



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

F
Tesis
3099
C.2

**CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE
FRUTOS DE LIMA 'PERSA' (*Citrus latifolia* Tanaka)
EN SEIS PORTAINJERTOS EN TABASCO, MÉXICO.**

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA

MARTÍN GAONA PONCE

Chapingo, Texcoco, Estado de México

Diciembre de 2008



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



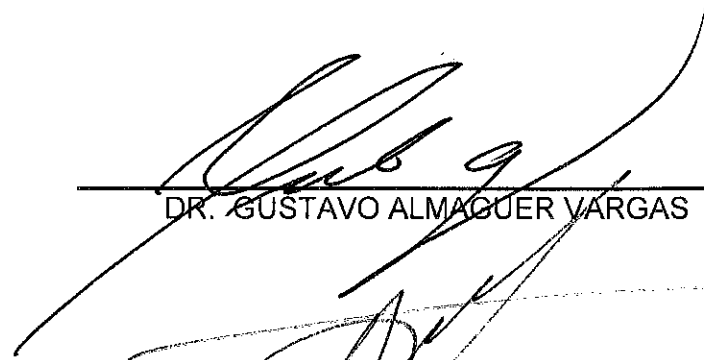
BIBLIOTECA

**CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS DE LIMA
'PERSA' (*Citrus latifolia* Tanaka) EN SEIS PORTAINJERTOS EN
TABASCO, MÉXICO.**

Tesis realizada por Martín Gaona Ponce, bajo la dirección del comité asesor
indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para
obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:



DR. GUSTAVO ALMAQUER VARGAS

ASESOR:



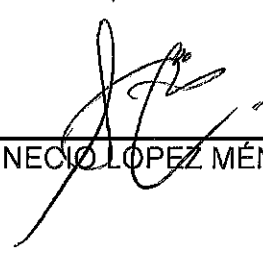
DR. RANFERI MALDONADO TORRES

ASESOR



DRA. AMPARO MÁXIMA BORJA DE LA ROSA

ASESOR:



M.C. SINECIO LOPEZ MÉNDEZ

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, por la oportunidad de continuar en mi permanente formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento brindado para apoyar este postgrado.

A mi Comité Asesor: Dr. Gustavo Almaguer Vargas, Dr. Ranferi Maldonado Torres, Dra. Amparo Máxima Borja De la Rosa y M. C. Sinecio López Méndez, por su amistad, dirección, consejos, observaciones y confianza a lo largo de este trabajo.

Al Ing. Víctor Vázquez Pichardo, productor citrícola de Huimanguillo, Tabasco, quien cooperó con el predio y los trabajos de mantenimiento necesarios en la huerta experimental.

Al Sr. Francisco Pérez Cuevas, por su apoyo en el laboratorio de Anatomía de la Madera.

Y en general, a todo el personal académico y administrativo del Instituto de Horticultura, que de una u otra forma, contribuyeron a la culminación de esta importante meta.

DEDICATORIA

A Dios, Padre Eterno, porque sin duda, mantiene mi vida llena de oportunidades y enseñanzas.

A mi esposa Martha, por su dedicación a la familia mientras yo estudiaba, por su comprensión y aliento en los momentos difíciles, por la felicidad que me ha otorgado desde que estamos juntos y por caminar conmigo en las experiencias buenas y malas de nuestro matrimonio.

A mis hijos, Karen Guadalupe y Jesús Martín, por los momentos que les robé para dedicarme a estudiar.

A mis padres Bonifacio y Consuelo. Porque siempre seré lo que soy por ellos.

A mis hermanos y amigos, por la amistad, cariño y sinceridad que demuestran siempre conmigo.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor nació en 1968 y es originario de Martínez de la Torre, Veracruz. En 1983 ingresó a la Universidad Autónoma Chapingo, donde estudió la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Especialidad en Fitotecnia egresando en 1990. En 1991 presentó su examen profesional con la tesis: Aplicaciones de 'etefón' en precosecha en naranja 'Jaffa' (*Citrus sinensis* L. Osbeck) en la región de Martínez de la Torre, Ver.

De 1990 a 1992 laboró en la empresa 'Leticia Vargas' en Martínez de la Torre, como gerente de producción en huertas de cítricos.

De 1993 a 1994 laboró como investigador en cultivos básicos en el Colegio de Postgraduados en Investigaciones Agrícolas Campus Puebla, en el Proyecto de desarrollo Indígena del Estado de Puebla.

De 1995 a 1996 trabajó como investigador del Instituto Nacional Indigenista en Zacapoaxtla, Puebla.

De 1996 a 1997 laboró en la empresa 'Proyectos Agropecuarios y Comerciales S. A. de C. V.' en Xalapa, Ver. como gerente de producción en el cultivo de chayote y hortalizas tropicales.

En 1998 ingresó a laborar al Centro Regional Universitario del Sureste de la Universidad Autónoma Chapingo, en Puyucatengo, Teapa, Tabasco como profesor investigador, donde trabaja actualmente. Ha impartido cursos relacionados a la Fruticultura Tropical y asesorado y dirigido tesis de licenciatura relacionadas al mismo tema.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE	xi
RESUMEN Y ABSTRACT	i
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. La lima 'Persa' (<i>Citrus latifolia</i> Tanaka)	4
2.1.1. Distribución	4
2.1.2. Descripción botánica y taxonomía	4
2.1.3. Importancia socioeconómica	5
2.2. Panorama de la Producción de la lima 'Persa' en Tabasco	6
2.2.1. Suelo y clima de la región citrícola de Tabasco	6
2.2.2. Portainjertos, rendimientos y calidad de la lima 'Persa' en Tabasco.....	7
2.2.3. Enfermedades de la lima 'Persa': El Virus de la Tristeza de los Cítricos.....	8
2.2.4. El Programa Nacional de Reconversión Citrícola en Tabasco....	10
2.3. Portainjertos para cítricos	11
2.4. Portainjertos para lima 'Persa'	13
2.5. Características de portainjertos del experimento	14
2.6. Efecto de portainjertos en lima 'Persa'	17
2.7. Compatibilidad e incompatibilidad injerto/portainjerto en cítricos.....	23
2.8. La anatomía del xilema en cítricos	25
2.9. Efecto del xilema en cítricos	27

3. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1. Ubicación y características del sitio experimental	28
3.2. Diseño experimental y Tratamientos	29
3.3. Variables del crecimiento.....	30
3.4. Variables del rendimiento	30
3.5. Variables de la calidad del fruto	31
3.5.1. Variables de calidad externa	31
3.5.2 Variables de calidad interna	32
3.6 Variables anatómicas del xilema	33
3.7. Análisis estadístico	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Efecto del portainjerto en el crecimiento de la lima 'Persa'	
Variables altura de planta, diámetro de copa y diámetro de tallo	37
4.2. Efecto del portainjerto en el rendimiento de la lima 'Persa'	41
4.2.1. Número de frutos por árbol por año	41
4.2.2. Rendimiento por árbol por año	42
4.2.3. Eficiencia productiva	44
4.3. Efecto del portainjerto en la calidad del fruto de la lima 'Persa'	46
4.3.1. Variables de calidad externa de fruto	46
4.3.1.1. Peso medio del fruto	46
4.3.1.2. Longitud de fruto	48
4.3.1.3. Diámetro de fruto	48
4.3.1.4. Índice de forma	49
4.3.1.5 Grosor de corteza (cáscara)	50
4.3.2 Variables de calidad interna de fruto	51
4.3.2.1 Porcentaje de jugo	51
4.3.2.2.Sólidos solubles totales	52

4.3.2.3. Acidez titulable	53
4.4. Correlación de las variables de crecimiento, rendimiento y calidad de frutos de la lima 'Persa'	54
4.5. Análisis de varianza para las variables de anatomía de la madera	55
4.5.1. Efecto del portainjerto en los vasos del xilema de la lima 'Persa' ...	58
4.6. Correlación de las variables anatómicas del xilema con las variables del crecimiento, rendimiento y calidad de frutos de la lima 'Persa'	59
4.6.1. Correlación de las variables anatómicas del xilema con respecto al crecimiento	59
4.6.2. Correlación de variables anatómicas del xilema con respecto al Rendimiento	60
4.6.3. Correlación de variables anatómicas del xilema con respecto a la calidad del fruto	60
5. CONCLUSIONES	62
6. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	64
7. APÉNDICE	69

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de la lima 'Persa' de acuerdo a su tamaño ...	8
Cuadro 2. Características de algunos parámetros agronómicos de lima 'Persa' injertado en diversos portainjertos.....	14
Cuadro 3. Crecimiento de plantas de lima 'Persa' de 3 años 10 meses de plantadas, injertadas en seis portainjertos en Huimanguillo, Tabasco.....	37
Cuadro 4. Efecto de 6 portainjertos en el rendimiento de plantas de lima 'Persa' de 4 años de edad en Huimanguillo, Tabasco, México...	41
Cuadro 5. Características externas de frutos de lima 'Persa' de plantas de cuatro años de edad en seis portainjertos en Huimanguillo, Tabasco.....	47
Cuadro 6. Características internas de frutos de lima 'Persa' de plantas de cuatro años de edad en seis portainjertos en Huimanguillo, Tabasco.....	51
Cuadro 7. Diámetro y densidad de vasos de xilema secundario de tallo de lima 'Persa' y de seis portainjertos en plantas de 4 años de edad.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del sitio experimental	28
Figura 2. Imagen escaneada de cinco frutos de lima 'Persa' de un tratamiento para la medición del grosor de cáscara en Image Tools ..	32
Figura 3. Obtención de los cortes de xilema secundario de tallos de portainjertos y lima 'Persa'. A) Corte del tronco en la zona de unión del injerto. B) Ubicación de la línea de unión. C) Obtención de rodajas, marcado y corte de bloques pequeños. D) Obtención de cortes de 20 μm en xilotomo.....	34
Figura 4. Medición del diámetro tangencial (dt) y diámetro radial (dr) para obtener un promedio por elemento de vaso, tanto del portainjerto como de la lima 'Persa'.....	35
Figura 5. Medición de la densidad de vasos del xilema secundario del tallo de lima 'Persa' y de portainjertos en un campo de un mm^2	36
Figura 6. Crecimiento de árboles de lima 'Persa' en seis portainjertos. Nótese el menor porte inducido por 'Rubidoux'.	38
Figura 7. Índices de forma inducidas en frutos de lima 'Persa' por efecto del portainjerto en Tabasco, México.....	49
Figura 8. Diámetro medio (DM) de los vasos del xilema de seis portainjertos. Nótese la diferencia del diámetro del vaso en 'Rubidoux'.....	56
Figura 9. Densidades de los vasos del xilema de seis portainjertos para lima 'Persa'. Nótese la mayor densidad en 'Rubidoux'.....	57

ÍNDICE DEL APÉNDICE

ANEXOS

Cuadro 1A. Correlación entre variables medidas en plantas de lima Persa de cuatro años de edad con seis portainjertos en Huimanguillo, Tabasco.....	70
Cuadro 2A. Correlación entre variables de crecimiento, rendimiento y calidad de frutos de lima Persa de cuatro años de edad injertada en seis portainjertos con variables del xilema secundario	71
Cuadro 3A. Correlación entre variables anatómicas del xilema secundario de tallos de lima Persa y portainjertos	72

CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS DE LIMA 'PERSA' (*Citrus latifolia* Tan.) EN SEIS PORTAINJERTOS EN TABASCO, MÉXICO.

GROWTH, YIELD AND FRUIT QUALITY OF 'PERSIAN' LIME (*Citrus latifolia* Tanaka) ON SIX ROOTSTOCKS IN TABASCO, MEXICO.

Martín Gaona Ponce¹ y Gustavo Almaguer Vargas²

RESUMEN

El portainjerto naranjo Agrio (*Citrus aurantium* L.) es el más utilizado para la lima 'Persa' en Tabasco, pero ante su potencial susceptibilidad a la 'Tristeza', se evaluaron seis portainjertos alternativos para conocer su efecto en el crecimiento, rendimiento y calidad de frutos, así como dos características del xilema en la unión del injerto. Los portainjertos utilizados fueron limón Volkameriano (*Citrus volkameriano*), mandarino 'Cleopatra' (*C. reshni*), trifolio 'Rubidoux' (*Poncirus trifoliata*), citrange 'Carrizo' (*P. trifoliata* x *C. sinensis*), citrumelo 'Swingle' (*C. paradisi* x *P. trifoliata*) y el naranjo Agrio como testigo. Las plantas se establecieron en 2003 y se evaluaron cuatro años después. Se usó un diseño experimental completamente al azar con seis tratamientos y cinco repeticiones, con una planta como unidad experimental. Volkameriano, 'Carrizo' y 'Swingle' tienen igual crecimiento en diámetro de copa, altura de planta, número de frutos, rendimiento por árbol y calidad de fruto que el naranjo Agrio. Volkameriano tuvo la mayor eficiencia productiva (12.29 kg.m⁻²). La densidad y diámetro de vasos del xilema de los portainjertos mostraron alta correlación con la altura y diámetro de copa de la lima 'Persa', por lo que 'Carrizo' y Volkameriano podrían ser opciones para sustituir al naranjo Agrio.

Palabras clave: *C. latifolia* Tan., Eficiencia productiva, patrón, xilema.

ABSTRACT

The Sour orange (*Citrus aurantium* L.) rootstock is the most employed for 'Persian' lime in Tabasco, but in view of its potential susceptibility to 'Tristeza', six alternative rootstocks were evaluated to assess their effect on growth, yield and fruit quality as well as two characteristics of xylem in graft-union. The rootstocks evaluated were Volkameriano lemon (*C. volkameriano*), 'Cleopatra' mandarin (*C. reshni*), trifolio 'Rubidoux' (*Poncirus trifoliata*), citrange 'Carrizo' (*P. trifoliata* x *C. sinensis*), 'Swingle' citrumelo (*C. paradisi* x *P. trifoliata*) and Sour orange as control. The plants were established in 2003 and evaluated four years later. A randomized experimental design with six treatments and five replications and one plant as experimental unit was used. Volkameriano, 'Carrizo' and 'Swingle' have similar growth in canopy diameter, plant height, number of fruits, yield per tree, and fruit quality as the Sour orange. Volkameriano had the greatest productive efficiency (12.29 kg.m⁻²). Both the density and diameter of xylem vessels of rootstocks showed high correlation in relation to height and canopy diameter of 'Persian' lime plants; therefore, Volkameriano and 'Carrizo' could be options for substituting Sour orange.

Key words: *C. latifolia* Tan., productive efficiency, rootstock, xylem.

Parte de la Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura del primer autor, presentada al Programa de Postgrado en Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, México el 11 de diciembre de 2008.

¹ Ingeniero Agrónomo. Actualmente profesor-investigador adscrito al Centro Regional Universitario del Sureste de la Universidad Autónoma Chapingo. Puyacatengo, Teapa, Tabasco, México. Tel. 01 (932) 3271622. E-mail: mgaonaponce@hotmail.com

² Doctor en Ciencias. Área de Fruticultura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. Tel. 01 (595)95 26161. E-mail:almaguer@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La lima o limón 'Persa', limón sin semilla o lima 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.) como comúnmente se le conoce, ha adquirido una enorme importancia económica durante los últimos 25 años en México, principal país productor en el mundo. En 2001, había más de 38 000 hectáreas plantadas, generando un volumen de 244.5 mil toneladas de fruta y más de tres millones de jornales al año en el campo (Osorio 2003). En 2004, el valor de las exportaciones fue de 91.9 millones de dólares ocupando el cuarto lugar como generador de divisas (Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria, 2007).

Los principales estados productores de este frutal en México son: Veracruz, Tabasco y Oaxaca (Curti *et al.*, 2000). En Tabasco, la lima 'Persa' ocupa una superficie de 4,871 ha y es importante económicamente, ya que es uno de los pocos productos que se exportan (Marín *et al.*, 2005).

Sin embargo, pese a la importancia económica y social de la lima 'Persa' en el estado, persisten diversos vacíos tecnológicos en su manejo. Uno de ellos, es el desconocimiento en el uso de portainjertos tolerantes al Virus de la Tristeza de los Cítricos (VTC), enfermedad que ha destruido millones de árboles de cítricos en todo el mundo, principalmente los que utilizaban como portainjerto al naranjo Agrio, y que es el predominante en este estado.

Consciente de la problemática de la 'Tristeza' en México, la SAGARPA inició desde el año 2000, el Programa Nacional de Reconversión Citrícola donde se abordó la necesidad de sustituir huertos establecidos sobre naranjo Agrio

por plantaciones nuevas y árboles de reemplazo con portainjertos tolerantes al VTC, con incentivos económicos pero sin garantía de la producción.

En Tabasco se iniciaron las actividades de reemplazo o sustitución de huertas pero con la incertidumbre de los resultados futuros. Se desconoce si la combinación injerto/portainjerto es la apropiada para las condiciones ambientales de la región, y que representen una buena alternativa productiva (Gaona *et al.*, 2003).

Muchas combinaciones en cítricos son posibles, pero son muy pocas las combinaciones de variedad y portainjerto que poseen buena compatibilidad y otorgan a la copa condiciones de elevada producción, calidad de fruta y vigor (Almaguer, 1998).

Los mecanismos por los cuales el portainjerto afecta el desarrollo de los árboles de cítricos injertados es desconocido pero puede estar influenciado por el flujo de agua y nutrientes de las raíces a la parte aérea, aunque esto no ha sido suficientemente estudiado en los pocos estudios anatómicos de la madera en cítricos. Tampoco hay suficiente evidencia que permita relacionar características del crecimiento, rendimiento y calidad de frutos con las características anatómicas del xilema secundario (Mireles, 2005).

Por lo anterior, la presente investigación tuvo los siguientes objetivos: Evaluar el efecto de seis portainjertos en las variables del crecimiento, rendimiento y calidad de la lima 'Persa', bajo condiciones ambientales de la región de Huimanguillo, Tabasco, identificando posibles sustitutos del naranjo Agrio, así como conocer la relación entre estas variables con dos parámetros anatómicos del xilema secundario de los portainjertos y de la lima 'Persa' y la relación entre éstos.

Para cumplir con estos objetivos se plantearon las siguientes hipótesis:

- El efecto que tienen los seis portainjertos en la lima 'Persa' es diferenciado, encontrando algunos que inducen un efecto semejante al del naranjo Agrio en términos de la eficiencia productiva y la calidad de la producción y que pueden recomendarse como portainjertos sustitutos para la lima 'Persa' en la región de Huimanguillo, Tabasco.
- Existen diferencias entre el diámetro de los vasos y densidades del xilema secundario de los seis portainjertos pero no en el xilema secundario de la lima 'Persa'.
- Mayor presencia de vasos del xilema por mm^{-2} (densidad) y mayor diámetro de los mismos, tanto en el tallo del portainjerto como en el tallo de la lima 'Persa', tienden a presentar una alta correlación con el crecimiento de los árboles, con el rendimiento y con la calidad de frutos de lima 'Persa', en las condiciones de Huimanguillo, Tabasco.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. La lima 'Persa' (*Citrus latifolia* Tanaka)

2.1.1. Distribución

A la lima 'Persa' se le conoce también como limón 'Persa', limón sin semilla, lima 'Bears', lima de Persia o, lima de Taití aunque ni en Irán (la antigua Persia) ni en la isla de Tahití, en el Pacífico se cultiva en la actualidad. Se considera que es un híbrido entre limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle) y la cidra (*Citrus médica* L). Su origen es incierto, sin embargo, se cree que llegó de Persia a la región del Mediterráneo y de allí a Brasil, Australia, Tahití y California, EE.UU y de ahí a México (Shwentesiús y Gómez, 2005; Vanegas, 2002).

Actualmente, México es el principal productor y exportador de lima 'Persa' a nivel mundial, pero se cultiva también en extensiones considerables en Sao Paulo, Brasil; Florida, EE.UU.; Venezuela; Ecuador; Nicaragua; El Salvador y las Bahamas (Shwentesiús y Gómez, 2005).

2.1.2. Descripción botánica y taxonomía

Es un árbol pequeño, principalmente tropical, que crece hasta una altura de seis a siete metros. La copa es redonda, densa y simétrica. Nunca entra en periodo de reposo o descanso. El tronco es corto, con ramas encorvadas hacia el suelo. Las ramas jóvenes en un mismo árbol pueden no ser espinosas o tener espinas pequeñas de 7 mm de largo. Las hojas jóvenes son de color verde pálido, y las maduras de color verde oscuro, el limbo de

la hoja varía de 7.6 a 12.7 cm de largo y de 4.5 a 6.4 cm. de ancho. El pecíolo, es extremadamente variable, incluso entre hojas del mismo árbol o de la misma rama. En México, la floración es uniforme a lo largo de todo el año. La flor tiene 5 pétalos (ocasionalmente 4) de color blanco tanto las superficies de afuera como la de adentro, la flor abierta tiene 30 a 35 mm de ancho. Los estambres son numerosos y soldados en un anillo, del cual se desarrollan las anteras de color amarillo pálido que contienen el polen viable. El pistilo es aproximadamente de 12 mm de largo, con un ovario verde y un estigma amarillo. Los frutos son de color verde oscuro durante su desarrollo, que gradualmente van tornándose en verdes claros o amarillo cuando comienza la sobre maduración o envejecimiento. La fruta tiene diez a doce segmentos o lóculos con pulpa de grano fino de color amarillento verdoso pálido, muy ácida y aromática (Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria, 2007).

2.1.3. Importancia socioeconómica

En México, su cultivo se ha extendido de manera muy importante durante los últimos 20 años, alcanzando en el año de 2001 una superficie cultivada de 38,000 ha y representando el 7.5 % de la producción total de cítricos del país. Generó en este mismo año, un ingreso por exportaciones de 78.96 millones de dólares, lo que equivale a un 88 % del total de cítricos para consumo en fresco que se exporta. La dinámica de crecimiento de las exportaciones de lima 'Persa' es la más alta de todos los cítricos. En el período 1996-2001, su tasa de crecimiento promedio anual fue de 9.7 % (Osorio, 2003).

Este cultivo ha generado millones de empleos al año en el campo, sin considerar el empleo directo en las empacadoras y en la comercialización, además del empleo indirecto que genera la actividad (Shwentesi y Gómez, 2005). Los principales estados productores de este frutal son Veracruz, Tabasco y Oaxaca. En Tabasco ocupa una superficie de 4,871.5 ha (SEDAFOP, 2005).

2.2. Panorama de la producción de la lima 'Persa' en Tabasco

2.2.1. Suelo y clima de la región citrícola de Tabasco

Los suelos ubicados en la región comprenden tres unidades del sistema de clasificación FAO-UNESCO: Acrisol, Ferrasol y Cambisol. La unidad Acrisol se encuentra en mayor frecuencia en la mayoría de los terrenos cultivados con cítricos. Las geoformas presentes son lomeríos, desde casi planos a ligera y fuertemente ondulados. Son profundos, con buen drenaje interno, alto grado de intemperización, mediana a baja capacidad de intercambio catiónico, baja saturación de bases, deficiencias de Fósforo y pH ácido (Salgado *et al.*, 2007). Presentan también deficiencias de zinc, bajos contenidos de calcio, magnesio y potasio, además de un alto porcentaje de saturación de saturación de aluminio (Pastrana *et al.*, 1995).

El clima de la región es de tipo cálido húmedo con lluvias todo el año Am(f), con un porcentaje de lluvia invernal menor al 18 %. La temperatura media anual es de 26 °C, siendo el periodo mas cálido de abril a septiembre con temperaturas que promedian de 28.1 °C. Durante los meses más fríos, de octubre a marzo, la temperatura promedio es de 23.9 °C. La oscilación térmica es baja (10.7 °C). La temperatura máxima extrema en 24 horas

registradas es muy elevada, 41.5 °C en mayo y la mínima extrema registrada fue de 9 °C en febrero (García, 1988).

2.2.2. Portainjertos, rendimientos y calidad de la lima 'Persa' en Tabasco

En Huimanguillo, Tabasco, el 98 % de la superficie ocupada con lima 'Persa' se encuentra injertada sobre patrones de naranjo Agrio *Citrus aurantium* L. (Gaona *et al.*, 2003) y el resto sobre algunos materiales de citrumelo 'Swingle' o Volkameriano, aunque no se tiene una certeza plena de la identidad genética de estos materiales. Sin embargo, casi un 50 % de los productores que cultivan la lima 'Persa' tienen algunos materiales en portainjertos tolerantes a VTC (Marín *et al.*, 2005). Actualmente, existe en la región producción de planta tolerante al VTC, producida con semilla y yema certificada, lo cual garantiza la sanidad en el establecimiento de una nueva plantación. Desafortunadamente, los productores todavía no están convencidos de la necesidad de usar material certificado y menos aún que sea tolerante al VTC, porque no ven el problema potencial que representa ésta enfermedad y desconocen el manejo adecuado de los nuevos portainjertos (Gaona *et al.*, 2003).

El árbol comienza a producir a partir del tercer año después del transplante, incrementando paulatinamente su rendimiento hasta los 10 años en que se estabiliza. La cosecha es manual usando cajas de plástico para su manejo.

La mayor parte de la producción se cosecha a partir del mes de marzo, no obstante, el limón cosechado durante el período de diciembre a marzo es el que alcanza los precios más altos.

La densidad de plantación oscila entre los 320 y 350 árboles por ha. Los rendimientos son del orden de 11 a 12 toneladas.ha⁻¹.año⁻¹ y el tamaño de parcela predominante es de 4 ha (Gaona *et al.*, 2003; Marín *et al.*, 2005).

Para la calidad de la fruta se recurre a la identificación objetiva de factores como el peso, grosor de cáscara, superficie con color verde oscuro, porcentaje de jugo, sólidos solubles, acidez titulable e integridad del fruto, de acuerdo a la norma NMX-FF-077- 1996. En este caso, el punto de sazón o de madurez en la lima 'Persa' se determina por el contenido de jugo que no debe ser menor a 42 % en relación al peso total del fruto, los sólidos solubles totales con un valor mínimo de 6.8 % y acidez titulable no menor al 7 %, expresado como ácido cítrico.

El tamaño se determina por su diámetro ecuatorial (Cuadro 1)

Cuadro 1. Clasificación de la lima 'Persa' de acuerdo a su tamaño

Código de tamaño	Intervalo de diámetro (mm)	Promedio de intervalo (mm)
1	58 - 67	62.5
2	53 - 62	57.5
3	48 - 57	52.5
4	46 - 52	49.0
5	43 - 46	44.5
6	38 - 43	40.5

2.2.3. Enfermedades de la lima 'Persa': La Tristeza de los cítricos

Las enfermedades más difundidas en las plantaciones de lima 'Persa' como en el resto de los cítricos de Tabasco son la 'Gomosis de los Cítricos' (*Phytophthora* spp) provocando daño sobre el tallo y ramas del injerto y en

menor medida en portainjertos y frutos; la muerte descendente, asociada a deficiencias de cobre y el ataque del hongo *Roselinia*; 'Antracnosis' (*Colletotrichum gloesporioides*), que ataca a tejidos jóvenes y provoca la caída de frutos; y en menor escala la 'Mancha Grasienta' (*Mycosphaerella citri*), fumaginas (*Capnodium citri*) y la 'Roña de los Cítricos' (*Elsinoe Fawcettii*). Recientemente se ha detectado la muerte de plantas por el 'Síndrome de Decaimiento del Limonero' (SIDEI) asociado a la presencia del nemátodo *Tylenchulus semipenetrans*, especies del hongo *Roselinia*, *Phytophthora*, *Botryopodia*, y mala nutrición (Salgado *et al.*, 2007).

El área citrícola de Tabasco es relativamente joven y se desconoce la incidencia de enfermedades virales. Sin embargo, existe la posibilidad de que estén presentes las mismas enfermedades detectadas en Veracruz, como la 'Tristeza de los Cítricos' (VTC), 'Exocortis' y 'Psorosis', ya que parte del material con que se establecieron las primeras plantaciones provienen de ese Estado (SAGARPA-INIFAP, 2003).

La 'Tristeza' se encuentra distribuida en la mayoría de las regiones citrícolas del mundo. Su mayor efecto ocurre en plantas de cítricos dulces como naranja, toronja y mandarina injertadas sobre naranjo Agrio. Ocurre en la naturaleza en forma de razas que tienen diferente grado de patogenicidad, que interactúan entre sí en tiempo y espacio dentro de la planta hasta inducir los síntomas después de un cierto tiempo de ocurrida la infección. Los síntomas ocasionados por el VTC en plantas injertadas sobre naranjo Agrio consisten en una aparente falta de agua en las hojas, que posteriormente se agudiza en una marchitez progresiva de la planta. Lo anterior ocurre en forma súbita después de largos períodos de ausencia de

síntomas, y generalmente ocurre mediante la transmisión del VTC por áfidos. Algunas razas del virus de la tristeza pueden inducir la formación de acanaladuras o depresiones longitudinales en la madera del tronco y ramas principales, ya sea en naranja, toronja y lima 'Persa', cuando estos se encuentran injertados en cualquiera de los portainjertos llamados "tolerantes". Este tipo de razas del virus comúnmente ocasiona un deterioro gradual en el vigor y la productividad del árbol y se consideran como las de mayor gravedad (Rocha-Peña y Lee, 2002).

La tristeza se propaga con el uso de yemas enfermas, obtenidas de árboles infectados, o por la transmisión por pulgones. El 'Áfido Pardo' o 'Pulgón Café' *Toxoptera citricida*, es el vector más eficiente y actualmente se encuentra distribuido en la mayoría de las regiones citrícolas del Continente Americano con excepción de Texas, California y Arizona (Rocha-peña y Lee, 2002, SAGARPA-INIFAP, 2003). En México se reportó en la Península de Yucatán en el año 2000, en 2001 en el estado de Campeche y en Febrero de 2003, en el municipio de Tenosique, Tabasco (Marín *et al.*, 2005; SAGARPA-INIFAP, 2003).

2.2.4. El Programa Nacional de Reconversión Citrícola en Tabasco

El Programa Nacional de Reconversión Productiva de la Cadena Citrícola surgió debido a que las acciones de la campaña contra el VTC eran insuficientes. Es liderado por la SAGARPA y tiene como objetivo transformar la citricultura mexicana en una citricultura moderna, altamente competitiva, con cadenas producción-consumo eficientemente articuladas, sin enfermedades virales, y con una oferta de productos de calidad y

altamente diversificada, que signifique la mejor oportunidad de empleo e ingreso para los productores. Inicia en 2001 y permite la creación de los consejos estatales citrícolas, quienes tienen la función de fortalecer las cadenas productivas citrícolas a través de proyectos productivos apoyados con recursos de Alianza para el Campo, mediante programas de ejecución nacional (Hernández, 2003).

Con la finalidad de que los productores estén preparados para enfrentar el VTC, el Consejo Citrícola de Tabasco A. C., en coordinación con la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca (SEDAFOP) dotaron a los productores de la zona con plantas de lima 'Persa' injertados sobre limón Volkameriano, tolerante a este virus. Estas plantas presentan buen desarrollo y ya se ha obtenido cosecha de ellos, pero a decir de los productores, son más tardías para producir que las establecidas con naranjo Agrio (Gaona *et al.*, 2003; .Marín *et al.*, 2005).

2.3. Portainjertos para cítricos

Portainjerto es la planta sobre la que se hace un injerto, o bien, la porción de un vegetal que queda por debajo de la unión del injerto y que incluye el sistema radical y parte del tallo, puede proceder de semilla, de una estaca enraizada o de una planta acodada (Hartmann y Kester, 2001).

El uso de portainjertos tiene tres propósitos generales: Reducir el período juvenil del árbol, tolerar condiciones adversas de suelo, clima y patógenos, y mejorar el comportamiento frutícola del árbol (Curti *et al.*, 2000).

El portainjerto influye en diversas características hortícolas de una variedad, incluyendo el vigor y el tamaño del árbol, el desarrollo y la profundidad de las

raíces, la cosecha, tamaño, textura, calidad intrínseca y época de maduración del fruto, tolerancia al frío, adaptación a las condiciones del suelo, tales como salinidad, pH y excesos de agua, comportamiento frente a nemátodos, hongos, tolerancia a virus (Agustí, 2000).

Sin embargo, el portainjerto perfecto no existe, y su elección estará en función de los principales factores limitantes de cada región citrícola, el clima, el tipo de suelo y la variedad a cultivar (Agustí, 2000; Loussert, 1992).

Son numerosos los portainjertos en estudio, pero muy pocos los que se hallan en cultivo. Así, en Brasil predomina la lima 'Rangpur' (*Citrus limonia* Osb.) y limón 'Rugoso' (*C. jambhiri* Lush); en Japón, China y Argentina, *Poncirus trifoliata*; en Sudáfrica, el Citrumelo 'Swingle', los citranges y el limón 'Rugoso'; en España el citrange 'Carrizo' y la mandarina 'Cleopatra' (*Citrus reshni* Hort. Ex Tan.); en California los citranges 'Troyer' y 'Carrizo' y en Florida, el citrumelo 'Swingle' (Agustí, 2000; Soler y Soler, 2006).

El portainjerto o patrón más empleado en México es el naranjo Agrio o naranjo Amargo (*Citrus aurantium* L.), el cual posee una gran resistencia a la Gomosis, eleva la productividad y calidad de la variedad injertada, se adapta a la mayoría de las variedades, suelos y climas, es resistente a la alcalinidad, la asfixia radical y la salinidad, además de ser tolerante a la Psorosis, Exocortis y Xiloporosis (Curti *et al.*, 2000; Medina *et al.*, 2007). Sin embargo, la sensibilidad a la Tristeza de la asociación *Citrus*/naranjo Agrio (salvo el caso del limonero) obliga a poner en práctica su sustitución por otros portainjertos.

La evaluación del comportamiento de nuevos patrones que presenten tolerancia a Tristeza es una necesidad con el fin de contar con alternativas

para la reconversión productiva de la citricultura de México (Curti, 2000; Padrón *et al.*, 2007).

Las experiencias recientes obtenidas en México se han realizado principalmente por el INIFAP, en naranja dulce (*Citrus sinensis* L. Osb.) donde ya se tienen resultados de las primeras etapas de producción. En este sentido, sobresalen portainjertos con los que se obtienen buenos rendimientos y además buena calidad de fruta, entre ellos trifolio 'Rubidoux', citrange 'C-35', citrange 'Carrizo', 'Troyer' y 'Morton', en el estado de Veracruz. En Tamaulipas, ha resultado exitoso el uso de Citrange 'Carrizo', 'Rubidoux' y 'Sunki'. En San Luis Potosí, Volkameriana y limón 'Rugoso' presentan buena calidad de fruta, de buen tamaño y vigor de planta. En Colima, para suelos calcimórficos se catalogaron como promisorios a Volkameriana, 'Carrizo', 'Sunki' x Trifoliado y Macrofila (Curti *et al.*, 2007; Cruz y Garza, 2003; Padrón *et al.*, 2003; Pérez *et al.*, 2002).

2.4. Portainjertos para la lima 'Persa'

En México, la información de evaluaciones de lima 'Persa' con diversos portainjertos es poca, el cuadro 2 presenta Información general sobre observaciones hechas en Florida y Cuba (Curti *et al.*, 2000).

Los limones Volkameriano y Macrofila tienden a producir árboles de lima 'Persa' altos, vigorosos y de alta producción, así como fruta grande y buena calidad. El naranjo Amargo, los citranges y Citrumelo 'Swingle' producen árboles medianos, de rendimientos medios, fruta de buena calidad, aunque de tamaño mediano a grande. La mandarina 'Cleopatra' produce árboles de tamaño y vigor medianos, rendimientos de medios a altos, aunque frutos de

pequeños o medianos. El naranjo Trifoliado produce árboles de tamaño y vigor bajo, con mediana producción pero frutos de baja calidad de pequeños a medianos.

Cuadro 2. Características de algunos parámetros agronómicos de lima 'Persa' injertado en diversos portainjertos.

Portainjerto	Características de la copa			Características del fruto	
	Vigor	Tamaño	Producción	Calidad	Tamaño
Limón Volkameriano	A	G	A	Re, B	G
Limón Macrofila	A	G	A	Re, B	M, G
Naranjo Agrio	M	M	M	B	M, G
Citrange 'Troyer'	M	M	M,A	Re, B	M, G
Citrange 'Carrizo'	M	M	M,A	B	M, G
Citrumelo 'Swingle'	M	M	M,A	B	M, G
Lima 'Rangpur'	A	G	A	B, Ba	M, G
Limón 'Rugoso'	M	M	A	Re, B	G
Mandarino Amblicarpa	M	M	A	Re, B	?
Mandarino 'Cleopatra'	M	M	M, A	B	M, P
Naranjo Trifoliado	Ba	M, P	M, A	B	M, P

R= Rápida G= Grande B= Buena A= Alto N= Normal M=Medio Re=Regular
 ?= falta información L=Lenta P= Pequeño Ba= Bajo

2.5. Características de portainjertos usados en el experimento

Naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.): Es el patrón más ampliamente utilizado en México por su gran adaptación a un rango amplio de suelos, desde los arcillosos y pesados hasta los ligeros areno-limosos. Tiene resistencia satisfactoria a la caliza y a la acidez. Tiene resistencia a la gomosis producida por *Phytophthora*. Presenta un elevado porcentaje de poliembrionía (85 % de plantas nucelares) lo cual da homogeneidad a las plantas obtenidas. Presenta una afinidad alta con la mayor parte de las especies cultivadas. Confiere a la variedad injertada una buena

productividad y frutos de buena calidad. Tolerante a Exocortis, Psoriasis y Xyloporosis. Su desventaja es que es altamente susceptible a Tristeza cuando se combina con variedades de naranjo dulce, mandarino, pomelos y limas (Agustí, 2000; Davies y Albrigo, 1994; Soler y Soler, 2006).

Citrango 'Carrizo': Es un híbrido de *Poncirus trifoliata* y *Citrus sinensis* (naranjo 'Washington Navel'). 'Carrizo' fue seleccionado a partir de una semilla de citrango 'Troyer'. Presenta buena resistencia a la Gomosis producida por *Phytophthora*. Presenta un elevado porcentaje de poliembrionía (casi el 100 % de plantas nucelares), confiere al injerto resistencia al frío (Davies y Albrigo, 1994; Loussert, 1992). Los árboles injertados en Carrizo crecen moderadamente bien sobre suelos arenosos y arenosos- margosos; sin embargo, crecen pobremente sobre suelos con pH alto, por su alta sensibilidad a la caliza, desarrollando clorosis férrica (Agustí, 2000; Soler y Soler, 2006). Confiere al injerto buena productividad y frutos de buena calidad superiores a los producidos en especies injertados sobre naranjo Agrio y *P. trifoliata* (Loussert, 1992; Soler y Soler, 2006). Es tolerante a Tristeza, Psoriasis y Xyloporosis, pero sensible a Exocortis (Agustí, 2000; Davies y Albrigo, 1994; Loussert, 2000; Soler y Soler, 2006).

Mandarina 'Cleopatra' (*Citrus reshni* Hort. Ex Tan.): Presenta alta tolerancia a la Tristeza, Psoriasis y Exocortis, resistente a clorosis férrica y muy resistente a la salinidad, pero sensible a la asfixia radical. Tiene un elevado porcentaje de poliembrionía (alrededor del 90 % de plantas nucelares), y una alta afinidad con la mayor parte de las especies comerciales. Su crecimiento en vivero y en las primeras etapas de una plantación es lento, pero tiende a estabilizarse posteriormente. Tiene

tolerancia media a la Gomosis por *Phytophthora*. La calidad y los frutos de variedades injertadas sobre mandarina 'Cleopatra' son menores que los producidos en especies injertados sobre naranjo Agrio. (Agustí, 2000; Loussert, 1992; Soler y Soler, 2006).

Citrumelo 'Swingle' o 'CPB 4475': Es un híbrido de *P. trifoliata* x pomelo (*C. paradisi*). Es tolerante a Tristeza, Exocortis, Psoriasis, y Xiloporosis. Resistente a *Phytophthora* spp. y moderada resistencia al frío y la salinidad. Crecen bien sobre suelos arenosos y limosos, pero no se adapta bien en suelos con más del 35 % de arcilla, ni en suelos con pH alto, por sus sensibilidad a la caliza (Agustí, 2000; Loussert, 1992). Naranjos y pomelos crecen bien sobre este portainjerto, no así las limas y limeros (Davies y Albrigo, 1994). Presenta abundante en la zona de unión del injerto. Es sensible a la clorosis férrica (Soler y Soler, 2006).

Limón Volkameriano (*Citrus volkameriana* Pasquale): Es un híbrido del limón. Como portainjerto produce árboles vigorosos, de gran tamaño y además es adaptable a una amplia gama de suelos, tolera la caliza y moderadamente la salinidad. Las plantas injertadas en este portainjerto producen precozmente. Es susceptible a Gomosis causada por *Phytophthora* sp. y a los nemátodos excavador y cítrico. Es tolerante a la Tristeza, Exocortis y Xiloporosis (Davies y Albrigo, 1994; Soler y Soler, 2006). Muy recientemente ha sido reportado con cierto grado de susceptibilidad a Tristeza, debiendo sustituir los árboles en un período de 10 años (Piña-Doumolín *et al.*, 2006).

Trifolio 'Rubidoux': Selección sobresaliente de *Poncirus trifoliata* Raf. El trifolio proporciona a la copa tolerancia al frío, precocidad y excelente

calidad de fruta. Prospera mejor en suelos sueltos y arenosos, aunque es sensible a la falta de agua. Es una especie poliembriónica. Es resistente a la Gomosis, pero sensible al ataque del hongo *Rosellinia*. Es susceptible a Exocortis, tolerante a Xyloporosis y resistente a la Tristeza (Acuña et al., 2002; Davies y Albrigo, 1994).

2.6. Efecto de portainjertos en lima 'Persa'

En Florida, Estados Unidos, se hicieron algunas de las primeras evaluaciones de portainjertos para lima 'Persa', encontrando que 'Alemow' (*C. macrophylla*) y limón 'Rugoso' (*C. jambhiri*) son de los mejores portainjertos, mientras que 'Cleopatra', citrange 'Troyer' y citrumelo 'CRC1452', tienen un rendimiento muy pobre en plantas de 3 años de edad, y esto se encuentra asociado al tamaño de la planta, ya que se observó que a mayor tamaño de copa, fue mayor el rendimiento por árbol (Campbell, 1972).

En Venezuela, se comparó el comportamiento de *C. volkameriana* y mandarina 'Cleopatra' (*C. reshni*) con limón 'Persa', durante un período de 4 años a 350 msnm, precipitación anual de 1,800 mm, temperatura media anual es de 26° C, suelos profundos, textura franco-arenosa y pH de 5 a 6. Se observó que Volkameriano indujo un crecimiento muy vigoroso expresado como diámetro de la copa (6.7 m) y altura de la planta (4.5 m) contra 5.0 y 3.7 m de copa y altura de 'Cleopatra' que tuvo indujo un crecimiento medio. En cuanto a producción, limón Volkameriano indujo a mayor producción por planta (112.2 kg.árbol⁻¹) y eficiencia productiva (0.97 kg.m⁻³) mientras que mandarina 'Cleopatra' tuvo menor rendimiento por

planta (35 kg.árbol^{-1}) y una eficiencia de 0.7 kg.m^{-3} . En cuanto a calidad del fruto no se encontraron diferencias significativas en los parámetros de calidad peso por fruto, diámetro del fruto, porcentaje de jugo por fruto, grados brix, acidez titulable, vitamina C, relación grados brix/acidez y espesor de la corteza o cáscara (Valbuena, 1996).

Posteriormente, en el mismo país, Quijada *et al.* (2002) evaluaron 10 portainjertos en árboles de lima 'Persa', en suelos franco-arenosos y clima seco con precipitación media anual de 500 a 600 mm y temperatura media anual de 28°C y 75 % de humedad relativa. Encontraron que portainjertos como limón Volkameriano (*C. volkameriana*), mandarino 'Cleopatra' (*C. reshni*), citrumelo 'Sacatón' y limón 'Rugoso' (*C. jambhiri*), a los diez años de la plantación presentaron las mayores producciones en cuanto a número y peso de fruto por planta, sin embargo, en términos de la eficiencia productiva, se obtiene mayor eficiencia con limón 'Rugoso', citrange 'Troyer' y mandarina híbrida 'Cajera' (*C. aurantifolia* X *C. reticulata*); mientras que la menor eficiencia se obtiene en citrumelo 'Sacatón', debido al vigoroso crecimiento de los árboles.

Referente a la calidad de los frutos, se observaron los mayores tamaños y pesos con Volkameriano y 'Sacatón' y una tendencia en 'Cleopatra' a producir frutos de menor peso. Sin embargo, el diámetro ecuatorial no presentó diferencia estadística entre los 10 portainjertos evaluados. No presentaron diferencias en el grosor de cáscara (valores entre 0.26 y 0.326 cm) ni en el contenido de jugo (31.7 a 40.7 %), ni la acidez, aunque esta última tuvo una relación inversa del tamaño y diámetro de frutos, siendo

Volkameriano, 'Cleopatra' y 'Yuma' los que presentaron más bajo valor numérico.

A pesar de no encontrarse diferencias significativas para el diámetro de frutos, 'Cleopatra' logró el mayor valor. Todos los portainjertos, con excepción de Volkameriano y 'Sacatón', produjeron frutos con tendencia a la redondez, en todos los casos el diámetro ecuatorial de los frutos para los diez portainjertos fue mayor a 5 cm.

Actualmente en Venezuela se encuentran en evaluación diversos híbridos experimentales, como consecuencia de una posible susceptibilidad de *C. volkameriana* a Tristeza (Piña-Dumoulín *et al.*, 2006) y se han encontrado portainjertos prometedores como el 'HRS-942' ('Sunki' x trifolio 'Dragón Volador') que presentaron una alta producción de frutos y alta eficiencia productiva, así como mayor diámetro y volumen de copa, y el 'HRS-812' ('Sunki' x trifolio 'Beneche'), que presentó una alta eficiencia productiva en un porte medio de árbol y buena calidad de fruto en referencia al calibre de fruto y rendimiento en jugo.

En cuanto a la forma de los frutos, aunque no se encuentra presentado como una variable de calidad para el mercadeo de lima 'Persa', posee importancia a la hora de la distribución del producto dentro de los empaques. En este particular, las pruebas de medias indicaron una diferencia significativa entre frutos sobre portainjerto 'HRS-954' (índice de 1.12) y el 'HRS-934' (índice de 1.08), lo cual denota una tendencia del 'HRS-954' a producir frutos ovales mientras que 'HRS-934' frutos más redondos (Piña-Dumoulín *et al.*, 2006).

Trabajos más recientes elaborados por Curti y Loredó (2004), en suelos ligeramente ácidos de Martínez de la Torre, Ver. reportan un buen comportamiento de copa de lima 'Persa' en vigor y tamaño, cuando fueron injertados en 'Morton', 'Benton', Amblicarpa, 'Florida', 'Sun Chu Sha' y Agrio a un año de establecidos. Otros registros fueron que 'Rubidoux', 'Cleopatra' y Volkameriano, entre otros, presentan menor vigor y porte que los anteriormente mencionados.

En Brasil, con suelos arcillosos, con precipitación media anual de 1,500 mm y temperatura media anual de 21° C, fueron evaluadas plantas de lima 'Tahiti AIC-5', injertadas en limón 'Cravo' (*C. limonia* Osb.), citrange 'C-13', limón 'Rugoso de África', limón Volkameriano, tangerina 'Sunki' y tangerina 'Cleopatra'. Después de 11 años, los portainjertos que indujeron mayor volumen de copa fueron 'C-13' y limón 'Rugoso de África', difiriendo de los injertados en *P. trifoliata* y las tangerinas 'Sunki' y 'Cleopatra', que tuvieron los menores volúmenes. Los árboles injertados en lima 'Rangpur' y 'C-13' tuvieron el mayor rendimiento acumulado, y fueron diferentes de los injertados sobre *P. trifoliata* y tangerinas 'Sunki' y 'Cleopatra'. No hubo efecto del portainjerto en el peso medio del fruto ni en la relación sólidos solubles totales/acidez del jugo (Colauto y Janeiro, 2004).

También en Brasil, experimentos conducidos en suelos de textura media, clima subtropical, con temperatura media de 23,5°C; precipitación media anual de 1,522 mm, empleando lima 'Persa clon IAC-5' y usando tangerina 'Sunki' y 'Cleopatra', mandarinas 'Batangas' y 'Oneco' (*C. reticulata* Blanco), trifolio 'EEL', lima 'Rangpur', limón Volkameriano 'Catania 2', tangelo 'Orlando' (*C. reticulata* Blanco X *Citrus paradisi* Macf), citrumelo 'Swingle',

citrango 'Morton' y naranja 'Caipira DAC' ; con una evaluación de 8 años, mostraron que los portainjertos de mejor comportamiento fueron tangelo 'Orlando', citrumelo 'Swingle' y citrango 'Morton'; las producciones más bajas ocurrieron con portainjertos de tangerina y naranja 'Caipira DAC'. La lima 'Rangpur' presentó producción intermedia y corta vida útil de las plantas (Figuereido *et al.*, 2002).

En Costa Rica, se evaluaron limón Volkameriano, citrango 'Carrizo', naranja Taiwanica (*C. taiwanica*) y mandarino 'Cleopatra' en una plantación de 4.5 años de edad establecida en un suelo franco arenoso de fertilidad media, con una precipitación promedio anual de 1,500mm y una temperatura media de 27° C. Se concluye que el portainjerto que indujo la mayor eficiencia en producción, independientemente del tamaño de copa y área foliar fue el mandarino 'Cleopatra', indicando que la calidad de fruta depende en mayor proporción de la variedad y no del patrón. Asimismo, no se encontraron diferencias entre el área foliar y la proyección de copa del árbol, lo cual indica que la lima 'Tahiti' concentra por ha la misma área foliar independientemente del tamaño del árbol cuando se cultiva en estos portainjertos (Hernández, 1999).

En Veracruz, México, trabajos más recientes elaborados por Curti *et al.* (2007), en suelos aluviales, de textura franco arenosa, y ligeramente ácidos, con 19 portainjertos, en plantas de 2.5 años de edad, registran un comportamiento de copa en vigor y tamaño similares al naranjo agrio en 14 portainjertos, encontrando menores tamaño de copa con Calamondín, Volkameriana, 'Sacatón' y 'Dragón Volador'. El comportamiento atípico en Volkameriana se le atribuye al suelo arenoso en demasía donde se

establecieron sus repeticiones, Referente al rendimiento, trifolio 'Rubidoux' fue el portainjerto que más frutos y más kilogramos de fruta por árbol indujo durante los meses de junio, julio y agosto, superando estadísticamente en la primer variable a 'C-32', 'Cleopatra', 'Florida', 'Sun Chu Sha' y 'Sacaton', y a los últimos tres patrones, en kilogramos de fruta por árbol; mientras que con el resto de ellos incluyendo al naranjo Agrio, fue estadísticamente igual en ambas variables. Referente a la calidad de frutos, el peso promedio del fruto producido con el naranjo Agrio fue de 101 gramos, estadísticamente igual al producido con el resto de portainjertos, con excepción de 'Dragón Volador' que fue menor con 87.6 gramos.

En Tabasco, se tienen avances de con lima 'Persa' de 33 meses de edad con 10 diferentes portainjertos, establecidos en suelos ácidos de baja fertilidad clasificado como Acrisol. Se reporta solo la altura de plantas y el diámetro de la copa, sobresaliendo los citranges 'C-35' y 'Troyer' como los de mayor altura, superiores estadísticamente a naranjo Agrio. En el caso de los diámetros de copa, los portainjertos no mostraron diferencias significativas, aunque estos resultados aun no son contundentes. No se reportan datos sobre la producción (Cruz De la *et al.*, 2005).

En Cuba, se ha encontrado que los limones *Macrophylla* y *Volkameriano*, cuando se injertan con lima 'Persa' alcanzan una copa de 155 m³ y 132 m³ respectivamente en plantas de 12 años de edad, contrastando con mandarina 'Cleopatra' y naranjo Agrio de 98.8 y 94.5 m³ respectivamente. En estas observaciones los árboles de *Volkameriano* alcanzaron alturas de 5.2 m y diámetros de copa de 7 m., mientras que el naranjo Agrio alcanzó una altura de 4.7 m y un diámetro de copa de 6.3 m (Valle Del, 1997).

Referente a la calidad del fruto, se obtienen frutas de lima 'Persa' de mayor peso con Volkameriano y Macrophylla, y menores con mandarina 'Cleopatra' y naranjo Agrio, sin embargo, no se observan diferencias sustanciales ni en la acidez, jugo, grosor de corteza o sólidos solubles totales (Valle Del, 1997). En Chile, Joublan *et al.* (1998), trabajó con portainjertos para limoneros 'Génova' y 'Limoneira', encontrando que en limón 'Génova', Citrumelo y Macrophylla indujeron similar producción y prácticamente no se diferenciaron en calidad. En frutos de 'Limoneira', 'Flying Dragon' aumentó los sólidos solubles totales y la acidez, en tanto Citrumelo ocasionó una mayor producción. No encontraron efecto del patrón sobre el peso del fruto de 'Genova', ni en su diámetro ecuatorial y polar. Sin embargo, Citrumelo indujo una forma más alargada, de acuerdo a la menor relación de diámetros.

2. 7. Compatibilidad e incompatibilidad injerto/ portainjerto en cítricos

La compatibilidad se define como la capacidad de dos plantas diferentes, que, injertadas entre sí, puedan producir con éxito una unión y desarrollarse satisfactoriamente como una planta compuesta (Hartman y Kester, 2001).

Opuesto a ello sería la Incompatibilidad, muchas de las combinaciones de injerto que inicialmente se unieron con éxito aparente, con el tiempo expresan síntomas de desarreglos debidos ya sea a fallas en la unión o al desarrollo de patrones de crecimientos anormales.

Existen diversos síntomas asociados a la incompatibilidad, entre los cuales se mencionan:

- Muerte prematura del árbol, que puede vivir un año o dos en el vivero.

- Amarillamiento del follaje, defoliaciones y mal aspecto del árbol.
- Altas diferencias en la tasa de crecimiento o del vigor entre patrón e injerto, provocando desarrollo excesivo en la unión del injerto, arriba o debajo de ella.
- Ruptura neta de los componentes del injerto en la unión del injerto (Hartmann y Kester, 2001).

Generalmente se piensa que la compatibilidad entre el patrón y el injerto se manifiesta por un mayor incremento del diámetro del patrón en la zona del injerto o viceversa, y se añade que una buena compatibilidad es cuando el diámetro del patrón y el injerto son aproximadamente iguales en la zona de unión de ambos. Del Valle (1997) sostiene que esto no es suficiente para su explicación, ya que estos fenómenos solo se deben a diferencias en las tasas de crecimiento del cambium de ambas partes y que estas mantienen su independencia genética aunque se influyen fisiológicamente. Ejemplos son las combinaciones en limonero/Satsuma/naranja Agrio o Satsuma/*P. trifoliata* que puede causar decaimiento en 10-15 años de la plantación, aunque estas no son propiamente consideradas como incompatibilidades. La verdadera incompatibilidad se da cuando no hay garantía de la continuidad física o compatibilidad fisiológica entre el portainjerto y el injerto.

Hay dos tipos de incompatibilidad: localizada y traslocada (Agustí, 2000). En el primer caso la unión deja áreas sin soldar o necrosadas; y es recíproca, es decir, si A/B es incompatible, B/A también. Los casos más conocidos en cítricos son combinaciones de limonero Eureka sobre citranges o *P. trifoliata*. En el segundo caso, la combinación no es recíproca, de tal modo que si A/B es incompatible, B/A no lo es. La unión es aparentemente fuerte, pero el

árbol vive un número impredecible de años en perfectas condiciones, hasta que se el injerto y el patrón se separan físicamente.

Los virus inducen incompatibilidad en determinadas combinaciones injerto/patrón, tal es el caso de VTC en la combinaciones de naranja dulce, mandarino o pomelo con naranjo Agrio (Agustí, 2000).

La manifestación de las características como el vigor, la producción y la calidad del fruto, propios de una variedad depende del portainjerto. Una parte del vigor tiene que ver con la afinidad de su unión. Si ésta es perfecta, el comportamiento es óptimo, pero cuando adquieren grosores diferentes, puede repercutir negativamente en su comportamiento agronómico.

También el vigor es consecuencia del portainjerto. La longitud de raíces y su densidad otorgan al portainjerto cierta capacidad de absorber agua y nutrientes, así como de sintetizar reguladores de crecimiento que se manifiestan en la variedad injertada (Valle Del, 1997).

Aunque la producción y calidad del fruto está determinada por la variedad, condiciones climáticas y de manejo, el efecto del portainjerto también es importante. Así, *C. macrophylla* y *C. volkameriana* inducen alta producción, mientras que naranjo Agrio, mandarino 'Cleopatra' y citranges, inducen producción media. Macrofila eleva el contenido de zumo en limonero, aunque la acidez y los sólidos solubles son bajos. *P. trifoliata* y sus híbridos inducen calidad superior a los injertados en mandarino 'Cleopatra' (Agustí, 2000).

2.8. La anatomía del xilema en cítricos

El sistema vascular del esporofito de las plantas superiores está constituido por el xilema, cuya función principal es el transporte de agua y solutos, y por

el floema, que transporta sobretodo los productos de la fotosíntesis. El xilema es un tejido complejo que consta de varios tipos de células. Las más importantes son los elementos traqueales o vasos, que son células no vivas relacionadas fundamentalmente con el transporte de agua y función mecánica. El xilema producido por el procambium en el cuerpo primario se llama xilema primario. En muchas plantas, cuando la planta concluye su crecimiento primario, desarrolla tejidos secundarios. El xilema que se desarrolla a partir de la actividad del cambium vascular se llama xilema secundario (Fahn, 1974).

La literatura acerca de las características anatómicas del xilema de los cítricos es escasa. Cañizares *et al.* (2007) describe el crecimiento secundario del tallo, en el cual, el cambium se origina de los remanentes cambiales que quedan en los haces caulinares y del parénquima que ocupa zonas interfasciculares. La interpolación de tejidos vasculares secundarios entre el floema y el xilema primario ocasiona cambios y ajustes estructurales en la anatomía del tallo, especialmente hacia afuera del órgano. El xilema y floema secundarios sustituye a los primarios en su función, quedando estos últimos comprimidos, aunque el parénquima vascular puede quedar funcional. El xilema y el floema secundarios se arreglan en anillos continuos y la médula se encuentra reducida considerablemente. Durante la transición entre el crecimiento primario y secundario del tallo se desarrollan fibras a partir del parénquima xilemático, por lo que existe predominio de estas células en el secundario. No es fácil observar exactamente el inicio de la formación del xilema secundario, el primario se observa claramente delimitado por células parenquimáticas del floema secundario. El tejido

vascular secundario es poroso, con vasos rodeados por floema. El xilema secundario es poroso, difuso, con vasos rodeados de células parenquimáticas y fibras.

Metcalfe y Chalk (1950) mencionan que en la familia de las Rutáceas los vasos están clasificados por su tamaño como: muy pequeños y moderadamente pequeños (25-100 μm de diámetro medio tangencial) y algunas veces como extremadamente pequeños (menores de 25 μm). El parénquima paratraqueal predomina en la mayoría de las especies; mientras que, en los géneros *Citrus* y *Poncirus* se caracterizan por la presencia de parénquima apotraqueal difuso y con frecuencia contiene células cristalíferas; la familia Rutácea también tiene madera con radios homogéneos que miden menos de 1 mm.

2.9. Efecto del xilema en cítricos

Mireles (2005) estudió el efecto de las características del xilema secundario en naranja Valencia en combinación con cinco portainjertos (Carrizo, Troyer, Cleopatra, Sheckwasha y Changsha) en Tamaulipas, México. Encontró que los portainjertos evaluados influyen en la longitud de vasos del xilema y fibras del naranjo valencia, pero no en los diámetros de sus vasos ni el ancho de los radios. No encontró efecto de los portainjertos en el vigor del árbol de naranja Valencia, sin embargo encuentra una alta correlación entre la longitud de fibras del tallo de los portainjertos con la altura, diámetro de copa y volumen de copa del cultivar. Encontró también una alta correlación negativa entre la densidad de los vasos con el rendimiento por árbol y una alta correlación positiva de estos con la acidez titulable.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y características del sitio experimental

El sitio experimental se encuentra ubicado en las coordenadas aproximadas 17° 45' de latitud Norte y 93° 30' de longitud oeste, en el municipio de Huimanguillo, Tabasco (Figura 1). En el Km. 6 de la Carretera Tierra Nueva 3ª sección – Estación Zanapa. El experimento se estableció en septiembre de 2003. Se plantaron en un arreglo de 4 x 7 m. El predio es propiedad de la empresa Agrícola San Pablo S.P.R. de R.L.



Figura 1. Localización del sitio experimental

El clima de la región es de tipo cálido húmedo con lluvias todo el año Am (f) (García, 1988), con un porcentaje de lluvia invernal menor al 18 %. La temperatura media anual es de 26.0 °C, siendo el periodo mas cálido de abril a septiembre con temperaturas promedio de 28.1 °C. Durante los meses más fríos, de octubre a marzo, la temperatura promedio es de 23.9 °C. La oscilación térmica es baja (de 10.7 °C). La temperatura máxima extrema en 24 horas registradas es muy elevada, 41.5° C en mayo y la mínima extrema registrada fue de 9 °C en febrero.

El tipo de suelo es un Acrisol, profundo, con buen drenaje interno, alto grado de intemperización, de pH (4.5) clasificado como fuertemente ácido, de mediana a baja capacidad de intercambio catiónico, baja saturación de bases, deficiencias de fósforo y de textura franco arenosa.

3.2. Diseño Experimental y Tratamientos

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con seis tratamientos y cinco repeticiones donde una planta fue una unidad experimental.

Los tratamientos fueron cinco portainjertos con tolerancia a VTC y el naranjo Agrio como testigo:

1. Lima 'Persa' injertada en limón Volkameriano ('Persa'/Volkameriano)
2. Lima 'Persa' injertada sobre mandarina 'Cleopatra' ('Persa'/Cleopatra')
3. Lima 'Persa' injertada sobre 'Rubidoux' ('Persa'/Rubidoux')
4. Lima 'Persa' injertada sobre Citrange 'Carrizo' ('Persa'/Carrizo')
5. Lima 'Persa' injertada sobre Citrumelo 'Swingle' ('Persa'/Swingle')
6. Lima 'Persa' injertada sobre naranjo agrio ('Persa'/Agrio =Testigo)

Los portainjertos tolerantes fueron obtenidos en el vivero certificado Procigo S.A. de C.V., en Martínez de la Torre, Veracruz. Las yemas fueron seleccionadas de una huerta comercial propiedad de Agrícola San Pablo, quien colaboró con el sitio experimental.

3.3. Variables del crecimiento

1. Altura del árbol (m). Se midió con un estadal en la parte central del árbol desde el nivel del suelo hasta su parte más alta, tres años y 10 meses después de la plantación.
2. Diámetro de copa (m): Se midió con flexómetro en dos direcciones perpendiculares y se obtuvo un promedio, tres años y 10 meses después de la plantación.
3. Diámetro del tallo (cm): Se midió el perímetro del tallo del portainjerto con cinta métrica a una altura de 30 cm y se calculó el diámetro por la fórmula $D = P/\pi = P/3.1416$

3.4. Variables del rendimiento

4. Número de frutos.árbol⁻¹.año⁻¹: Se estimó contando todos los frutos desde un tamaño de 'pimienta' (aproximadamente 0.5 cm) hasta su tamaño más grande, durante todo un año con intervalos de tres meses (o sea, en cuatro ocasiones al año).
5. Rendimiento por árbol por año (kg de fruta.árbol⁻¹.año⁻¹): Para esta variable fue indispensable calcular la variable peso medio del fruto, multiplicándolo por la variable número de frutos por árbol por año.

6. Eficiencia productiva (kg de fruta. m^{-2} . año^{-1}): Se calculó dividiendo el rendimiento por árbol por año entre la superficie proyectada por su copa.

3.5. Variables de la calidad del fruto

3.5.1. Variables de calidad externa

7. Peso medio de fruto (g): Se tomó una muestra de cinco frutos de cada unidad experimental obtenidos de puntos aleatorios del árbol y se obtuvo un promedio por fruto. Se empleó una balanza electrónica portátil marca US-Magnum, con error de 0.1 g.

8. Longitud media del fruto (cm): Se midió la longitud de una muestra de cinco frutos por unidad experimental y se obtuvo un promedio. Se utilizó un vernier digital marca Scala.

9. Diámetro medio del fruto (cm): Se midió en la parte central de una muestra de cinco frutos por unidad experimental y se obtuvo un promedio. Se usó un vernier digital marca Scala.

10. Índice de forma: Se calculó dividiendo la longitud media entre el diámetro medio del fruto.

11. Grosor de corteza del fruto (mm): 5 frutos de cada unidad experimental fueron cortados transversalmente y digitalizados en escaner HP 1410 (Figura 2). Se hicieron 20 mediciones por unidad experimental y se obtuvo un promedio. Se empleó el paquete computacional Image Tools Versión 3.0.

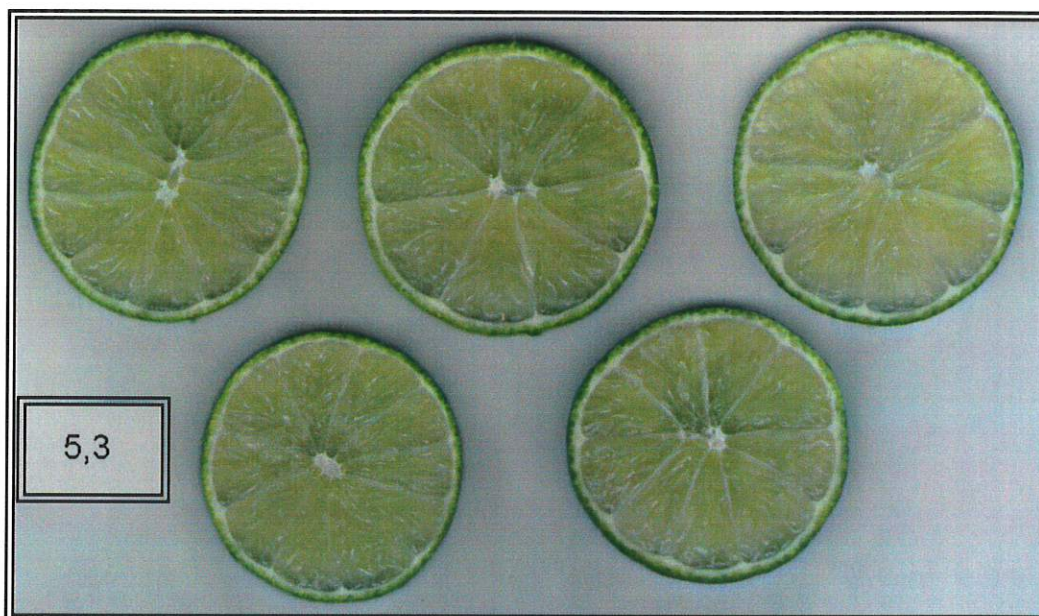


Figura 2. Imagen escaneada de cinco frutos de lima 'Persa' de un tratamiento para la medición del grosor de cáscara en Image Tools

3.5.2. Variables de calidad interna

12. Porcentaje de jugo: Se extrajo el jugo de cinco frutos con un extractor manual y se pesó en balanza electrónica marca US-Magnum. El porcentaje se calculó dividiendo el peso del jugo entre el peso de los frutos y multiplicándolo por 100.

13. Sólidos Solubles Totales (°Brix): Se empleó un refractómetro de mano tomando una gota del jugo extraído.

14. Acidez titulable (en % de ácido cítrico): Se tomó una alícuota de 10 mL y se tituló con NaOH 0.1 N, utilizando fenolftaleína como indicador.

La acidez titulable se calculó como porcentaje de ácido cítrico a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ ácido cítrico} = [(G * N * M) / A] * 100$$

Donde:

G = (mL gastados de NaOH)

N = Normalidad del NaOH = 0.1

M = meq. Ac. Cítrico = 0.064

A = Alícuota

3.6. Variables anatómicas del xilema

Se cortaron tres árboles por tratamiento para hacer mediciones en la zona próxima a la unión del injerto. Los trozos fueron llevados al Laboratorio de Anatomía de la madera de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo, donde se obtuvieron 'rodajas' de los trozos en las que se marcaron áreas para cortar con sierra eléctrica pequeños bloques de cuatro a cinco centímetros de longitud y base de 0.5 ó 1 cm² (Figura 3). Dichos bloques fueron colocados en un digestor para ser reblandecidos a una presión de dos kilogramos durante 1.5 minutos, una vez reblandecidos se obtuvieron cortes de tejido de 20 µm con un xilotomo de deslizamiento Reinchert-Jung, a una distancia de dos centímetros arriba y debajo de la línea de unión del injerto. Posteriormente, se colocaron en tinción en cajas de Petri con Safranina por 24 horas, se lavaron en repetidas ocasiones con agua destilada hasta que el agua fuera lo más claro posible, para proceder al montaje de los mismos. Los cortes fueron inmersos en una solución de alcohol etílico al 70 % durante cinco minutos, se transfirieron a una solución de alcohol etílico absoluto durante cinco minutos y finalmente se colocaron en Xylol por tres o cuatro segundos para lubricar las células. El corte se colocó sobre un portaobjeto, colocando unas gotas de Entellan como fijador y se cubrieron con el cubreobjetos, quedando listas para su observación.

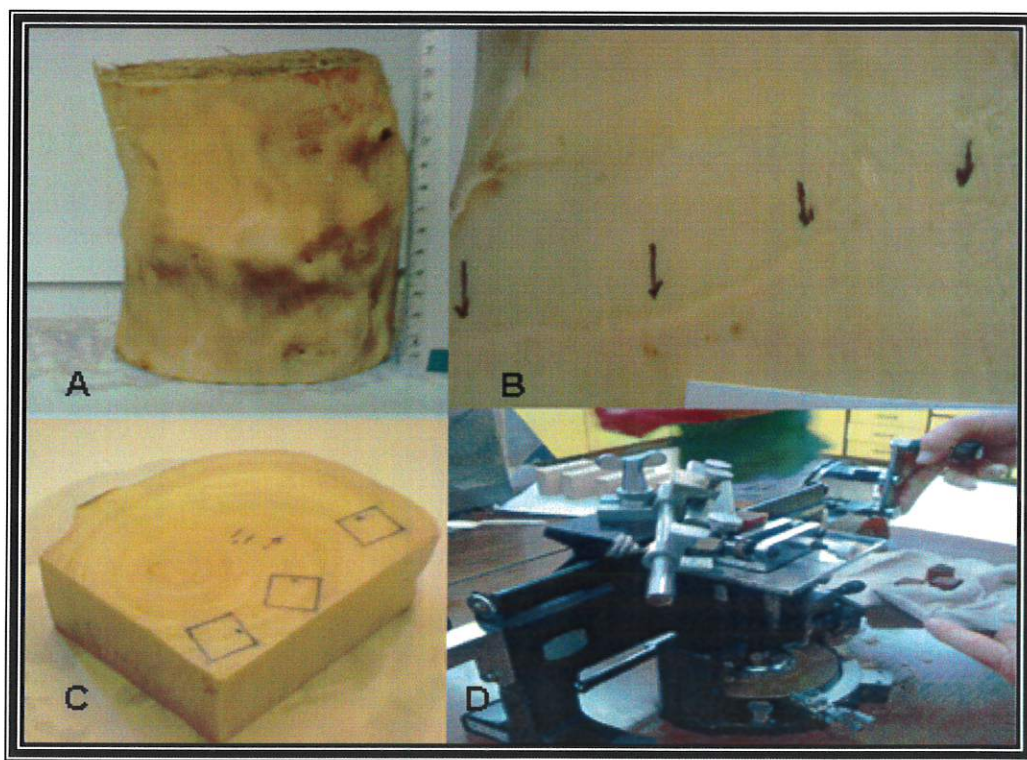


Figura 3. Obtención de los cortes de xilema secundario de tallos de portainjertos y lima 'Persa'. A) Corte del tronco en la zona de unión del injerto. B) Ubicación de la línea de unión. C) Obtención de rodajas, marcado y corte de bloques pequeños. D) Obtención de cortes de 20 μm en xilotomo.

Para las mediciones se empleó un microscopio de luz con transmisión de imagen a monitor usando los aumentos 10X para medir el diámetro de los vasos de xilema y 4X para medir la densidad de vasos (número de vasos por milímetro cuadrado). Las medidas fueron ajustadas y calibradas usando una microrregleta de 2 mm. Las variables medidas fueron:

15 y 16: Diámetro de vaso del portainjerto y de la lima 'Persa' (μm). Se midieron los diámetros tangencial y radial de 50 elementos de vaso de los portainjertos y de la lima 'Persa' para obtener un promedio en cada unidad experimental (Figura 4).

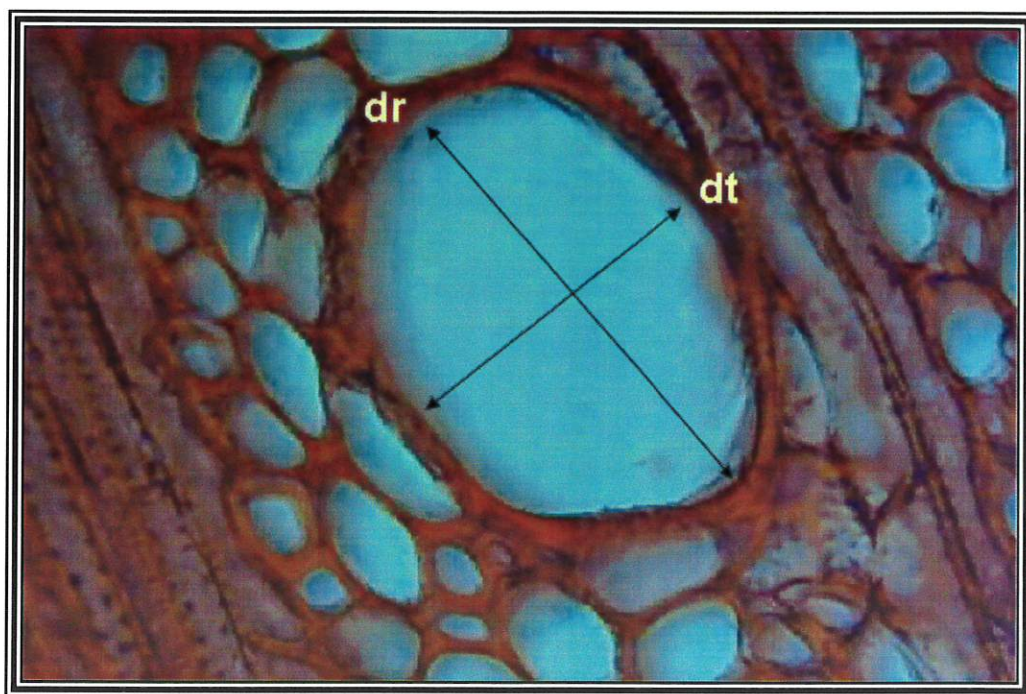


Figura 4. Medición del diámetro tangencial (dt) y diámetro radial (dr) para obtener un promedio por elemento de vaso, tanto del portainjerto como de la lima 'Persa'.

17 y 18: Densidad de vasos del xilema del portainjerto y Densidad de vasos del xilema de la lima 'Persa' (Número de vasos. mm^{-2}): Se midió la densidad de 20 campos diferentes de cada preparación y se obtuvo un promedio para cada unidad experimental (Figura 5).

3.7. Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico SAS, (Statistical Analysis System v. 8, 1999) con la aplicación de rango múltiple de Tukey, cuando hubo diferencias entre tratamientos. También se realizó el análisis de correlación (Pearson) para conocer la posible asociación entre las variables anatómicas del xilema del tallo con las variables del crecimiento, rendimiento y calidad del fruto de la lima 'Persa'.

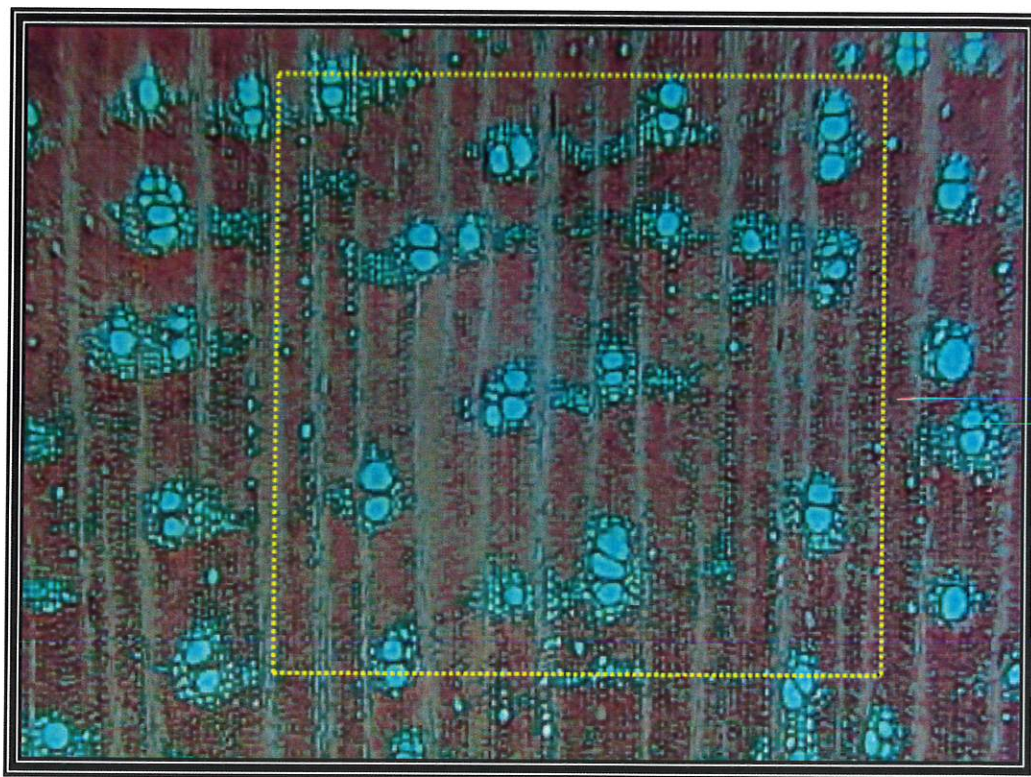


Figura 5. Medición de la densidad de vasos del xilema secundario del tallo de lima 'Persa' y de portainjertos en un campo de un mm²

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto del portainjerto en el crecimiento de la lima 'Persa'. Las variables altura de planta, diámetro de copa y diámetro del tallo

Los análisis de la varianza efectuado para las variables altura de la planta, diámetro de la copa y diámetro del tallo, indicaron que hubo diferencia significativa por efecto del portainjerto utilizado. Los portainjertos 'Carrizo', Volkameriano, 'Swingle' y 'Cleopatra', inducen crecimiento similar tanto en el diámetro de copa como en la altura de la planta, comparados con el naranjo Agrio; mientras que trifolio 'Rubidoux' confiere a la lima 'Persa' un porte bajo comparado con el mismo portainjerto y su diámetro de copa es menor a la inducida por 'Swingle', Volkameriano y 'Carrizo' (Cuadro 3 y Figura 6).

Cuadro 3. Crecimiento de plantas de lima 'Persa' de 3 años 10 meses de plantadas, injertadas en seis portainjertos en Huimanguillo, Tabasco.

Combinación injerto/portainjerto	Altura de la planta (m)	Diámetro de la copa (m)	Diámetro del portainjerto (cm)
'Persa'/'Carrizo'	2.68 a ^x	3.35 a ^x	11.02 b ^x
'Persa'/Volkameriano	2.56 a	3.44 a	10.56 b c
'Persa'/'Swingle'	2.55 a	3.69 a	13.74 a
'Persa'/Agrio	2.53 a	3.20 a b	9.76 b c
'Persa'/'Cleopatra'	2.38 a b	3.30 a b	10.38 b c
'Persa'/'Rubidoux'	2.02 b	2.70 b	8.44 c
C.V. (%)	7.93	9.84	10.94
DMSH	0.38	0.63	2.27

^x Valores con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

C.V.: Coeficiente de variación

DMSH: Diferencia mínima significativa honesta

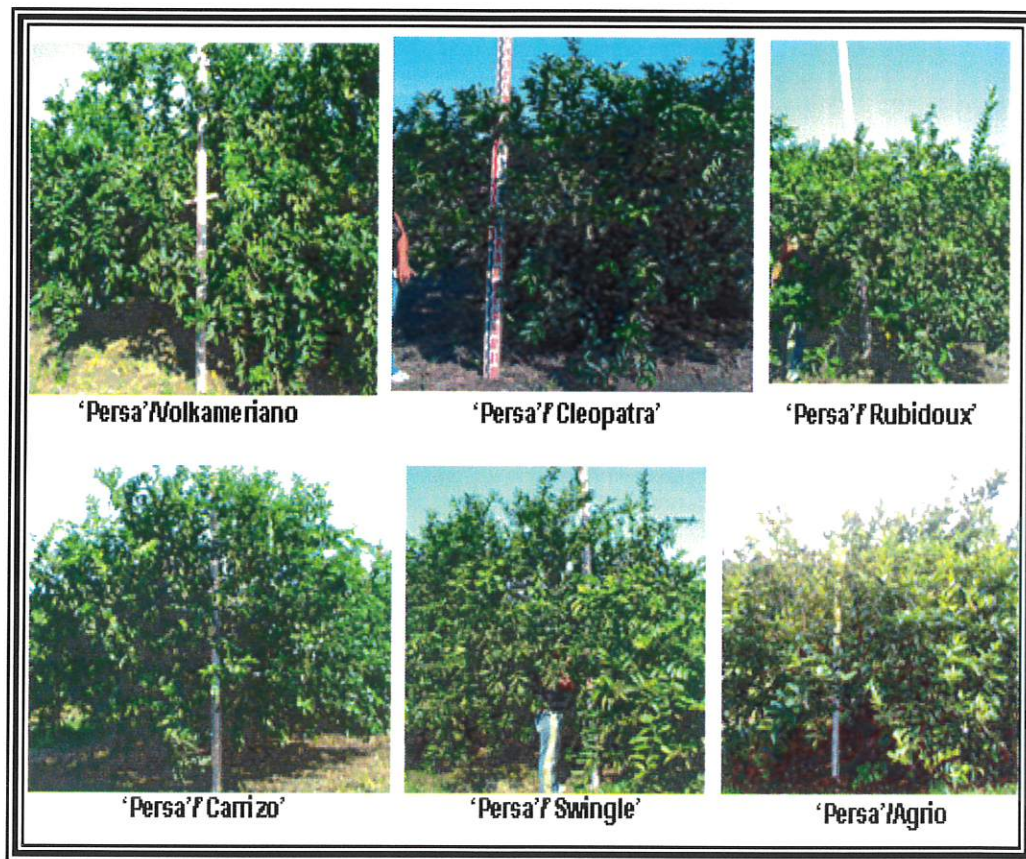


Figura 6. Crecimiento de árboles de lima 'Persa' en seis portainjertos. Nótese el menor porte inducido por 'Rubidoux'.

En el caso de limón Volkameriano, este resultado no concuerda con lo mencionado por diversos investigadores. Valbuena (1996) encontró que Volkameriano puede inducir diámetros de copa de 6.7 m y alturas de 4.5 m a los cuatro años de edad; Hernández (1999) reporta volumen de copa de hasta 36.5 m³ a cuatro años de edad, y Figueiredo *et al.* (2002), reportaron alturas de lima 'Persa' de 4.38 m y 7.35 m de diámetro de copa cuando emplearon este portainjerto.

Otros autores han encontrado concordancia con el comportamiento de este portainjerto. Quijada *et al.* (2002) reportaron volumen de copa intermedio cuando se emplea Volkameriano (15 m³) a los cuatro años de edad;

mientras que Colauto y Janeiro (2004) reportaron alturas intermedias de 3.5 m de altura y 4.4 m de diámetro de copa en árboles de lima 'Persa' de cuatro años de edad. Recientemente Curti *et al.* (2007) reportaron bajas dimensiones (2.28 m de altura y 2.63 m de diámetro de copa) en árboles de lima 'Persa' de 2.5 años de plantadas, cuando se empleó Volkameriano como portainjerto.

El tipo de crecimiento intermedio observado para 'Carrizo', 'Cleopatra' y 'Swingle' en este trabajo concuerda con lo registrado por diversos autores (Colauto y Janeiro, 2004; Cruz De la *et al.*, 2005; Hernández, 1999; Quijada *et al.*, 2002).

En condiciones de suelo franco arenoso de Veracruz, México, Curti *et al.* (2007), encontraron un comportamiento de copa en vigor y tamaño similares al naranjo agrio en 14 portainjertos, entre ellos 'Carrizo', 'Cleopatra', 'Swingle' y 'Rubidoux' en árboles de lima 'Persa' de 2.5 años de edad. De la Cruz (2005), por su parte, encontró alturas y diámetro de copa de árboles similares en la lima 'Persa' cuando se empleó naranjo Agrio, 'Carrizo', 'Swingle', Volkameriano, Cleopatra y Rubidoux entre otros, como portainjertos a 33 meses del establecimiento del experimento en suelos muy ácidos de Tabasco.

El diámetro del portainjerto mostró una marcada diferencia en su crecimiento, siendo 'Swingle' el portainjerto que se distingue por un mayor grosor (Cuadro 1 Anexo), diferente estadísticamente del resto de portainjertos incluido el naranjo Agrio, mientras que trifolio 'Rubidoux' presentó menor diámetro numérico, pero solo diferente estadísticamente de 'Swingle' y 'Carrizo'. Esto concuerda con diversos autores (Davies y Albrigo,

1994; Del Valle, 1997; Soler y Soler, 2006) quienes mencionan que 'Swingle' tiene un alto ritmo de crecimiento y que puede formar un sobrecrecimiento en la zona de unión del injerto, aunque también el empleo de *Poncirus trifoliata* puede inducir una estructura similar (Acuña *et al.*, 2002; Loussert, 1992) lo cual no se observó en este estudio.

Al respecto, se sabe que el portainjerto tiene una influencia significativa en todas las medidas del crecimiento del árbol cítrico. Esta influencia se debe a la capacidad que tiene el portainjerto para absorber agua y nutrientes y a la diferente producción de reguladores de crecimiento que se sintetiza en sus raíces y se trasladan a la copa, sin modificar sus curvas de crecimiento (Valle Del, 1997), y que dependiendo del portainjerto se tiene una mayor o menor longitud o densidad de raíces, lo cual daría un crecimiento diferenciado de la variedad injertada (Agustí, 2000), lo anterior explica parcialmente la diversidad de tamaños.

En el mismo sentido, el bajo crecimiento de lima 'Persa' observado usando como portainjerto al trifolio Rubidoux, se refuerza por diversos autores (Acuña *et al.*, 2002; Davies y Albrigo, 1994; Loussert, 1992) quienes mencionan que *P. trifoliata* (Rubidoux en este caso) induce la formación de árboles de tamaño y vigor bajo, aunque este efecto también podría estar influenciado por la presencia de alguna posible enfermedad viral.

A excepción del trifolio Rubidoux, los cinco portainjertos restantes inducen en la lima 'Persa' similar crecimiento en altura y en diámetro de copa, que podrían considerarse de porte intermedio a cuatro años de edad de las plantas.

4.2. Efecto del portainjerto en el rendimiento de la lima 'Persa'.

4.2.1. Número de frutos por árbol por año.

El análisis de varianza realizado para esta variable indicó diferencia estadística significativa, lo cual indica que el portainjerto afecta el número de frutos que produce una planta de lima 'Persa' durante un año. De tal modo, que cuando se utiliza limón Volkameriano, citrumelo 'Swingle', citrange 'Carrizo' o naranjo Agrio, la planta manifiesta el mismo comportamiento estadístico en el número de frutos, lo cual representa un aspecto a favor, ya que los tres primeros representarían alternativas en la sustitución del naranjo Agrio. Mandarina 'Cleopatra' indujo menor producción de fruta que el naranjo Agrio, 'Swingle' y Volkameriano, pero sin ser diferente estadísticamente a 'Carrizo'. El menor número de frutos por año se presentó en Rubidoux (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de 6 portainjertos en el rendimiento de plantas de lima 'Persa' de 4 años de edad en Huimanguillo, Tabasco, México.

Combinación injerto/portainjerto	Número de frutos por árbol por año	Rendimiento (kg de fruta.árbol ⁻¹ .año ⁻¹)	Eficiencia productiva (kg de fruta.m ⁻² .año ⁻¹)
'Persa'/Volkameriano	999.6 a *	113.32 a *	12.29
'Persa'/'Swingle	996.2 a	107.21 a	10.07
'Persa'/Agrio	936.4 a	94.36 a b	11.97
'Persa'/'Carrizo'	909.6 a b	94.09 a b	10.99
'Persa'/'Cleopatra'	692.4 b	75.59 b	8.97
'Persa'/'Rubidoux'	388.0 c	37.16 c	6.69
C.V. (%)	14.13	16.25	21.13
DMSH	226.68	27.63	4.20

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

C.V.: Coeficiente de variación

DMSH: Diferencia mínima significativa honesta

Estos resultados coinciden parcialmente con los reportados por Quijada *et al.* (2002), quienes reportan al limón Volkameriano como un portainjerto que induce un alto número de frutos en la lima 'Persa' (989 frutos por árbol en un año, en el cuarto año de plantación), pero menores en el caso de 'Swingle' y 'Carrizo' (con 832 y 447 frutos por árbol), aunque en este caso no incluyeron al naranjo Agrio para comparación.

Otros resultados reportados por Curti *et al.* (2007), mencionan que el limón Volkameriano indujo un bajo número de frutos, incluso inferior al naranjo Agrio, y reportan a trifolio 'Rubidoux' como portainjerto que induce alto número de frutos, contrario a lo obtenido en la presente evaluación (Solo 388 frutos.árbol⁻¹.año⁻¹).

Correspondiente a mandarina 'Cleopatra', se encontró que induce menor cantidad de fruta que Volkameriano, 'Swingle' y naranjo Agrio. Esto concuerda con lo reportado por Curti *et al.* (2007), Figueiredo *et al.* (2002) y Valbuena (1996) quienes encontraron que mandarina 'Cleopatra' induce bajo número de frutos cuando se le injerta lima 'Persa'.

Lo anterior podría ser resultado de las diferentes condiciones ambientales bajo las que se establecieron todos estos experimentos, ya que como mencionan varios autores (Agustí, 2000; Loussert, 1992; Valle Del, 1997) su comportamiento estará en función de los principales factores limitantes de cada región citrícola, el clima, el tipo de suelo y la variedad a cultivar.

4.2.2. Rendimiento por árbol por año

El análisis de varianza realizado para esta variable también indicó diferencia estadística significativa, lo cual indica que el portainjerto afecta el

rendimiento por árbol acumulado en un año. Como es de notar, esta variable, al depender del número de frutos, tiene un comportamiento similar a la variable anterior, aunque ligeramente modificada por los pesos promedios de los frutos de cada tratamiento. De esta manera, se tiene que, empleando los portainjertos Volkameriano, 'Swingle' o 'Carrizo', se produjeron resultados estadísticos similares que con el naranjo Agrio; y que al menos Volkameriano y 'Swingle', presentan diferencia estadística significativa con 'Cleopatra', y mayor diferencia con 'Rubidoux', el cual nuevamente resulta ser el de menor valor (37.16 kg de fruta. árbol⁻¹. año⁻¹) (Cuadro 4).

El resultado encontrado para Volkameriano coincide con lo registrado por diversos autores (Colauto y Janeiro, 2004; Figueiredo *et al.*, 2002; Quijada *et al.*, 2002; Valbuena, 1996;) quienes lo identifican como un portainjerto que induce alto rendimiento por árbol.

El portainjerto citrumelo 'Swingle' indujo rendimiento por árbol similar al naranjo Agrio, a Volkameriano y a 'Carrizo'. Este comportamiento concuerda con lo mencionado por Figueiredo *et al.*, (2002) y Quijada *et al.* (2002), quienes registraron altos rendimientos de lima 'Persa' comparables a Volkameriano cuando emplearon este portainjerto.

Citrango 'Carrizo' indujo rendimiento similar a los tres mencionados anteriormente, sin embargo Quijada *et al.* (2002) encontró rendimientos por árbol intermedios (50 kg por árbol) mientras que Hernández (1999) registra bajos rendimientos por árbol, del orden de los 23 kg por árbol de cuatro años de edad. Curti *et al.* (2007) por su parte, registró solo 17 kg por árbol en plantas de 2.5 años de edad en un período de tres meses.

La mandarina 'Cleopatra' resultó estadísticamente menor a Volkameriano y 'Swingle'; y estadísticamente superior a 'Rubidoux', pero igual que Agrio y 'Carrizo'. Diversos autores han registrado información discordante en sus resultados: Valbuena (1996) reportó solo 35 kg por planta de cuatro años de edad, Colauto y Janeiro (2004) 61.8 kg por planta de cuatro años de edad, Hernández (1999) encontró buenos rendimientos por árbol (81.7 kg) de cuatro años de edad, mientras Quijada *et al.* (2002) encontró altos rendimientos por planta (117 kg) de cuatro años de edad.

El trifolio 'Rubidoux' presentó el más bajo rendimiento por planta por año en este estudio. Curti *et al.* (2007) reportaron para este portainjerto información contrastante, ya que, en suelos arenosos de Veracruz, en árboles de 2.5 años de edad 'Rubidoux' tuvo mayores rendimientos que Agrio, 'Carrizo', 'Swingle' y Volkameriano. Esto, al igual que la variable anterior, probablemente tiene su explicación en las diferencias edafológicas, en la edad de las plantas, en las condiciones climáticas y/o en la fitosanidad de los materiales.

4.2.3. Eficiencia productiva

El cálculo de la eficiencia productiva indica que Volkameriano resultó ser el portainjerto que induce la mayor eficiencia productiva (12.29 kg de fruta.m⁻².año⁻¹) en la lima 'Persa', seguido del al naranjo Agrio (11.97 kg de fruta.m⁻².año⁻¹) y de 'Carrizo' (con 10.99 kg de fruta.m⁻².año⁻¹). Citrumelo 'Swingle' difiere en casi dos kilogramos de fruta.m⁻².año⁻¹ con respecto al naranjo Agrio. Trifolio 'Rubidoux' menor eficiencia productiva (6.69 kg de fruta.m⁻².año⁻¹) (Cuadro 4). Estos resultados no concuerdan con lo obtenido en

otras investigaciones. Curti *et al.* (2007) encontró muy baja eficiencia productiva para Volkameriano y 'Cleopatra'; intermedia para naranjo Agrio, 'Carrizo' y 'Swingle'; y alta para naranjo trifoliado 'Rubidoux', aunque sus resultados fueron registrados en una etapa más temprana de edad (2.5 años). Piña-Dumoulín (2006) registró también baja eficiencia para Volkameriano y 'Cleopatra', aunque comparado con híbridos experimentales altamente promisorios en Venezuela. Quijada *et al.* (2004) documentaron que Volkameriano, 'Carrizo' y 'Swingle' tienen baja eficiencia, resultante de una copa voluminosa, mientras que 'Cleopatra' y citrange 'Troyer' tienen una eficiencia alta. Por su parte, Hernández (1999) también reportó que mandarino 'Cleopatra' indujo alta eficiencia en producción, mientras que limón Volkameriano y 'Carrizo' tuvieron baja eficiencia, tanto en volumen de copa como en superficie proyectada por la copa.

La eficiencia productiva es tal vez, uno de los parámetros de mayor interés de este estudio, y de mayor utilidad para los productores, pues proporciona información valiosa para la planeación y diseño de la plantación, considerando otros elementos como el porte de la planta, los espacios que requieren para el paso de maquinaria y la calidad de fruta que inducen.

Al hacer un resumen de las tres anteriores variables, sobresalen los portainjertos Volkameriano y 'Carrizo' ya que inducen los mayores números de frutos y rendimientos por árbol por año y eficiencias productivas, similares al naranjo Agrio, tratamiento testigo. Los portainjertos 'Swingle' y 'Cleopatra' tuvieron igual rendimiento estadístico por árbol que el naranjo Agrio, pero sus eficiencias productivas se alejan en 1.9 y 3.0 kilogramos por metro cuadrado respectivamente, lo cual, en la práctica, resulta una

diferencia considerable. Trifolio Rubidoux presentó bajos rendimientos y baja eficiencia productiva, diferentes estadísticamente al naranjo Agrio.

4.3. Efecto del portainjerto en la calidad del fruto de lima 'Persa'.

4.3.1. Variables de calidad externa de fruto

4.3.1.1. Peso medio del fruto.

El análisis de la varianza indica que hay diferencia significativa entre tratamientos, lo que indica que hay efecto del portainjerto en el peso medio de las frutas de lima 'Persa' (Cuadro 5), encontrándose que el portainjerto Volkameriano tiene numéricamente el mayor peso promedio (114.12 g), aunque no difiere estadísticamente de los frutos producidos cuando se emplea el naranjo Agrio, 'Cleopatra', 'Carrizo' o 'Swingle' como patrón; y difiere cuando se emplea 'Rubidoux'. Los reportes son controvertidos en este sentido, ya que algunos autores han encontrado resultados similares para ciertos portainjertos, mientras que otros han reportado información diferente. Valbuena (1996), Colauto y Janeiro (2004) y Quijada *et al.* (2002) usando portainjerto Volkameriano, registraron pesos medios de frutos de lima 'Persa' de 122, 113.5 y 124 g, respectivamente; valores muy cercanos al obtenido en esta investigación; mientras que Hernández (1999), Curti *et al.* (2007) y Valle (1997), reportan 93.7, 85.5 y 98.4 g, respectivamente.

Usando portainjerto 'Cleopatra', los reportes son muy similares: Colauto y Janeiro (2004) registran 96.5 g., Valbuena (1996) registran para mandarina 'Cleopatra' 111 g; Quijada *et al.* (2002) 95.5 g; Curti *et al.*, (2007) 104.6 g; Del Valle (1997) 88.8 g y Hernández (1999) 92.1 g., valores muy próximos al obtenido en este estudio (109.3 g). De igual manera, para el citrange

'Carrizo' se reportan valores de 94.6, 109.9 y 97.7 g (Hernández, 1999; Quijada *et al.*, 2002; Curti *et al.*, 2007, respectivamente) bastante cercano a lo encontrado en este trabajo (103.58 g).

Cuadro 5. Características externas de frutos de lima 'Persa' de plantas de cuatro años de edad en seis portainjertos en Huimanguillo, Tabasco.

Combinación injerto/portainjerto	Peso medio del fruto (g)	Longitud del fruto ^{NS} (cm)	Diámetro del fruto (cm)	Índice de Forma ^{NS}	Grosor de corteza ^{NS} (mm)
'Persa'/Volkameriano	114.12 a ^x	6.34 a	5.61 a ^x	1.13 a	3.18 a
'Persa'/'Cleopatra'	109.30 a b	5.95 a	5.55 a b	1.07 a	2.34 a
'Persa'/'Swingle'	106.92 a b	6.07 a	5.48 a b	1.11 a	2.54 a
'Persa'/'Carrizo'	103.58 a b	5.90 a	5.49 a b	1.08 a	2.54 a
'Persa'/'Agrio'	100.80 a b	5.83 a	5.47 a b	1.07 a	2.98 a
'Persa'/'Rubidoux'	95.76 b	5.89 a	5.23 b	1.12 a	2.76 a
Media general	105.08	6.00	5.47	1.10 a	2.72
C.V. (%)	8.69	5.19	3.46	3.66	19.8
DMSH	17.85	0.60	0.37	0.07	1.05

^{NS} Variable con diferencia estadística no significativa ($P \leq 0.05$).

^x Valores con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

C.V.: Coeficiente de variación

DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

El peso medio del fruto de 'Swingle' (106.52g) coincide con lo reportado por Quijada *et al.* (2002) y Curti *et al.* (2007) de 99.6 y 101 g, respectivamente. En el caso del portainjerto naranjo Agrio, Curti *et al.* (2002) reporta 101 g y Del Valle (1997) reporta 93.8 g, muy similares a lo obtenido en este trabajo (100.80 g).

En 'Rubidoux', Curti *et al.* (2002) reportaron 94.1 g muy parecidos a los 95.76 gramos por fruto de lima 'Persa' encontrados en este trabajo. Acuña (2002) trabajando con naranja 'Valencia' injertada sobre trifolio 'Rubidoux'

encontró que induce pesos y tamaños medios, comparados con limón 'Rugoso' (*Citrus jambhiri*) y lima 'Rangpur' (*Citrus limonia*).

Como puede observarse esta variable está muy correlacionada con las variables longitud (0.788) y diámetro del fruto (0.893) (Cuadro 1A), lo cual indica la relación directa del tamaño de la fruta con su peso.

4.3.1.2. Longitud de fruto

Los análisis de la varianza realizado para esta variable refleja que no hay diferencia significativa entre tratamientos, lo que indica que no hay efecto del portainjerto en la longitud del fruto, es decir, todos los portainjertos evaluados tiene un efecto semejante al del naranjo Agrio en cuanto a que inducen en la lima 'Persa', similar longitud del fruto (Cuadro 5), aunque numéricamente, Volkameriana fue el que presentó mayor longitud.

Resultados muy similares fueron reportados por Quijada *et al.* (2002), quienes registraron que Volkameriano numéricamente tendió a inducir frutos de mayor "altura" (longitud) en lima 'Persa', que otros portainjertos como 'Carrizo', 'Swingle' y 'Cleopatra', pero sin presentar diferencia estadística.

4.3.1.3. Diámetro del fruto

El análisis de la varianza realizado para esta variable indica que hay diferencia significativa entre tratamientos, lo que indica que hay efecto del portainjerto en el diámetro del fruto de la lima 'Persa' (Cuadro 5). Se observa que Volkameriano tiene el valor más numérico más alto, sin embargo, no difiere estadísticamente del naranjo Agrio, Cleopatra, Swingle y Carrizo,

aunque sí difiere del portainjerto Rubidoux., el cual, numéricamente fue el que indujo un menor diámetro de fruto. Quijada *et al.* (2002), tampoco encontraron diferencias significativas, en cuanto al diámetro de los frutos.

En todos los casos, el diámetro medio superó los 38 mm indicados como el diámetro mínimo en cualquiera de sus categorías (Norma NMX-FF-077-1996).

4.3.1.4. Índice de Forma.

Este índice se obtuvo relacionando las variables anteriores (longitud de fruto/diámetro del fruto). Un índice cercano al uno es de forma circular y mientras se incrementa toma una forma elíptica que podría ser llegar a ser de forma muy alargada y fuese motivo de desecho.

El índice de forma no se analizó estadísticamente, ya que es una variable de tipo cuantitativo de Razón y no se pudo establecer una escala de medición que permitiera observar las diferencias, pero vale la pena resaltar el hecho de que los portainjertos Agrio, 'Cleopatra' y 'Carrizo' inducen una forma cercana a la redondez, mientras que 'Rubidoux' y Volkameriano inducen formas alargadas, como se observa en la Figura 7.

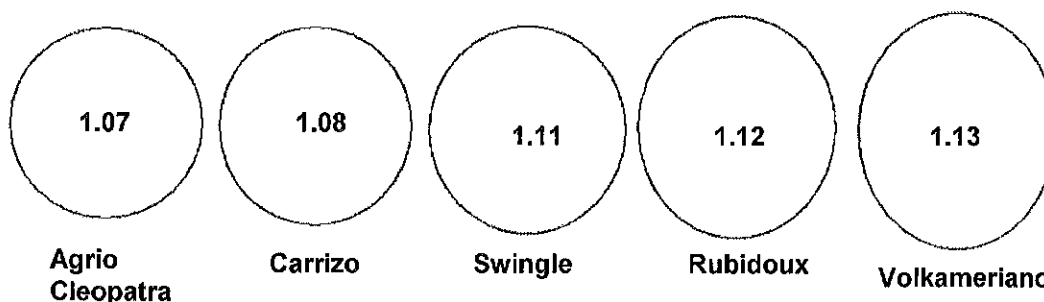


Figura 7. Índices de forma inducidas en frutos de lima 'Persa' por efecto del portainjerto en Tabasco, México.

Observaciones similares fueron hechas por Quijada *et al.* (2002) y Piña-Dumoulin *et al.* (2006), reconociendo de que la forma del fruto no está registrada como una variable de calidad, sin embargo posee importancia a la hora de la distribución del producto dentro de los empaques.

4.3.1.5. Grosor de corteza (cáscara)

El análisis de varianza realizado para esta variable no muestra diferencias significativas entre los tratamientos (portainjertos) evaluados. Esto significa que el grosor de corteza de los frutos de lima 'Persa' no es afectado por el empleo de cualquiera de los seis portainjertos evaluados (Cuadro 5).

Resultados similares han encontrado diversos investigadores para esta variable (Joublan *et al.*, 1998; Quijada *et al.*, 2002; Valbuena, 1996;). Sin embargo, esta variable debe ser estudiada más detalladamente, pues determina la firmeza de fruto, la resistencia en el transporte y con seguridad, la vida postcosecha de los frutos.

Resumiendo las características externas de los frutos, y comparando el comportamiento del naranjo Agrio con los cinco portainjertos restantes se observó que todos tienen un efecto similar en las características de calidad externa de los frutos de lima 'Persa'. Numéricamente sobresale Volkameriano, el cual presentó los mayores valores en cuanto a peso, dimensiones del fruto y grosor de la corteza (cáscara). 'Rubidoux' tiene un efecto similar al de naranjo Agrio, pero difiere estadísticamente de Volkameriano en el peso y diámetro del fruto. Mandarino 'Cleopatra' indujo frutos con la cáscara más delgada y cercanos a la redondez que el resto de portainjertos, pero estadísticamente igual al naranjo Agrio.

4.3.2. Variables de calidad interna de fruto

4.3.2.1. Porcentaje de jugo

El análisis de varianza realizado para esta variable no muestra diferencias significativas entre los tratamientos (portainjertos) evaluados. Esto significa que el porcentaje de jugo de los frutos de lima 'Persa' no es afectado por el empleo de cualquiera de los seis portainjertos evaluados (Cuadro 6). Esto coincide con lo reportado por diversos autores (Hernández, 1999; Quijada *et al.*, 2002; Valbuena, 1996; Valle Del, 1997), quienes mencionan que el contenido de jugo de los frutos de lima 'Persa' no se ve afectado por el portainjerto empleado.

Cuadro 6. Características internas de frutos de lima 'Persa' de plantas de cuatro años de edad en seis portainjertos en Huimanguillo, Tabasco.

Combinación injerto/portainjerto	Porcentaje de jugo ^{NS}	Sólidos solubles totales (°Brix)	Acidez Titulable ^{NS} (% de ácido cítrico)
'Persa'/'Rubidoux'	51.16 a	12.70 a ^x	7.06 a
'Persa'/'Carrizo'	51.66 a	12.20 a b	7.38 a
'Persa'/'Swingle'	54.80 a	11.80 a b	7.24 a
'Persa'/'Cleopatra'	54.06 a	11.30 a b	6.76 a
'Persa'/'Agrio	51.60 a	11.10 b	7.00 a
'Persa'/'Volkameriano	50.36 a	10.80 b	6.90 a
Media general	52.27	11.65	7.06
C.V. (%)	6.14	5.66	6.76
DMSH	6.28	0.99	0.93

^{NS} Variable con diferencia estadística no significativa ($P \leq 0.05$).

^x Valores con misma letra en la columna son estadísticamente iguales. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

C.V.: Coeficiente de variación.

DMSH: Diferencia mínima significativa honesta

En este estudio, los porcentajes encontrados (que van de 50.36 a 54.80 %) cumplen los requisitos mínimos de la norma NMX-077-FF-1995-SCFI que es de 45 %. Sin embargo, la medición de esta variable se realizó en una sola fecha y sería conveniente hacer mediciones en diferentes períodos.

4.3.2.2. Sólidos solubles totales

El análisis de la varianza realizado para esta variable muestra que hay diferencia significativa entre tratamientos, lo que indica que existe efecto del portainjerto en el contenido de sólidos solubles de los frutos de lima 'Persa' cuando se injerta en ellos. Al realizar la prueba estadística de comparación de medias, se observó que trifolio 'Rubidoux', mandarino 'Cleopatra', citrange 'Carrizo' y citrumelo 'Swingle' no difieren estadísticamente, sin embargo, 'Rubidoux' con naranjo Agrio y Volkameriano si presentan diferencia estadística significativa (Cuadro 6). Dicho de otra manera, 'Rubidoux' indujo mayor concentración de sólidos solubles en el jugo de lima 'Persa' que el naranjo Agrio (testigo), pero este último no presenta diferencias estadísticas con el resto de los portainjertos.

Resultados similares fueron reportados por diversos autores (Colauto y Janeiro, 2004; Joublan *et al.*, 1998; Quijada *et al.*, 2002; Valbuena, 1996), quienes mencionan entre otras cosas, que los naranjos trifoliados (selecciones de *Poncirus trifoliata* al igual que trifolio 'Rubidoux') como el 'Flying Dragon' indujeron el incremento del contenido de sólidos solubles en frutos de limoneros y lima 'Persa'; y que otros portainjertos como Volkameriano y 'Cleopatra' tuvieron valores bajos en sus evaluaciones.

En todos los portainjertos evaluados, los valores superaron los requisitos mínimos exigidos por la NMX-077-FF-1996 que es del 6.8 % (o grados Brix).

4.3.2.3. Acidez titulable

El análisis de varianza realizado para esta variable no muestra diferencias significativas entre los tratamientos (portainjertos) evaluados. Esto significa que el contenido de ácido cítrico (expresado en porcentaje) del jugo de los frutos de lima 'Persa' no es afectado por el empleo de cualquiera de los seis portainjertos evaluados. Cabe mencionar que mandarino 'Cleopatra' y Volkameriano indujeron un porcentaje de acidez ligeramente por debajo del parámetro requerido (7 %) de acuerdo a la norma NMX-FF-077- 1996.

Resultados similares fueron reportados por diversos autores (Hernández; 1998; Valbuena, 1996; Quijada *et al.*, 2004) quienes no encontraron diferencias en la acidez del jugo de lima 'Persa' cuando este fue injertado en diversos portainjertos, incluyendo a los evaluados en este estudio. Solo Colauto y Janeiro (2002), en una evaluación en Brasil, encontraron que limón Volkameriano indujo una ligera reducción de la acidez de los frutos de lima 'Persa'.

Con esto se puede afirmar que los portainjertos no tienen efecto sobre los contenidos de ácido de los frutos de la lima 'Persa'.

Resumiendo las tres variables de calidad interna, hay que resaltar el hecho de efecto indiferenciado de los portainjertos en la acidez, porcentaje de jugo y sólidos solubles totales con respecto al naranjo Agrio, excepto el caso de trifolio 'Rubidoux' que en este caso tuvo mayor contenido estadísticamente, sin que esto sea contradictorio a la norma NMX-FF-077- 1996.

4.4. Correlación de las variables de crecimiento, rendimiento y calidad de frutos de la lima 'Persa'

Los resultados del análisis de correlación (Cuadro 1A) nos expresa la intensidad de la relación entre variables. Algunos coeficientes tienen un alto valor porque las variables involucradas dependen de ellas mismas, por ejemplo: el rendimiento por árbol por año tiene un alto coeficiente (0.964) con el número de frutos por árbol por año. Otras relaciones son lógicas al involucrar la misma estructura vegetal, así tenemos por ejemplo que el diámetro del tallo se correlaciona en gran medida con el diámetro de copa y la altura de la planta (0.769 y 0.603 respectivamente) y estos a su vez tienen una alta correlación entre sí (0.736); o bien estructuras en las que su expresión depende de la otra, por ejemplo, el número de frutos por árbol por año depende de la altura, diámetro de copa y diámetro del tallo (0.716, 0.710 y 0.610 respectivamente). Sin embargo, existen otras que mantienen cierto grado de asociación y que resultaron interesantes en este estudio y que se desglosan a continuación:

Correlación sólidos solubles totales-diámetro del fruto (-0.522).

Esta relación resultó negativa, lo cual indica que los sólidos solubles disminuyen a medida que se incrementa el diámetro del fruto de la lima 'Persa'. De este modo se tiene que los frutos de lima 'Persa' obtenidos de plantas injertadas sobre limón Volkameriano tienen los diámetros más grandes (5.61 cm) y a su vez el contenido de sólidos solubles más bajos (10.80), caso contrario sucede con el portainjerto Rubidoux, que indujo los diámetros más bajos (5.23 cm) pero indujo la producción de frutos de lima Persa con alto contenido de sólidos solubles totales (12.70).

Correlación sólidos solubles totales-peso medio del fruto (-0.497).

También es de naturaleza negativa. Resulta similar al anterior, pues el diámetro del fruto y el peso medio del fruto se encuentran muy relacionadas y dependen entre sí.

Correlación Grosor de corteza (cáscara)- Porcentaje de jugo (-0.722).

Esta relación indica que a medida que se incremente el grosor de la cáscara disminuye el porcentaje del jugo y viceversa. A pesar de que no existieron diferencias significativas en los tratamientos y podría decirse que todos tuvieron el mismo grosor de cáscara, la relación numérica se mantuvo en las observaciones realizadas, de esta forma, 'Cleopatra' fue uno de los que indujeron mayor acumulación de jugo e indujo el menor grosor de cáscara en la lima 'Persa' y Volkameriano fue el portainjerto que indujo mayor grosor de corteza pero el menor porcentaje de jugo en frutos de lima 'Persa'.

4.5. Análisis de varianza para las variables de anatomía de la madera

Los resultados obtenidos a partir del análisis de la varianza para las variables anatómicas del xilema secundario tanto de portainjertos como de la lima 'Persa' así como los de la prueba de separación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) se concentran en el Cuadro 7, donde se pudo observar que existen diferencias estadísticas significativas tanto en densidad de vasos como en el diámetro de los mismos aunque solo es para uno de los portainjertos, en este caso el trifolio 'Rubidoux', que presentó el diámetro de vaso más pequeño ($21.5 \mu\text{m}$, Figura 8) y la mayor densidad de vasos ($87 \text{ vasos} \cdot \text{mm}^{-2}$, Figura 9); mientras que en el resto de los portainjertos se observó que tanto los diámetros como la densidad se manifestaron muy similares.

Cuadro 7. Diámetro y densidad de vasos de xilema secundario de tallo de lima 'Persa' y de seis portainjertos en plantas de 4 años de edad.

Combinación injerto/portainjerto	Diámetro de vasos del portainjerto (μm)	Diámetro de vasos de lima 'Persa' (μm) ^{NS}	Densidad de vasos del portainjerto (Vasos.mm ⁻²)	Densidad de vasos de lima 'Persa' (Vasos.mm ⁻²) ^{NS}
'Persa'/Volkameriano	41.9 a ^x	45.6 a	29.6 b ^x	23.1 a
'Persa'/'Carrizo'	35.8 a	49.6 a	24.2 b	20.7 a
'Persa'/'Cleopatra'	34.2 a	48.6 a	32.4 b	20.0 a
'Persa'/'Swingle'	36.2 a	50.1 a	29.2 b	20.4 a
'Persa'/'Agrio'	39.8 a	49.6 a	35.1 b	19.8 a
'Persa'/'Rubidoux'	21.5 b	48.6 a	87.0 a	27.9 a
Media general	34.91	48.68	39.57	22.01
C.V. (%)	12.5	9.94	13.87	21.55
DMSH	12.0	13.3	15.05	13.0

^x Valores con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales. Tukey ($P \leq 0.05$)

NS: Variable con diferencia estadística no significativa ($p \leq 0.05$)

μm = micra = 1×10^{-6} m

C.V.: Coeficiente de variación

DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

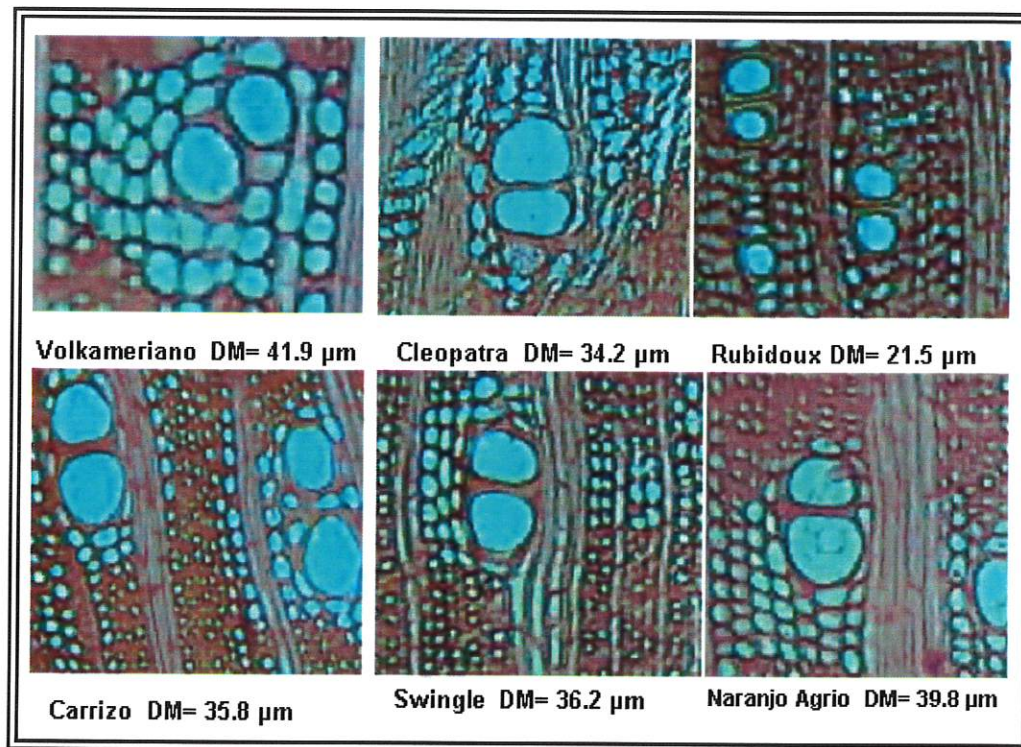


Figura 8. Diámetro medio (DM) de los vasos del xilema de seis portainjertos. Nótese la diferencia del diámetro del vaso en 'Rubidoux'.

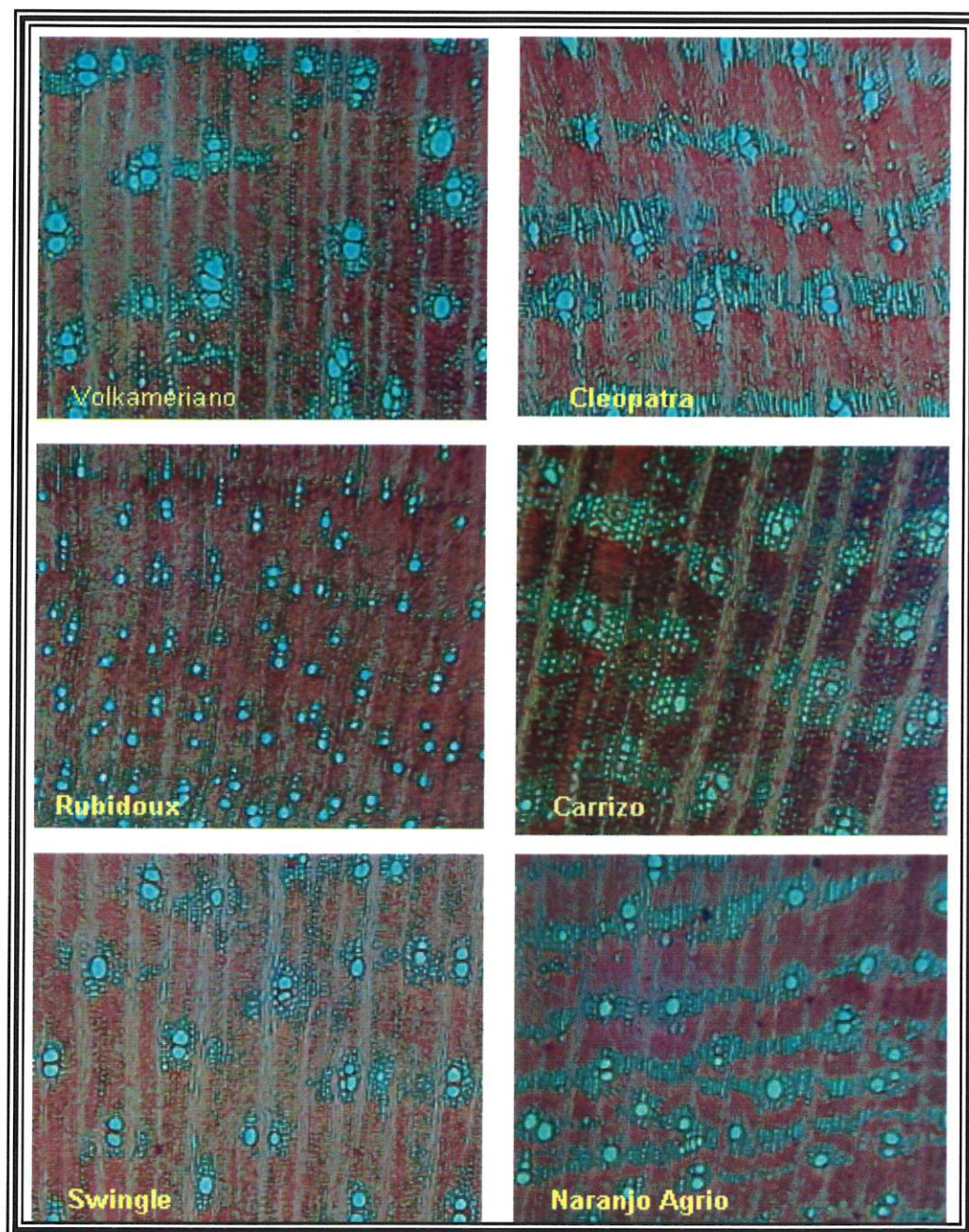


Figura 9. Densidades de los vasos del xilema de seis portainjertos para lima 'Persa'. Nótese la mayor densidad en 'Rubidoux'.

Esta tendencia se refuerza con las observaciones de otros investigadores (Nijse, 2004; Davis *et al.*, 1999), quienes señalan que tejido de xilema con elementos de vasos de diámetros amplios, por lo general tienen menor

densidad de vasos aumentando el índice de vulnerabilidad (seguridad en la conducción de agua y nutrimentos).

Estos resultados difieren con los reportados con Mireles (2005) quien encontró para 'Carrizo', 'Cleopatra' y Agrio diámetros de los vasos de 78, 30 y 61 μm ; pero coinciden con la densidad de vasos en los mismos (22, 35 y 29 vasos . mm^{-2} respectivamente).

Una observación adicional sería el hecho de que trifolio 'Rubidoux', al pertenecer a un género diferente a *Citrus* (pertenece al género *Poncirus*), estaría manifestando una diferencia más (aparte de las morfológicas) con respecto de los híbridos (citrango 'Carrizo' y Citrumelo 'Swingle') y las especies propias del género *Citrus* (mandarina 'Cleopatra', naranjo Agrio y limón Volkameriano).

4.5.1. Efecto del portainjerto en los vasos del xilema de la lima 'Persa'

Con respecto al efecto del portainjerto en las características de los vasos y densidades en el xilema de la lima 'Persa', lo que se puede apreciar es que no existe tal efecto, ya que en ningún caso se obtuvo diferencia estadística significativa (Cuadro 7), de tal modo que, los diámetros de los vasos tuvieron un diámetro entre 45.6 y 50.1 μm . La densidad de vasos tampoco expresó diferencia estadística significativa estableciéndose entre los rangos de 19.8 y 27.9 μm . Lo anterior estaría manifestando que estos parámetros evaluados no dependen del portainjerto empleado sino que mantienen su independencia genética.

4.6. Correlación de las variables anatómicas del xilema con las variables del crecimiento, rendimiento y calidad de frutos de la lima 'Persa'

4.6.1 Correlación de las variables anatómicas del xilema con respecto al crecimiento

El Cuadro 2A presenta las correlaciones entre las variables anatómicas del xilema con las variables del crecimiento. Puede observarse que solo las variables anatómicas correspondientes a los portainjertos presentan mayor intensidad de la relación ya sea positiva o negativa, mientras que las variables anatómicas medidas en el tallo de lima 'Persa' presentan muy baja correlación.

El diámetro de los vasos del xilema de los portainjertos tuvo alta correlación positiva tanto en la altura de la planta (0.612) como en el diámetro de la copa (0.576), lo cual indica que mientras más grande fue el diámetro del vaso se tuvo una mayor altura y diámetro del árbol. Este resultado no coincide con lo reportado por Mireles (2005), quien encontró que el diámetro de los vasos de xilema no tuvo alto grado de asociación ni con la altura ni con el diámetro de copa en naranja Valencia.

Sánchez-Díaz (2000), menciona que un vaso de diámetro más grande que otro, tiene mayor tasa de flujo, lo cual tendría como consecuencia mayor disponibilidad de agua y nutrimentos en la parte superior, y un mayor aprovechamiento de estos.

La densidad de vasos del xilema de los portainjertos presentó una alta correlación negativa con la altura (-0.805), el diámetro de copa (-0.737) y el diámetro del tallo (-0.626), indicando que a mayor densidad de vasos del

xilema existió un menor porte del árbol y un menor diámetro de la copa y del tallo.

4.6.2. Correlación de las variables anatómicas del xilema con respecto al rendimiento.

Solo la densidad de vasos del xilema de los portainjertos presentó alta correlación con las variables del rendimiento, siendo una correlación negativa en este caso con las variables número de frutos por árbol por año ($r=-0.627$) y rendimiento por árbol por año (variable dependiente de la anterior y con $r=-0.568$). Esto sugiere que cuando más alta sea la densidad de vasos presentes en el xilema del portainjerto estaría asociada a una menor producción de frutos en el año y en consecuencia al peso total (kg) de fruta producida por árbol en el año.

Mireles (2005) también encontró una estrecha asociación entre la densidad de vasos de los portainjertos con los rendimientos por árbol en naranja dulce (con una $r=-0.54$), con lo cual se reforzaría este resultado.

El diámetro y la densidad de vasos del xilema de la lima 'Persa' no presentan coeficientes de correlación elevados (valores que no rebasan una $r=0.367$) con ninguna de las variables del rendimiento.

4.6.3. Correlación de las variables anatómicas del xilema con respecto a la calidad del fruto

Solo se observa una asociación estrecha estrecha entre estos dos grupos de variables y es la que relaciona el diámetro de los vasos del xilema con el contenido de sólidos solubles totales del jugo ($r=-0.562$), indicando que a

mayor diámetro de los vasos del xilema del portainjerto se tuvo una disminución del contenido de los sólidos solubles totales del jugo en frutos de lima 'Persa'. Mireles (2005) por su parte, encontró que las densidades de los vasos de portainjertos tenían una asociación muy débil con los sólidos solubles de naranja dulce, aunque estas situaciones son diferentes, ya que los estados de maduración de la fruta en la cosecha de lima 'Persa' y naranja son diferentes.

5. CONCLUSIONES

- Los portainjertos Volkameriano y 'Carrizo' indujeron portes intermedios , rendimientos por árbol, eficiencia productiva y calidad de frutos de lima 'Persa' de cuatro años de edad, similares a los inducidos por el naranjo Agrio bajo las condiciones ambientales de Huimanguillo, Tabasco. Son, por tanto, opciones de sustitución al naranjo Agrio en esta región.
- Los portainjertos mandarino 'Cleopatra' y citrumelo 'Swingle' indujeron crecimiento y rendimiento similar al naranjo Agrio, pero una menor eficiencia productiva.
- Trifolio 'Rubidoux' indujo menor crecimiento y rendimiento que el naranjo Agrio.
- Todos los portainjertos indujeron calidad de fruto similar al naranjo Agrio, con excepción del portainjerto 'Rubidoux' que induce un mayor contenido de sólidos solubles totales, sin que esto afecte la calidad.
- El diámetro y densidad de los vasos del xilema de la lima 'Persa' no son modificados por efecto del portainjerto.
- El diámetro y densidad de los vasos del xilema secundario de los portainjertos tienen alta correlación con las variables del crecimiento, rendimiento y calidad de frutos de la lima 'Persa', mientras que el diámetro y densidad de los vasos del xilema secundario del tallo de lima 'Persa' tuvo correlaciones bajas con estas variables.

- El diámetro de vasos del xilema de los portainjertos tuvo una alta correlación positiva con el crecimiento en altura ($r=0.612$) y diámetro de copa($r=0.576$) de la lima 'Persa'.
- La densidad de vasos del xilema de los portainjertos tuvo una alta correlación negativa con el crecimiento en la altura ($r= -0.805$) y en el diámetro de la copa ($r= -0.737$) de la lima 'Persa'. También con el rendimiento en número de frutos por árbol por año ($r= -0.627$) y rendimiento por árbol por año ($r= -0.568$).

6. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

ACUÑA, L. E.; AGOSTINI, J. P.; HABERLE, T. H. 2002. Influencia de distintos portainjertos cítricos sobre diversos parámetros agronómicos de naranja Valencia. *Citrusmisiones* 28: 3-19.

AGUSTÍ, M. 2000. *Citricultura*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid-Barcelona-México. 416 p.

ALMAGUER V., G. 1998. *Principios de Fruticultura*. Ed. Mundi-Prensa. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, México, D.F. 370 p.

CAMPBELL, C.W. 1972. Rootstock effects on tree size and yield of 'Tahiti' lime (*Citrus latifolia* Tanaka). Florida State Horticultural Society. IFAS Agricultural Research and Education Center Homestead. Experiment Stations Journal Series No. 4665. pp. 332-334.

CAÑIZARES CH., A. E.; SANABRIA, M. E.; ROJAS, E. 2007. Anatomía del tallo de lima Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka) *Revista UDO Agrícola* 7 (1): 221-227.

COLAUTO S., N. M.; JANEIRO N., C. S. V. 2004. Rootstocks for 'Tahiti' lime. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 61 (2): 151-155.

COMISIÓN VERACRUZANA DE COMERCIALIZACIÓN AGROPECUARIA (COVECA). 2007. Monografía de limón Persa (Disponible en línea <http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/COVECAINICIO/IMAGENES/ARCHIVOSPDF/ARCHIVOSDIFUSION/TAB4003236/MONOGRAF%CD A%20DE%20LIM%D3NP.PDF>) (Consultado en noviembre de 2008).

CRUZ DE LA, B., C. E.; RODRÍGUEZ, C., M.; RUÍZ, B., P. 2005. Desarrollo de patrones tolerantes al VTC injertados con limón 'Persa' en Huimanguillo, Tabasco. *Memorias de la XVIII Reunión Científica-tecnológica forestal y agropecuaria Tabasco 2005*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Villahermosa, Tabasco, México. pp 539-541.

CRUZ F., M.; DE LA GARZA N., J. A. 2003. Patrones tolerantes al Virus de la Tristeza de los Cítricos en San Luis Potosí. *Campo Experimental Huichuayan*. CIRNE. INIFAP. Folleto técnico No. 1. San Luis Potosí. México. 25 p.

CURTI D., S. A.; LOREDO S., X.; DÍAZ Z., U.; SANDOVAL R., J. A.; HERNÁNDEZ H., J. 2000. Tecnología para Producir Limón 'Persa'. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). CIRGOC-Campo Experimental Ixtacuaco. Veracruz, México. 146 p.

CURTI D., S. A.; LOREDO S., X. 2004. Nuevos patrones para cítricos. Día del productor agropecuario y Forestal 2004. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Ixtacuaco. Memoria Técnica No. 12. Martínez de la Torre, Veracruz. México. pp. 47-62.

CURTI D., S. A.; LOREDO S., X.; HERNÁNDEZ G., C.; MAZA L., I.; KRUEGER, R. R. 2007. Avances en el uso de patrones tolerantes al virus de la tristeza de los cítricos en Veracruz. Memorias de la Primera Semana Internacional de Citricultura. Del 26 al 30 de noviembre de 2007. Martínez de la Torre, Veracruz, México.

DAVIES, F. S.; ALBRIGO, L. G. 1994. Cítricos. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 283 p.

DAVIS, S.D.; SPERRY, J. D.; HACKE, U. G. 1999. The relationship between xylem conduit diameter and cavitation caused by freezing. American Journal of Botany 86: 1367-1372.

FAHN, A. 1974. Anatomía Vegetal. H. Blume Ediciones. Madrid, España. 644 p.

FIGUEIREDO, J. O. DE; SANCHES S., E.; DONADIO, L. C.; SOBRINHO, J. T.; FERRAZ L., F.; PIO, R. M.; SEMPIONATO, O. R. 2002. Porta-enxertos para a lima-ácida-'Tahiti' na região de bebedouro, sp. Rev. Bras. Frutic. 24 (1).

GAONA P. M.; MARTÍNEZ B., L.; AGUILAR V., U.; AGUILAR P. I.; LÓPEZ P., A.; RAMÍREZ C., T. 2003. Diagnóstico de los sistemas de producción de cítricos del municipio de Huimanguillo, Tabasco. Trabajos de Campo Integrador II de la Carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Zonas Tropicales. Centro Regional Universitario del Sureste-Universidad Autónoma Chapingo. Teapa, Tabasco. 95 p.

GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4ª. Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. México. 217 p.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D. E. 2001. Propagación de Plantas. Principios y Prácticas. Compañía editorial Continental CECSA. 8ª. Reimpresión. México. 760 p.

HERNÁNDEZ B., JORGE. 2003. Programa Nacional de Reconversión Productiva de la Cadena Citrícola en México. Memorias del Encuentro

Interamericano de Cítricos 2003. Del 17 al 21 de Noviembre de 2003. Nautla, Veracruz, México.

HERNÁNDEZ, S. 1999. Evaluación del crecimiento, eficiencia productiva y calidad de frutos de lima Tahiti (*C. latifolia*) injertada en cuatro portainjertos bajo condiciones de Cañas-Guanacaste. Memorias del XI Congreso Nacional Agronómico. San José Costa Rica.

JOUBLAN, J.P.; VENEGAS V., A.; R. WILCKENSE., R.; BECERRA W. 1998. Evaluación de diferentes portainjertos sobre calidad y producción de fruta de cítricos, en Portezuelo, Región VIII, Chile. Agro Sur 26(1).

LOUSSERT, R. 1992. Los Agrios. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 320 p.

MARÍN A., A.; VENTURA U., F.; SALGADO G., S.; CASTELÁN E., M.; RIVERA C., M. C.; PALMA L., D. J.; ZAVALA C., J.; LAGUNES E., L. C.; RAMOS R., R. 2005. Diagnóstico del manejo agronómico de las plantaciones de cítrico del municipio de Huimanguillo, Tabasco. Memorias de la XVIII Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Villahermosa, Tabasco, México. pp. 486-493.

MEDINA U., V. M.; GROSSER, J.; ROBLES G., M. 2007. Híbridos somáticos de cítricos y su potencial de uso como portainjertos. Memorias de la Primera Semana Internacional de Citricultura. Del 26 al 30 de noviembre de 2007. Martínez de la Torre, Veracruz, México.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. 1950. Anatomy of the dicotyledons. 1st. ed. Clarendon Press. Richmond, Virginia. pp 115-121.

MIRELES R., E. 2005. Anatomía del xilema secundario de seis portainjertos y del naranjo Valencia (*Citrus sinensis* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Recursos genéticos y productividad. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. México. 57 p.

Nijse, J. 2004. On the mechanism of xylem vessel length regulation. Plant Physiology 134: 32-34.

NMX-FF-077-1996. 1996. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano fruta fresca- limón Persa (*Citrus latifolia* L.). Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Dirección General de Normas. México. 16 p.

OSORIO A., F.; GARCÍA D., J.J.; VARGAS M., M. C.; ALVAREZ A., M.C. 2003. Necesidades de investigación y transferencia de tecnología de la cadena productiva del limón 'Persa' en el estado de Veracruz. Colegio de Postgraduados-Fundación Produce Veracruz. Tepetates, Veracruz. México. 105 p.

PADRÓN-CHAVEZ, J.E.; CURTI-DÍAZ, S. A.; MEDINA-URRUTIA, V. M.; JASSO A., J.; RODRÍGUEZ-CUEVAS, M.; RUÍZ-BELTRÁN, P. 2003. Experiencias con patrones tolerantes al Virus Tristeza de los Cítricos en México. Memorias del Encuentro Interamericano de Cítricos 2003. Del 17 al 21 de Noviembre de 2003. Nautla, Veracruz, México.

PASTRANA A., L.; RODRÍGUEZ C.,M.; LEÓN A., I. E.; RAMÍREZ D., G. 1995. Manual de producción de naranja en suelos ácidos de Tabasco. INIFAP-CIRGOC-ISPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 30 p.

PEREZ-ZAMORA, O.; MEDINA-URRUTIA, V.; BECERRA-RODRÍGUEZ, S. 2002. Crecimiento y rendimiento de naranja valencia injertada en 16 portainjertos de cítricos establecidos en suelo calcimórfico, y calidad del jugo. *Agrociencia* 36: 137-148.

PIÑA-DUMOULÍN, G. J.; GASTÓN L., E.; MONTEVERDE, E. E.; MAGAÑA-LEMUS, S.; ESPINOZA, M.; RANGEL, L. A. 2006. Crecimiento, producción y calidad de frutos en limeros 'Persa' sobre 11 portainjertos. *Agronomía Tropical* 56(3): 433-448.

QUIJADA, O.; JIMÉNEZ, O.; MATHEUS, M.; MONTEVERDE, E. 2002. Evaluación del limero 'Tahiti' sobre 10 portainjertos en la planicie de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 19: 173-184

ROCHA-PEÑA, M. A.; LEE, R.F. 2002. Situación actual del Virus Tristeza de los Cítricos y sus insectos vectores en el Continente Americano. Memorias del XXV Congreso Nacional de Control Biológico. 14 de Noviembre de 2002. Hermosillo, Sonora, México. pp. 3-17

SALGADO G., S.; PALMA L., D.J.; ZAVALA C., J.; LAGUNES E., L. C.; CASTELÁN E., M.; ORTÍZ G., C. F.; VENTURA U., F.; MARÍN A., A.; MORENO C., E.; RINCÓN R., J. 2007. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF) en el área citrícola de Huimanguillo, Tabasco. Colegio de Postgraduados-SAGARPA-Fundación Produce Tabasco A.C.-Secretaría de Desarrollo Agropecuario Forestal y Pesca de Tabasco. Cárdenas, Tabasco. México. 89 p.

SANCHEZ-DÍAZ, M; AGUIRREOLEA, J. 2000. Transporte de agua y balance hídrico en la planta, pp. 45-64. *In: Fundamentos de Fisiología Vegetal*. J. Azcón-Bieto; M. Talón. Ed. McGraw-Hill. México.

SAS Institute. 1999. Statistical Analysis System User's Guide Statistics. Cary, North Carolina. USA. 55 p.

SCHWENTESIUS R., R.; GÓMEZ C., M.A. 2005. Limón Persa. Tendencias en el Mercado Mexicano. Universidad Autónoma Chapingo. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y Agricultura Mundial. PIAI-CIESTAAM. Chapingo, Méx. México. 154 p.

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN – INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS (SAGARPA-INIFAP). 2003. Curso: Problemática del Virus de la Tristeza de los Cítricos (VTC), investigación y establecimiento de patrones tolerantes. Campo Experimental Huimanguillo. CIRGOC. Memoria Técnica. Tabasco, México. 74 p.

SECRETARÍA DE DESARROLLO AGROPECUARIO, FORESTAL Y PESCA (SEDAFOP). 2005. Padrón estatal de productores de cítricos dulces (Disponible en www.sedafop.gob.mx/oidrus/padrones/nota_padron_citricos_dulces.htm) (Revisado el 20 de septiembre de 2005).

SOLER A., J.; SOLER F., G. 2006. Cítricos: Variedades y Técnicas de Cultivo. Mundi-Prensa. Madrid-Barcelona-México. Distrito Federal, México. 242 p.

VALBUENA, M. 1996. Evaluación del limón Volkameriano (*Citrus volkameriana* Pasq.) y mandarina Cleopatra (*Citrus reshi* Hort.) como patrones de la lima Persa (*Citrus latifolia* Tan.) en la cuenca media del río Guasare, Sierra de Perijá. Estado Zulia. Venezuela. Rev. Fac. Agron. (13):139-151

VALLE DEL, V., N. 1997. Como escoger el patrón para cítricos. Promotora Citrícola del Golfo (PROCIGO). Veracruz, México. 56 p.

VANEGAS D., M. 2002. Cultivo del limón Pérsico. Guía técnica. Ministerio de Agricultura y Ganadería-IICA, Nueva San Salvador, El Salvador. 44 p.

7. APENDICE

Cuadro 1A. Correlación entre variables medidas en plantas de lima Persa de cuatro años de edad con seis portainjertos en Huimanguillo, Tabasco

	ALTURA DE PLANTA	DIAMETRO DE COPA	DIAMETRO DE TALLO	FRUTOS. ÁRBOL-1. AÑO-1	PESO MEDIO DEL FRUTO	RENDIMIENTO. ÁRBOL-1. AÑO-1	EFICIENCIA PRODUCTIVA	LONGITUD DE FRUTO	DIAMETRO DE FRUTO	ÍNDICE DE FORMA	PORCIENTO DE JUGO	SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES	ACIDEZ TITULABLE	GROSOR DE CASCARA
ALTURA DE PLANTA	1	**0.736	**0.603	**0.716	0.284	**0.697	0.310	0.155	**0.424	-0.175	0.089	-0.165	0.235	-0.023
DIAMETRO DE COPA		1	**0.769	**0.710	0.169	**0.681	-0.023	0.067	0.209	-0.091	0.371	-0.180	0.160	-0.230
DIAMETRO DE TALLO			1	**0.610	0.275	0.621	0.089	0.133	0.302	-0.100	0.295	-0.110	0.272	-0.150
FRUTOS. ÁRBOL-1. AÑO-1				1	0.306	**0.960	**0.630	0.209	0.383	-0.059	-0.054	-0.413	-0.183	0.217
PESO MEDIO DEL FRUTO					1	0.546	**0.551	**0.788	**0.893	0.226	-0.120	**0.497	-0.008	-0.024
RENDIMIENTO. ÁRBOL-1. AÑO-1						1	**0.696	0.396	**0.575	0.010	-0.064	**0.499	0.165	0.169
EFICIENCIA PRODUCTIVA							1	0.410	**0.579	0.020	-0.378	**0.495	0.025	0.405
LONGITUD DE FRUTO								1	**0.657	**0.722	-0.237	-0.264	0.034	0.131
DIAMETRO DE FRUTO									1	0.044	-0.095	**0.522	-0.055	-0.005
ÍNDICE DE FORMA										1	-0.226	0.126	-0.016	0.175
PORCIENTO DE JUGO											1	-0.020	-0.034	**0.722
SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES												1	0.212	-0.084
ACIDEZ TITULABLE													1	0.084
GROSOR DE CASCARA														1

** Alta correlación entre variables

Cuadro 2A. Correlación entre variables de crecimiento, rendimiento y calidad de frutos de lima Persa de cuatro años de edad injertada en seis portainjertos con variables del xilema secundario

	ALTURA DE PLANTA	DIÁMETRO DE CUPA	DIÁMETRO DE TALLO	FRUTOS. ÁRBOL-1. AÑO-1	RENDIMIENTO. ÁRBOL-1 AÑO-1	EFICIENCIA PRODUCTIVA	PESO MEDIO DEL FRUTO	LONGITUD DE FRUTO	DIÁMETRO DE FRUTO	ÍNDICE DE FORMA	GROSOR DE CASCARA	PORCIENTO DE JUGO	SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES	ACIDEZ TITULABLE
Diámetro de vasos del xilema de portainjertos	0.612**	0.576**	0.403	0.474	0.443	0.344	0.433	0.476	0.370	0.399	0.083	0.040	-0.562**	0.223
Densidad de vasos del xilema de portainjertos	-0.805**	-0.737**	-0.626**	-0.627**	-0.568**	-0.415	-0.457	-0.497	-0.440	-0.374	-0.034	-0.066	0.366	-0.225
Diámetro de vasos de xilema de lima Persa	-0.275	-0.049	-0.046	-0.143	-0.265	-0.272	-0.433	-0.259	-0.316	-0.082	-0.302	0.285	0.299	-0.070
Densidad de vasos de xilema de lima Persa	-0.300	-0.219	-0.339	-0.330	-0.271	-0.367	-0.153	-0.185	-0.225	-0.096	-0.131	-0.082	-0.134	-0.001

** Alta correlación entre variables

Cuadro 3A. Correlación entre variables anatómicas del xilema secundario de tallos de lima Persa y portainjertos

Variable anatómica	Diámetro de vasos de xilema de portainjertos	Diámetro de vasos de xilema de lima Persa	Densidad de vasos de xilema de portainjertos	Densidad de vasos de xilema de lima Persa
Diámetro de vasos de xilema de portainjertos	1.000	-0.015	-0.832**	-0.282
Diámetro de vasos de xilema de lima Persa		1.000	0.003	0.075
Densidad de vasos de xilema de portainjertos			1.000	0.075
Densidad de vasos de xilema de lima Persa				1.000

** Alta correlación entre variables