32° 51', tiene 555 estomas por mm² y en Berkeley, con 37° 54' de latitud norte, 480 estomas por mm². El número de estomas también se afectó por la intensidad de luz; en hojas de naranjo 'Shamouti' que crecieron en sombra, la frecuencia de estomas fue de 412 y en sol, de 531 por mm² (Erickson, 1968).

Prasad (1983) estudió el número de estomas en hojas de portainjertos y encontró que citrange 'Carrizo' presentó 34.42 y *C. reshni* de 66.73 estomas en un campo de 400X.

En otros frutales se ha observado que la injertación modifica el número de estomas. Parés *et al.* (2004), en hojas de guanábano, observaron que *A. muricata* presentó 132 estomas por mm²; *A. montana*, 124 estomas por mm² en plantas sin injertar, mientras que cuando estaban injertadas, *A. muricata* en *A. montana*, 111, y *A. muricata* en *A. muricata*, 110 estomas por mm². Existen otros factores que modifican el número de estomas en hojas, como la altitud

(Olmez *et al.*, 2006), la salinidad (Hepaksoy *et al.*, 2002), la latitud (Erickson, 1968) y el lugar de muestreo en hoja en cítricos (Reed y Hirano, 1931).

Al considerar que a través de los estomas se realiza el intercambio gaseoso, es de esperarse que se afecte la fotosíntesis y con ello la producción de materia seca y el crecimiento del árbol. Con base en lo anterior, una forma de medir la fotosíntesis es la producción de materia seca por unidad de área foliar, la cual se obtiene por medio del peso específico de la hoja (PEH). Nava y Villegas (1994) citan que los mayores PEH se encontraron en citrange 'Troyer', con 11 mg·cm⁻², seguidos de mandarina 'Cleopatra' y citrange 'Carrizo'; el menor peso lo obtuvo naranjo 'Agrio', con 9 mg·cm⁻².

Uno de los aspectos más estudiados en la interacción injerto-portainjerto es el vigor de la planta. Quijano *et al.* (2002) observaron que lima 'Tahiti' injertada en 'Volkameriano' presentó 15.07 m³ en volumen de copa y en 'Cleopatra', 9.60 m³, mientras que Figueiredo *et al.* (2002) indican que lima 'Tahiti' injertada en 'Volkameriano' tuvo 7.35 m de diámetro de copa y 4.38 de altura, mientras que en 'Cleopatra' fue de 5.65 m de diámetro de copa y 3.72 m de altura. Russián (1996), en Venezuela, menciona que lima 'Persa' en 'Volkameriano' presentó mayor altura (3.2 m) que en 'Carrizo' (2.8 m) y 'Cleopatra' (2.6 m).

Mademba *et al.* (1999), en Nueva Caledonia, observaron que 'Flying Dragon' reduce el volumen de copa de 16.4 a 3.8 m³ en limón 'Lisboa', lima 'Tahiti', 'Satsuma', naranjos, pomelos, tangelos y tangores, con respecto a estas variedades injertadas en 'Volkameriano' y 'Troyer'. Stuchi *et al.* (2003), en Brasil, evaluaron cuatro densidades de plantación con lima 'Tahiti' injertada en 'Flying Dragon' (plantas de 66 meses), en sistemas de plantación de 4X1 m; la altura de planta fue de 2.24 m, y en 4X2.5 m, de 2 m. Jiménez *et al.* (1982), en Cuba, al estudiar la interacción de lima 'Persa' en varios portainjertos, encontraron que en limón 'Volkameriano' logró 57.1 cm de perímetro de tallo y el injerto, 55.9 cm, con una relación injerto-portainjerto de 0.97; mandarina 'Cleopatra' tuvo 49.5 cm y el injerto, 50.6 cm, agrio, 44.5 cm, y lima 'Persa', 45.8 cm, ambos con relación injerto-portainjerto de 1.02. Lallan *et al.* (1999), en India, mencionan que *C. aurantifolia* en mandarina 'Cleopatra' tiene una relación de diámetro de tallo portainjerto-injerto de 0.99, lima en 'Carrizo' de 1.06, lima en 'Agrio' 1.06, lima en 'C35' 1.2 y lima en 'C32' 1.25.

En general, el limón 'Volkameriano' induce mayor crecimiento en la variedad injertada, pero no se sabe a qué puede deberse la respuesta. Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de 11 portainjertos en el número de estomas, células epidérmicas, índice estomático y longitud de estomas de lima 'Persa' y la relación que existe entre estas variables y el vigor de la planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las plantas de lima 'Persa' utilizadas en esta investigación crecieron en Ixtacuaco, municipio de Tlapacoyan, Veracruz, a 120 metros de altitud. El clima se clasificó como Af(m)W"(e), clima cálido-húmedo, con lluvias todo el año (García, 1987), con temperatura media anual de 23.7 °C y precipitación de 1,626 mm (Barquero, 2006). El suelo es de origen aluvial profundo, de textura franco-arenosa y ligeramente ácido.

Se utilizaron árboles de lima 'Persa' de cinco años, establecidos a 6 x 8 m, injertados en los portainjertos: mandarinos 'Amblicarpa' (*Citrus amblicarpa* Hort. ex Tan.) y 'Cleopatra' (*C. resnhi* Hort. ex Tan), citranges 'Benton', 'C32', 'C35', 'Carrizo', 'Morton' y 'Florida' (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) x (*C. sinensis* L.), 'Flying Dragon' (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.), limón 'Volkameriano' (*C. volkameriana* Ten. & Pasq.) y naranjo 'Agrio' (*C. aurantium* L.). De cada unidad experimental (árbol) se cortaron cuatro hojas (dos en el lado Este y dos en el Oeste) de la parte media de la copa, de brotes maduros y expuestos al sol; el número de árboles muestreados fue de 7 a 10, dependiendo de la disponibilidad en campo; las hojas se cortaron el 20 de enero de 2006; se envolvieron en papel periódico húmedo; se colocaron en bolsas de plástico y se llevaron al laboratorio de ecofisiología de estomas del instituto de Botánica del Colegio de Postgraduados.

Las impresiones de epidermis de la parte media de la superficie abaxial de hojas completamente expandidas y limpias, se hicieron mediante la técnica de micro-relieve, utilizando pegamento de secado rápido (Weyers y Meidner, 1990). Las impresiones se observaron en Fotomicroscopio III, de Carl Zeiss, con cámara digital para microscopio marca Pixera modelo Profesional. El objetivo utilizado fue el 16X, 1.25 óptica intermedia y resolución de 1,024 x 768. El área del campo se calculó con un portaobjetos milimétrico y fue de 0.080 mm². De cada repetición se fotografiaron tres campos (dependiendo de la nitidez de la impresión para fotografiarse, el número de campo por hoja varió de 1 a 3), que fueron analizados con el programa computacional Image Tool. El número de campos observados fue de 74 (7 árboles) hasta 112 (10 árboles). Se contó el número de estomas y de células epidérmicas por campo; la frecuencia de estomas y células epidérmicas se calculó mediante el valor del área del campo ocular. El índice estomático (IE) se obtuvo con la fórmula siguiente:

$$IE = (FE/(FE+FCE)) \times 100$$

Donde:

FE = Frecuencia estomática

FCE = Frecuencia de células epidérmicas

El área de cuatro hojas por árbol se determinó en un medidor LI-COR modelo Li-3100. Las hojas se metieron a una estufa de secado LAB-LINE por ocho días a 70 °C, y después se pesaron en una balanza analítica. Con los datos de área foliar y peso de materia seca se determinó el peso específico de hoja (PEH) según la fórmula siguiente:

$$PEH = \text{Peso de materia seca de hoja} / \text{área foliar}$$

El 2 de enero de 2007 se midió la altura de la planta con estadal; el diámetro de copa de árbol se midió con cinta métrica en la parte media de la copa, con orientación este-oeste, y el diámetro del portainjerto-injerto, a 10 cm por arriba y debajo de la unión. Los datos se analizaron con base en un diseño completamente al azar con diferente número de repeticiones. Para cada variable se realizaron análisis de varianza, ($P \leq 0.05$) y para cada par de ellas se calculó su correlación ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las hojas de lima 'Persa' fueron anfiestomáticas, pero los estomas están principalmente en el lado abaxial; en el haz sólo se encontraron en la vena principal. La respuesta observada es similar a la encontrada por Queiroz y Blumer (2005), en Brasil, en hojas de naranjo 'Pera', Cañizares *et al.* (2003), en Venezuela, en hojas de lima 'Persa', y Erickson (1968), en Estados Unidos, en limón 'Eureka', quienes indicaron que las tres especies tienen hojas anfiestomáticas, pero no señalan en qué parte del haz están ubicados los estomas. Es posible que plantas que presentan hojas anfiestomáticas realicen mayor transpiración y se aumente la penetración de bióxido de carbono a la hoja y con ello logren mayor crecimiento de copa y eficiencia en rendimiento de fruta por m³. La frecuencia estomática (FE) en hojas de lima 'Persa' mostró diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) por efecto del portainjerto. Naranjo 'Agrio' superó estadísticamente a los citranges 'C32', 'Benton' y 'Morton' (Cuadro 1). Prasad y Renkha (1996), en hojas de *C. aurantifolia*, encontraron de 117 a 315 estomas por mm². La densidad observada en este trabajo se ubicó en el rango señalado para cítricos (Costa *et al.*, 2004). Las diferencias en número de estomas observadas en lima 'Persa' nos ayudan a explicar por qué se modifica el vigor y rendimiento con el uso de portainjertos (Quijano *et al.*, 2002; Figuereido *et al.*, 2002), ya que a través de los estomas se regula el intercambio gaseoso y con ello la fotosíntesis (Franks y Farquhar, 2007).

Se observaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) entre los números de células epidérmicas por efecto del portainjerto (Cuadro 1). La lima 'Persa' injertada en naranjo 'Agrio' superó a los demás portainjertos y nuevamente en citrange 'Morton' presentó el menor número (2871), pero fue igual a los citranges 'Carrizo', 'C32' y 'Benton'. Cabe indicar que no existen trabajos que hagan referencia al número de células epidérmicas en cítricos;

sólo las cuantifican para obtener el índice estomático como lo realizaron Cañizares *et al.* (2003) en lima 'Persa' y Parés *et al.* (2004) en guanábano y Barrientos *et al.* (2003) en plántulas de aguacate. Sin embargo, esta variable es importante porque indica el número de estomas por 100 células epidérmicas, sin considerar el área foliar, y ayuda a predecir la frecuencia estomática, ya que se correlaciona positivamente con las células epidérmicas, como lo encontraron Barrientos *et al.* (2003) en plántulas de aguacatero.

El índice estomático también fue afectado por el portainjerto y se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 1). Las plantas injertadas en mandarina 'Cleopatra' superaron a naranjo 'Agrio'. Los índices oscilaron entre 8.95 (en naranjo 'Agrio') y 9.86 (en mandarina 'Cleopatra'). Cañizares *et al.* (2003) encontraron, en hojas de lima 'Persa', injertadas en citrange 'Carrizo', índices de 18.5: de 6.6 en limón 'Volkameriano' y 4.5 en mandarina 'Cleopatra'. Las diferencias posiblemente se debieron a la presencia de glándulas de aceite en el envés de la hoja, que modifican la distribución y relación de estomas con células epidérmicas (Cañizares *et al.*, 2003). En guanábano se ha observado que la injertación modifica el índice estomático (Parés *et al.*, 2004), y en plántulas de aguacatero también (Barrientos *et al.*, 2003).

La longitud de los estomas en lima 'Persa' también fue modificada por el portainjerto. Injertada en citrange 'Carrizo' (25.89 μm) superó estadísticamente ($P \leq 0.05$) a 'Flying Dragon', limón 'Volkameriano', citranges 'Florida' y 'Morton' (Cuadro 1). Las longitudes de estomas que se observaron en esta investigación son similares a las halladas por Prasad y Renkha (1996), quienes encontraron longitudes de 22 y 23 μm en accesiones de *C. aurantifolia*, pero no se menciona si las plantas estaban injertadas o no. Costa *et al.* (2004), en híbridos somáticos obtenidos por fusión de

protoplastos, sin injertar, encontraron que el tamaño de estoma fue de 20 μm en mandarina 'Cleopatra' y en limón 'Volkameriano', y en el híbrido mandarina 'Cleopatra' X limón 'Volkameriano', de 25 μm . Al aumentar el tamaño de estoma se alteran la FE y el índice estomático, y estomas más grandes presentan mayor intercambio gaseoso y tasa fotosintética (Franks y Farquhar, 2007); de acuerdo con lo anterior, se debería esperar que las plantas injertadas en citrange 'Carrizo' presenten más fotosíntesis.

El área foliar promedio de cuatro hojas de plantas de lima 'Persa' injertadas en citrange 'C32' fue mayor (177 cm^2), pero sólo superó estadísticamente ($P \leq 0.05$) a las injertadas en 'Flying Dragon' (Cuadro 2). De acuerdo con lo indicado por Queiroz y Blumer (2005), la densidad de estoma se modifica con el tamaño de la hoja. Konrad *et al.* (2008) citan que el área de poro y FE están relacionados con el intercambio gaseoso y alteran la conductividad estomática y fotosíntesis (Franks y Farquhar, 2007).

Las hojas de lima 'Persa' que se desarrollaron en las plantas injertadas en limón 'Volkameriano' presentaron mayor peso específico de hoja (PEH) y fueron superiores estadísticamente a las que crecieron en mandarina 'Amblicarpa', citranges, 'C35', 'Carrizo', 'C32', 'Benton' y 'Morton', pero igual a naranjo 'Agrio', mandarina 'Cleopatra', 'Flying Dragon' y citrange 'Florida' (Cuadro 2). Los valores obtenidos son similares a los encontrados por Reyes *et al.* (2000) en naranjo 'Valencia' y 'Mars', así como en mandarina 'Dancy', con 12.23, 11.11 y 10.74 $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$, respectivamente. Tomando en cuenta que las hojas con mayor PEH tienen mayor capacidad fotosintética, era de esperarse que las plantas injertadas en 'Volkameriano' fueran de mayor tamaño, como sucede en el área de estudio, lo que no fue confirmado en este trabajo, donde los árboles de mayor tamaño fueron en Citrange 'Morton' (Cuadro 3), aunque no hubo diferencias con limón 'Volkameriano'.

Los árboles de lima 'Persa' injertados en 'Flying Dragon'

CUADRO 1. Efecto del portainjerto sobre las características estomáticas de lima 'Persa'. Ixtacuaco, Veracruz.

Portainjerto	FE- mm^{-2}	NCE- mm^{-2}	IE	LE (μm)
Naranjo 'Agrio' ^v	331.02 a ^z	3,369.88 a	8.95 d	25.27 abc
Mandarino 'Cleopatra' ^x	329.70 ab	3,015.10 bc	9.86 a	25.02 abc
'Flying Dragon' ^w	325.89 abc	3,066.84 b	9.63 abc	24.16 cd
Mandarino 'Amblicarpa' ^x	321.84 abc	3,016.24 bc	9.63 abc	25.02 abc
Limón 'Volkameriano' ^v	318.41 abc	3,038.51 bc	9.49 abc	24.67 bc
Citrango 'C35' ^x	314.00 abcd	3,081.60 b	9.23 cd	25.46 ab
Citrango 'Florida' ^w	312.89 abcd	3,007.98 bc	9.41 bc	24.70 bc
Citrango 'Carrizo' ^w	312.24 abcd	2,921.59 cd	9.65 ab	25.89 a
Citrango 'C32' ^v	312.19 bcd	3,000.77 bc	9.41 bc	25.29 ab
Citrango 'Benton' ^w	308.33 cd	2,985.16 bcd	9.35 bcd	25.33 ab
Citrango 'Morton' ^v	297.21 d	2,871.65 d	9.38 bc	23.24 d
DMSH	18.78	127.28	0.41	1.12
CV	12.63 %	8.94 %	9.31 %	9.91 %

^zValores con las mismas letras en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey, a una $P \leq 0.05$. DMSH: diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación.

^v7 árboles, ^w8 árboles, ^x9 árboles, ^y10 árboles.

FE: frecuencia de estomas; NCE: número de células epidérmicas; IE: índice estomático; LE: longitud de estomas.

CUADRO 2. Efecto del portainjerto sobre las características de la hoja de lima ‘Persa’. Ixtacuaco, Veracruz.

Portainjertos	AF (cm ²)	PEH (g·cm ⁻²)
Naranja ‘Agrio’ ^v	170.41 a ^z	0.0117 ab
Mandarino ‘Cleopatra’ ^x	165.91 a	0.0106 abcd
‘Flying Dragon’ ^w	124.88 b	0.0116 abc
Mandarino ‘Amblicarpa’ ^x	172.21 a	0.0100 bcd
Limón ‘Volkameriano’ ^v	146.91 ab	0.0123 a
Citrango ‘C35’ ^x	166.35 a	0.0099 bcd
Citrango ‘Florida’ ^w	157.80 a	0.0111 abcd
Citrango ‘Carrizo’ ⁸	160.92 a	0.0093 d
Citrango ‘C32’ ^v	177.38 a	0.0104 bcd
Citrango ‘Benton’ ^w	161.50 a	0.0098 cd
Citrango ‘Morton’ ^v	166.35 a	0.0097 d
DMSH	31.743	0.0018
CV	12.93 %	11.26 %

^aMedias con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey, a una $P \leq 0.05$. DMSH: diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación. ^v7 árboles, ^w8 árboles, ^x9 árboles, ^y10 árboles.
 AF: Área foliar; PEH: peso específico de hoja.

presentaron menor altura de planta y fueron superados estadísticamente por los demás portainjertos, que son iguales entre ellos (Cuadro 3). La menor altura de planta observada en ‘Flying Dragon’ se pudo deber, de acuerdo con lo mencionado por Mademba *et al.* (1999) y Stuchi *et al.* (2003), a que tiene efecto enanizante en las variedades injertadas. Otro factor que afectó el porte de lima en ‘Flying Dragon’ fue la menor área foliar que presentó en este portainjerto (Cuadro 2).

Las plantas de lima ‘Persa’ injertadas en citrango ‘C32’ presentaron mayor diámetro de copa que las injertadas en limón ‘Volkameriano’ y ‘Flying Dragon’. a las que superaron estadísticamente ($P \leq 0.05$) (Cuadro 3). El poco crecimiento de lima ‘Persa’ en limón ‘Volkameriano’ no coincide con el observado por Figueiredo *et al.* (2002) y Quijano *et al.* (2002),

quienes indican que las plantas injertadas en este portainjerto presentan mayor altura y diámetro de copa que en ‘Cleopatra’ y ‘Carrizo’.

Los portainjertos citrango ‘C32’ y ‘Morton’ presentaron mayor diámetro de tallo de portainjerto que mandarino ‘Cleopatra’, ‘Flying Dragon’, mandarino ‘Amblicarpa’ y limón ‘Volkameriano’; a los cuales superaron estadísticamente ($P \leq 0.05$) (Cuadro 3). De acuerdo con la literatura, las plantas que tienen mayor diámetro del tallo también son más altas; este comportamiento se presentó en esta investigación.

La relación diámetro de tallo de la variedad / portainjerto (v/π), fue igual a 1 en los citrangos ‘Morton’ y ‘C32’; en los demás portainjertos, con excepción de ‘Flying Dragon’, fue superior a 1, el único caso donde la relación fue menor a 1

CUADRO 3. Efecto del portainjerto sobre el tamaño de los árboles de lima ‘Persa’. Ixtacuaco, Veracruz.

Portainjerto	AA (cm)	DCA (m)	DTP (cm)	DTV (cm)	Relación v/π
Naranja ‘Agrio’ ^y	4.16 a ^z	3.72 ab	13.20 abc	14.76 a	1.11
Mandarino ‘Cleopatra’	4.03 a	3.5 ab	12.37 bc	14.48 a	1.17
‘Flying Dragon’	2.43 b	2.21 c	8.63 d	6.92 b	0.80
Mandarino ‘Amblicarpa’	4.23 a	3.16 ab	12.41 bc	15.19 a	1.22
Limón ‘Volkameriano’	4.01 a	3.03 b	11.65 c	12.09 a	1.03
Citrango ‘C35’	4.02 a	3.58 ab	13.48 abc	13.88 a	1.02
Citrango ‘Florida’	4.42 a	3.65 ab	13.48 abc	13.84 a	1.02
Citrango ‘Carrizo’	4.31 a	3.55 ab	13.92 abc	15.27 a	1.09
Citrango ‘C32’	4.17 a	3.85 a	14.96 a	15.00 a	1.00
Citrango ‘Benton’	4.40 a	3.58 ab	14.20 ab	15.04 a	1.05
Citrango ‘Morton’	4.39 a	3.65 ab	14.76 a	14.80 a	1.00
DMSH	0.66	0.73	2.28	3.25	
CV	9.90 %	13.02 %	10.57 %	14.25 %	

^aMedias con las mismas letras en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMSH: diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación. π = portainjerto; v = variedad.

^y8 árboles

AA: altura de árbol; DCA: diámetro de copa de árbol; DTP: diámetro de tallo del portainjerto; DTV: diámetro del tallo de la variedad.

('Flying Dragon') es importante, porque se esperaba que el portainjerto desarrollara menos, debido a que es enanizante (Stuchi *et al.*, 2003), pero no fue así. La respuesta observada coincide con Lallan *et al.* (1999) en *C. aurantifolia*, quienes obtuvieron de 0.99 con mandarina 'Cleopatra' hasta 1.25 con 'C32'. Sin embargo, se debe tomar en cuenta la edad de las plantas en futuras investigaciones.

Es importante destacar que la lima 'Persa' injertada en limón 'Volkameriano', citrangeres 'C35', 'Florida', 'C32', 'Benton' y 'Morton' presentaron relaciones en diámetro de variedad / portainjerto cercanas a uno, y no se deformó la unión del injerto.

Respecto a la asociación entre variables, se encontraron correlaciones altamente significativas ($P \leq 0.001$), entre altura de planta (AP) con diámetro de copa y diámetro de tallo del portainjerto (DPT) y de la variedad (DTV). El diámetro de copa de la planta (DCP), se correlacionó con el diámetro del tallo del portainjerto y el de la variedad (Cuadro 4). Álvarez y Rodríguez (1986) indican que el naranjo 'Agrio' injertado con tangelo 'Orlando' presentó correlación positiva en diámetro de tallo del injerto y portainjerto ($r=0.83$). El hecho de que estas variables se correlacionen, permite señalar que en futuras investigaciones sólo se deben evaluar la altura de la planta y el diámetro del tallo del portainjerto, y con esta información se pueden estimar las demás variables.

CUADRO 4. Correlación entre variables en lima 'Persa' injertada en 11 portainjertos. Ixtacuaco, Veracruz, 2006.

Variable 1	Variable 2	Coefficiente de correlación (r)
FE	NCE	0.709*
FE	DTP	-0.627*
NCE	E	-0.608*
AP	DCP	0.874***
AP	DTP	0.879***
AP	DTV	0.941***
DCP	DTP	0.943***
DCP	DTV	0.896***
DTP	DTV	0.885***

*significativo con $P \leq 0.05$, *** altamente significativo con $P \leq 0.001$.

FE: frecuencia estomática; NCE: número de células epidérmicas; IE: índice estomático; LE: longitud de estoma; AP: altura de planta; DCP: diámetro de copa de planta; DTP: diámetro de tallo de portainjerto; DTV: diámetro de tallo de la variedad.

La frecuencia estomática (FE) se correlacionó negativamente con el diámetro de tallo del portainjerto y positivamente con el número de células epidérmicas (NCE). En aguacatero se ha observado un comportamiento similar (Barrientos *et al.*, 2003).

CONCLUSIONES

Las hojas de lima 'Persa' fueron anfiestomáticas y, dependiendo del portainjerto, el número de estomas varió

de 297 a 331 y la longitud de 23.24 a 25.95 μm .

En el haz de la hoja sólo se presentaron estomas en la vena principal.

El índice estomático, número de células epidérmicas, área foliar y PEH en lima 'Persa' se modificaron por el portainjerto utilizado.

La frecuencia estomática se correlacionó negativamente ($r=-0.627$) con el diámetro del tallo del portainjerto.

La altura de la planta se correlacionó positivamente con el diámetro de la copa de la planta ($r=0.874$), con el diámetro de tallo del portainjerto ($r=0.879$) y con el diámetro de tallo de la variedad ($r=0.941$).

El diámetro de copa de la planta se correlacionó positivamente con el diámetro de tallo del portainjerto ($r=0.943$) y con el diámetro de tallo de la variedad ($r=0.896$).

LITERATURA CITADA

- ÁLVAREZ, M.; RODRÍGUEZ, N. N. 1986. Análisis comparativo de la dinámica del crecimiento de dos cultivares híbridos: tangor Ortanique y tangelo Orlando en fase de vivero. *Agrotecnia de Cuba* 18: 1-6.
- BARQUERO D. B., R. 2006. Martínez de la Torre, Veracruz. Ed. I'anxaneta. D. F., México. 166 p.
- BARRIENTOS-PRIEGO, A. F.; BORYS, M. W.; TREJO, C.; LÓPEZ-LÓPEZ, L. 2003. Índice y densidad estomática foliar en plántulas de tres razas de aguacatero. *Revista Fitotecnia Mexicana* 26: 285-290.
- CAÑIZARES, A.; SANABRIA, M. E.; RODRÍGUEZ, D. A.; PEROZO, Y. 2003. Características de los estomas, índice y densidad estomática de las hojas de lima Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka) injertada sobre ocho patrones cítricos. *Revista Científica UDO Agrícola* 3: 59-64.
- COSTA M. A., P. C.; ALMEIDA, W. A. B.; MOURAO FILHO, F. A. A.; MENDES, B. M. J.; RODRÍGUEZ, A. P. M. 2004. Stomatal analysis of citrus somatic hybrids obtained by protoplast fusion. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 39: 297-300.
- ERICKSON, L. C. 1968. The general physiology of citrus, pp. 86-126 In: The Citrus Industry Vol. II. REUTHER, W.; BATCHELOR, L. D.; WEBBER, H. J. (eds.). Ed. University of California. California. U.S.A.
- FIGUEIREDO, J. O.; SÁNCHEZ S., E.; DONADIO, L. C.; SOBRINHO, J. T.; LARANJEIRA, F. F.; PIO, R. M.; SEMPIONATO, O. R. 2002. Porta-enxertos para a lima-ácida-Tahiti na região de Bebedouro, sp. *Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal* 24: 155-159.
- FRANKS, P. J.; FARQUHAR, G. D. 2007. The mechanical diversity of stomata and its significance in gas-exchange control. *Plant Physiology* 143: 78-87.
- GARCÍA, E. 1987. Modificación al Sistema de la Clasificación de Köppen. México. México 246 p.
- HEPAKSOY, S.; OZER, B.; CAN, H. Z.; UI, M. A.; ANAC, D. 2002. Influence of rootstocks on physiological response of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) to salinity. *Acta Horticulturae*

573: 247-253.

- HIRANO, E. 1931. Relative abundance of stomata in citrus and some related genera. *Botanical Gazette* 92: 296-310.
- JIMÉNEZ, R.; GARCÍA, B.; SANTOS, M. 1982. Influencia de cinco patrones sobre el crecimiento, rendimiento y productividad de lima Persa SRA-58 en el sur de la Habana. *Agrotecnia de Cuba* 14: 93-101.
- KONRAD, W.; ROTH-NEBELSICK, A.; GREIN, M. 2008. Modelling of stomatal density response to atmospheric CO₂. *Journal of Theoretical Biology*. 253: 638-658.
- LALLAN, R.; SHYAN, S.; MARATHE, R. A. 1999. Performance of pre-bearing acid lime on various rootstock strain. *Indian Journal of Agricultural Science* 69: 193-197.
- MADEMBA S., F.; LEBEGIN, S.; LEMERRE D., Z. 1999. Use of the *Poncirus trifoliata* Flying Dragon as dwarfing rootstock for citrus under tropical climatic conditions. *Fruits* 54: 299-310.
- NAVA A., J.; VILLEGAS M., A. 1994. Comportamiento en vivero de portainjertos tolerantes a la tristeza de los cítricos. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 38: 86-89.
- OLMEZ, H. A.; GULCAN, R.; AK, B. E. 2006. The relationship between stomata density and fruit quality of some apricot varieties growing in different altitudes in Malatya province. *Acta Horticulturae* 701: 163-166.
- PARÉS, M., J.; ARIZALETA, M.; SANABRIA, M. E.; BRITO, L. 2004. Características de los estomas, densidad e índice estomático y su variación en función a la injertación en *Annona muricata* y *A. montana*. *Bioagro* 16: 213-218.
- PRASAD M., B. N. V. 1983. Stomatal count as an index for predicting vigour of citrus rootstocks. *South Indian Horticulture* 31: 27-28.
- PRASAD, M. B. N. V.; RENKHA, A. 1996. Genetic analysis of stomatal density and leaf area in acid lime. *Indian Journal Genetics* 56: 21-26.
- QUEIROZ-VOLTAN B., R.; BLUMER, S. 2005. Morfología dos citros. pp. 105 – 123. *In: Citros*. DIRCEU, J. M.; DE NIGRI, J. D.; PIO R. M.; POMPEU, J. J (eds.). Ed. FAPESP. Centro APTA Citros Sylvio Moreira. SP. Brasil.
- QUIJANO, O.; JIMÉNEZ, O.; MATHEUS, M.; MONTEVERDE, E. 2002. Evaluación de limero Tahiti sobre 10 portainjertos en la planicie de Maracaibo. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)* 19: 173-184.
- REED H., S.; HIRANO, H. 1931. The density of stomata in citrus leaves. *Journal of Agricultural Research* 43: 209-222.
- REYES S., M. I.; VILLEGAS M., A.; COLINAS L., M. T.; CALDERÓN Z., G. 2000. Peso específico, contenido de proteína y de clorofila en hojas de naranjo y tangerino. *Agrociencia* 34: 49-55.
- RUSSIAN L., T. 1996. Comportamiento de lima (*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle) cv. Tahiti sobre diez patrones diferentes en el municipio autónomo Mara del estado Zulia. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* Alcance 50: 65-71.
- STUCHI E. S.; DONADIO L., C.; SEMPIONATO, O. R. 2003. Performance of Tahiti lime on *Poncirus trifoliata* var. monstrosa Flying Dragon in four densities. *Fruits* 58: 13-17.
- WEEB, A. A. R.; BAKER, A. J. 2002. Stomatal biology: New techniques, new challenges. *New Phytologist* 153: 365-370.
- WEYERS, B. D. A.; MEIDNER, H. 1990. *Methods in Stomatal Research*. Ed. Longman Scientific and Technical. New York. U. S. A. 233 p.