



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

ESTOMAS EN HOJAS Y ANATOMÍA DE XILEMA EN TALLO DE LIMA PERSA EN DIFERENTES PORTAINJERTOS

RAUL BERDEJA ARBEU

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2009

La presente tesis, Titulada: **Estomas en hojas y anatomía de xilema en tallo de lima Persa en diferentes portainjertos**, realizada por el alumno: **Raul Berdeja Arbeu**, con la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS
RECURSOS GÉNETICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO _____

DR. ÁNGEL VILLEGAS MONTER

ASESORA _____

DRA. AMPARO BORJA DE LA ROSA

ASESORA _____

DRA. LUCERO DEL MAR RUIZ POSADAS

ASESORA _____

DRA. M. TERESA COLINAS LEÓN

ASESOR _____

DR. JAIME SAHAGÚN CASTELLANOS

Montecillo, Texcoco, México, Febrero de 2009.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico brindado para la realización de mis estudios de doctorado.

Al Colegio de Postgraduados

Al Campo Experimental del INIFAP, Ixtacuaco, Tlapacoyan, Veracruz. Por el material vegetativo aportado para la investigación.

Deseo expresar mi amistad, pero sobre todo lealtad a al Consejo Particular, por la ayuda incondicional en los estudios de doctorado.

Al Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.

Al M. C. Jorge Valdez Carrasco

A Don Francisco López Cuevas

A todas las personas que colaboraron en la realización de esta tesis

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a:

A mis padres, Irma Arbeu Rodríguez y Raul Berdeja Parra.

Para mis hermanos, Antonio, Irma y Lupita; a mi sobrino José Eduardo y cuñado Alan.

A mi novia Araceli y Familia Lara Villalobos.

A mis abuelos, primos y tíos.

Y amigos.

NO CLAUDIQUES

Si en la lucha el destino te derriba
Si todo en tu camino se hace cuesta arriba
Si tu sonrisa en ansia insatisfecha
Si hay faena excesiva y vil cosecha
Si a tu caudal se contraponen diques,
Date una tregua, ¡pero no claudiques!

Rudyard Kipling

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
SUMMARY	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Hipótesis	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Estadísticas de cítricos	3
2.2. Historia del uso de portainjertos	4
2.3. Efecto de los portainjertos en el injerto	5
2.3.1. Contenido nutrimental en hoja	5
2.3.2. Vigor del injerto	6
2.3.3. Rendimiento de fruta	8
2.3.4. Calidad de fruta	9
2.3.5. Raíces	9
2.3.6. Estomas	10
2.3.7. Xilema	12

3. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Localización	16
3.2. Características estomáticas en hojas de lima 'Persa' y en 11 portainjertos cítricos	17
3.2.1. Material vegetal	17
3.2.2. Variables evaluadas	19
3.2.3. Diseño experimental	20
3.3. Anatomía de xilema secundario en tallo de lima 'Persa' en seis portainjertos cítricos	21
3.3.1. Material vegetal	21
3.3.2. Variables evaluadas	22
3.3.3. Diseño experimental	23
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. Características estomáticas en hojas de lima 'Persa' en 11 portainjertos cítricos	25
4.1.1. Estomas	25
4.1.2. Área foliar y peso específico de hoja	31
4.1.3. Vigor de árboles	32
4.1.4. Correlaciones	36
4.2. Anatomía de xilema secundario en tallo de lima 'Persa' en seis portainjertos cítricos	38
4.2.1. Descripción anatómica de madera en portainjertos	38
4.2.2. Descripción anatómica de madera en lima 'Persa'	40

4.2.3 Xilema de portainjertos	43
4.2.4. Xilema de lima 'Persa'	48
4.2.5. Vigor de árboles	53
4.2.6. Correlaciones	55
5. CONCLUSIONES	58
6. BIBLIOGRAFÍA	60

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Principales países productores de cítricos en el mundo (FAO, 2007).	3
Cuadro 2. Principales especies de cítricos cultivadas en México.	4
Cuadro 3. Comportamiento de 11 portainjertos a las principales enfermedades presentes en México. Ixtacuaco, Veracruz, 2006.	18
Cuadro 4. Comportamiento de seis portainjertos a las principales enfermedades presentes en México. Ixtacuaco, Veracruz, 2007.	21
Cuadro 5. Comparación de medias para número de estomas por mm ² (NE), número de células epidérmicas por mm ² (NCE), índice estomático (IE) y longitud de estomas (LE), de lima 'Persa' injertada en 11 portainjertos. Ixtacuaco, Veracruz. 2006.	30
Cuadro 6. Comparación de medias para área foliar (AF) y peso específico de hoja (PEH) de lima 'Persa' injertada en 11 portainjertos. Ixtacuaco, Veracruz, 2006.	32
Cuadro 7. Comparación de medias para altura de árbol (AA), diámetro de copa (DC), diámetro de tallo del portainjerto (DTP) y diámetro del tallo del injerto (DTI) en lima 'Persa', injertada en 11 portainjertos, Ixtacuaco, Veracruz, 2006.	35
Cuadro 8. Coeficientes de correlación entre las variables evaluadas en lima 'Persa' injertada en 11 portainjertos. Ixtacuaco, Veracruz, 2006.	37

Cuadro 9. Comparación de medias para longitud de vasos (LV), diámetro de vasos (DV), longitud de fibras (LF), longitud de rayos (LR) y ancho de rayos (AR) del xilema secundario de tallos de seis portainjertos de cítricos. Ixtacuaco, Veracruz. 2007.	45
Cuadro 10. Comparación de medias para número de vasos (NV), diámetro radial de vasos (DRV), diámetro tangencial de vasos (DTV), ancho de rayos (AR) e índice de vulnerabilidad (IV) en xilema secundario de tallos de seis portainjertos cítricos. Ixtacuaco, Veracruz. 2007.	48
Cuadro 11. Efecto del portainjerto en la longitud de vasos (LV), diámetro de vasos (DV), longitud de fibras (LF), longitud de rayo (LR) y ancho de rayos (AR) en xilema secundario de lima 'Persa'. Ixtacuaco, Veracruz. 2007.	50
Cuadro 12. Efecto del portainjerto en el número de vasos (NV), diámetro radial de vasos (DRV) , diámetro tangencial de vaso (DTV), ancho de rayos (AR) e índice de vulnerabilidad (IV) en xilema secundario de lima 'Persa'. Ixtacuaco, Veracruz. 2007.	53
Cuadro 13. Comparación de medias para altura de planta (AP), diámetro de tallo de portainjerto (DTP) y de lima 'Persa' (DTI), injertada en seis portainjertos. Ixtacuaco, Veracruz. 2007.	54
Cuadro 14. Coeficientes de correlación entre las variables evaluadas en seis portainjertos cítricos. Ixtacuaco, Veracruz. 2007.	56
Cuadro 15. Coeficientes de correlación entre las variables evaluadas en lima 'Persa' en seis portainjertos cítricos. Ixtacuaco, Veracruz. 2007.	57

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Promedio de temperatura y precipitación en Tlapacoyan, Veracruz.	16
Figura 2. (A-B). Estomas en hojas de lima 'Persa'.	26
Figura 3. (A-F). Corte transversal de tallo en seis portainjertos cítricos.	39
Figura 4. (A-F). Disociados de lima Persa en portainjertos cítricos.	41
Figura 5 (A-F). Corte transversal de tallo en lima Persa en seis portainjertos cítricos.	42

ESTOMAS EN HOJAS Y ANATOMÍA DE XILEMA EN TALLO DE LIMA PERSA EN DIFERENTES PORTAINJERTOS

Raul Berdeja Arbeu, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2009.

RESUMEN

En cítricos existen pocos trabajos en donde se estudia el efecto de los portainjertos en las características estomáticas en hojas de lima 'Persa' y anatomía de xilema de los portainjertos y lima 'Persa' y su correlación con vigor de planta, por lo que se realizaron dos experimentos. En el primero se estudió la combinación lima 'Persa' en 11 portainjertos cítricos (citranges 'C32', 'C35', 'Benton', 'Carrizo', 'Florida' y 'Morton', los mandarinos 'Amblicarpa' y 'Cleopatra', limón 'Volkameriano', 'Flying Dragon' y naranjo 'Agrio' como testigo), los portainjertos modificaron el número de estomas (287 hasta 331 por mm²), células epidérmicas (2871 a 2269 por mm²), índice estomático (8.95 a 9.86) y tamaño de estomas (23.24 a 25.95 μm) y presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$). Aún cuando los portainjertos afectaron el número y tamaño de estomas, estas variables no se correlacionaron con el vigor de las plantas. En el segundo se analizó la interacción de lima 'Persa' con seis portainjertos (limón 'Volkameriano', mandarinos 'Amblicarpa' y 'Cleopatra', citranges 'Carrizo' y 'C35' y naranjo 'Agrio' como testigo), el xilema de lima 'Persa' presentó vasos múltiples y solitarios, rayos, fibras y parénquima paratraqueal vasicéntrico, lima 'Persa' en los distintos portainjertos mostró diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$). La longitud de vaso osciló entre 129.78 y 240.62 μm, diámetro de vaso de 73.99 a 111.94 μm, longitud de fibra de 183.48 a 861.73 μm, número de vasos por mm² de 8.54 a 19.26. Con base en los resultados obtenidos se concluye que la interacción de lima 'Persa' con los diferentes portainjertos modifica las características de estomas en hojas y células del xilema secundario del injerto y portainjerto.

Palabras clave: *Citrus latifolia*, portainjertos, estomas, anatomía de xilema, desarrollo.

STOMATA IN LEAVES AND XYLEM FROM STEM, IN LIME 'PERSA' IN DIFFERENT ROOTSTOCKS

Raul Berdeja Arbeu, Dr,
Colegio de Postgraduados, 2009.

SUMMARY

There are few studies related to the effect of the rootstock in stomata of lime 'Persa' and xylem anatomy in the scion and if there is a correlation of these characteristics with plant vigor, so two experiments were undertaken. In the first one, the combination of 'Persa' lime in 11 rootstocks (citranges 'C32', 'C35', 'Benton', 'Carrizo', 'Florida' and 'Morton', the mandarins 'Amblicarpa' and 'Cleopatra', lemon 'Volkamerian', 'Flying Dragon' and 'Sour' orange which was considered as the control), the rootstocks modified stomata number (from 287 up to 331 per mm²), epidermal cells number (2871 to 2269 per mm²), stomata index (8.95 to 9.86) and size of stomata (23.24 to 25.95µm) showing significant statistical differences ($P \leq 0.05$). Even though the rootstocks affected number and size of stomata these variables were not correlated with plant vigor. In the second one, the interaction of lime 'Persa' in six rootstocks ('Volkamerian' lemon, 'Amblicarpa' mandarin, 'Cleopatra' mandarin, citrange 'Carrizo', and 'C35' and 'Sour' orange as the control), 'Persa' lime in the different rootstocks showed multiple and single vases, rays, fibers and paratraqueal vasicentral parenchyma. 'Persa' lime in the different rootstocks showed significant statistical differences ($P \leq 0.05$). Vase length varied from 12 µm 9.78 and 240.62, vase diameter from 3.99 to 111.94 µm, fiber length from 183.48 to 861.73 µm, number of vases per mm² from 8.54 to 19.26. On the basis of the results obtained it is concluded that the grafting technique of 'Persa' lime in the different rootstocks modify stomata characteristics in leaves and secondary xylem cells in the scion.

Additional index words: *Citrus latifolia*, rootstocks, stomata, xylem anatomy, development.

1. INTRODUCCIÓN

Durante 2006, en México se cultivaron 529,235 ha con cítricos, las principales variedades son naranjos, limas, mandarinos y pomelos (SIACON, 2006). El consumo per capita al año de cítricos en fresco y procesado es de 58 kg. El estado de Veracruz representa casi el 50 % de la citricultura nacional, con 50 mil productores, 32 mil empleos directos y 97 mil indirectos, con derrama económica de tres mil 832 millones de pesos (SAGARPA, 2007).

Actualmente, la citricultura nacional enfrenta grandes retos, bajos rendimientos de fruta, problemas de comercialización, plagas y enfermedades, financiamiento limitado con interés alto, entre otros. En México se cultivan 65,685 ha de cítricos con portainjertos tolerantes al virus de la tristeza de los cítricos (VTC) y el resto con naranjo 'Agrio' (*Citrus aurantium* L.) (SAGARPA, 2005). Este portainjerto fue el más utilizado en el mundo porque induce buenos crecimientos en las variedades injertadas, altos rendimientos y calidad de fruta, pero es susceptible al VTC cuando está injertado con naranjo dulce (*Citrus sinensis* L.), pomelo (*C. paradisi* Macf.) mandarino (*C. reticulata* Blanco) y lima 'Persa' (*C. latifolia* Tan.). Esta enfermedad ha ocasionado la muerte de millones de árboles en todo el mundo (Fang *et al.*, 1998). Por esta razón en las zonas productoras de cítricos ha sido sustituido por portainjertos tolerantes a la enfermedad.

Existen pocos trabajos en lima 'Persa' en donde estudien los efectos de los portainjertos en las características estomáticas de las hojas (número de estomas, número de células epidérmicas, índice estomático y tamaño de estoma) y anatomía de xilema en tallo del injerto y portainjerto (número de vasos, diámetros de vasos, longitud de vasos, fibras y rayos) que además correlacionen estas características con el vigor de la planta, por lo que se realizó el presente trabajo con los objetivos siguientes.

1.1. OBJETIVOS

Cuantificar el número de estomas, células epidérmicas, índice estomático y tamaño de estomas de lima 'Persa' injertada en 11 portainjertos.

Evaluar el vigor de lima 'Persa' en 11 portainjertos.

Analizar el xilema secundario de tallo en seis portainjertos de cítricos.

Estudiar el efecto que tiene la interacción injerto-portainjerto en la anatomía de xilema secundario en lima 'Persa'.

1.2. HIPÓTESIS

La interacción injerto-portainjertos no modifican las características estomáticas en hojas de lima 'Persa'.

La anatomía de xilema secundario en el injerto y portainjerto no se afecta por la interacción injerto-portainjerto.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Estadísticas de cítricos

México es el quinto productor de cítricos a escala mundial y el primero en producción de lima 'Persa'. Cabe indicar que en estadísticas que publica la FAO no se hacen diferencia entre limas ácidas, dulces y limones.

Los mayores productores de lima-limones en el mundo son India con 230,000 ha, México con 140,000 ha, China con 63,430 ha, Brasil con 50,400 ha y España 46,500 ha (FAO, 2007). En el Cuadro 1 se muestran los principales países productores de cítricos en el mundo, donde destaca el crecimiento que China ha tenido en los últimos años que lo llevaron a ser el principal productor de cítricos en el mundo.

Cuadro 1. Principales países productores de cítricos en el mundo (FAO, 2007).

País	Superficie (ha)
China	2,008,700
Brasil	915,056
Nigeria	732,000
India	690,100
México	524,000
E. U. A.	376,050

En México se cultivan 529,235.08 ha con cítricos donde destacan naranjo (63.16 %), limón 'Mexicano' (17.46 %) y limón 'Persa' (9.05 %), que entre los tres constituyen el 89.67 % de la superficie nacional (SIACON, 2006) (Cuadro 2). El principal estado productor de cítricos es Veracruz con cerca del 50 % del total (SAGARPA, 2007). Lima

'Persa' representa el 9 % de la superficie plantada con cítricos, y es la tercera especie en importancia por la superficie, pero la primera en exportación de este grupo de frutales.

Cuadro 2. Principales especies de cítricos cultivadas en México.

Variedad	Nombre científico	Superficie (ha)
Naranja	<i>C. sinensis</i>	334,327.9
Limón 'Agrido'	<i>C. aurantifolia</i>	92,395.6
Limón 'Persa'	<i>C. latifolia</i>	47,902.0
Pomelo	<i>C. paradisi</i>	17,465
Mandarina	<i>C. reticulata</i>	15,849.8
Tangerina	<i>C. reticulata</i>	14,119.5
Limón 'Real'	<i>C. limon</i>	2.5
Limón 'Italiano'	<i>C. limon</i>	5706.5
Lima	<i>C. limetta</i>	1,462
Tangelo	<i>C. reticulata x C. paradisi</i>	4.0
Total		529,235.08

Fuente: Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. SAGARPA. 2006.

2.2. Historia del uso de portainjertos

En el año de 1842 en las Islas Azores (frente a la costa de Portugal) se inició el uso de portainjertos debido a que plantas de naranjo de pié franco eran atacadas en raíz y tallo por el hongo *Phytophthora*, por lo que se injertaron en diversos portainjertos, pero con naranjo 'Agrido' (*C. aurantium*) se logró controlar este hongo (Wutscher, 1979).

En un principio los portainjertos se utilizaron como alternativa para controlar *Phytophthora*. Con la aparición del virus de la tristeza de los cítricos en todo el mundo se empezó a diversificar el uso de portainjertos (Citranges, *Poncirus trifoliata*, 'Cleopatra', 'Volkameriano', entre otros) ya que naranjo 'Agrio' injertado con naranjo, lima, mandarino y pomelo es susceptible a esta enfermedad. Con el uso de nuevos portainjertos se observó que si bien son tolerantes a VTC también pueden presentar tolerancia o susceptibilidad de otras enfermedades como xiloporosis, exocortis y psorosis; también son los responsables del desarrollo del injerto, rendimiento y calidad de fruta y adaptación al ambiente (Sonkar *et al.*, 2002; Wutscher, 1979; Castle, 1987). Actualmente enfermedades como huanglongbing, muerte súbita, blight, obligan a los citricultores a considerar más aspectos antes de decidir que portainjerto utilizar.

2.3. Efecto de los portainjertos en el injerto

2.3.1. Contenido nutrimental en hoja

Pérez (2004) en Tecomán, Colima, evaluó 16 portainjertos cítricos, injertados con naranjo 'Valencia'. Encontró que el contenido de nutrimentos en hojas estuvo influenciado por el portainjerto, el mayor contenido de nitrógeno se logró cuando se utilizó 'Rangpur' X trifoliado (3.8 %), fósforo con citrange 'Rus'k (0.38 %), potasio con 'Macrofila' (0.99 %), en calcio con 'Rubidoux' (3.42 %), y Magnesio con 'Sun chu sha' (0.92 %).

Lallan *et al.* (1999) en India estudiaron el efecto de diferentes portainjertos en el contenido nutrimental de *C. aurantifolia*, encontrando los máximos de fósforo con citrange C32 (0.20 %), potasio (1.93 %) y calcio (7.32 %) con lima 'Rangpur Brazilian',

cobre con mandarina 'Cleopatra' (25.3 %), magnesio con limón 'Rugoso' (73.8 ppm) y fierro con 'Troyer Gonicoppal' (259.2 ppm).

Existen otros trabajos que se han realizado en Estados Unidos (Smith *et al.*, 1949 y Fallahi y Rodney, 1992) y Australia (Thornton y Dimsey, 1987) en los que se observa que el contenido de nutrimentos en la hoja depende de la variedad y el portainjerto utilizado. En general, se puede observar que los contenidos nutrimentales en las hojas dependen de la interacción portainjerto-variedad, pero no mencionan si estas diferencias se deben a los materiales utilizados, ambiente o manejo del huerto.

2.3.2. Vigor del injerto

Monteverde *et al.* (1991) mencionan que naranjo en limón 'Volkameriano' obtuvo volumen de copa de 45.5 m³, en 'Cleopatra' 43.4 m³ y en 'Agrio' 29.08 m³. Montilla y Gallardo (1994) al estudiar la interacción injerto portainjerto en naranjo citan que en 'Cleopatra' alcanzó 2.70 m de altura y en 'Volkameriano' 3.25 m; el diámetro de copa en 'Cleopatra' fue de 3.07 m y en 'Volkameriano' 3.49 m. Quijano *et al.* (2002) observaron que lima 'Tahití' injertada en 'Volkameriano' presentó 15.07 m³ en volumen de copa y en Cleopatra 9.60 m³. Figueiredo *et al.* (2002) indican que lima 'Tahití' injertada en 'Volkameriano' tuvo 7.35 m de diámetro de copa y 4.38 de altura, mientras que '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), en 'Carrizo' 2.8 m y en 'Cleopatra' 2.6 m. Medina *et al.* (1980) en México realizaron un estudio con lima 'Persa' en diferentes portainjertos, señalan que en 'Carrizo' presentó mayor volumen de copa con 1.31 m³ y en naranjo 'Agrio' 0.81 m³.

Mademba *et al.* (1999) en Nueva Caledonia, observaron que 'Flying Dragon' reduce volumen de copa de 16.4 m³ a 3.8 en limón 'Lisboa', lima 'Tahití', 'Satsuma', naranjos, pomelos, tangelos y tangores, con respecto a estas variedades injertadas en 'Volkameriano' y 'Troyer'. Forguet *et al.* (1996) en Tucumán citan que el limón (*C. limón*) injertado en 'F. Dragon' logró volumen de copa de 30.45 m³ y en naranjo 'Agrio' 103.11 m³. Cole y McCarty (1982) mencionan que 'F. Dragon' es un portainjerto que reduce el vigor de las variedades injertadas. Stuchi *et al.* (2003) en Brasil evaluaron cuatro densidades de plantación con lima 'Tahití' injertada en 'F. Dragon' (plantas de 66 meses) en sistemas de plantación de 4X1 m la altura de planta fue de 2.24 m; en 4X1.5 m de 2.03 m; en 4X2 m de 2.05 y en 4X2.5 m de 2 m.

Jiménez *et al.* (1982) en Cuba al estudiar la interacción de lima 'Persa' en diferentes portainjertos encontraron que limón 'Volkameriano' logró 57.1 cm de perímetro de tallo y el injerto 55.9 cm; mandarina 'Cleopatra' 49.5 cm y el injerto 50.6 cm; y agrio 44.5 cm y lima 'Persa' 45.8 cm. Montilla y Gallardo (1994) en Venezuela al analizar el crecimiento de naranjo 'Valencia' en diferentes portainjertos señalan que el portainjerto que presentó el diámetro de tallo más vigoroso fue 'Volkameriano' con 36.5 cm, 'Carrizo' con 35.5 cm y 'Cleopatra' con 26.5 cm. Lallan *et al.* (1999) en India mencionan que *C. aurantifolia* en mandarina 'Cleopatra' tiene una relación 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. Bello (1985) en Cuba estudió el crecimiento de *C. paradisi* en naranjo 'Agrio' y mandarina 'Cleopatra', encontró que el perímetro de tallo del portainjerto 'Agrio' fue de 73.18 cm y de 'Cleopatra' 80.45 cm. En general se observó que 'Volkameriano' induce mayor crecimiento en la variedad injertada, pero no mencionan a qué se puede deber la respuesta. Esto hace que 'Volkameriano' sea considerado como portainjerto vigoroso.

2.3.3. Rendimiento de fruta

Wutscher y Shull (1976) en tangelo 'Orlando' injertado en diferentes portainjertos encontraron que el mayor rendimiento de fruto se logró con citrange 'Morton' con 138.1 kg por árbol, 93.7 kg con 'Cleopatra' y de 69 a 91 kg con naranjo 'Agrio' dependiendo de la variedad ('Iwaikan', 'Texas' y 'Taiwanica'). Fallahi *et al.* (1989) en pomelo 'Red Blush' encontraron que los mayores rendimientos se presentaron cuando estaba injertado en 'Volkameriano' 265 kg, en 'Carrizo' 263 kg y en 'Cleopatra' 251 kg. Wutscher y Bistline (1988) en naranjo 'Hamlin' observaron mayores rendimientos por árbol cuando estaba injertado en 'Volkameriano' (73 kg), 125 kg en 'Agrio' y 84 kg en 'Amblicarpa'. Forguet *et al.* (1996) en Tucumán al evaluar limón (*C. limón*) injertado en dos portainjertos encontraron que en 'F. Dragon' presentó $6.5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ y en 'Agrio' $4.2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Stenzel y Neves (2004) en lima 'Tahití' encontraron que la mayor producción de fruta por árbol, ocurrió cuando lima estaba injertada en 'Volkameriano' con 102.3 kg y 98.7 kg en 'Cleopatra'. Mientras que Figueiredo *et al.* (2002) en lima 'Tahití' encontraron que en citrange 'Morton' obtuvo 347 kg de producción acumulada por árbol (1991-1998), 292.1 kg en 'Volkameriano' y 183.1 kg en 'Cleopatra'. Jiménez *et al.* (1982) en Cuba mencionan que lima 'Persa' en 'Volkameriano' obtuvo 65.77 kg de fruto, 53.01 kg en naranjo 'Agrio' y 38.6 kg en 'Cleopatra'.

Mademba *et al.* (1999) en Nueva Caledonia estudiaron combinaciones de variedades de cítricos injertadas en 'F. Dragon' y 'Volkameriano'; lima 'Persa' en 'F. Dragon' logro $4.1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ de fruto, en 'Volkameriano' $1.1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, pero con limón 'Lisboa' injertado en 'F. Dragon' sólo logró $2.5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ y en 'Volkameriano' $1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Limón 'Volkameriano' en general consigue mayor rendimiento de fruta por planta, pero 'F. Dragon' con menor crecimiento del injerto es más eficiente en $\text{kg}\cdot\text{m}^3$.

2.3.4. Calidad de fruta

Mirsa *et al.* (1999) citan que limón (*C. limon*) en naranjo 'Agrio' superó en peso de fruto (164 g), volumen de fruto (171.3 ml), diámetro polar (6.53 cm), diámetro ecuatorial (6.82 cm), grosor de cáscara (3.84 mm) y acidez (5.71 %); a limón en 'Cleopatra', pero esta combinación logró mayor porcentaje de jugo (43.3 %), sólidos solubles totales (7.05 %) y ácido ascórbico (44.76 mg·ml de jugo). Valbuena (1996) en lima 'Persa' injertada en 'Volkameriano' y 'Cleopatra' menciona que las características de frutos (diámetro, peso, % de jugo y ° Brix) dependen del portainjerto que se utilice. Stenzel y Neves (2004) en Brasil injertaron lima 'Tahití' en 'Volkameriano' y 'Cleopatra', en ambos portainjertos no presentó diferencias estadísticas en peso de fruto, relación SST/acidez y porcentaje de jugo; pero en 'Cleopatra' logró mayor porcentaje de SST (7.17 %). En otras variedades también el portainjerto modifica calidad de los frutos como en pomelo (Wutscher y Shull, 1975), naranja (Pérez, 2004) y mandarina (Núñez y Rodríguez, 1981). Es posible que la calidad de fruta en cítricos dependa de la interacción injerto-portainjerto, ambiente, nutrición, riego, podas, raleo, plagas, enfermedades y manejo postcosecha.

2.3.5. Raíces

El sistema radical del árbol depende de muchos factores como la interacción injerto-portainjerto, tipo de suelo, nutrición, riego y densidad de plantación (Atkinson, 1980). Medina *et al.* (1980) al analizar las raíces de ocho portainjertos injertados con lima 'Persa' encontraron que la distribución vertical de raíces menores de 2 mm en profundidades de 0 a 80 cm varió en función de la combinación injerto-portainjerto; las variables que se correlacionaron fueron altura de árbol con profundidad de raíces ($r=0.53$), y volumen total de raíces ($r=0.63$); diámetro de copa con volumen total de

raíces ($r=0.44$); y volumen de copa con volumen total de raíces ($r=0.70$). Neves *et al.* (2004) citan que lima 'Tahití' en citrange 'C13' presentó mayor área de raíces con 324.77 cm^2 y en 'Volkameriano' menor con 114.99 cm^2 . Por otra parte Avilán *et al.* (1986) en portainjertos sin injertar encontraron que limón 'Volkameriano' logró mayor espacio radical explorado (27.03 m^3), seguido de naranjo 'Agrio' (20.27 m^3) y 'Cleopatra' (16.34 m^3).

2.3.6. Estomas

En general, cuando se evalúan portainjertos en cítricos se analiza crecimiento, rendimiento, calidad de fruta, vigor, incidencia de plagas y enfermedades, adaptación al medio y contenidos de elementos minerales en hojas del injerto. Sin embargo, pocos trabajos han considerado el efecto del portainjerto en las características de las hojas. Tomando en cuenta que los estomas son los puertos de comunicación entre el interior de la planta y la atmósfera, y que a través de ellos se realiza el intercambio gaseoso, resulta de suma importancia conocer si el portainjerto promueve cambios en el índice estomático, en la frecuencia, tamaño y número de estomas. Y si esto afecta el crecimiento y rendimiento de la planta.

Cañizares *et al.* (2003) estudiaron las características estomáticas en hojas de árboles de lima 'Persa' injertados en ocho portainjertos, encontraron que las hojas son anfiestomáticas, el tipo de estomas es aniscítico, el número de estomas osciló entre 39.7 (injertada en 'Troyer') y 88.9 (injertada en Citrumelo 'Swingle') en un cuerpo de 400X y el índice estomático de 0.4 a 18.5. Prasad y Renkha (1996) al analizar diferentes clones de lima (*C. aurantifolia*) encontraron que la frecuencia de estomas osciló de 177 a 315 estomas por mm^2 y área foliar se modificaron dependiendo de la

accesión utilizada. En cítricos, la posición de la hoja en la rama afecta el tamaño de estoma y la frecuencia estomática; en limón, conforme aumenta el área foliar aumenta el número de estomas y la longitud de estoma decrece (Reed e Hirano, 1931).

Hirano (1931) estudió estomas en hojas de limón 'Eureka' (*C. limón*), menciona que el número de estomas decrece conforme aumenta la latitud; en Calexico, E.U. con latitud N de 32° 51', tiene 555 estomas por mm² y en Berkeley con 37° 54' de LN, 480 estomas por mm², resultados similares observó en naranjos, pomelos y mandarinos.

Costa *et al.* (2004) estudiaron híbridos somáticos obtenidos por fusión de protoplastos, sin injertar y encontraron, que el tamaño de estoma fue de 20 µm en mandarina 'Cleopatra', de 25 µm en el híbrido mandarina 'Cleopatra' X limón 'Volkameriano' y 20 µm en limón 'Volkameriano'; el número de estomas por área foliar en 'Cleopatra' fue de 700, híbrido 'Cleopatra' X 'Volkameriano' 360 y 'Volkameriano' 880 por mm².

Prasad (1983) estudió número de estomas en hojas de portainjertos y encontró valores de 34.42 a 66.73 estomas en un campo de 40X 10X. El número de estomas se afecta por luz, en hojas de naranjo 'Shamouti' que crecieron en sombra la frecuencia de estomas fue de 412 y en sol 531 por mm² (Erickson, 1968).

En otros frutales se ha observado que la injertación modifica el número de estomas como lo encontraron Parés *et al.* (2004) en hojas de guanábano injertados y sin injertar donde, *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 altitud (Olmez *et al.*, 2006), salinidad (Hepaksoy *et al.*, 2002), latitud (Erickson, 1968) y lugar de muestreo en hoja en cítricos (Reed y Hirano, 1931). Pathak *et al.* (1976) en portainjertos de manzano

observaron que los portainjertos más vigorosos presentaron mayor número de estomas (11.5 en un campo de 100X 12.5X) y los menos vigorosos menor número de estomas (5.8 en un campo de 100X 12.5X).

2.3.7. Xilema

El xilema en las angiospermas es el tejido conductor de agua y nutrientes de la raíz a la copa en los árboles, las células especializadas en mover las sustancias son los elementos de vasos (Alóni y Zimmerman, 1983).

Existen trabajos en los cuales se menciona que el xilema de las plantas depende de factores como especie (Moya *et al.* 2002), injertación (Cañizares *et al.* 2003), ambiente (Noshiro y Baas, 2000) y enfermedades (Vasconcellos y Castle, 1994).

Cañizares *et al.* (2005) en lima 'Persa' injertada en *C. volkameriana* estudiaron la anatomía de tallo del injerto, el xilema y el floema secundarios se disponen en anillos continuos, la médula se redujo considerablemente pero no mencionan en que porcentaje. Durante la transición entre el crecimiento primario y secundario del tallo se desarrollaron fibras a partir del parénquima xilemático, por lo que hubo predominio de estas células en el secundario.

Schneider (1968) en cítricos describió el xilema, encontró que los poros son difusos, el xilema tiene rayos, vasos, células de parénquima, fibras y cristales, señala además que dependiendo de la estación de crecimiento la anatomía varía. Los vasos están libres de tiosis y cuando están heridos presentan goma.

Moya *et al.* (2002) en un estudio de xilema en portainjertos cítricos de dos años y el injerto de un año encontraron que plantas de mandarina 'Cleopatra' sin injertar mostraron 66 vasos por mm^2 y con tratamientos de NaCl en la solución del suelo 72

vasos; 'Cleopatra' en 'Carrizo' con aplicación de NaCl, en la zona de 'Carrizo' 102 vasos y en 'Cleopatra' 92 vasos; el portainjerto 'Carrizo' 105 vasos y con aplicación de NaCl 111 vasos; cuando se injertó 'Carrizo' en 'Cleopatra' con NaCl, en la zona de 'Carrizo' 97 vasos y en 'Cleopatra' 73 vasos. En otros frutales se ha observado un comportamiento similar Olmstead *et al.* (2006) en *Prunus* encontraron que árboles de 'Gi5', 'Gi6' y 'F12/1' sin injertar mostraron 140, 160 y 130 vasos por mm²; mientras que cuando estaba injertado 'Gi5' en 'Gi5' en la zona del injerto tuvo 60 vasos y el portainjerto 80 vasos; 'Gi6' en 'Gi6' en la zona del injerto 40 vasos y en el portainjerto 70; Rainier en 'F12/1' en el portainjerto 60 vasos y en el injerto 55 vasos; 'Rainier' injertado en 'Gi5' en el portainjerto 40 vasos y en el injerto 90 vasos, las plantas empleadas como portainjertos sin injertar mostraron mayor número de vasos por mm².

Por otra parte, Goncalves *et al.* (2007) en *Prunus avium* estudiaron la estructura del xilema en raíces y tallos de portainjertos y en tallo del injerto, mencionan que el diámetro de vasos en las raíces osciló de 16.1 a 46.2 µm y el número de vasos por mm² de 164.2 a 1098.4, dependiendo del portainjerto y el grosor de raíz (menores de 2 mm, 2 a 5 mm y mayores de 5 mm). El diámetro de vasos en los tallos de los portainjertos fue de 18.6 a 29.6 µm, y la frecuencia de vasos de 218.9 a 460.5. Cuando se injerto *Prunus avium* 'Van', en 5 portainjertos, el diámetro de vasos osciló de 13.4 ('Van' injertado en CAB11E) a 14.8 µm ('Van' injertado en *P. avium*) y frecuencia de vasos de 457.7 ('Van' en 'Maxima 14') a 605.8 ('Van' en 'CAB11E').

Carlquist (1977) al estudiar los factores ecológicos de la evolución de la madera, señala que el número de vasos por mm², diámetros de vasos y longitud de vasos dependen de la especie y se correlacionan con el habitat.

Noshiro y Baas (2000) en *Cornus S. L.* (Cornacea) encontraron correlaciones positivas (al aumentar una variable incrementa la otra) y negativas (al disminuir una variable aumenta otra) entre altura de planta con largo de vaso ($r=0.392$) y diámetro tangencial de vaso ($r=-0.104$); diámetro de tallo con largo de vaso ($r=0.271$), largo de fibras ($r=-0.302$) y diámetro tangencial de vaso ($r=0.437$); latitud con largo de vaso ($r=-0.248$); rango anual de temperatura con largo de vaso ($r=-0.394$); precipitación con largo de vaso ($r=0.268$); y largo de vasos con vasos por mm^2 ($r=0.410$).

Denne y Whitbread (1978) en *Fraxinus excelsior*, al analizar la variación del largo de fibras, citan que éstas se ven afectadas por el lugar donde crecieron, en madera tardía o temprana.

Las enfermedades también modifican las características del xilema como lo han encontrado Vasconcellos y Castle (1994) al evaluar la anatomía del xilema en plantas sanas y enfermas con blight en pomelo (*C. paradisi*) en diferentes portainjertos, mencionan que en limón 'Rugoso' tiene 15.7 vasos por mm^2 , en naranjo 'Agrio' 15.3, en mandarino 'Cleopatra' 14.1 y en citrange 'Carrizo' 19.6; en los portainjertos los vasos por mm^2 fue de 23.2 en limón 'Rugoso', 17.3 en naranjo 'Agrio', 17.1 en mandarino 'Cleopatra' y 25.1 en Citrange 'Carrizo'; en plantas enfermas con blight aumentaron el número de vasos por mm^2 . Brlansky *et al.* (1985) mencionan que en cítricos, blight, tristeza, psorosis A, concave gum y stubborn ocasionan taponamientos de xilema. Rodríguez *et al.* (1989) encontraron que tallos de naranjo Dulce atacado por *Ustulina deusta* (este hongo crece intracelularmente en los vasos y parénquima vertical y radial del xilema), se forman precipitados que pudieran ser polisacáridos.

Las características del xilema varían dependiendo de la especie, la interacción injerto-portainjerto-ambiente. Sin embargo, existen pocos trabajos en los cuales se mencione como afectan las dimensiones de las células del xilema el desarrollo del árbol.

Las plantas para vivir necesitan suficiente agua que sea absorbida por la raíz y llegue a la copa de los árboles. La deficiencia en transporte de agua en árboles es ocasionado por la cavitación que es la formación de un hueco lleno de gas en el interior de un líquido en movimiento, y el embolismo es la obstrucción en el flujo de agua (Reyes, 2002).

Se ha observado que vasos con mayor diámetro son más eficientes en el transporte de agua con respecto a los vasos con diámetros menores, pero son más vulnerables a la cavitación (Lens *et al.*, 2003). Sin embargo vasos angostos y abundantes permiten mejor transporte cuando hay vasos no funcionales por cavitación (Carlquist, 1977). En plantas que tienen diámetros de vasos grandes y son sometidas a estrés por sequía, son susceptibles a tener problemas en el flujo de agua (Hargrave *et al.*, 1994).

El índice de vulnerabilidad es una relación entre diámetro de vaso y número de vasos por mm^2 , y estima la seguridad de conducción de agua en los vasos (Carlquist, 1977). Índices de vulnerabilidad bajos tienen movimiento de agua más seguro (Reyes, 2002). Míreles (2005) en portainjertos cítricos observó índices de vulnerabilidad de 3.10 en 'Carrizo', 1.28 en 'Cleopatra' y 1.74 en 'Agrio'; y 3.31 en naranjo 'Valencia'. En razas de aguacate se han reportado índices de vulnerabilidad de 0.6 a 1.4 (Reyes, 2002).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El experimento se desarrolló en el laboratorio de ecofisiología de estomas del Colegio de Postgraduados y en el laboratorio de anatomía de la madera en la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco estado de México. El material vegetal se obtuvo del Campo Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Ixtacuaco, Municipio de Tlapacoyan, Veracruz, con 120 metros de altitud. El lugar presenta clasificación climática Af(m)W''(e), caracterizado como clima cálido-húmedo, con lluvias todo el año (García, 1987), con temperatura media anual arriba de 26 °C y precipitación media anual de 1626 mm (Baquero, 2006). En la Figura 1 se muestra la temperatura y precipitación media mensual.

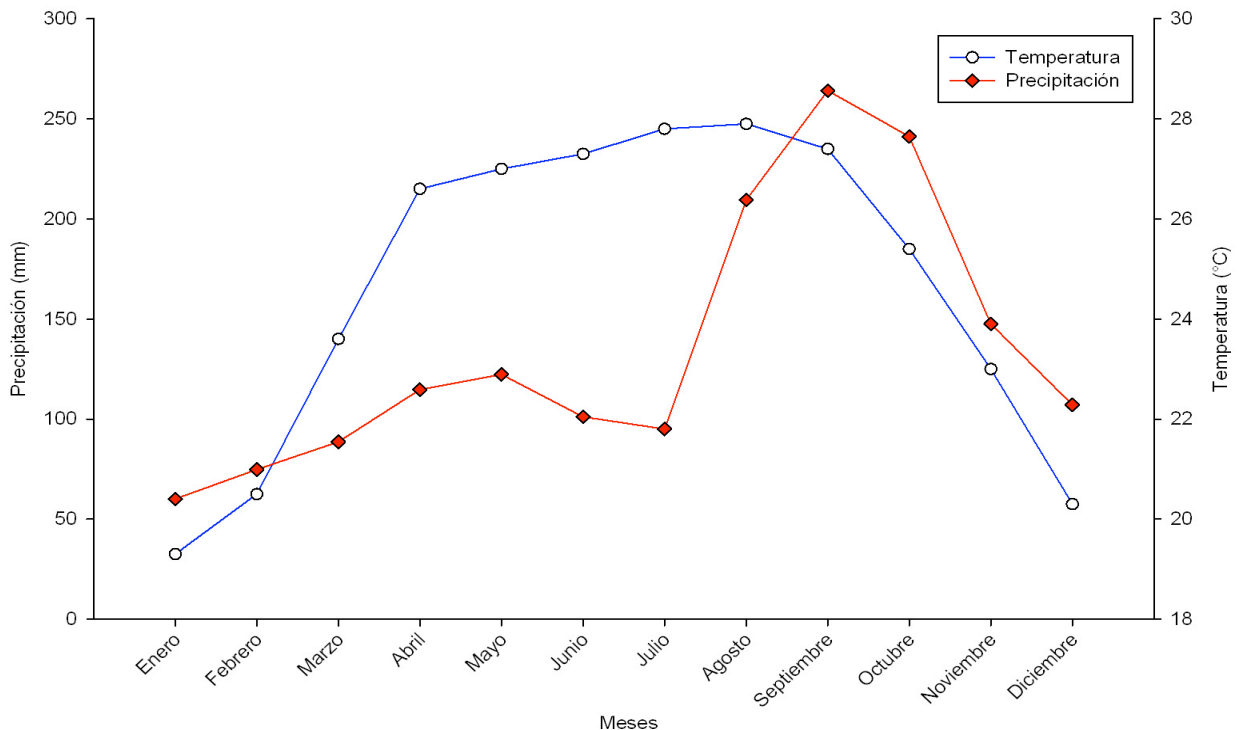


Figura 1. Promedio de temperatura y precipitación en Tlapacoyan, Veracruz. (Anuario estadístico.2007. INEGI.)

3.2. Características estomáticas en hojas de lima 'Persa' en 11 portainjertos cítricos

3.2.1. Material vegetal

Se utilizaron árboles de lima 'Persa' de 5 años, establecidos a 6 x 8 m, injertados en los portainjertos: mandarinos 'Amblicarpa' (*C. amblicarpa* Hort. ex Tan.), y 'Cleopatra' (*C. resnhi* Hort. ex Tan), citranges 'Benton', 'C-32', 'C-35', 'Carrizo', 'Morton' y 'Florida' (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) x (*C. sinensis* L.), 'Flying Dragon' (*P. trifoliata* (L.) Raf.), limón 'Volkameriano' (*C. volkameriana* Ten. & Pasq.) y naranjo 'Agrio' (*C. aurantium* L.). El suelo es de origen aluvial profundo, de textura franco-arenosa y ligeramente ácido. Las principales características de los portainjertos empleados se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Comportamiento de 11 portainjertos a las principales enfermedades presentes en México. Ixtacuaco, Veracruz, 2006.

Portainjerto	Tolerancia a enfermedades ^z					Vigor
	VTC ^y	Phy ^x	Pso ^w	Xil ^v	Exo ^u	
N. 'Agrio'	S ^q	R ^t	R ^l	R ^t	R ^t	V ^q
M. 'Amblycarpa'	R ^q	S ^t	R ^t	R ^t	R ^t	V ^k
L. 'Volkameriano'	R ^q	R ^t	R ^t	R ^t	R ^l	V ^q
C. 'Benton'	R ^s	R ^s	R ^l	R ^l	S ^s	MV ^l
C. 'Carrizo'	R ^s	R ^s	R ^l	R ^l	S ^s	MV ^p
C. 'C35'	R ^s	R ^s	R ^l	R ^l	S ^s	MV ^p
C. 'C32'	R ^s	R ^s	R ^l	R ^l	S ^s	MV ^l
C. 'Morton'	R ^s	R ^s	R ^l	R ^l	S ^s	V ⁿ
C. Florida	R ^s	R ^s	R ^l	R ^l	S ^s	MV ^l
'Flying Dragon'	R ^r	R ^r	R ^r	R ^r	S ^r	PV ^o
M. 'Cleopatra'	R ^t	MR ^t	R ^l	R ^q	R ^r	PV ^p

^zS= Susceptible, R= Resistente, MR= Moderadamente resistente, V= Vigoroso, MV= Moderadamente vigoroso, PV= Poco vigoroso. ^yVirus de la tristeza de los cítricos, ^xPhytophthora, ^wPsorosis, ^vXiloporosis, ^uExocortis. Fuente: (^hWutscher,1979; ^sCameron y Soost, 1986; ^rCole y McCarty, 1982; ^qJiménez *et al.* 1982; ^pLallan *et al.* 1999; ^oMademba *et al.* 1999; ⁿFigueiredo *et al.* 2002; ^mQuijano *et al.* 2002; ^lCastle, 1993; ^kJiménez *et al.* 1990).

3.2.2. Variables evaluadas

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; las hojas se cortaron el 20 de enero de 2006. El área foliar por árbol se determinó en un medidor LI-COR modelo Li-3100. Las hojas se colocaron en una estufa de secado LAB-LINE® por ocho días a 70° C, 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:

PEH= Peso de materia seca de hoja/área foliar

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, Carl Zeiss® con cámara digital para microscopio marca Pxierra® modelo Profesional. El objetivo utilizado fue el 16X, 1.25 óptica intermedia y resolución de 1024 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 que fueron analizados con el programa computacional Image Tool. Se contó el número de estomas y de células epidérmicas por campo, la frecuencia de estomas y células epidérmicas se calcularon mediante el valor del área del campo ocular. El índice estomático (IE) se obtuvo con la fórmula:

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

Donde:

FE= Frecuencia estomática

FCE= Frecuencia de células epidérmicas.

El número de hojas muestreadas fue cuatro por cada unidad experimental.

El dos de enero de 2007 se midió la altura de planta con estadal (m); el diámetro de copa de árbol con cinta métrica (m), con orientación Este-Oeste; y el diámetro de portainjerto-injerto, a 10 cm por arriba y debajo de la unión.

3.2.3. Diseño experimental

Los datos se analizaron con base en un modelo en donde árboles se considero anidado en portainjertos y hojas anidadas en árboles para las variables número de estomas, número de células epidérmicas, índice estomático y tamaño de estoma. Para cada variable se hizo análisis de varianza ($P \leq 0.05$) y para cada par de ellas se calculó su correlación ($P \leq 0.05$).

Las variables estudiadas fueron: número de estomas, número de células epidérmicas, índice estomático, tamaño de estoma, peso específico de hoja, área foliar, diámetro de tronco de portainjerto y cultivar, altura de planta y diámetro de planta. La unidad experimental fue un árbol.

3.3. Anatomía de xilema secundario en tallo de lima 'Persa' y en seis portainjertos cítricos

3.3.1. Material vegetal

Se utilizaron árboles de lima 'Persa' (*Citrus latifolia*) de 6 años, establecidos a 6 x 8 m, injertados en los mandarinos 'Cleopatra' (*Citrus reshni*) y 'Amblicarpa' (*C. amblycarpa*), limón 'Volkameriano' (*C. volkameriana*), citrangeres 'Carrizo' y 'C35' (*C. sinensis* X *P. trifoliata*) y naranjo 'Agrio' (*C. aurantium*). El suelo es de origen aluvial profundo, textura franco-arenosa y ligeramente ácido. Las Características de los portainjertos empleados se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Comportamiento de seis portainjertos a las principales enfermedades presentes en México. Ixtacuaco, Veracruz, 2007.

Portainjerto	Respuesta a enfermedades ^z					Vigor
	VTC ^y	Phy ^x	Pso ^w	Xil ^v	Exo ^u	
N. 'Agrio'	S ^q	R ^t	R ^o	R ^t	R ^t	V ^q
M. 'Amblicarpa'	R ^q	S ^t	R ^t	R ^t	R ^t	V ⁿ
L. 'Volkameriano'	R ^q	R ^t	R ^t	R ^t	R ^o	V ^q
C. 'Carrizo'	R ^s	R ^s	R ^o	R ^o	S ^s	MV ^p
C. 'C35'	R ^s	R ^s	R ^o	R ^o	S ^s	MV ^p
M. 'Cleopatra'	R ^t	MR ^t	R ^o	R ^q	R ^r	PV ^p

^zS= Susceptible, R= Resistente, MR= Moderadamente resistente, V= Vigoroso, MV= Moderadamente vigoroso, PV= Poco vigoroso. ^yVirus de la tristeza de los cítricos, ^xPhytophthora, ^wPsorosis, ^vXiloporosis, ^uExocortis. Fuente:(^tWutscher,1979; ^sCameron y Soost, 1986; ^rCastle, 1987, ^qJiménez et al. 1982; ^pLallan et al. 1999; ^oCastle, 1993; ⁿJiménez et al. 1990).

3.3.2. Variables evaluadas

Se describió la anatomía de la madera con base en las recomendaciones de la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera (IAWA Committee, 1989).

Las variables evaluadas fueron: altura de árbol, diámetro de tallo de portainjerto y de injerto; en corte transversal de tallo: número de vasos por mm^2 , diámetro radial y tangencial de vaso y ancho de rayo; en corte tangencial de tallo: longitud y ancho de rayo; en disociados: longitud de vasos, diámetro de vasos y longitud de fibras. Se muestrearon 6 árboles por tratamiento (injerto y portainjerto) y en el mes de enero de 2007 se midió la altura de planta con un estadal (m) y diámetro de tallo portainjerto-injerto, a 10 cm por arriba y 10 cm debajo de la unión. Para la colecta de madera se tomó 10 cm encima y debajo de la unión del injerto con un sacabocado de 2.5 cm de diámetro se obtuvieron muestras y se guardaron en una solución de glicerina y alcohol 96 % (1:1 v/v). Dos meses después se metieron en un digestor por tiempo de 90 segundos y presión de 1 kg. Las muestras se cortaron a 30 micrómetros en un xilotomo marca Juang®; una vez que se tuvieron los cortes se tiñeron con pardo de bismark (100 ml de alcohol 50 % y un gramo de pardo de bismark) por 24 h. Las muestras se lavaron con agua destilada y se guardaron en alcohol 96 % y glicerina (1:1 v/v). La preparación de las muestras fue de la siguiente manera: los cortes se metieron por 3 minutos en alcohol a 96 %, después en alcohol absoluto por 3 minutos y al final en xilol durante dos segundos. Una vez que se eliminó el exceso de colorante se montaron las preparaciones en portaobjetos con cubreobjetos y se sellaron con resina (entellan®).

Para el disociado de fibras y vasos se obtuvieron de 4 a 6 astillas de 1 a 3 mm de ancho y se les agregó una solución de ácido acético y peróxido de hidrógeno (1:1 v/v) y se metieron en horno marca Riossa® con temperatura de 60 °C por 48 horas.

Posteriormente se pasaron a un vaso de 500 ml y se aforó con agua destilada y se aplicó colorante pardo de Bismark (50 ml), la solución se dejó por una hora para que precipitaran las fibras y vasos y se enjuagaron con agua destilada para eliminar el exceso de colorante. Las preparaciones se montaron en portaobjetos con cubreobjetos y se sellaron con resina (entellan®).

Las preparaciones se observaron en fotomicroscopio III Carl Zeiss® con cámara digital para microscopio marca Pixera® modelo Profesional. El objetivo utilizado fue el 6.3X, 1.25 óptica intermedia y resolución de 1024 x 768. Se utilizó el programa computacional Image Tool®, para realizar las mediciones. El campo se calculó con un portaobjetos que tenía escala milimétrica y fue de 0.898 mm².

Se calculó la relación diámetro radial de vaso y diámetro tangencial de vaso. Y el índice de vulnerabilidad (IV)= DTV/NV en donde DTV es diámetro tangencial de vaso y NV es número de vasos por mm².

3.3.3. Diseño experimental

Los datos se analizaron con base en un modelo en donde árbol se considero anidado en portainjerto, y madera en árbol para las variables número de vasos por mm², diámetro radial-tangencial de vasos y ancho de rayo. Para cada variable se hizo un análisis de varianza ($P \leq 0.05$) y para cada par de ellas se calculó su correlación. Para las variables altura de planta, diámetro de tallo de portainjerto y de injerto se utilizaron seis repeticiones; para número de vasos por mm², diámetro radial-tangencial de vasos y ancho de rayo se utilizaron seis repeticiones, con datos de 180 imágenes por repetición. Para longitud de vasos, diámetro de vasos y longitud de fibras se analizó un árbol con

20 repeticiones (imágenes); Para longitud de rayo y ancho de rayo (corte tangencial) se analizaron 30 imágenes por tratamiento. Se utilizó un árbol como unidad experimental.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características estomáticas en hojas de lima 'Persa' en 11 portainjertos cítricos

4.1.1. Estomas

Los estomas en hojas de lima 'Persa' fueron hipoestomáticos, con presencia en mayor proporción en el envés, en la haz sólo se encontraron en la nervadura principal (Figura 2). Cañizares *et al.* (2003) mencionan que lima 'Persa' tiene estomas anfiestomáticos, estomas en la haz y envés de hoja pero no se señalan las diferencias que se observaron en este trabajo y que son importantes si se considera la transpiración de las plantas. Erickson (1968) en limón 'Eureka' también indica que tiene estomas anfiestomáticos pero tampoco hace la precisión anterior. Sería conveniente en futuros trabajos que los autores consideren lo indicado en esta investigación en el sentido que en la haz de la hoja se observaron estomas y así evitar confusiones.

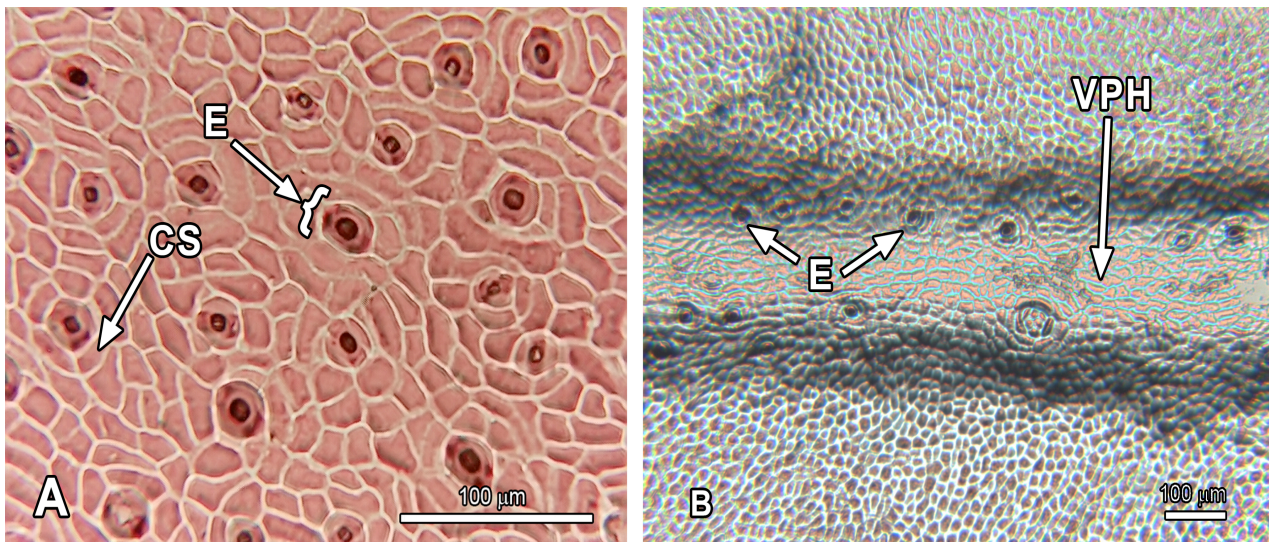


Figura 2 (A-B). Estomas en hojas de lima 'Persa'. A, estomas en envés de hoja de lima 'Persa'; E, estomas; CS, célula subsidiaria. B, estomas en nervadura principal de la haz en hoja de lima 'Persa'. E; estoma; VPH, vaina principal de la haz.

La frecuencia de estomas en hojas de lima 'Persa' mostró diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) por efecto del portainjerto. Naranja 'Agrio' superó estadísticamente a los citrangs 'C35', 'Florida', 'Carrizo', 'C32', 'Benton' y 'Morton' (Cuadro 5). El número de estomas fue de 297 en 'Morton' a 331 en 'Agrio', mientras que Cañizares *et al.* (2003) encontraron en lima 'Persa' valores de 39.7 estomas en lima injertada en 'Troyer' a 86.4 estomas en lima en Citrumelo 'Swingle' en un campo de 400X; razón por la cual no se pueden realizar comparaciones entre ambos trabajos.

Hirano (1931) menciona que *C. aurantium* tiene 414 estomas por mm^2 , *C. aurantifolia*, 326; *C. latifolia*, 375; *C. paradisi*, 532; *C. sinensis*, 402 y *C. nobilis*, 415, pero no se menciona si las plantas están injertadas o no. Prasad (1983) encontró que el número de estomas en un campo de 400X fue de 60 en mandarina 'Cleopatra' y 41 en citrange 'Carrizo'. Prasad y Renkha (1996), al evaluar estomas en hojas de *C. aurantifolia*, encontraron frecuencias de 117 a 315 estomas por mm^2 . Las diferencias en frecuencias estomáticas se pudieron deber al ambiente, como lo sugieren Hirano (1931) y Erickson

(1968), además del portainjerto, tal como se observó en este trabajo. La injertación injerto-portainjerto modifica el número de estomas de la planta; como lo encontraron Parés *et al.* (2004) en hojas de guanábano injertados y sin injertar donde, *A. muricata* presentó 132 estomas por mm² sin injertar y 110 injertado, *A. montana* 124 estomas por mm² en plantas sin injertar y 111 injertado. Considerando los resultados de Parés *et al.* (2004) sería importante conocer el número de estomas de lima 'Persa' sin injertar y de esta forma saber si el efecto del portainjerto fue positivo o negativo para esta variable.

Al analizar el número de estomas entre portainjertos que tienen como progenitor a *Poncirus trifoliata*, se observó que la frecuencia estomática en hojas de lima injertada en 'F. Dragon' sólo difirió estadísticamente de los citranges, 'Benton' y 'Morton' que mostraron números menores. Esto es importante debido que 'F. Dragon' es una variedad botánica de *Poncirus trifoliata* (Forguet *et al.* 1996) y los citranges son cruces de *P. trifoliata* x *C. sinensis* (Wutscher, 1979). Esto sugiere que el progenitor *P. trifoliata* heredó esta característica a los citranges. Con base en los resultados de Costa *et al.* (2004) quienes observaron que el híbrido mandarino 'Cleopatra' x limón 'Volkameriano' presentó menor número de estomas deberíamos conocer el número de *P. trifoliata* para corroborar lo anterior.

Entre los promedios de los números de células epidérmicas de los portainjertos se observaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 5). Lima 'Persa' injertada en naranjo 'Agrio' fue superior a los demás portainjertos y nuevamente citrange 'Morton' fue el que presentó menor número de células epidérmicas. 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 en guanábano (Parés *et al.* 2004). Sin

embargo, es importante conocer el número de células epidérmicas por que además de ayudar a calcular el índice estomático, que refleja el número de estomas por 100 células epidérmicas, sin considerar el área foliar, ayuda a predecir el número de estomas ya que se correlacionan positivamente como se observó en este trabajo.

Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) entre índices estomáticos por efecto del portainjerto en el cual se injertó lima 'Persa' (Cuadro 5). En naranjo 'Agrio' se presentaron más estomas y células epidérmicas pero el índice estomático fue el menor esto sugiere que para que el índice sea mayor se requiere que el número de células epidérmicas sea menor, como sucedió en el caso de 'Morton' que con menor número de estomas tiene mayor índice estomático que naranjo 'Agrio' que fue donde lima 'Persa' presentó mayor número de estomas. Los índices oscilaron entre 8.95 y 9.86; el mayor se observó en las plantas injertadas en mandarino 'Cleopatra'. Cañizares *et al.* (2003) encontraron, en lima 'Persa', índices estomáticos de 18.5 cuando fue injertada en citrange 'Carrizo', de 6.6 en limón 'Volkameriano' y de 4.5 en mandarino 'Cleopatra'. Posiblemente estas diferencias se debieron a la presencia de glándulas de aceite en el envés de las hojas, éstas modifican la distribución y relación de estomas con las células epidérmicas (Cañizares *et al.* 2005). Otro factor que pudo modificar la respuesta fue la latitud, como lo menciona Hirano (1931) quien encontró que en limón 'Eureka' en diferentes latitudes la frecuencia estomática fue de 480 a 555 estomas por mm^2 ; y al modificarse el número de estomas cambia el índice estomático. Aún cuando los factores anteriores son importantes, no debemos olvidar el efecto del portainjerto y se deberá tomar en cuenta con base a las evidencias mostradas en este trabajo.

El tamaño de estomas en lima 'Persa' también fue afectado por el portainjerto, las plantas injertadas en 'Carrizo' presentaron mayor longitud (25.95 μm) y fueron diferentes estadísticamente con 'F. Dragon', limón 'Volkameriano', citranges 'Florida' y 'Morton' ($P \leq 0.05$) (Cuadro 5). Los valores encontrados en este trabajo, están en el rango de 23.24 μm a 25.95 μm . Dado que no se conoce el tamaño de los estomas de lima 'Persa' de pie franco, no podemos saber si el portainjerto afectó positiva o negativamente, por lo que se debe trabajar al respecto. Prasad y Renkha (1996) encontraron longitudes de estomas de 22-23 μm en accesiones de lima 'Mexicana', pero no mencionan si 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 mandarino 'Cleopatra', de 25 μm en el híbrido mandarino 'Cleopatra' X limón 'Volkameriano' y 20 μm en limón 'Volkameriano'.

Cuadro 5. Comparación de medias para número de estomas por mm² (NE), número de células epidérmicas por mm² (NCE), índice estomático (IE) y longitud de estomas (LE), de lima 'Persa' injertada en 11 portainjertos. Ixtacuaco, Veracruz. 2006.

Lima/portainjertos	Variables evaluadas en hojas de lima 'Persa'			
	NE(mm ²)	NCE(mm ²)	IE	LE (µm)
N. 'Agrido'	331.02 a*	3369.88 a	8.95 d	25.23 abc
M. 'Cleopatra'	329.70 ab	3015.10 bc	9.86 a	25.02 abc
'Flying Dragon'	325.89 abc	3066.84 b	9.63 ab	23.24 d
M. 'Amblycarpa'	321.84 abcd	3016.24 bc	9.63 ab	25.07 abc
'Volkameriano'	318.41 abcd	3038.51 b	9.49 bc	24.76 bc
C. 'C-35'	314.00 bcd	3081.60 b	9.23 cd	25.32 abc
C. 'Florida'	312.89 cde	3007.98 bc	9.41 bc	24.19 cd
C. 'Carrizo'	312.24 cde	2921.59 cd	9.65 ab	25.95 a
C. 'C-32'	312.19 cde	3000.77 bc	9.41 bc	25.36 ab
C. 'Benton'	308.33 de	2985.16 bc	9.35 bc	25.30 abc
C. 'Morton'	297.21 e	2871.65 d	9.38 bc	24.63 bc
DMSH	16.44	103.69	0.37	1.15
CV	11.04 %	7.27%	8.36 %	9.84

* Valores con las mismas letras en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$).

DMSH: diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación.

4.1.2. Área foliar y peso específico de hoja

El área foliar de cuatro hojas de lima 'Persa' injertada en citrange 'C32' fue mayor (177 cm²), pero sólo superó estadísticamente al de las plantas injertadas en 'F. Dragon' los demás portainjertos fueron iguales ($P \leq 0.05$) (Cuadro 6). El área foliar varió desde 124.88 hasta 177.38 cm², lo que implica la diferencia de 52.50 cm² (diferente estadísticamente), sería importante conocer la cantidad de fotosíntesis que hacen las plantas en esa superficie y lo que producen de flores, frutos, etc. y de esta forma saber si la prueba estadística corresponde con la diferencia biológica que se está estimando.

Las hojas de lima 'Persa' que se desarrollaron en las plantas injertadas en limón 'Volkameriano', presentaron mayor peso específico de hoja PEH y superaron estadísticamente a los que crecieron en mandarino 'Amblicarpa', citrangeres 'C35', 'Carrizo', 'C32', 'Benton' y 'Morton', pero igual a naranjo 'Agrio', mandarino 'Cleopatra', 'F. Dragon' y 'Florida'. El hecho de no existir un agrupamiento definido de acuerdo con el vigor o al origen de los portainjertos, impide asociar esta característica con otras variables. Estudios realizados por Reyes *et al.* (2000) en naranjos y mandarinos demuestran que existe variación en el PEH de acuerdo con la época de muestreo, que se debería considerar en trabajos posteriores. Los valores obtenidos en lima 'Persa' son similares a los encontrados por Reyes *et al.* (2000) en naranjo 'Valencia' y 'Marsh', así como en mandarino 'Dancy' con 12.23, 11.11 y 10.74 mg·cm⁻², respectivamente. Debido que no existe información en la literatura con relación al efecto del portainjerto en el PEH es necesario continuar estudiando con mayor detalle esta variable y así llegar a conclusiones más objetivas.

Cuadro 6. Comparación de medias para área foliar (AF) y peso específico de hoja (PEH) de lima 'Persa' injertada en 11 portainjertos. Ixtacuaco, Veracruz, 2006.

Lima/Portainjertos	AF (cm ²)	PEH(g·cm ⁻²)
N. 'Agrio'	170.41 a*	0.0117 ab
M. 'Cleopatra'	165.91 a	0.0106 abcd
'Flying Dragon'	124.88 b	0.0116 abc
M. 'Amblycarpa'	172.21 a	0.0100 bcd
L. 'Volkameriano'	146.91 ab	0.0123 a
C. 'C-35'	166.35 a	0.0099 bcd
C. 'Florida'	157.80 a	0.0111 abcd
C. 'Carrizo'	160.92 a	0.0093 d
C. 'C-32'	177.38 a	0.0104 bcd
C. 'Benton'	161.50 a	0.0098 cd
C. 'Morton'	166.35 a	0.0097 d
DMSH	31.74	0.0018
CV	12.93 %	11.258 %

* Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$).

DMSH: diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación.

4.1.3. Vigor de arboles

Los árboles de lima 'Persa' que lograron mayor crecimiento promedio fueron los que se injertaron en citrange 'Florida' (Cuadro 7), pero sólo superó estadísticamente ($P \leq 0.05$) a 'F. Dragon'. El poco crecimiento de lima 'Persa' en 'F. Dragon' se pudo deber, de acuerdo con lo que mencionan Cole y McCarty (1982), a que es un portainjerto que tiene efecto enanizante en las variedades injertadas. Los citranges no presentaron menor vigor posiblemente por que son híbridos de *P. trifoliata* y *C. sinensis*. Otro factor

que afectó el porte de lima en 'F. Dragon' fue la menor área foliar que presentó en comparación con los demás tratamientos (Cuadro 7). Si tomamos en cuenta que un árbol más grande con mayor área foliar puede realizar más fotosíntesis y con esto tener mayor crecimiento ya que la diferencia de altura entre las plantas injertadas en 'F. Dragon' y los demás tratamientos fue como mínimo de 1.58 m.

Lima 'Persa' injertada en citrange 'C32' presentó mayor diámetro de copa, pero sólo superó estadísticamente ($P \leq 0.05$) a limón 'Volkameriano' y a 'F. Dragon', que también mostraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 7). El poco crecimiento de lima 'Persa' en limón 'Volkameriano' se debió a que las raíces de estos árboles fueron atacadas por tuzas (*Geomys* sp.). Cabe indicar que en la zona los productores consideran a este portainjerto el de mayor vigor cuando se injerta con lima. Y se confirma con lo encontrado en la literatura por Figueredo *et al.* (2002) en lima 'Tahiti' injertada en limón 'Volkameriano' presentó 4.38 m en altura de planta y 7.35 m en diámetro de copa; lima injertada en 'Cleopatra' 3.72 m en altura y 5.65 m en diámetro. Quijano *et al.* (2002) en lima 'Tahiti' injertada en limón 'Volkameriano' presentó volumen de copa de 15.07 m³, 9.60 m³ en 'Cleopatra' y 6.10 m³ en 'Carrizo'.

Los portainjertos con mayor diámetro de tallo fueron citrange 'C32' y 'Morton' que superaron estadísticamente a mandarino 'Cleopatra', 'F. Dragon', mandarino 'Amblicarpa' y limón 'Volkameriano' que presentaron los menores valores ($P \leq 0.05$) (Cuadro 7). De acuerdo con la literatura las plantas que tienen mayor diámetro, también son más altas pero este comportamiento no se presentó, por lo que no se deben generalizar las respuestas.

La variedad siempre obtuvo mayor diámetro que el portainjerto, con excepción de 'F. Dragon' donde fue mayor, esta diferencia pudo influir negativamente en la altura de

lima 'Persa'. Las combinaciones que presentaron crecimiento similar de tallo portainjerto-lima 'Persa' ocurrieron en los citrangeros y limón 'Volkameriano' con relación cercana a uno, aún cuando el diámetro de ambos varió de 11.65 hasta 15.27 cm dependiendo de la combinación, lo que implica que el portainjerto y la variedad tuvieron crecimiento similar, aunque se deben seguir evaluando para determinar la tendencia que tienen con los años. (Cuadro 7). Esto es importante ya que no presentaron deformación en la unión del injerto; posiblemente estos árboles lograrán mayores años de producción con respecto a los demás portainjertos. Los valores obtenidos en esta investigación son similares a los indicados por Lallan *et al.* (1999) en India con *C. aurantifolia* donde obtuvo de 0.99 con mandarino 'Cleopatra' hasta 1.25 con 'C32'.

Cuadro 7. Comparación de medias para altura de árbol (AA), diámetro de copa (DC), diámetro de tallo del portainjerto (DTP) y diámetro del tallo del injerto (DTI) en lima 'Persa', injertada en 11 portainjertos, Ixtacuaco, Veracruz, 2006.

Lima/portainjertos	AA (cm)	DC (m)	DTP (cm)	DTI (cm)	Relación p/v
N. 'Agrido'	4.16 a*	3.72 ab	13.20 abc	14.76 a	1.11
M. 'Cleopatra'	4.03 a	3.50 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
M. 'Amblicarpa'	4.23 a	3.16 ab	12.41 bc	15.19 a	1.22
'Volkameriano'	4.01 a	3.03 b	11.65 c	12.09 a	1.03
C. 'C35'	4.02 a	3.58 ab	13.48 abc	13.88 a	1.02
C. 'Florida'	4.42 a	3.65 ab	13.48 abc	13.84 a	1.02
C. 'Carrizo'	4.31 a	3.55 ab	13.92 abc	15.27 a	1.09
C. 'C32'	4.17 a	3.85 a	14.96 a	15.00 a	1.00
C. 'Benton'	4.40 a	3.58 ab	14.20 ab	15.04 a	1.05
C. '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 %	

*Medias con las mismas letras en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH: diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación. p/v= portainjerto/variedad.

4.1.4. Correlaciones

Respecto a la asociación entre variables se encontró que existe correlación significativa ($P \leq 0.05$) entre algunas de ellas (Cuadro 8). Correlaciones positivas, al aumentar el número de estomas incrementa el número de células epidérmicas ($r=0.709$); altura de planta y diámetro de planta ($r=0.874$); altura de planta y diámetro de tallo de portainjerto ($r=0.879$); altura de planta y diámetro de tallo del injerto ($r=0.941$); diámetro de planta y diámetro de tallo de portainjerto ($r=0.943$); diámetro de planta y diámetro de tallo de injerto ($r=0.896$). Correlaciones negativas, al aumentar el número de estomas disminuyó diámetro de tallo de portainjerto ($r=-0.627$) y células epidérmicas con índice estomático ($r=-0.608$).

En aguacate se ha observado un comportamiento similar Barrientos *et al.* (2003) señalan que número de estomas se correlaciona positivamente con número de células epidérmicas ($r=0.89$) y correlación negativa en número de células epidérmicas con índice estomático ($r=-0.449$). En cítricos no existen trabajos en los que se correlacionen variables estomáticas. Álvarez y Rodríguez (1986) indican que en naranjo 'Agrio' injertado con tangelo 'Orlando', presentó correlación positiva en diámetro de tallo del injerto y portainjerto ($r=0.83$). Jiménez *et al.* (1982) mencionan que lima 'Persa' injertada en diferentes portainjertos obtuvo mayor desarrollo en limón Volkameriano con mayor vigor en diámetro de tallo de injerto-portainjerto, diámetro de copa y altura de árbol. Pathak *et al.* (1976) encontraron en portainjertos de manzano que los portainjertos con mayor vigor mostraron más número de estomas, en cítricos no existen datos para confirmar lo anterior.

Cuadro 8. Coeficientes de correlación entre las variables evaluadas en lima 'Persa' injertada en 11 portainjertos. Ixtacuaco, Veracruz, 2006.

	NE	CE	IE	LE	AP	DP	DTP	DTL
NE	1.000	0.709*	0.125	0.306	-0.452	-0.377	-0.627*	-0.321
		0.014	0.712	0.358	0.162	0.252	0.038	0.334
CE		1.000	-0.608	0.275	-0.191	-0.017	-0.251	-0.120
			0.046*	0.423	0.571	0.960	0.456	0.723
IE			1.000	-0.066	-0.252	-0.413	-0.364	-0.205
				0.845	0.453	0.206	0.271	0.543
LE				1.000	0.264	0.331	0.228	0.393
					0.431	0.319	0.499	0.231
AP					1.000	0.874***	0.879***	0.941***
						0.0004	0.0004	0.0001
DP						1.000	0.943***	0.896***
							0.0001	0.0002
DTP							1.000	0.885***
								0.0003
DTL								1.000

* significativo con $P \leq 0.05$, *** significativo con $P \leq 0.001$. NE= número de estomas, CE= células epidérmicas, IE= índice estomático, LE= Longitud de estoma, AP= altura de planta, DP= diámetro de planta, DTP= diámetro de tallo de portainjerto, DTL= diámetro de tallo de lima.

4.2. Anatomía de xilema secundario en tallo de lima 'Persa' en seis portainjertos cítricos

4.2.1. Descripción anatómica de madera en portainjertos

En general los portainjertos presentaron porosidad difusa, el arreglo de vasos fue múltiples y solitarios, con presencia de parénquima paratraqueal vasicéntrico y en bandas confluentes (Figura 3). El número de vasos por mm^2 osciló entre 7.57 y 18.47; diámetro radial de vaso de 46.20 a 74.04 μm ; ancho de rayo de 27.39 a 44.89 μm ; longitud de vaso de 114.37 a 144.32 μm , longitud de fibra de 594.55 a 739.58 μm y longitud de rayo de 205.74 a 287.36 μm .

Aún cuando no existen aspectos generales que puedan ser empleados para caracterizar a los cítricos. Cada portainjerto tiene características particulares que se deben destacar. Así, Limón 'Volkameriano' presentó en mayoría parénquima paratraqueal en bandas confluentes y abundancia en vasos múltiples, con mayor longitud-diámetro de vasos y ancho de rayo (Figura 3A). 'Cleopatra' logro similar número de vasos múltiples y solitarios, con parénquima paratraqueal en bandas confluentes, con menor diámetro de vaso y ancho de rayo (Figura 3B). 'Amblicarpa' principalmente con vasos solitarios y parénquima paratraqueal en bandas confluentes (Figura 3C). 'Agrio' con abundancia de vasos solitarios, parénquima paratraqueal vasicéntrico, con mayor ancho de rayo y menor frecuencia de vasos (Figura 3D). 'Carrizo' con vasos múltiples principalmente, parénquima paratraqueal vasicéntrico, con mayor frecuencia de vasos y menor diámetro radial y tangencial de vaso (Figura 3E). 'C35' con vasos múltiples y solitarios, parénquima paratraqueal en bandas confluentes,

con menor longitud de vaso y rayo, mostró mayor longitud de fibras y ancho de rayo (Figura 3F).

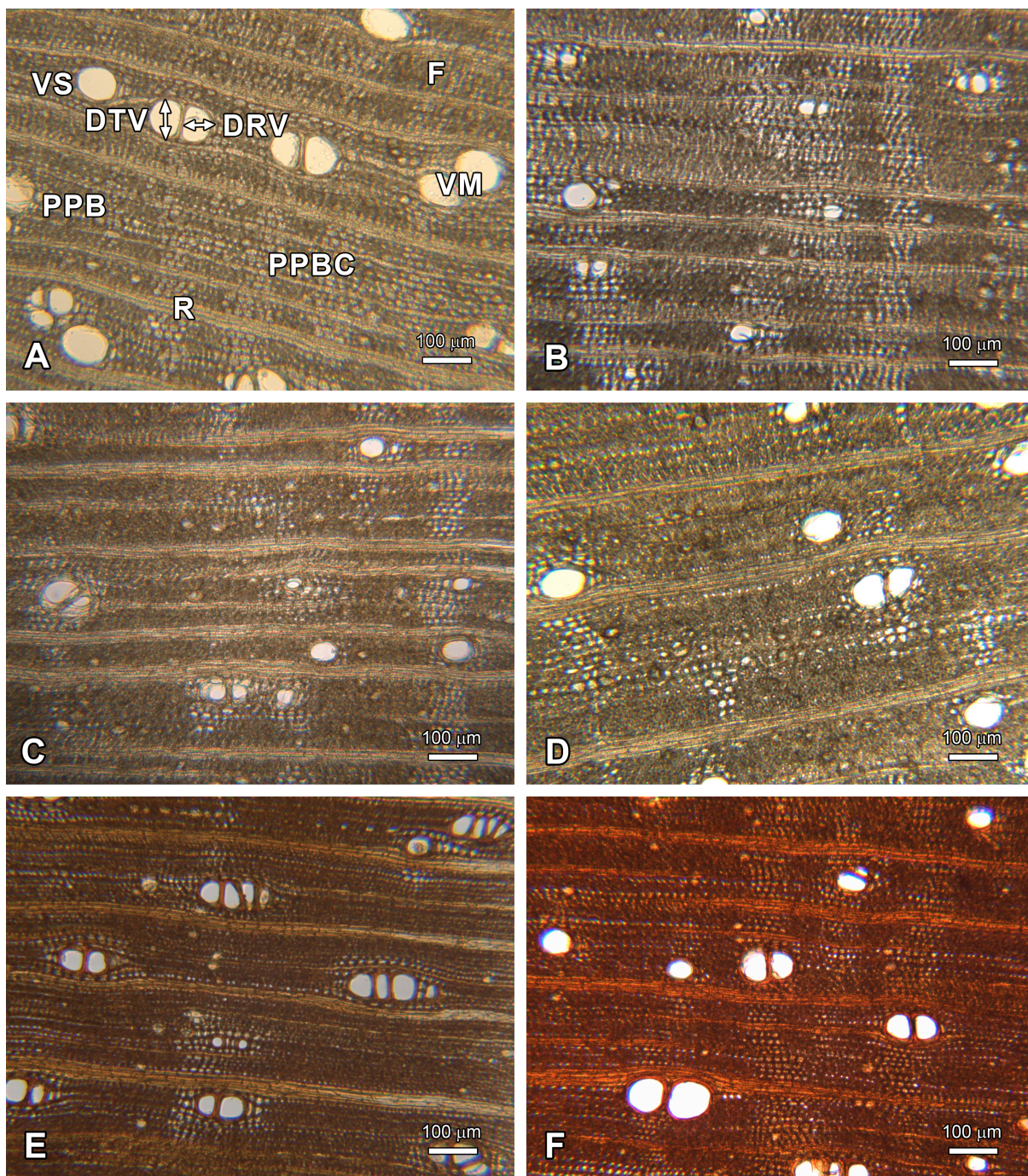


Figura 3 (A-F). Corte transversal de tallo en seis portainjertos cítricos. A, 'Volkameriano'; B, 'Cleopatra'; C, 'Amblicarpa'; D, 'Agrio'; E, 'Carrizo'; F, 'C35'. (VS, vaso solitario; DTV, diámetro tangencial de vaso; DRV, diámetro radial de vaso; F, fibras; R, rayo; VM, vaso múltiple; PPB, parénquima paratraqueal vasicéntrico; PPBC, parénquima paratraqueal en bandas confluentes).

4.2.2. Descripción anatómica de madera en lima 'Persa'

La anatomía de xilema secundario en lima 'Persa' injertada en los diferentes portainjertos tuvo porosidad difusa, con vasos múltiples y solitarios con parénquima paratraqueal vasicéntrico y en bandas confluentes (Figuras 4 y 5) que coincide con la descripción hecha por Schneider (1968). El número de vasos por mm^2 osciló entre 8.54 a 19.26; diámetro radial de vaso de 67.62 a 91.28 μm ; ancho de rayo de 35.88 a 43.74 μm ; longitud de vaso de 129.78 a 240.62 μm , longitud de fibra de 571.74 a 861.73 μm y longitud de rayo de 183.48 a 317.54 μm . Al igual que en los portainjertos, el xilema secundario de lima 'Persa' presentó aspectos particulares de acuerdo al portainjerto donde estaba injertada. En 'Volkameriano' mostró vasos solitarios principalmente (Figura 5A), parénquima paratraqueal vasicéntrico, con mayor longitud de vasos, diámetro radial y tangencial de vasos. En 'Cleopatra' mayor cantidad de vasos solitarios, obtuvo menor diámetro de vasos y ancho de rayos (Figura 5B). 'Amblicarpa' presentó abundancia de vasos múltiples, con menores longitud y diámetro de vasos, longitud de fibras, longitud-ancho de rayo y diámetro radial-tangencial de vasos; presentó mayor frecuencia de vaso y ancho de rayo (Figura 5C). En 'Agrio' presentó vasos múltiples, y menor número de vasos (Figura 5D). Lima en 'Carrizo' presentó vasos múltiples y solitarios, parénquima paratraqueal vasicéntrico (Figura 5E). En 'C35' con vasos múltiples y solitarios, parénquima paratraqueal vasicéntrico y mayor longitud-ancho de rayo (Figura 5F).

No existen trabajos en donde se mencione que características tiene el xilema de lima Persa de pie franco (sin injertar) por lo que no se conoce como el portainjerto modifica el xilema del injerto, sería adecuado estudiar el xilema de lima sin injertar.

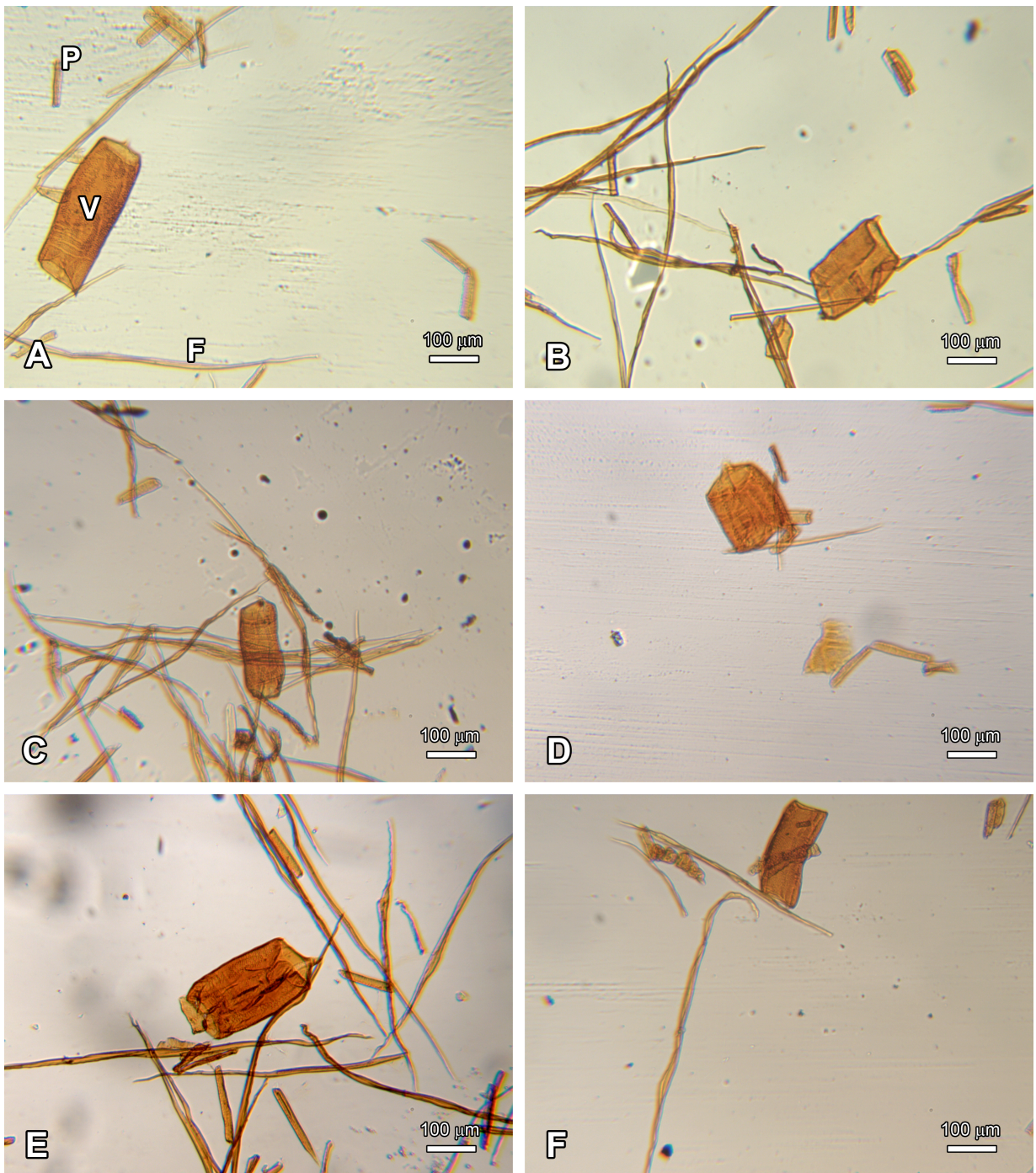


Figura 4(A-F). Disociados de lima 'Persa' en portainjertos cítricos. A, 'Volkameriano'; B, 'Cleopatra'; C, 'Amblicarpa'; D, 'Agrio'; E, 'Carrizo'; F, 'C35'. (V, vaso; F, Fibra; P, parénquima).

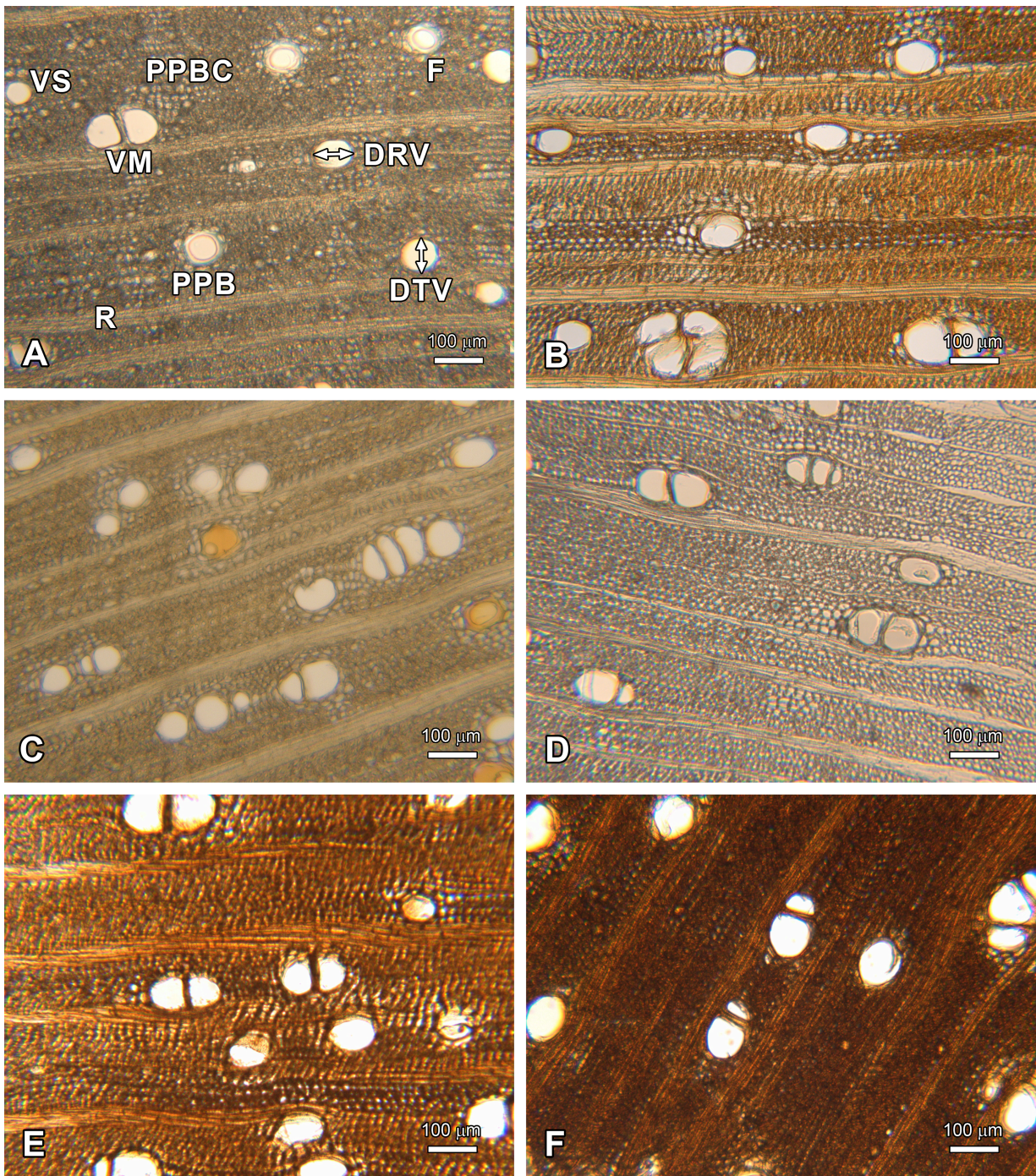


Figura 5 (A-F). Corte transversal de tallo de lima 'Persa' en seis portainjertos cítricos. A, 'Volkameriano'; B, 'Cleopatra'; C, 'Amblicarpa'; D, 'Agrio'; E, 'Carrizo'; F, 'C35'. (VS, vaso solitario; DTV, diámetro tangencial de vaso; DRV, diámetro radial de vaso; F, fibras; R, rayo; VM, vaso múltiple; PPB, parénquima paratraqueal vasicéntrico; PPBC, parénquima paratraqueal en bandas confluentes).

4.2.3. Xilema de portainjertos

No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) en xilema de los portainjertos para largo y diámetro de vasos (Cuadro 9).

Al considerar la respuesta desde el punto de vista biológico, se observó que la mayor longitud de vaso se presentó en 'Volkameriano' (144.32 μm) y la menor en C35 (114.37 μm) con una diferencia de 29.95 μm , esto permite hacer la siguiente pregunta ¿qué efecto tendrá esta distancia en el transporte de agua, nutrientes y reguladores, hacia la parte aérea? y desde luego que impacto tiene en el metabolismo de la planta, en el futuro debemos ser capaces de dar respuesta a esta pregunta. Limón 'Volkameriano' logro el máximo diámetro de vasos (71.72 μm) y el inferior 'Cleopatra' (62 μm) con diferencia de 9.72 μm . Míreles (2005) menciona que 'Carrizo' tiene 78.9 μm de diámetro de vaso y 302.9 μm en longitud de vaso; 'Cleopatra' 30 μm en diámetro de vaso y 180.4 μm en longitud de vaso; y 'Agrio' 61.1 μm en diámetro de vaso y 215.8 μm en longitud de vaso.

Es importante conocer el efecto que tienen estas diferencias en longitud y diámetro de vasos en el transporte de agua, nutrientes y hormonas desde la raíz a la parte aérea. Sin embargo, no existen trabajos que permitan inferir al respecto, por lo que sería conveniente que se realicen trabajos en los cuales se estudie el transporte de agua y se relacione con las características de los vasos. Es probable que los diámetros de vasos en los portainjertos sean los responsables del crecimiento de planta en vivero y desarrollo de tallo del portainjerto ya injertado. Reyes y Ruíz (1984) en Cuba encontraron que el mayor crecimiento en altura de planta de ocho meses lo obtuvo 'Volkameriano' con 120.8 cm, seguido de 'Carrizo' (84.1 cm) y 'Cleopatra' (70.5 cm); limón 'Volkameriano' mostró el diámetro de tallo mayor con 7 mm y los menores 'Carrizo' (4.46 mm) y Cleopatra (3.71 mm). Jiménez *et al.* (1982) en lima 'Persa'

señalan que el portainjerto que obtuvo el perímetro mayor de tallo fue 'Volkameriano' (57.1 cm), seguido de 'Cleopatra' (49.5 cm) y naranjo 'Agrio' (44.5 cm). Montilla y Gallardo (1994) en Venezuela estudiaron el crecimiento de naranjo 'Valencia', el portainjertos que mostró el perímetro mayor fue 'Volkameriano' (36.5 cm), intermedio 'Carrizo' (35.5 cm) y el menor 'Cleopatra' (26.5 cm).

El vigor de los injertos en portainjerto 'Volkameriano' posiblemente se deba a que vasos con diámetros más grandes transportan mayor cantidad de agua y otras sustancias de la raíz a la copa. Lens *et al.* (2003) indica que vasos con mayor diámetro tienen más eficiencia en el transporte de agua. Sin embargo vasos más angostos y abundantes permiten mejor transporte cuando hay vasos no funcionales por cavitación (Carlquist, 1977). Se ha observado en plantas que tienen vasos con diámetros grandes son más susceptibles a tener problemas en el flujo de agua (Hargrave *et al.*, 1994).

La máxima longitud de fibras se logró en 'C35' (739.58 μm), sólo difirieron estadísticamente 'Volkameriano' (594.55 μm) y 'Amblicarpa' (611.54 μm) (Cuadro 9).

Míreles (2005) menciona que el portainjerto Carrizo tiene 941 μm en longitud de fibras, Cleopatra 545.1 μm y Agrio 507 μm . Estas diferencias se pueden deber a la edad de las plantas, la interacción injerto-portainjerto, estación de crecimiento, y otros.

Denne y Whitbread (1978) en *Fraxinus excelsior* señalan que fibras que crecen en madera tardía son más largas con respecto a las que desarrollan en madera temprana.

Noshiro y Baas (2000) en madera de *Cornus controversa* citan que conforme aumenta latitud y temperatura la longitud de fibras disminuye, y a mayor precipitación más longitud de fibras. Posiblemente el árbol al crecer en un ambiente con abundante agua tiene crecimientos vigorosos y fibras más largas proporcionen mayor resistencia mecánica a la madera.

Se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) en longitud y ancho de rayo en los portainjertos (Cuadro 9).

El portainjerto 'Volkameriano' logró mayor longitud de rayos (287.86 μm) y superó estadísticamente ($P \leq 0.05$) a 'Cleopatra' (226.1 μm) y 'C35' (205.74 μm). 'C35' mostró el ancho de rayo máximo (78.61 μm) y superó estadísticamente a los demás portainjertos. Es posible que rayos más grandes muevan más agua, nutrientes y otras sustancias, en sentido transversal, desde el xilema-cambium-floema y corteza, y se presente incremento en crecimiento en el diámetro de tallo del portainjerto.

Cuadro 9. Comparación de medias para longitud de vasos (LV), diámetro de vasos (DV), longitud de fibras (LF), longitud de rayos (LR) y ancho de rayos (AR) del xilema secundario de tallos de seis portainjertos de cítricos. Ixtacuaco, Veracruz. 2007.

Portainjertos	LV (μm)	DV (μm)	LF (μm)	LR (μm)	AR (μm)
L. 'Volkameriano'	144.32 a*	71.72 a	594.55 b	287.36 a	55.38 c
M. 'Cleopatra'	139.13 a	62.00 a	616.97 ab	226.1 b	35.99 d
C. 'Carrizo'	129.43 a	63.30 a	691.10 ab	286.99 a	37.77 d
M. 'Amblicarpa'	121.92 a	71.43 a	611.54 b	286.27 a	69.64 b
N. 'Agrio'	115.99 a	69.33 a	706.78 ab	282.79 a	48.08 c
C. 'C35'	114.37 a	65.00 a	739.58 a	205.74 b	78.61 a
DMSH	34.245	16.516	124.01	48.54	8.68
C.V	29.29	26.83	20.49	24.84	21.51

*valores con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH: diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación.

Existieron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) en el xilema de los portainjertos para las variables número de vasos por mm^2 , diámetro radial y tangencial de vasos y ancho de rayos (Cuadro 10).

El citrange 'Carrizo' mostró 18.47 vasos por mm^2 y superó estadísticamente a los demás portainjertos ($P \leq 0.05$) donde naranjo 'Agrio' fue el de menor número (7.57). Limón 'Volkameriano' logró mayor diámetro radial (74.04 μm) y tangencial de vasos (66.12 μm) y superó estadísticamente ($P \leq 0.05$) a los demás portainjertos. La relación diámetro radial de vaso y diámetro tangencial de vaso más cercano a uno fue con 'C35' (1.10) y mayor con 'Carrizo' (1.31). No se conoce que efecto tiene esta relación en el transporte de agua, por lo que sería adecuado estudiar esta variable dado que es probable que las plantas con vasos más redondos, el transporte sea más eficiente, que en los ovalados.

Por otra parte naranjo 'Agrio' fue el que presentó mayor ancho de rayo con 44.89 μm y obtuvo diferencias estadísticas con los demás portainjertos donde 'Cleopatra' fue el menor ($P \leq 0.05$). El menor índice de vulnerabilidad fue con 'Carrizo' (2.20) y mayor con 'Agrio' (7.07). Con base a lo indicado por Lens *et al.* (2003) es de esperarse que plantas injertadas en limón 'Volkameriano' sean más eficientes en el transporte de agua porque tiene vasos de mayor diámetro, pero también serían más vulnerables a la cavitación. Por otra parte citrange 'Carrizo' al tener valores bajos en índices de vulnerabilidad pudiera ser tolerante a sequía. Índices bajos de vulnerabilidad tienen movimiento de agua más seguro (Reyes, 2002).

Con los resultados obtenidos se puede decir que dependiendo del portainjerto utilizado serán las características de las células del xilema en lima 'Persa'. Donde es claro que la interacción injerto-portainjerto modificó las características de las variables evaluadas.

Moya *et al.* (2002) observaron que 'Cleopatra' sin injertar presentó 66 vasos por mm^2 , y que cuando se le injertó 'Carrizo' presentó 73 vasos el portainjerto. En otros frutales también se menciona que la injertación altera el xilema del portainjerto, Olmstead *et al.* (2006) en portainjertos de *Prunus avium* encontraron que 'Gi5' tuvo 140 vasos por mm^2 , y cuando se injertó con el mismo material 80 vasos en el injerto; 'Gi6' 160 vasos y cuando se injertó la misma variedad 70 vasos; 'F12/1' con 130 vasos y al injertarse 'Gi5' 60 vasos.

Existen estudios en árboles forestales que reportan que la frecuencia de vasos se correlaciona positivamente con latitud y temperatura (Noshiro y Baas, 2000). Algunos autores mencionan que las enfermedades pueden alterar el número de vasos por mm^2 . Vasconcellos y Castle (1994) al analizar la anatomía del xilema en plantas sanas y enfermas con blight en pomelo (*C. paradisi*) en diferentes portainjertos, mencionan que limón 'Rugoso' tiene 23.2 vasos por mm^2 , 17.3 vasos en naranja 'Agrio', 17.1 vasos en mandarina 'Cleopatra' y 25.1 vasos en Citrange 'Carrizo', en plantas enfermas con blight aumentaron el número de vasos por mm^2 . La frecuencia de vasos por mm^2 pudiera ayudar a saber si una planta de cítricos está enferma o sana, pero es importante conocer la edad de los árboles ya que puede afectar la anatomía del xilema.

Cuadro 10. Comparación de medias para número de vasos (NV), diámetro radial de vasos (DRV) , diámetro tangencial de vasos (DTV), ancho de rayos (AR) e índice de vulnerabilidad (IV) en xilema secundario de tallos de seis portainjertos cítricos. Ixtacuaco, Veracruz. 2007.

Portainjertos	NV(mm ²)	DRV (µm)	DTV (µm)	DRV/DTV	AR (µm)	IV
C. 'Carrizo'	18.47 a*	46.20 d	40.71 d	1.31	30.45 d	2.20
'Volkameriano'	16.80 b	74.04 a	66.12 a	1.11	35.91 b	3.93
C. 'C35'	15.13 c	48.11 cd	43.69 cd	1.10	32.74 c	2.88
M. 'Cleopatra'	12.48 d	50.13 cd	44.67 c	1.12	27.39 e	3.57
M. 'Amblicarpa'	10.94 e	51.80 c	44.90 c	1.15	30.70 cd	4.10
N. 'Agrio'	7.57 f	63.05 b	53.57 b	1.17	44.89 a	7.07
D.M.S.H.	1.39	4.09	3.54		2.23	
C.V.	34.19	24.49	24.05		22.05	

*Valores con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH: diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación.

4.2.4. Xilema de lima 'Persa'

Los portainjertos modificaron el xilema secundario de lima 'Persa' y se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 11).

Lima 'Persa' injertada en 'Volkameriano' presentó 240.62 µm en longitud de vasos y superó estadísticamente ($P \leq 0.05$) 'Carrizo', 'Agrio' y 'Amblicarpa'. El diámetro de vaso mayor se observó en 'Cleopatra' (111.94 µm) y el menor en 'Amblicarpa' (73.99 µm) con diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$). Lima 'Persa' superó en longitud de vaso y ancho de vaso a los portainjertos, es posible que diámetros de vasos más anchos transporten mayor cantidad de agua en el injerto, pero son más susceptibles a la sequía. Lens *et al.* (2003) indican que vasos con mayores diámetros tienen mejor eficiencia en el

transporte de agua. Sin embargo vasos más angostos y abundantes permiten un eficiente transporte cuando hay vasos no funcionales por cavitación (Carlquist, 1977).

Lima 'Persa' en naranjo 'Agrio' obtuvo fibras más largas (861.73 μm) y mínimos en las interacciones con 'Amblicarpa' y 'Cleopatra'. La longitud-ancho de rayo se alteró por la combinación injerto-portainjerto. Citrange 'C35' produjo las mayores longitudes de rayo (317.54 μm) y anchos (78.61 μm); la menor longitud de rayo fue en lima con 'Amblicarpa' (183.48 μm) y menor ancho de rayo en 'Cleopatra' (42.43 μm) (Cuadro 11).

Moya *et al.* (2002) observaron que plantas de mandarina 'Cleopatra' de dos años sin injertar tuvieron 66 vasos por mm^2 y 'Cleopatra' injertada en 'Carrizo' 92 vasos, aun cuando en este trabajo no se evaluaron fibras y rayos, es probable que también se modifiquen por la injertación. Pudiera ser que lima 'Persa' al tener diámetros de vasos más grandes que los portainjertos presente tallos con mayor crecimiento en diámetros que los portainjertos como se observó en este trabajo (Cuadro 13).

Cuadro 11. Efecto del portainjerto en longitud de vasos (LV), diámetro de vasos (DV), longitud de fibras (LF), longitud de rayos (LR) y ancho de rayos (AR) en xilema secundario de lima 'Persa'. Ixtacuaco, Veracruz. 2007.

Lima/portainjertos	LV (μm)	DV (μm)	LF (μm)	LR (μm)	AR (μm)
'Volkameriano'	240.62 a *	107.68 a	791.20 a	290.31 a	49.67 d
M. 'Cleopatra'	205.48 ab	111.94 a	635.3 b	276.53 a	42.43 d
C. 'C35'	192.87 ab	88.26 ab	789.58 a	317.54 a	78.618 a
C. 'Carrizo'	182.61 b	108.48 a	786.69 a	276.34 a	70.03 b
N. 'Agrio'	172.61 bc	104.50 a	861.73 a	281.10 a	60.08 c
M. 'Amblicarpa'	129.78 c	73.99 b	571.74 b	183.48 b	43.121 d
D.M.S.H.	51.858	28.267	128.49	50.419	8.43
C.V	30.20	31.10	18.95	25.01	19.77

*Valores con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH: diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación.

Entre números de vasos por mm^2 , diámetros radial-tangencial de vaso y anchura de vaso en lima 'Persa' injertada en diferentes portainjertos se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 12).

Lima 'Persa' en 'Amblicarpa' presentó 19.26 vasos por mm^2 , y superó estadísticamente ($P \leq 0.05$) a los demás tratamientos (Cuadro 12). En 'Volkameriano' obtuvo el mayor diámetros radiales de vasos ($91.28 \mu\text{m}$) y superó a los demás portainjertos, es importante destacar que en 'Amblicarpa' con mayor número de vasos, presentó menor diámetro radial y tangencial de vaso y fue inferior ($P \leq 0.05$) a los demás portainjertos. La menor relación diámetro radial-tangencial de vaso fue con 'Amblicarpa' y la mayor con 'Agrio'. La mayor anchura de rayo se observó en 'Amblicarpa' ($43.74 \mu\text{m}$) y superó estadísticamente ($P \leq 0.05$) a 'Cleopatra' ($35.88 \mu\text{m}$), 'Volkameriano' ($39.14 \mu\text{m}$) y 41.15

μm en 'Agrio' con diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$). Lima en 'Amblicarpa' obtuvo el menor índice de vulnerabilidad con 3.29 y mayor en 'Agrio' con 7.45. En este trabajo, el cultivar presentó mayores índices de vulnerabilidad que el portainjerto a excepción de lima en 'Amblicarpa' que fue menor con 3.29 y mayor en el portainjerto (4.10). Míreles (2005) encontró en naranjo 'Valencia' injertado en portainjertos cítricos índices de 3.31 y superó al portainjerto, 'Carrizo' con 3.10, 'Cleopatra' con 1.28 y 'Agrio' con 1.74.

Este comportamiento se debió posiblemente a la interacción injerto-portainjerto. Moya *et al.* (2002) reportan que mandarino 'Cleopatra' sin injertar tiene 66 vasos por mm^2 , 'Cleopatra' injertada en 'Carrizo' 92 vasos en el injerto; el portainjerto 'Carrizo' de pie franco 105 vasos y 'Carrizo' injertado en 'Cleopatra' 97 vasos en el injerto.

Los datos encontrados por Moya *et al.* (2002) difieren a los de este trabajo debido que las plantas que utilizaron como portainjertos tenían dos años y el injerto un año y en la interacción se utilizaron diferentes especies. Por esta razón es necesario continuar con este tipo de trabajos para que aporten mayores evidencias al respecto y saber el efecto que pueda tener la edad de la planta y las interacciones que se presentan entre diversas combinaciones. Míreles (2005) en naranjo 'Valencia' injertado en portainjertos encontró que tiene $69.1\mu\text{m}$ en diámetro de vaso, $193.2\mu\text{m}$ en longitud de vaso y 22 vasos por mm^2 .

En *Prunus avim* Olmstead *et al.* (2006) encontraron que el portainjerto 'Gi5' sin injertar tuvo 140 vasos por mm^2 y que 'Gi5' en 'Gi5' tuvo 60 vasos y el portainjerto 80. El portainjerto 'Gi6' sin injertar 160 vasos y 'Gi6' en 'Gi6' el injerto 40 y el portainjerto 70 vasos; el portainjerto sin injertar 'F12/1' 130 vasos y 'Gi5' en 'F12/1' en el injerto 60 vasos y 60 vasos en el portainjerto. Goncalves *et al.* (2007) encontraron resultados

similares en la interacción injerto-portainjerto en *Prunus avium*. La injertación alteró el número de vasos del injerto y del portainjerto. Por otra parte Vasconcellos y Castle (1994) al analizar la anatomía del xilema en plantas sanas y enfermas con blight en pomelo (*C. paradisi*) en diferentes portainjertos, encontraron en plantas sanas de pomelo en limón 'Rugoso' tiene 15.7 vasos por mm², en naranjo 'Agrido' 15.3, en mandarino 'Cleopatra' 14.1 y en citrange 'Carrizo' 19.6; en los portainjertos los vasos por mm² fue de 23.2 en limón 'Rugoso', 17.3 en naranjo 'Agrido', 17.1 en mandarina 'Cleopatra' y 25.1 en citrange 'Carrizo'; en plantas enfermas con blight aumentaron el número de vasos por mm².

El número de vasos en cítricos puede ser indicador de plantas enfermas de blight, pero hay que tomar precauciones ya que esta variable se puede afectar por muchos factores como se mencionó anteriormente.

Cuadro 12. Efecto del portainjerto en el número de vasos (NV), diámetro radial de vasos (DRV) , diámetro tangencial de vasos (DTV), ancho de rayos (AR) e índice de vulnerabilidad (IV) en xilema secundario de lima 'Persa'. Ixtacuaco, Veracruz. 2007.

Lima/portainjertos	NV(mm ²)	DRV (μm)	DTV (μm)	DRV/DTV	AR (μm)	IV
M. 'Amblicarpa'	19.26 a*	67.62 e	63.37 c	1.06	43.74 a	3.29
'Volkameriano'	11.43 b	91.28 a	77.70 a	1.17	39.14 c	6.79
M. 'Cleopatra'	10.87 bc	73.38 d	64.11 c	1.14	35.88 d	5.89
C. 'C35'	10.45 c	78.29 c	65.45 c	1.19	41.73 ab	6.26
C. 'Carrizo'	9.39 d	84.03 b	69.43 b	1.21	42.08 ab	7.39
N. 'Agrio'	8.54 e	79.01 c	63.70 c	1.24	41.15 bc	7.45
D.M.S.H	0.710	4.68	3.66		2.27	
C.V.	20.25	19.60	18.08		18.62	

*Valores con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, P≤0.05). DMSH: diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación.

4.2.5. Vigor de árboles

Las medias de lima 'Persa' en los diferentes portainjertos no difirieron significativamente (P≤0.05) en altura de planta, diámetro de tallo del portainjerto y de injerto (Cuadro 13).

Aun cuando naranjo 'Agrio' presentó el mayor número de estomas por mm² y superó estadísticamente (P≤0.05) a 'C35' y 'Carrizo' (Cuadro 5).

Este comportamiento fue influenciado posiblemente por la interacción injerto-portainjerto, ya que en otras latitudes se han encontrado resultados diferentes. En Brasil, Figueiredo *et al.* (2002) encontraron que lima 'Tahití' en 'Volkameriano' obtuvo 4.38 m y difirió estadísticamente de lima en 'Cleopatra' 3.72 m. Jiménez *et al.* (1982) encontraron que el vigor de lima 'Persa' se alteró por el portainjerto utilizado, lima en

'Volkameriano' tuvo altura de planta de 4.52 m, lima en naranjo 'Agrio' 3.80 m y lima en 'Cleopatra' 4.04 m. Es probable que los árboles de lima 'Persa' en 'Volkameriano' no fueron superiores en crecimiento a los demás tratamientos, debido que las raíces fueron atacadas por roedores. Posiblemente no se encontraron diferencias en vigor del injerto debido a que sólo se evaluó un año, por lo que es conveniente mediciones por periodos más largos.

Cuadro 13. Comparación de medias para altura de planta (AP), diámetro de tallo de portainjerto (DTP) y de lima 'Persa' (DTI), injertada en seis portainjertos. Ixtacuaco, Veracruz. 2007.

Lima/portainjertos	AP(m)	DTP(cm)	DTI (cm)
C. 'Carrizo'	4.32 a*	13.78 a	14.63 a
N. 'Agrio'	4.21 a	13.52 a	15.38 a
M. 'Cleopatra'	4.06 a	12.25 a	14.79 a
M. 'Amblicarpa'	4.05 a	12.19 a	15.16 a
C. 'C35'	4.01 a	13.41 a	13.94 a
L. 'Volkameriano'	4.01 a	11.97 a	12.09 a
D.M.S.H	0.70	2.44	3.76
C.V.	9.72	10.83	14.96

*valores con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH: diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación.

4.2.6. Correlaciones

Con el objetivo de conocer como aumentan o disminuyen dos variables se realizó un análisis de correlación. Se encontraron correlaciones positivas significativas ($P \leq 0.05$) entre algunas de las variables para portainjertos (Cuadro 14). Al aumentar el diámetro radial de vaso incrementó el diámetro tangencial de vaso ($r=0.992$) y longitud de fibra con diámetro de tallo de portainjerto ($r=0.918$).

En el injerto correlaciones positivas (Cuadro 15) (al aumentar una variable incrementa la otra) entre diámetro radial de vaso y diámetro tangencial de vaso ($r=0.885$), y ancho de rayo con diámetro de tallo de portainjerto ($r=0.852$). Correlaciones negativas, al aumentar el número de vasos disminuye longitud de fibra ($r=-0.818$); número de vasos y longitud de rayo ($r=-0.879$); y diámetro tangencial de vaso y diámetro de tallo del injerto ($r=-0.90$). Noshiro y Baas (2000) en *Cornus controversa* hallaron correlaciones positivas en longitud de vasos con altura de árbol y diámetro de tallo; longitud de fibras con precipitación; y diámetro tangencial de vaso con largo de vaso y largo de fibras; correlaciones negativas en longitud de fibras con latitud y temperatura; y frecuencia de vasos con altura de árbol y diámetro de tallo. También en *C. kousa* observaron correlaciones entre células de xilema, altura de árbol y ambiente. Lens *et al.* (2003) en Ericaceae mencionan que al aumentar la frecuencia de vasos disminuye el diámetro de vaso; a mayores latitudes aumenta la frecuencia de vasos; y al incrementar latitud disminuye diámetro de vaso y longitud de fibra.

Cuadro 14. Coeficientes de correlación entre las variables evaluadas en seis portainjertos cítricos. Ixtacuaco, Veracruz. 2007.

	NV	DRV	DTV	ANR	LV	AV	LF	LR	AnR	AP	DTP	DTI
NV	1.000	-0.123	-0.029	-0.504	0.461	-0.306	-0.03	-0.04	-0.06	0.063	0.059	-0.63
		0.815	0.956	0.307	0.356	0.554	0.948	0.933	0.901	0.904	0.910	0.177
DRV		1.000	0.992	0.622	0.394	0.718	-0.40	0.460	-0.01	-0.26	-0.42	-0.59
			0.0001***	0.186	0.439	0.107	0.420	0.358	0.981	0.610	0.400	0.208
DTV			1.000	0.550	0.449	0.680	-0.42	0.390	0.017	-0.33	-0.46	-0.69
				0.257	0.370	0.137	0.401	0.444	0.973	0.516	0.358	0.128
ANR				1.000	-0.373	0.525	0.334	0.366	0.061	0.202	0.314	0.021
					0.465	0.284	0.517	0.474	0.907	0.694	0.543	0.967
LV					1.000	-0.042	-0.77	0.186	-0.52	-0.17	-0.63	-0.58
						0.935	0.071	0.723	0.279	0.740	0.173	0.223
AV						1.000	-0.37	0.609	0.446	-0.30	-0.41	-0.27
							0.466	0.198	0.374	0.550	0.410	0.595
LF							1.000	-0.36	0.214	0.391	0.918	0.315
								0.476	0.683	0.443	0.009*	0.542
LR								1.000	-0.27	0.426	-0.07	-0.00
									0.604	0.355	0.886	0.987
AnR									1.000	-0.61	-0.08	-0.18
										0.198	0.869	0.72
AP										1.000	0.718	0.469
											0.107	0.347
DTP											1.000	0.396
												0.436
DTI												1.000

Significativo con $P \leq 0.05$. NV= número de vasos, DRV= diámetro radial de vaso, DTV= diámetro tangencial de vaso, ANR= ancho de vaso en corte transversal, LV= largo de vaso, AV= ancho de vaso, LF= largo de fibra, LR= largo de rayo en corte tangencial, AnR= ancho de rayo en corte tangencial, AP= altura de planta, DTP= diámetro de tallo de portainjerto, DTI= diámetro de tallo de injerto.

Cuadro 15. Coeficientes de correlación entre las variables evaluadas en lima 'Persa' en seis portainjertos cítricos. Ixtacuaco, Veracruz. 2007.

	NV	DRV	DTV	ANR	LV	AV	LF	LR	AnR	AP	DTP	DTI
NV	1.000	-0.600	-0.196	0.402	-0.582	-0.793	-0.818	-0.879	-0.548	-0.433	-0.596	0.127
		0.207	0.705	0.428	0.224	0.059	0.046*	0.021*	0.259	0.390	0.211	0.089
DRV		1.000	0.885	-0.180	0.781	0.612	0.732	0.639	0.327	0.166	0.132	-0.762
			0.019	0.731	0.066	0.196	0.098	0.171	0.526	0.753	0.801	0.078
DTV			1.000	-0.174	0.738	0.405	0.356	0.328	0.003	-0.105	-0.274	-0.90
				0.740	0.093	0.425	0.488	0.524	0.994	0.842	0.598	0.012*
ANR				1.000	-0.696	-0.719	0.054	-0.419	0.396	0.255	0.040	0.257
					0.124	0.107	0.918	0.408	0.436	0.625	0.430	0.621
LV					1.000	0.714	0.431	0.747	0.057	-0.249	-0.210	-0.803
						0.110	0.393	0.087	0.914	0.633	0.688	0.054
AV						1.000	0.471	0.601	0.002	0.382	0.127	-0.239
							0.345	0.206	0.995	0.454	0.809	0.647
LF							1.000	0.750	0.673	0.388	0.635	-0.269
								0.085	0.142	0.446	0.174	0.605
LR								1.000	0.620	0.018	0.413	-0.439
									0.188	0.972	0.415	0.388
AnR									1.000	0.337	0.852	-0.034
										0.513	0.031*	0.948
AP										1.000	0.718	0.469
											0.107	0.347
DTP											1.000	0.396
												0.436
DTI												1.000

Significativo con $P \leq 0.05$. NV= número de vasos, DRV= diámetro radial de vaso, DTV= diámetro tangencial de vaso, ANR= ancho de vaso en corte transversal, LV= largo de vaso, AV= ancho de vaso, LF= largo de fibra, LR= largo de rayo en corte tangencial, AnR= ancho de rayo en corte tangencial, AP= altura de planta, DTP= diámetro de tallo de portainjerto, DTI= diámetro de tallo de injerto.

5. CONCLUSIONES

Los estomas en hojas de lima 'Persa' fueron hipoestomáticos, con mayor proporción en el envés de la hoja y dependiendo del portainjerto el número varió de 297 a 331 por mm^2 y la longitud de 23.24 a 25.95 μm .

En la haz de la hoja sólo se encontraron estomas en la nervadura principal.

El índice estomático y número de células epidérmicas en lima 'Persa' se modificó por el portainjerto utilizado.

Las plantas de lima 'Persa' injertadas en citrange 'Florida' presentó mayor altura (4.42 m) y menor en 'F. Dragon' (2.43 m).

Existieron correlaciones positivas entre número de estomas y células epidérmicas ($r=0.709$). Y correlaciones negativas entre células epidérmicas y el índice estomático ($r=-0.608$), y número de estomas y diámetro de tallo de portainjertos ($r=-0.627$).

El xilema de lima 'Persa' y los portainjertos se caracterizó por presentar porosidad difusa, vasos múltiples y solitarios, rayos, fibras, parénquima paratraqueal vasicéntrico y en bandas confluentes.

Los portainjertos modificaron el número, longitud y diámetro de vaso, longitud de fibra, así como la longitud y ancho de rayo de lima 'Persa'.

Lima 'Persa' injertada en 'Amblicarpa' presentó mayor número de vasos (19.26 mm^2), en 'Volkameriano' mayor longitud de vaso (240.62 μm), en 'Cleopatra' mayor diámetro de vaso (111.94 μm), en 'Agrio' mayor longitud de fibras (861.73 μm), longitud y ancho de rayo en 'C35' (317.54 μm y 78.61 μm).

Los portainjertos presentaron diferencias en las características anatómicas, el mayor número de vasos (18.47 mm^2) en 'Carrizo', mayor longitud y diámetro de vaso en

'Volkameriano' (144.32 μm y 71.72 μm), máxima longitud de fibra en 'C35' (739.58 μm), longitud de rayo en 'Volkameriano' (287.36 μm) y ancho de rayo en 'C35' (78.61 μm).

Existieron correlaciones positivas en los portainjertos entre diámetro radial de vaso y diámetro tangencial de vaso ($r=0.992$); y longitud de fibra con diámetro de tallo de portainjerto ($r=0.918$).

En el injerto se correlacionaron positivamente el diámetro radial de vaso con diámetro tangencial de vaso ($r=0.885$); y ancho de rayo con diámetro de tallo del portainjerto. Y correlaciones negativas en número de vasos con longitud de fibra ($r=-0.818$); número de vasos con longitud de rayo ($r=-0.879$); y diámetro tangencial de vaso con diámetro de tallo del injerto ($r=-0.90$).

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alóni, R., and M. H. Zimmermann. 1983. The control of vessel size and density along the plant axis. *Differentiation* 24: 203-208.
- Álvarez M., y N. N. Rodríguez. 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.
- Atkinson, D. 1980. The distribution and effectiveness of the roots of tree crops. *In: Horticultural Reviews*. Janick, J. (ed.). AVI Publishing Company. E.U.A. pp: 425-490.
- Avilán L., C. Velarde, y L. Meneses. 1986. Distribución del sistema radical de los patrones de cítricos naranjo Agrio, Cleopatra y Volkameriana. *Agronomía Tropical* 36: 97-113.
- Baquero D., B., R. 2006. Martínez de la Torre, Veracruz. I´anxaneta. México. 166 p.
- Barrientos-Priego A. F., M. W. Borys, C. Trejo, y L. Lopez-Lopéz. 2003. Índice y densidad estomática foliar en plantulas de tres razas de aguacatero. *Rev. Fitotec. Mex.* 26: 285-290.
- Bello L. 1985. Crecimiento, producción y calidad de fruto de dos cultivares de pomelo *Citrus paradisi* sobre dos patrones. *Agrotecnia de Cuba* 17: 25-30.

- Brlansky, H.R., R. F. lee, and M. H. Collins. 1985. Structural comparison of xylem occlusions in the trunks of citrus trees with blight and other decline diseases. *Phytopathology* 75: 145-150.
- Cameron, J. W., and R. K. Soost. 1986. C35 and C32: citrange rootstocks for citrus. *HortScience* 21: 157-158.
- Cañizares A., M. E. Sanabria, D. A. Rodríguez, y Y. Perozo. 2003. Características de los estomas, índice y densidad estomática de las hojas de lima Tahití injertada sobre ocho patrones cítricos. *Revista UDO Agrícola* 3: 59-64.
- Cañizares C., A. E., M. E. Sanabria, y E. Rojas. 2005. Anatomía del tallo de lima Tahití. *Revista UDO Agrícola* 5: 68-73.
- Carlquist, S. 1977. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *Amer. J. Bot.* 64: 887-896.
- Castle, W. S. 1987. Citrus Rootstocks. *In: Rootstocks for Fruit Crops*. Rom, C. R. and Carlson (eds.). John Wiley & Sons. USA. pp. 361-399.
- Castle, W. S. 1993. Rootstocks for Florida Citrus. University of Florida. U.S.A. 92 p.

- Cole, D., and D. McCarty. 1982. Flying Dragon: a potential dwarfing rootstock. *Citograph* 67: 71-72.
- Costa M. A. P. C., W. A. B. Almeida, F. A. A. M. Filho, B. M. J. Mendes, y A. P. M. Rodríguez. 2004. Stomatal analysis of citrus somatic híbrids obtained by protoplast fusion. *Pesq. Agropec. Bras., Brasilia* 39: 297-300.
- Denne, M. P., and V. Whitbread. 1978. Variation of fibre length within trees of *Fraxinus excelsior*. *Can. J. For. Res.* 8: 253-260.
- Erickson, L. C. 1968. The general physiology of citrus. *In: The citrus industry*. Reuther, W., L. D. Batchelor, and H. J. Webber (eds.). University of California. E.U.A. pp: 86-126.
- Fallahi, E., and D. R. Rodney. 1992. Tree size, yield, fruit quality, and leaf mineral nutrient concentration of Fairchild mandarin on six rootstocks. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117: 28-31.
- Fallahi, E., J. W. Moon, and D. R. Rodney. 1989. Yield and quality of Redblush grapefruit on twelve rootstocks. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114: 187-190.
- Fang, D. Q., C. T. Federici, and M. L. Roose. 1998. A high-resolution linkage map of the citrus tristeza virus resistance gene region in *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. *Genetics* 150: 883-890.

FAO. Faostat. 2007. Estadísticas de cítricos.

<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>

Figuereido, J. O., E. S. Stuchi, L. C. Donadio, J. T. Sobrinho, F. F. Laranjeira, R. M. Pio, y O. R. Sempionato. 2002. Porta-enxerto para a lima-acida-Tahití na região de Bebedouro, SP. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal-SP 24: 155-159.

Forguet J. L., J. L. Gonzalez, H. F. Vinciguerra, y A. S. Blanco. 1996. Trifoliata Flying Dragon como portainjerto semi-enanizante para limoneros en Tucumán. EEAOC Avance Agroindustrial, Diciembre 10-12.

García E. 1987. Modificación al sistema de la clasificación de Kopen. México. 246 p.

Goncalves B., C. M. Correia, A. P. Silva, E. A. Bacelar, A. Santos, H. Ferreira, y J. M. Moutinho-Pereira. 2007. Variation in xylem structure and function in roots and stems of scion-rootstocks combinations of sweet cherry tree (*Prunus avium* L.). Trees 21:121-130.

Hargrave, K. R., Kolb, J. J., Ewers, F. W. and Davies, S. D. 1994. Conduct diameter and drought-induce embolism in *Salvia mellifera* (Labiatae). New Phytol. 126: 695-705.

- Hepaksoy, S., B. Ozer, H. Z. Can, M. A. Ui, and D. Anac. 2002. Influence of rootstocks on physiological response of satsuma mandarin to salinity. *Acta Hort.* 573: 247-253.
- Hirano, E. 1931. Relative abundance of stomata in citrus and some related genera. *Botanical Gazette* 92: 296-310.
- IAWA Committe. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwoods identification. *International Association of Wood Anatomist. Bulletin, new series* 10: 219-232.
- INEGI. 2007. Anuario estadístico Veracruz de Ignacio de la LLave. Tomo 1. México. 590 p.
- Jiménez R., B. García, y M. Santos. 1982. Influencia de cinco patrones sobre el crecimiento, rendimiento y productividad de la lima Persa SRA-58 (*Citrus aurantifolia*) en el sur de la Habana. *Agrotecnia de Cuba* 14: 93-101.
- Jiménez R., E. Frometa, y E. García. 1990. Influencia de seis patrones sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de las cosechas del cultivar naranja Olinda Valencia en el Sur de la Habana. *Agrotecnia de Cuba* 22: 57-63.
- Lallan, R., S. Singh, and R. A. Marathe. 1999. Performance of pre-bearing acid lime on various rootstock stains. *Indian of Agricultural Sciences* 69: 193-197.

- Lens, F., Gasson, P., Smets, E. and Jansen, S. 2003. Comparative wood anatomy of Epacrids (Styphelioideae, Ericaceae s. l.). *Annals of Botany* 91: 835-856.
- Mademba-Sy, F., S. Lebegin, and Z. Lemerre-Desprez. 1999. Use of the Poncirus Trifoliata Flying Dragon as dwarfing rootstocks for citrus under tropical climatic conditions. *Fruits* 54: 299-310.
- Medina U., V. M. S. Alcalde, B., y A. Sadowski. 1980. Análisis de la distribución radicular de ocho patrones injertados con lima Persa *Citrus latifolia* Tanaka. *Agric. Tec. Mex.* 6: 67-76.
- Míreles R., E. 2005. Anatomía del xilema secundario de seis portainjertos y del naranjo Valencia (*Citrus sinensis* L.). Tesis de maestría. Fruticultura. Colegio de Postgraduados, México. 57 p.
- Mirsa, K. K., R. Singh, and H. R. Jaiwal. 1999. Effect of rootstocks on the fruit quality of lemon (*Citrus limon*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 69: 670-671.
- Monteverde E. E., F. Reyes, G. Laborem, J. R. Ruíz, y M. Espinoza. 1991. Evaluación del naranjo Valencia sobre seis patrones en los valles altos de Carabobo-Yaracuy, Venezuela. *Agronomía Tropical* 41: 119-134.
- Montilla B., I., y E. Gallardo. 1994. Comportamiento del naranjo Valencia sobre trece patrones en Lara, Venezuela I. Crecimiento. *Agronomía Tropical* 44: 619-628.

- Moya J. L., F. R. Tadeo, A. Gómez-Cardenas, E. Primo-Millo, y M. Talón. 2002. Transmissible salt tolerance traits identified through reciprocal grafos between sensitive Carrizo and tolerant Cleopatra citrus genotypes. *J. Plant Physiol.* 159: 991-998.
- Neves C. S. V. J., I. M. Murata, N. M. C. Stenzel, C. C. Medina, A. V. Borges, S. H. Okumoto, R. H. C. Lee, y H. T. Kanai. 2004. Root distribution of rootstocks for Tahiti lime. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)* 61: 94-99.
- Noshiro, S., and P. Baas. 2000. Latitudinal trends in wood anatomy within species and genera: case study in *Cornus* D. L. (Cornaceae). *American Journal of Botany* 87: 1495-1506.
- Núñez M., y E. Rodríguez. 1981. Influencia de nueve patrones sobre la calidad de los frutos de mandarina Dancy. *Cultivos Tropicales* 3: 127-138.
- Olmez, H. A., R. Gulcan, and B. E. Ak. 2006. The relationship between stomata density and fruit quality of some apricot varieties growing in different altitudes in Malatya Province. *Acta Hort.* 701: 163-166.
- Olmstead, M. A., N. S. Lang, F. W. Ewers, and S. A. Owens. 2006. Xylem vessel anatomy of sweet cherries grafted onto dwarfing and nondwarfing rootstocks. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 131: 577-585.

- Parés-Martínez J., M. Arizaleta, M. E. Sanabria, y L. Brito. 2004. Características de los estomas, densidad e índice estomático y su variación a la injertación en *Annona muricata* L. y *A. montana*. Madfac. Bioagro 16: 213-218.
- Pathak, R. K., D. Pandey, and V. S. Pandey. 1976. Stomatal distribution as an index for predicting the growth potential of apple stocks. *Journal of Horticultural Science* 51: 429-431.
- Pérez-Zamora O. 2004. Concentración nutrimental en hojas, rendimiento, eficiencia de producción, calidad de jugo e índices nutrimentales de naranjo Valencia injertado en portainjertos de cítricos. *Agrociencia* 38: 141-154.
- Prasad, M. B. N. V. 1983. Stomatal count as an index for predisting vigour of citrus rootstocks. *South Indian Horticulture* 31: 27-28.
- Prasad, M. B. N. V., and A. Renkha. 1996. Genetic analysis of stomatal density and leaf area in acid lime. *Indian J. Genet.* 56: 21-26.
- Quijano O., O, Jimenez, M. Matheus, y E. Monteverde. 2002. Evaluación del limero Tahití sobre 10 portainjertos en la planicie de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 19: 173-184.

- Reed, H. S., and E. Hirano. 1931. The density of stomata in citrus leaves. *Journal of Agricultural Research* 43: 209-222.
- Reyes F. J., y J. R. Ruíz. 1984. Comportamiento en vivero de patrones cítricos tolerantes a tristeza. *Agronomía Tropical* 34: 35-41.
- Reyes S., M. I., A. Villegas M., M. T. Colinas L., y G. Calderón Z. 2000. Peso específico, contenido de proteínas y de clorofilas en hojas de naranjo y tangerino. *Agrociencia* 34: 49-55.
- Reyes S., M. I. 2002. Anatomía del sistema de conducción de agua y respuesta fisiológica de aguacatero (*Persea americana* Mill.) en condiciones limitantes de humedad. Tesis de doctorado. Fisiología vegetal. Colegio de Postgraduados. México. 94 p.
- Rodríguez J. F., E. Cardenas S., y S. O. Kawasoe. 1989. Histopatología de la interacción naranjo Dulce (*Citrus sinensis* L.) y el hongo *Ustilina deusta* Half ex Petrick. *Revista Mexicana de Fitopatología* 7: 173-177.
- Russián L. T. 1996. Comportamiento de la lima (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle) cv. Tahití sobre diez patrones diferentes en el municipio autónomo Mara del estado de Zulia. *Rev. Fac. Agron. (Maracay) Alcance* 50: 65-71.

- SAGARPA. 2005. Ocupa México el cuarto lugar como productor mundial de cítricos. Num. 336/05. <http://www.sagarpa.gob.mx/cgcs/boletin/2005/noviembre/B336.pdf>
- SAGARPA. 2007. Sembrando soluciones, número 1, enero 2007, año 2. www.sagarpa.gob.mx/cgcs/sembrando.sembrando .
- Schneider, H. 1968. The anatomy of citrus. *In: The Citrus Industry*. Reuther, W., L. D. Batchelor, and H. J. Webber (eds.). University of California. E.U.A. pp: 1-23.
- SIACON. 2006. Sistema de información agroalimentaria de consulta. Base de datos, 1980-2006. México.
- Smith, P. F., W. Reuther, and A. W. Specht. 1949. The influence of rootstock on the mineral composition of Valencia orange leaves. *Plant Physiology* 24: 455-460.
- Sonkar, R. K., A. D. Huchche, L. Ram, and S. Singh. 2002. Citrus rootstocks scenario with special reference to India- A review. *Agric. Rev.* 23: 93-109.
- Stenzel N. M. C., y C. S. V. J. Neves. 2004. Rootstocks for Tahiti lime. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)* 61: 151-155.
- Stuchi E. S., L. C. Donadio, y O. R. Sempionato. 2003. Performance of Tahiti lime on *Poncirus Trifoliata* var. *monstrosa* Flying Dragon in four densities. *Fruits* 58: 13-17.

- Thornton, I. R., and R. T. Dimsey. 1987. A comparison of rootstocks for Valencia orange in the Sunraysia region of Australia. *Journal of Horticultural Science* 62: 253-261.
- Valbuena M. 1996. Evaluación de limón Volkameriano y mandarina Cleopatra como patrones de lima Persa en la cuenca media del río Guasare, Sierra de Perija. Estado Zulia. Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 13: 139-151.
- Vasconcellos L. A. B. C., and W. S. Castle. 1994. Trunk xylem anatomy of mature healthy and blighted grapefruit trees on several rootstocks. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119: 185-194.
- Weyers, B. D. A., and H. Meidner. 1990. *Methods in Stomatal Research*. Longman Scientific and Technical. E.U.A. 233 p.
- Wutscher, H. K. 1979. Citrus rootstocks. *In: Horticultural Reviews*. Janick, J. (ed.). AVI Publishing Company. E.U.A. pp: 237-269.
- Wutscher, H. K., and A. V. Shull. 1975. Yield, fruit quality, growth, and leaf nutrient levels of 14-year-old grapefruit, *Citrus paradise* Macf., trees on 21 rootstocks. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100: 290-294.
- Wutscher, H. K., and A. V. Shull. 1976. Performance of Orlando tangelo on 16 rootstocks. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101: 88-91.

Wutscher, H. K., and F. W. Bistline. 1988. Performance of Hamlin orange on 30 citrus rootstocks in Southern Florida. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113: 493-497.

ANEXO

A-1. Resumen de análisis de varianza. Estomas.

Variables	Tratamientos			R ²	C.V.
	G. L.	Fc	Pr>Fc		
Número de estomas	378	2.04	<0.0001	0.533	11.04
Número de células epidérmicas	378	3.16	<0.0001	0.639	7.27
Índice estomático	378	1.87	<0.0001	0.512	8.36
Tamaño de estoma	378	1.36	<0.0001	0.432	9.84
Área foliar	10	4.02	<0.0001	0.299	12.93
Peso específico de hoja	10	5.77	<0.0001	0.380	11.25
Altura de planta	10	15.58	<0.0001	0.669	9.90
Diámetro de copa	10	8.65	<0.0001	0.528	13.02
Diámetro de tallo del portainjerto	10	13.26	<0.0001	0.632	10.57
Diámetro de tallo de injerto	10	12.43	<0.0001	0.617	14.25

A-2. Resumen de análisis de varianza para las variables del portainjerto. Xilema.

Variables	Tratamientos			R ²	C.V.
	G. L.	Fc	Pr>Fc		
Altura de planta	5	0.60	0.703	0.090	9.72
Díámetro de tallo de portainjerto	5	1.99	0.109	0.248	10.83
Longitud de vaso	5	2.17	0.06	0.086	29.29
Díámetro de vaso	5	1.11	0.36	0.046	26.83
Longitud de fibra	5	3.93	0.002	0.146	20.49
Longitud de rayo	5	9.50	0.0001	0.214	24.84
Ancho de rayo	5	64.95	0.0001	0.651	21.51
Número de vasos	5	135.51	0.0001	0.386	34.19
Díámetro radial de vaso	5	113.51	0.0001	0.345	24.49
Díámetro tangencial de vaso	5	115.92	0.0001	0.350	24.05
Ancho de rayo	5	124.16	0.0001	0.366	22.05

A-3. Resumen de análisis de varianza para las variables de Lima Persa. Xilema.

Variables	Tratamientos			R ²	C.V.
	G. L.	Fc	Pr>Fc		
Altura de planta	5	0.60	0.703	0.090	9.72
Diámetro de tallo de injerto	5	1.89	0.125	0.239	14.96
Longitud de vaso	5	8.44	0.0001	0.270	30.20
Diámetro de vaso	5	4.64	0.0007	0.169	31.10
Longitud de fibra	5	12.49	0.0001	0.353	18.95
Longitud de rayo	5	13.54	0.0001	0.280	25.01
Ancho de rayo	5	51.59	0.0001	0.597	19.77
Número de vasos	215	41.19	0.0001	0.9.11	20.25
Diámetro radial de vaso	215	3.55	0.0001	0.469	19.60
Diámetro tangencial de vaso	215	3.10	0.0001	0.435	18.08
Ancho de rayo	215	3.26	0.0001	0.447	18.62



A-4. Lima 'Persa' injertada en 'Flying Dragon'.



A-5. Lima 'Persa' injertada en mandarina 'Cleopatra'.