



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE  
MORELOS

---

ESCUELA DE ESTUDIOS SUPERIORES DE XALOSTOC

**COMPORTAMIENTO DE LIMA PERSA INJERTADO  
SOBRE LOS PATRONES, Citrange Carrizo, Citrumelo  
Swingle y Citrange C-35 EN XALOSTOC, MORELOS.**

TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO EN PRODUCCIÓN VEGETAL**

PRESENTA:

**JOSÉ ALBERTO SÁNCHEZ GARCÍA**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Dr. Dagoberto Guillén Sánchez**

**COORDIRECTOR:**

**Dr. Daniel Bárcenas Santana**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



DR. GREGORIO BAHENA DELGADO  
DIRECTOR DE LA EESX  
P R E S E N T E

Por medio del presente, los revisores de la Tesis que lleva por Título: COMPORTAMIENTO DE LIMA PERSA INJERTADO SOBRE LOS PATRONES Cintrange carrizo, Citrumelo Swingle Y Cintrange C-35 EN XALOSTOC, MORELOS que ha realizado el pasante José Alberto Sánchez García de la Licenciatura como Ingeniería en Producción Vegetal, otorgamos el voto aprobatorio para la impresión de la Tesis por haberse realizado las correcciones consideradas pertinentes de nuestra parte:

Nombre	Puesto	Firma
Dr. Dagoberto Guillén Sánchez	Director	
Dr. Daniel Bárcenas Santana	Revisor	_____
Ing. Bartolo Jahen Muñoz	Revisor	_____
Dr. Roberto Venado Campos	Revisor	_____
Dra. Yessica Flor Cervantes Adame	Revisor	_____

Atentamente  
Por una humanidad culta  
Una universidad de excelencia

C.c.e José Alberto Sánchez García. Para su conocimiento.  
Archivo.

Av. Nicolás Bravo S/N, Interior Parque Industrial Cuautla, Ayala, Morelos. C.P. 62715 Tel: (777) 329 7981 Ext. 6500 y 6501 Email: eesxalostoc@uaem.mx





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

**Sello electrónico**

YESSICA FLOR CERVANTES ADAME | Fecha:2022-10-03 20:02:51 | Firmante  
io8d5irN153aOHGUhBqY00+dbhMg//7/42vJibrSGm6bkNJ4H3G7Gncd2h+diPkit/xiKATBkEvJcax2HO4uik5lyzbUU92Nn9bwMj90mJyRTtAzSy8u2RBOQDn4k2kwmihRcivSHfda  
PnEqB/iHjJhPh7BwBk09KfSbgrOMouie7qSQxhWbdLPmBjMd2uDFucBj/6RbEtWwUUR5OqGwzcSk60HPMIT6c0if7e2B4paU+tmTkVvYu1Rd8nUFEaFGXSDUie5DOCDsYB63  
9IFMYyp5jkq1Vqu7IRMxH6R8FzU2rAL+HvZPIKL7uuDPIkD4918MI89z8LJ7aCkSVJ3w==

DANIEL BÁRCENAS SANTANA | Fecha:2022-10-04 00:01:49 | Firmante  
XBI7+a8shlcBxfZ+TFk3m5MXkPbZ+1n9zp+ANESoAU5+r6jqj1D1TwipNbK6ljF34bqs0hOZAU6OfBunUiBbnyDKih/R12bQVFQGLiWly4y5aIBV5WUHMVXYcKIZHHxaUvJE4VVb  
+1wA4yRx5sQJYw/Dp1zM+9zbYcYYPT/es3vkZwQhDIWNXFfwkRwHiSWdgvYlqJgW4du0Oqq9DVSzh+NLrf01nUPD4oILkSt4VnlOeULaGJJq6LeRa/TxullDiMzdUP/94oWEZ  
VbP+Eqq5GSdxNWJpCBKev/OTY/HmF8YGqYt/1sDjS3Ahr1Aw3/2pi7CZMw8tr8bfoUNNQ==

BARTOLO JAHEN MUÑOZ | Fecha:2022-10-04 11:49:41 | Firmante  
bqa6l/80QsZK1WYBEtO6MP32cMmcobZz3w7cxd86Ue2tHTbgsw3wJ9vmDTSxyYfTWKpPxSlq1YR37ECblCfj3XCgwpjca+dSRdckfONQub1mclHYpts5pGZ4gqQdfGY/MHCMBj  
4obP/Dmud0XFY19u1wEQEo1DUhL/cj0w6Gb1htB4RNd7K1j6ZyQJrJOY0UVEcScd6zZfBVKY0YYTNSKUHLDqbdTLt6OdXdddDM0OwDSn1z6yX6y7uhEyhuKNL8o6VXITmN  
WVV3WxUrQXgVlaOMRLRNfPqi7OgopylVO+2Zg2uEnG4i0prTwn6oOGgltcXi2K8oUIMi7Hg/0MGw==

ROBERTO VENADO CAMPOS | Fecha:2022-10-04 14:43:04 | Firmante  
P1w+WBjSQTmmLq0vq94vs+mScAhyud2KiOsaoWUMNcMdtOyGZSnJn/LdFuOkZQzAFos5JXLrpaXUx6G/Hkf6Rc+QWcd0+mUoNWJCmDWzHzpbbX6e+Yru0Mm5g/N+9wgk  
b5rtU+CosquC9zLpFI9dA3Rddftf1CRRHcaEaUbObjtD5AZagtBJAG33652y0Jx8uMG8dNH9tVZLhyAWC4wGT0gqVkaQI0N6jHcUitXHQ+6/GWslJgANzkQtlJqz2KxASjidSMi8f+  
0CtvLolq5L6ovScqWD0FTfcqf8OX7NCKvChzUOxF1kxWmRoFlaFtWqWbbkY3dYKKauG4YxrXyQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

4IXCdFUVI



<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/UjBYFm1syAAYSshCOIRUZ1gOeC1athqm>



Una universidad de excelencia

RECTORÍA  
2017-2023

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios eterno, agradezco su misericordia y su fidelidad, agradezco a mis queridos padres y hermanos a mis abuelos a mis seres queridos por su apoyo sus consejos y esfuerzo que me han brindado durante todas mis etapas de la vida.

Agradezco a la Universidad del Estado del Morelos en especial a la facultad Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc por acobijarme.

Agradezco a mi director de tesis Dr. Dagoberto Guillén Sánchez y su esposa, a mi coodirector de tesis Dr. Daniel Bárcenas Santana y a mis revisores de tesis.

Agradezco a los profesores por el apoyo que me brindaron durante esta etapa de estudio, que me guiaron por el camino del conocimiento y me formaron para llegar a ser un profesionista.

## **DEDICATORIA.**

Con mucho amor y cariño a mis padres Francisca García Pintor y Pedro Sánchez Colín por su amor y apoyo incondicional.

Con mucho cariño a mi hermana María Margarita Sánchez García y a mi hermano Jesús Manuel Sánchez García.

Con mucho cariño a mis abuelos maternos y paternos y a mis seres queridos, a mis amigos que me han brindado su apoyo.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>PAG.</b>
Índice de figuras	viii
Índice de cuadros	x
Resumen	xi
Abstract	xii
1. Introducción	1
II. Objetivos e Hipótesis	3
2.1 Objetivos	3
2.2 Hipótesis	3
III. Revisión de literatura	3
3.1. Importancia de la citricultura en México	3
3.2 Taxonomía de los cítricos	5
3.3. Generalidades del cultivo	6
3.3.1 Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de los cítricos	6
3.3.2 Condiciones edáficas y fisiográficas	7
3.3.3 Régimen hídrico	8
3.3.4 Humedad relativa	8
3.3.5 Podas	9
3.4 Características que deben poseer los portainjertos	10
3.4.1 Citrumelo 75 AB	10
3.4.2 Citrange Carrizo	11
3.4.3 Citrange C-35	11
3.4.4 Citrumelo Swingle (Citrumelo 4475)	12

3.5. Fertilización foliar en cítricos	12
IV. Materiales y Métodos	15
4.1 Ubicación del experimento	15
4.1.1 Diseño del experimento	15
4.1.2 Material vegetal utilizado en el injerto	15
4.1.3 Manejo agronómico de la plantación	16
4.2 Evaluación del desarrollo de las plantas de lima persa injertadas sobre Citrumelo Swingle, Citrange carrizo y Citrange c-35.	17
4.2.1 Evaluación de altura y diámetro del tallo de la planta	17
4.2.2 Evaluación de la floración	18
4.2.3 Evaluación de la fructificación	18
4.3 Evaluación del efecto de fertilizantes foliares sobre componentes del rendimiento de lima persa injertada sobre Citrumelo Swingle, Citrange carrizo y Citrange C-35.	19
4.4 Análisis estadísticos	20
V. Resultados y Discusiones	21
5.1 El desarrollo de las plantas de lima persa injertadas sobre Citrumelo Swingle, Citrange carrizo y Citrange C-35.	21
5.1.1 a) Altura de las plantas	21
5.1.2 b) Diámetro de las plantas	22
5.1.3 c) Diámetro de la copa	24
5.1.4 d) Evaluación de la floración	25
5.1.5 e) Evaluación de la fructificación	26
5.1.6 f) Peso de los frutos	29
5.2. Evaluación del efecto de fertilizantes foliares sobre componentes del rendimiento de lima persa injertada sobre Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35.	30
5.2.1 a) Número de flores por árbol	30

5.2.2 b) Efecto de fertilizantes foliares sobre el número de frutos	31
5.2.3 c) Efecto de fertilizantes foliares sobre el peso de los frutos	32
VI. CONCLUSIONES	35
VII. LITERATURA CITADA	36

## Índice de figuras

- Figura 1.** Manejo agronómico de la plantación de cítricos; (a) control de malezas; (b) planta podada y (c) aspersora de motor utilizada en las aplicaciones. 17
- Figura 2.** Evaluación de altura y diámetro del tallo de la planta de lima persa: (a) evaluación de la altura de las plantas; (b) evaluación del diámetro del tallo. 18
- Figura 3.** Evaluación de fertilizantes foliares: (a) fertilizante foliar Bayfolan forte; (b) fertilizante Fruit-size B y (c) aplicación de los fertilizantes a los tratamientos. 20
- Figura 4.** Efecto de los portainjertos Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35 sobre la altura de las plantas de lima persa. Barras con letras distintas denotan diferencias significativas según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ). 21
- Figura 5.** Efecto de los portainjertos Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35 sobre el diámetro de plantas de lima persa. Barras con letras distintas denotan diferencias significativas según prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). 23
- Figura 6.** Efecto de los portainjertos Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35 sobre el diámetro de la copa de plantas de lima persa. Barras con letras distintas denotan diferencias significativas según prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). 24
- Figura 7.** Efecto de los portainjertos Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35 sobre el número de flores de lima persa. Barras con

letras iguales no denotan diferencias significativas según prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). 26

**Figura 8.** Efecto de los portainjertos Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35 sobre el número de frutos de lima persa. Barras con letras distintas denotan diferencias significativas según prueba DHS de Tukey  $p \leq 0,05$ . 27

**Figura 9.** Efecto de los portainjertos, Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35 sobre el peso de los frutos de lima persa. Barras con letras distintas denotan diferencias significativas según prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). 29

## Índice de cuadros

<b>Cuadro 1.</b> Distribución de bloques y tratamientos para evaluar el efecto de portainjertos y fertilizantes foliares en el desarrollo vegetativo y productivo de lima persa en el Oriente de Morelos	16
<b>Cuadro 2.</b> Relación de las combinaciones del portainjerto/variedad de lima persa	16
<b>Cuadro 3.</b> Características de los fertilizantes foliares empleados sobre lima persa.	19
<b>Cuadro 4.</b> Efecto de fertilizantes foliares sobre el número de flores de lima persa injertadas sobre Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35.	31
<b>Cuadro 5.</b> Efecto de fertilizantes foliares sobre el número de frutos de lima persa injertadas sobre Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35.	32
<b>Cuadro 6.</b> Efecto de fertilizantes foliares sobre el peso de los frutos de lima persa injertadas sobre Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35	33

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en el Campo Experimental de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) entre abril de 2015 a diciembre de 2018. En una plantación de tres años de edad, se evaluó el efecto de los portainjertos Citrumelo Swingle, Citrange carrizo y Citrange C-35, así como el empleo de fertilizantes foliares sobre el desarrollo vegetativo y productivo de lima persa. Se evaluó altura, diámetro de tallo y copa del árbol, así como el número de flores y frutos. El experimento fue establecido una parcela en un diseño de bloques completamente al zar con cuatro repeticiones. Las evaluaciones fueron realizadas cada mes a partir de junio 2018 a enero 2019. Se encontró que, de los tres portainjertos evaluados en lima persa, Citrange carizo fue el mejor portainjerto debido a que presentó mayor altura, diámetro de copa y mayor rendimiento. Mientras Citrumelo swingle presento buena altura, mayo diámetro del tallo y mayor peso del fruto y Citrange C-35 solo destaco en mayor número de flores. Las plantas de lima persa injertadas sobre los tres portainjertos en estudio produjeron mayor número de flores, frutos y mayor peso de frutos con la fertilización con Bayfolan-Forte.

**Palabras clave:** Foliar fertilizers, Citrumelo Swingle, Citrange carrizo, Citrange C-35.

## **ABSTRACT**

The following study was carried out in the Experimental Field of the School of Superior Studies of Xalostoc of the Autonomous University of the State of Morelos (UAEM) between April 2015 to December 2018. Different experiments were carried out with the aim of evaluating the effect of the rootstocks Citrumelo Swingle, Citrange reed and Citrange C-35, as well as the use of foliar fertilizers on the vegetative and productive development of Persian lime. In a three-year-old plantation, height, stem diameter and cup of the tree with a meter and a vernier were evaluated. As well as the number of flowers and fruits and the effect of the Bayfolay Forte and Fruit-Size B foliar fertilizers. The experiment was established in a plot in a completely czar block design with four replications. The evaluations were carried out every month from June 2018 to January 2019. It was found that, of the three rootstocks evaluated in Persian lime, Citrange carizo was the best rootstock because it presented higher height, crown diameter and higher yield. While Citrumelo swingle presented good height, May stem diameter and greater weight of the fruit and Citrange C-35 only stood out in a greater number of flowers. The Persian lime plants grafted on the three rootstocks in study produced a greater number of flowers, fruits and a greater fruit weight with Bayfolan-Forte fertilization.

**Key words:** Fertilizantes foliares, Citrumelo Swingle, Citrange carrizo, Citrange C-35.

## I. INTRODUCCIÓN

México ocupa el segundo lugar en producción de *Citrus latifolia* ya que participa con alrededor de 627 000 t (FAOSTAT, 2018), donde el 70% del total se destina al mercado nacional y el resto al mercado de exportación, siendo los Estados Unidos de América, Alemania, Países Bajos y Francia los mayores importadores (Arias y Suárez, 2016). Los estados mexicanos con mayor producción de *C. latifolia* son Veracruz (717, 014 t), Michoacán (619, 612 t) y Oaxaca (263, 448 t), mientras que el estado de Morelos ocupa el doceavo lugar en este indicador con 3, 880 t (SIAP, 2018).

Desde que México se convirtió en líder productor y exportador de *C. latifolia*, le permite establecer estándares de calidad. De forma general, la calidad de los frutos puede ser afectada por diversos factores como el manejo del cultivo (riego o época de siembra), la poda, la época de cosecha, la incidencia de plagas y enfermedades, la calidad del injerto y una nutrición equilibrada (Raddatz-Mota *et al.*, 2019).

El injerto de plantas es una técnica importante hortícola utilizada para producir una nueva planta después de unir el retoño o yema con el patrón. Esta técnica permite incrementar la resistencia de la nueva planta a factores bióticos y abióticos que le resultan adversos y hacen que disminuya la cantidad y calidad de la producción. El principal proceso responsable del éxito de la producción de plantas injertadas es la conexión de los tejidos vasculares (Sharma *et al.*, 2019). La técnica del injerto se ha hecho popular entre los agricultores ya que constituye un eficiente método de reproducción asexual donde se obtienen nuevos organismos más vigorosos y resistentes al estrés abiótico. Constituye una forma elegante y eficiente de mejorar la productividad de los cultivos utilizando técnicas tradicionales (Melnik, 2016; Thomas y Frank, 2019). En México, la naranja agria es el patrón más utilizado para el injerto de cítricos, pero es susceptible al virus de la tristeza de los cítricos. Por esta razón la búsqueda de nuevos patrones tolerantes a esta enfermedad resulta de gran interés para lograr altos rendimientos de *C. latifolia*.

Por otra parte, la nutrición de la planta es otro de los aspectos a tener en cuenta para la obtención de altos rendimientos de *C. latifolia*. En muchas ocasiones el suelo carece de los elementos minerales necesarios o las cantidades que la planta requiere para alcanzar un óptimo desarrollo. En la agricultura actual el reto no es solo obtener altas producciones agrícolas, sino que estas presenten una alta calidad nutricional. El desbalance nutricional puede incrementar daños medioambientales, así como la reducción del crecimiento de las plantas (Petek *et al.*, 2019). Los fertilizantes foliares presentan un mecanismo de acción diferentes a aquellos incorporados al suelo. Primeramente, estos penetran a la cutícula de la hoja y a las paredes epidérmicas por difusión, posteriormente son absorbidos por la membrana plasmática y por último pasan a través de esta y entran al citoplasma de manera rápida y oportuna para resolver desbalances en poco tiempo. En la actualidad se han creado fertilizantes foliares que son mezclas de compuestos vitamínicos y fitohormonas para estimular los procesos metabólicos de las plantas y lograr de este modo su vigorosidad. Tal es el caso de Bayfolan Forte® y Fruit Size B®.

De acuerdo a los antecedentes antes mencionados surge la necesidad de evaluar el efecto de portainjertos y la utilización de fertilizantes foliares en la obtención de un mayor desarrollo vegetativo y productivo de lima persa en el oriente del estado de Morelos.

## **II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

### **2.1 Objetivos**

- Evaluar el desarrollo vegetativo y productivo de lima persa injertado sobre los portainjertos Citrumelo Swingle, Cintrange carrizo, y Cintrange C-35.
- Evaluar el efecto de dos fertilizantes foliares sobre el desarrollo productivo de lima persa injertados sobre Citrumelo Swingle, Citrange carrizo, y Citrange C-35.

### **2.2 Hipótesis**

- ✓ Al menos un portainjerto favorecerá el desarrollo vegetativo y productivo de lima persa en el Oriente de Morelos.
- ✓ Las aplicaciones de fertilizantes foliares incrementan el desarrollo vegetativo y productivo de lima persa en el Oriente de Morelos.

## **III. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Importancia de la citricultura en México**

Los cítricos son el cultivo frutal de mayor producción en el mundo; la producción global en 2013 alcanzó 119 millones de toneladas de cosecha, ocupando una extensión total de 9.2 millones de ha. Los principales países productores en la actualidad son China, Brasil, Estados Unidos, India, México y España. Desde el punto de vista comercial existen cuatro grupos: naranjas, mandarinas, limones/limas y pomelos. Las naranjas encabezan la producción mundial, le siguen las mandarinas, limones/limas y pomelos (Ruiz, 2016).

La citricultura representa una actividad de gran importancia dentro de la fruticultura mexicana. Los principales cítricos que se producen en México son naranja, limón mexicano, lima persa, toronja y mandarina. La superficie establecida con cítricos supera las 50 mil hectáreas (ha), las cuales producen un promedio anual de 6.5 millones de toneladas (ton) de fruta, con un valor estimado

de 7,100 millones de pesos, lo que sitúa al país en el quinto lugar mundial en producción de cítricos (Alfá *et al.*, 2009).

El hecho de que México se sitúe dentro de los países más productores de cítricos en el mundo se debe a que el país presenta condiciones edafoclimáticas ideales para su cultivo (Ambía, 2017). La citricultura en este país está muy difundida, pues se realiza en más de medio millón de hectáreas las que se ubican en 23 entidades federativas. Sin embargo, la geografía productiva se encuentra bien definida ya que el 91% de la producción total está concentrada solo en 10 estados. La mayoría de las entidades se encuentran en la costa del Golfo de México y abarca los estados de Tamaulipas, Veracruz (principal productor de cítrico del país), Tabasco y Yucatán, mientras que Nuevo León y Puebla son de menor relevancia en el cultivo de cítricos. El 80% de la superficie de estos estados se destinan a la producción de cítricos dulces con 4.9 millones de toneladas cosechadas, de los cuales un 83% corresponde a naranjas, 8% a toronjas, 5% a mandarinas y 4% a tangerina. Cabe resaltar que en la zona del Pacífico también se encuentran algunos estados como Sonora, Colima, Michoacán y Oaxaca que también se dedican a la citricultura, principalmente a la producción de limones mexicanos y limas persas (SAGARPA, 2012).

La producción de los frutos anteriormente mencionados se desarrolló en México durante el siglo XX. Las primeras plantaciones se establecieron en el estado de Michoacán, a fin de satisfacer las demandas de limón fresco y aceite de limón de los mercados estadounidense y francés, así como el creciente consumo local (Hernández y Olvera, 2010; Galván y Santos, 2019).

La lima persa, se produce para su propio consumo y para exportar a países como Japón quien importa alrededor de 2000 ton anuales. México tiene disponibilidad de cítricos prácticamente todo el año, aunque existen meses cuando la oferta no cubre la demanda como sucede entre enero y abril. No obstante, se produce alrededor de 857 733 ton de limones y limas persas que provienen principalmente de los estados de Michoacán, Veracruz y Colima y se

exporta alrededor de 85 000 ton a una veintena de países, entre los que destacan Estados Unidos, España, Argentina, Turquía y Corea del Sur (FAOSTAT, 2018).

La calidad del fruto de lima persa se clasifica de acuerdo a las necesidades y características que exigen los mercados a importadores. En todas las normas se requiere que el producto contenga cerca del 42% de jugo en su volumen y un diámetro que oscile entre 50 y 63 mm como valor máximo. Se requiere, además que su color sea uniforme. Estas características se regulan de acuerdo al Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México calidad selecta en limón persa PC-012-2004 (SAGARPA. 2014; Posada-Gómez et al., 2015).

## **2.2 Taxonomía de los cítricos**

Los cítricos se clasifican en la familia Rutaceae y subfamilia Aurantioideae, que se subdivide en las tribus Clauseneae y Citreae. La tribu Citreae contiene tres subtribus: Triphasiinae, Balsamocitrinae y Citrinae. En ésta última se clasifican los llamados "cítricos verdaderos" que se distribuyen en los géneros *Eremocitrus*, *Microcitrus*, *Clymenia*, *Fortunella*, *Poncirus* y *Citrus*. La mayor parte de especies cultivadas pertenecen a los tres últimos géneros citados. *Eremocitrus* es un género monoespecífico que contiene a *Eremocitrus glauca* (Lindl.) Swing, arbusto xerófito endémico que habita en las regiones áridas y semiáridas de Australia. Su fruto, conocido como lima del desierto, es un ingrediente tradicionalmente utilizado en la cocina aborígen (Ruiz, 2016).

El género *Microcitrus* está constituido por seis especies: *Microcitrus australasica* (F. Muell.) Swing., *M. australis* (Planch.) Swing., *M. garrowayi* (F.M. Bail.) Swing., *M. inodora* (F.M. Bail.) Swing., *M. maideniana* (Domin) Swing. y *M. warburgiana* (F.M. Bail.) Tan. (Krueger y Navarro, 2007). Todas son arbustos xerófitos, nativos de zonas desérticas de Australia y Nueva Guinea. El *M. australasica*, denominado lima del desierto, tiene diversas aplicaciones culinarias en Australia, donde se han realizado selecciones de clones que se cultivan a pequeña escala. Actualmente está teniendo cierta relevancia por su uso en recetas de alta cocina y se le denomina popularmente "caviar vegetal" en

referencia a las vesículas redondeadas del fruto que se separan fácilmente (Ruiz, 2016).

En el género *Citrus*, existe controversia en la taxonomía. Swingle dividió el género *Citrus* en 2 subgéneros, *Papeda* y *Eucitrus*. Estos se distinguen por sus frutos. Los de *papeda* no son comestibles porque contienen agregados de aceites esenciales que confieren un sabor amargo al zumo, mientras que los frutos de *Eucitrus* son comestibles y tienen sabor ácido o dulce.

El subgénero *Eucitrus* cuenta con 10 especies: *Citrus medica* L. (cidro), *C. aurantium* L. (naranja amarga), *C. limon* (L.) Burn. f. (limón), *C. aurantifolia* (Christm.) Swing. (lima), *C. grandis* (L.) Osb. (zamboá), *C. sinensis* (L.) Osb. (naranja dulce), *C. reticulata* Blanco (mandarina), *C. paradisi* Macf. (pomelo), *C. indica* Tan. y *C. tachibana* (Mak) Tan. A excepción de las dos últimas especies citadas, todas tienen importancia económica.

La clasificación de Tanaka (1977), sin embargo, diferencia en *Citrus* 2 subgéneros: *Archicitrus* y *Metacitrus*. En relación a las especies comerciales, sus diferencias de criterio respecto a Swingle, afectan principalmente a los limones, limas y mandarinas, que quedan subdivididas en un alto número de especies.

## **2.3 Generalidades del cultivo**

### **2.3.1 Requerimientos edafoclimáticos**

Actualmente los cítricos se cultivan en la mayor parte de las regiones tropicales y subtropicales del planeta comprendidas entre los paralelos 44° Norte 41° Sur demostrando la alta capacidad de adaptación a una amplia condición climática. Esto le permite distribuirse en varias regiones con condiciones climáticas diferentes entre sí, sin embargo, la condición ambiental del medio puede alterar significativamente las características de las plantas como altura, aspecto de las hojas, longevidad de los frutos, forma, tamaño, color de la cáscara, color de la pulpa, textura, tenores de ácidos y azúcares (González y Tullo, 2019).

Las diferencias son marcadas en el periodo de floración a cosecha y en el tiempo que el fruto puede permanecer en el árbol. De todos los elementos del

clima, la temperatura durante el desarrollo del fruto es la más influyente en la calidad del fruto. Las especies de cítricos difieren en sus exigencias de temperaturas. En forma general, pueden desarrollar y fructificar en un rango de 10 a 40 °C, y en forma óptima de 24 a 32 °C, aunque pueden soportar sin daño aparente temperaturas extremas de 0 y hasta 50 °C (Samaniego et al., 2008).

Específicamente, en el caso de la lima persa la temperatura influye de forma tal que varía el tiempo desde la floración hasta la maduración, acortándose en zonas de clima cálido y se alarga en regiones frescas y frías, pudiendo variar de dos meses y medio a cuatro meses. La temperatura óptima de este cultivo es de 22 a 28 °C, con temperatura mínima de 17.6 °C y una máxima de 38.6 °C (Vanegas, 2002).

### **2.3.2 Condiciones edáficas y fisiográficas**

Los cítricos son cultivados en suelos con una gran diversidad de características físicas y químicas, teniendo una gran capacidad de adaptación a diferentes tipos de suelos. Tanto es así que se pueden cultivar en suelos arenosos y en suelos lateríticos con alto contenido en arcilla. No obstante, existen suelos donde los cítricos son más o menos productivos. La longevidad, el estado sanitario, su productividad y lo que es más importante, la calidad de la fruta, dependen de una u otra manera de las características del suelo. Los portainjertos, por su sistema radicular, tienen distintos grados de capacidad de adaptación a los diferentes tipos de suelo. Es por eso que se debe elegir el portainjerto adecuado para cada situación. Cuando se planifica la realización de una plantación de cítricos, el suelo debe ser examinado con mucha precisión teniendo en cuenta sus propiedades físico-químicas. Los suelos deben de tener una buena aireación y permeabilidad y no estar sujetos a encharcamiento por periodos prolongados lo que conduciría a una asfixia radicular y a una mayor incidencia de enfermedades como *Phytophthora* sp. o pudrición del pie. También la profundidad es importante para un completo y adecuado desarrollo radicular, la profundidad mínima estaría en torno de 1 a 2 metros, aunque existen evidencias que producen mejor en suelos con más de 2 m de profundidad (González y Tullo, 2019). Deben poseer un buen

drenaje interno (mantos freáticos no más elevados de 2.5 m). Las texturas más propicias son de medias a ligeras, con pH de 5.5 a 6.5. Por otra parte, las sales solubles totales afectan la producción de los árboles (Samaniego *et al.*, 2008).

Es preferible evitar suelos con mucha pendiente y a su vez con poca profundidad, por las dificultades que plantea durante los años largos del cultivo. Los mejores suelos para cítricos son los de textura media a arenosa (arenoso-franco a franco-arenoso), profundos (60 a 120 cm), de pendientes no muy pronunciadas, de un pH no demasiado bajo ni muy alto y una buena disponibilidad de elementos minerales y materia orgánica (González y Tullo, 2019).

### **2.3.3 Régimen hídrico**

Los cítricos presentan una alta variación a requerimientos de precipitación pluvial, oscilando desde 250 mm anuales (Israel) hasta 4,000 mm (Selva Peruana - Amazonia). El consumo anual de agua por las plantas varía de 600 a 1,200 mm, dependiendo de la variedad, copa y portainjerto, característica de suelo y edad de las plantas (González y Tullo, 2019).

En términos generales, se estima que la cantidad de agua necesaria para un huerto de cítricos oscila entre 9,000 y 1,200 m<sup>3</sup>/ha al año, lo que equivale a una precipitación anual de 900 a 1,200 mm. Sin embargo, las precipitaciones mayores no son problemáticas siempre y cuando haya un buen drenaje interno del suelo. Precipitaciones más escasas o una estación seca definida pequeña o prolongada afectan este cultivo, por lo que el riego resulta fundamental en este caso (DGIEA-MAG, 1991).

### **2.3.4 Humedad relativa**

Se considera que la humedad relativa influye sobre la calidad del fruto. Los cítricos en regiones donde la humedad relativa es alta, tienden a tener piel más delgada y suave. También contienen mayor cantidad de jugo y presentan mejor calidad; aunque en casos extremos presenta como desventaja, que favorece el desarrollo de enfermedades fúngicas, así como la aparición de insectos plagas. El rango adecuado de humedad relativa puede considerarse entre un 40 y 70 % (DGIEA-MAG, 1991). Cuan más alta es la humedad, la planta transpira menos y cuando la

humedad es baja transpira más, influyendo en el consumo de agua. En relación a los frutos, éstos tienden a tener la piel más delgada y suave, contienen mayor cantidad de jugo y de mejor calidad, cuando la humedad relativa es alta (Vanegas, 2002).

### **2.3.5 Podas**

Esta operación tiene como finalidad principal la de regular el crecimiento de la planta en función de la producción. Trata de conseguir un equilibrio fisiológico que permita un crecimiento controlado de la parte vegetativa y una producción uniforme y abundante. En árboles adultos a veces se pueden observar algunos con copas demasiadas compactas con un elevado índice de área foliar que produce un autosombreo de las hojas situadas en las partes internas de la copa, resultando en una baja tasa fotosintética. Cuando se realizan podas en función de la edad del árbol y del manejo del cultivo se logra aumentar la superficie que intercepta la luz, y esto trae consigo aumentos en los rendimientos (González y Tullo, 2019).

La poda en cítricos depende de varios factores, como son la edad, el vigor de los árboles, el sistema de plantación y los objetivos que se persigan. Esta actividad se hace de acuerdo a las diferentes etapas de la planta: etapa de plantación (poda de formación), etapa de desarrollo (poda de mantenimiento), etapa de producción (poda de sanidad y mantenimiento) y poda de aclareo central (en arboles de más de 4 años) (Alía et al, 2009).

La poda de formación en cítricos debe ser realizada de manera que favorezca el crecimiento de las plantas y permitir el inicio de la producción lo más rápido posible con la mayor productividad. En plantas jóvenes la producción está relacionada directamente al tamaño de copa y al número de hojas. Por otra parte, la poda de limpieza tiene por objetivo mejorar la calidad del fruto, minimizar la alternancia de producción, controlar el crecimiento vegetativo, estimular la formación de nuevas ramas fructíferas, aumentar la luminosidad y aireación de la copa (González y Tullo, 2019).

## **2.4 Características que deben poseer los portainjertos**

La combinación variedad/portainjertos resulta determinante en la capacidad productiva y en la calidad del fruto a obtener. Por ese motivo resulta de fundamental importancia elegir adecuadamente la combinación a utilizar en función a la compatibilidad del portainjerto con la variedad y de las condiciones fitosanitarias y edafoclimáticas del agroecosistema donde se va a implantar en cultivo. Se estima que más de 20 características propias de una variedad pueden ser influenciadas por el portainjerto, incluyendo el vigor y tamaño de la planta, tolerancia al frío, adaptación a ciertas condiciones de suelo, tales como salinidad o acidez, tolerancia a enfermedades o plagas, productividad y calidad interna y externa del fruto (González y Tullo, 2019).

Muchos autores han investigado sobre la combinación de diferentes variedades para la obtención de diversos portainjertos con el objetivo de lograr una mayor productividad de cítricos. Algunos de los portainjertos más utilizados se describen a continuación.

### **2.4.1 Citrumelo 75 AB**

Portainjerto obtenido por la EEAOC a partir de un cruzamiento realizado en 1975 entre pomelo McCarty x Trifoliata 136 (*Citrus paradisi* Macf x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.).

Los árboles de 75 AB son vigorosos, de crecimiento erecto y con pocas espinas; sus hojas son trifoliadas, perennes de tamaño mediano, color verde oscuro y pecíolos muy alados. Los frutos son grandes, redondos o redondeados, maduran a partir de abril o mayo y presentan un fuerte color amarillo. Cada uno de ellos contiene aproximadamente de 10 a 15 semillas con un promedio de 3600 semillas por litro. Las semillas son globosas, medianas y presentan un 100% de poliembrionía. Los plantones de este portainjerto son vigorosos, de crecimiento erecto y de fácil manejo en el vivero. Injertado con limoneros, produce árboles grandes y muy productivos, aunque de tamaño levemente inferior a los portainjertos tradicionales. Es compatible con limoneros Lisboa, Eureka y Génova y tolerante a la tristeza de los cítricos y a *Phytophthora* (Stein y Foguet, 2015).

### 2.4.2 Citrange Carrizo

Este híbrido, se obtuvo alrededor del año 1900 en un programa de mejora de USDA, es una propagación de un híbrido original. El Carrizo es el patrón más utilizado por su vigor y buena producción en todos los suelos, excepto en los que presentan contenido elevado de caliza o salinidad. Quizá su característica más apreciada es conferir al fruto una muy buena calidad comercial, aunque la calidad de la fruta madura de las clementinas, fundamentalmente 'Clemenules', se deteriora rápidamente en el árbol. Esto, en la práctica, reduce el periodo de recolección, contribuyendo al exceso de oferta de estas variedades, con la consecuente reducción de precios pagados al agricultor. El Carrizo también tolera bien el encharcamiento y las heladas y confiere tolerancia al virus de la psoriasis de los cítricos (Citrus psorosis virus o CPsV), a la xyloporosis (Hop stunt viroid o HSVd), al virus de las protuberancias nerviales y agallas leñosas (Citrus enation woody-gall virus o CEWGV) y a *Phytophthora* spp. Sin embargo, es sensible al viroide de la exocortis de los cítricos (Citrus exocortis viroid o CEVd) y a los nematodos que afectan a las raíces de cítricos (Ruiz, 2016).

### 2.4.3 Citrange C-35

Portainjerto obtenido en cruzamientos realizados en 1951 por J.W. Cameron y R.C. Baines, en la Universidad de California Riverside (EE.UU.), siendo sus progenitores naranja Ruby y Trifoliata Webber-Fawcett (*Citrus sinensis* L. Osbeck y *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.). Fue liberado al cultivo en 1986 e introducido a la EEAOC en forma de semillas en 1987, desde la mencionada casa de estudios norteamericana. Citrange C-35 es incompatible con limoneros tipo Eureka y más tolerante a tristeza y *Phytophthora* que citrange Troyer. Sin embargo, no se conoce aún su reacción a exocortis. Los árboles de C-35 son de copa abierta, con hojas trifoliadas. Los frutos, de forma redondeada, tamaño mediano y color amarillo, maduran a partir de abril. Cada fruto contiene de 8 a 12 semillas medianas por fruto (Figura 7), con un promedio de 3500 semillas por litro. La poliembrionía es del 80% (porcentaje inferior al de las semillas de citrange Troyer). Este portainjerto confiere menor desarrollo a las copas, aun menor que

los injertados sobre *C. troyer*, siendo los árboles muy productivos para su tamaño. En zonas de buenos suelos y adecuadas precipitaciones, se sugiere plantar entre 350 y 408 árboles por hectárea (7,0 m x 4,0 m a 7,0 m x 3,5 m) (Stein y Foguet, 2015).

#### **2.4.4 Citrumelo Swingle (Citrumelo 4475)**

Citrumelo Swingle surgió de un cruzamiento entre pomelo Duncan y trifoliata (*Citrus paradisi* x *Poncirus trifoliata*) que el Dr. W. T. Swingle realizó en 1907 en Florida (EE. UU.). Recién cuatro décadas posteriores a su obtención, se iniciaron los ensayos de prueba de este híbrido como portainjerto, bajo la denominación de CPB 4475, que es la otra denominación con la que se lo conoce. El Dr. Heinz Wutscher fue el responsable del desarrollo de este portainjerto, que es uno de los más utilizados actualmente. Este híbrido fue liberado al cultivo en 1974 con la denominación de Citrumelo Swingle y fue introducido a la EEAOC en 1963 desde la Crops Research Division del USDA Agricultural Research Service (Orlando, Florida, EE. UU.), en forma de semillas. Citrumelo Swingle es resistente al virus de la tristeza y *Phytophthora*, sin embargo, con copas afectadas por aislamientos severos de exocortis y caquexia, produce árboles enanos y con “bud union crease”.

El árbol de citrumelo Swingle es de tamaño mediano, vigoroso, de follaje denso y siempre verde y presenta espinas. Las hojas son trifoliadas, de tamaño mediano y color verde oscuro, siendo el foliolo central más largo que los laterales. Los frutos son de color amarillo claro, tamaño mediano y forma piriforme, con cuello y estrías marcadas y pubescentes (Figura 8). Cada uno de ellos contiene entre 20 y 24 semillas, con un promedio de 3500 semillas por litro (Stein y Foguet, 2015).

#### **2.5. Fertilización foliar en cítricos**

La fertilización foliar en los cítricos es un método que se puede utilizar para suplir deficiencias puntuales y se basan en la capacidad de las hojas en asimilar los elementos minerales por los órganos aéreos metabólicamente activos. Tanto los macros como los microelementos pueden ser utilizados por este sistema

de fertilización complementaria. Los abonos más comunes utilizados en fertilización foliar son los nitratos de potasio y de magnesio, urea (como fuente nitrogenada), y los sulfatos de zinc y de manganeso además de los preparados comerciales (González y Tullo, 2019).

Muchas formulaciones de fertilizantes comerciales son fácilmente absorbidas por las hojas y pueden aumentar la disponibilidad de los niveles nutricionales de hojas y frutos poco después de la aplicación por pulverización. Con respecto a las fuentes de fósforo se sabe que las sales derivadas del ácido fosfórico ( $H_2(HPO_3)$ ) son absorbidas por las plantas y son altamente móviles, en cambio, el ácido fosforoso ( $HPO_3-2$ ) o sus sales (fosfitos) son fitotóxicos y después de la aplicación al suelo, puede resultar en un menor crecimiento durante un año. Esto hace que se convierta lentamente en  $PO_4$  en el suelo. El fosfito parece interferir también con el metabolismo de los fosfatos ( $PO_4=$ ). Si bien el fosfito y sus derivados en concentraciones elevadas, pueden ser fitotóxico para los cítricos, actúa como un fungicida activo, al alterar varias fases del metabolismo de hongos o de la planta (Albrigo, 2016).

El rendimiento de las diferentes especies de cítricos está estrechamente relacionado con el total de botones florales que producen. No obstante, existe la posibilidad de que la mayoría de las flores se desarrollen completamente y se afecte el rendimiento. Estrés climático como el frío y la sequía son inductores naturales de la floración en los cítricos. Las temperaturas invernales en las regiones subtropicales del estado de Florida, EE.UU pueden no ser las más adecuadas para inducir el máximo de floración en un año determinado. Las aspersiones foliares de urea, por ejemplo, han demostrado estimular y aumentar tanto el número de brotes florales como de flores por inflorescencia y, por ende, el rendimiento en las condiciones de invierno (Albrigo, 2016).

Normalmente, el contenido de nitrógeno en el suelo es un factor limitante para el crecimiento y desarrollo. En respuesta a ello, las plantas han perfeccionado diferentes regulaciones e interacciones metabólicas que permiten hacer más eficiente el uso de ese elemento. El incremento de nitrógeno en la planta que

producen las aplicaciones foliares de urea, ha permitido utilizar esta práctica cultural para incrementar la floración o mejorar el establecimiento de los frutos en diferentes especies frutales cuando las reservas de nitrógeno son limitantes (Cantón *et al.*, 2005). La aplicación de urea foliar en prefloración, permite mejorar la carga de frutos sin afectar el tamaño de los mismos (Pilatti *et al.*, 2009).

En las plantas perennes, existe una reserva de nitrógeno almacenado en biomoléculas, que se recicla a través de la planta. La degradación de estas moléculas en diferentes procesos fisiológicos como la fotorrespiración y la movilización de reservas entre otros, permiten liberar nitrógeno inorgánico (amonio), regulando el contenido de este elemento en los distintos órganos de la planta. En ciertos momentos fenológicos, como la ruptura de la dormancia o el inicio del crecimiento activo, la liberación del amonio es masiva, y las plantas han desarrollado eficientes mecanismos de reasimilación y reincorporación de este elemento al metabolismo para la síntesis de todos los compuestos nitrogenados necesarios para el crecimiento (Cantón *et al.*, 2005).

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Ubicación del experimento**

El estudio se realizó en el Campo Experimental de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), Parque Industrial Cuautla, Cd. de Ayala, Morelos. En una superficie establecida de 6000 m<sup>2</sup> sin pendientes, localizado en las coordenadas geográficas: 18°49' N de latitud y 99°01' O de longitud, a una altitud 1330 m.

#### **4.1.1 Diseño del experimento**

El estudio se estableció en un diseño de bloques completamente al azar, con tres tratamientos y cuatro repeticiones, los bloques correspondieron a los portainjertos, y los tratamientos fueron T1= Bayfolan Forte, T2= Fruit-Size B y T3=tratamiento control absoluto (Cuadro1). La unidad experimental fue un árbol (Cuadro 2). Los árboles de lima persa están plantados a 7 m entre hileras y 4 m entre plantas, con una densidad de plantación de 357 plantas por ha.

#### **4.1.2 Material vegetal utilizado en el injerto**

Los portainjertos (patrones) y la variedad de lima persa se obtuvieron del vivero certificado "Cazones", ubicado en Cazones de Herrera, Veracruz. Los portainjertos utilizados fueron Citrumelo Swingle, Cintrange carrizo y Cintrange C-35.

**Cuadro 1.** Distribución de bloques y tratamientos para evaluar el efecto de portainjertos y fertilizantes foliares en el desarrollo vegetativo y productivo de lima persa en el Oriente de Morelos.

Bloque 1-Citrumelo Swingle	Bloque2- Cintrange carrizo	Bloque 3-Cintrange C-35
T1R1	T1R1	T2R2
T2R1	T3R1	T3R1
T3R1	T1R2	T3R4
T2R4	T3R2	T2R3
T1R3	T1R3	T3R2
T3R3	T3R4	T1R1
T2R3	T1R4	T2R4
T3R4	T2R3	T3R3
T3R2	T3R3	T1R2
T1R4	T2R2	T2R1
T2R2	T3R4	T1R4
T1R2	T2R1	T1R3

**Cuadro 2.** Relación de las combinaciones del portainjerto/variedad de lima persa

Tratamientos	Portainjerto	Variedad	No. de plantas
1	Citrumelo Swingle		12
2	Cintrange carrizo	lima persa	12
3	Cintrange c-35		12
Total			36

#### 4.1.3 Manejo agronómico de la plantación

El manejo agronómico de la plantación se realizó de acuerdo a las recomendaciones de Lugo *et al.* (2009) y Ariza *et al.* (2009). Se realizaron riegos con una hora de duración cada dos días en el horario de la mañana mediante un sistema de riego por goteo. Se realizaron dos fertilizaciones, la primera en agosto de 2015 y la otra en febrero de 2016. La dosis de fertilización aplicada fue de 150-60-60 (N-P-K) determinada con base a un análisis de suelo y requerimientos nutrimentales del cultivo. Se aplicó el fertilizante triple - 17 a 20 cm de distancia de la planta en dos surcos laterales, se depositaron 100 g por cada lateral.

Dependiendo del crecimiento de la planta se realizaron podas de formación cada dos meses, se eliminaron las ramas caídas y se dejaron tres tallos principales en cada árbol. Se eliminaron chupones desarrollados en el tallo principal del portainjerto y los cortes se cubrieron con pintura vinílica. Para evitar daño por escamas se aplicó Ometoato  $1 \text{ mL L}^{-1}$  de agua, con una aspersora motor. Las malezas fueron controladas en los meses de junio, julio, agosto y septiembre con aplicaciones de glifosato a  $13.3 \text{ mL L}^{-1}$  más  $0.66 \text{ mL L}^{-1}$  de adherente (Figura 1).



**Figura 1.** Manejo agronómico de la plantación de cítricos; (a) control de malezas; (b) planta podada y (c) aspersora de motor utilizada en las aplicaciones.

## 4.2 Evaluación del desarrollo de las plantas de lima persa injertadas sobre Citrumelo Swingle, Citrange carrizo y Citrange c-35.

### 4.2.1 Altura de planta, altura de copa y diámetro de tallo

Para determinar la altura de las plantas se realizaron mediciones desde el suelo hasta la terminación de la copa de los árboles. Por otra parte, la altura de la copa de los árboles se midió con el apoyo de dos varillas de fierro delgado completamente rectas, una varilla se colocó de manera horizontal en la base de

la copa y otra en la parte superior del árbol y se midió de abajo hacia arriba con una cinta métrica. El diámetro de los árboles se midió a los 20 cm de altura con respecto al nivel del suelo con un vernier digital marca CALIPER®.



**Figura 2.** Evaluación de altura y diámetro de tallo de la planta de lima persa: (a) evaluación de la altura de las plantas; (b) evaluación del diámetro del tallo.

#### **4.2.2 Floración**

La evaluación de la floración se realizó mediante el método propuesto por Ehrlén (1997), el cual consiste en cuantificar el número de botones florales sistemáticamente cada quince días para evitar el efecto de la caída de algunas de las flores causadas por aves o agentes climáticos y comenzó cuando se observaron los primeros botones florales. Se cuantificaron las flores contenidas en cuatro ramas de cada árbol y se determinó el promedio de flores por rama. El periodo de evaluación fue entre marzo y diciembre de 2018.

#### **4.2.3 Fructificación**

La fructificación se evaluó con igual procedimiento descrito en la floración con una frecuencia de 15 días entre evaluaciones. En este sentido se tuvo en cuenta frutos bien formados, sin afectaciones visibles por plagas o

malformaciones genéticas. Las evaluaciones se realizaron en horario de la mañana incluyendo cuatro ramas en cada uno de los árboles que se evaluaron.

#### 4.3 Evaluación del efecto de fertilizantes foliares sobre componentes del rendimiento de lima persa injertada sobre Citrumelo Swingle, Citrange carrizo y Citrange C-35.

En este ensayo se utilizaron los fertilizantes foliares Bayfolan Forte® y Fruit Size B®, los cuales se asperjaron cada mes mediante una mochila motorizada marca SWISSMEX®, con una presión de 90 kPa y velocidad de trabajo de 6 km h<sup>-1</sup>. Se utilizó un volumen de mezcla de 2 L/árbol. Las características de los tratamientos empleados se muestran en el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Características y dosis de los fertilizantes foliares empleados sobre lima persa.

Tratamientos	Micronutrientes	Dosis/L
Bayfolan Forte	N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, S, B, Co, Zn, Cu, Mo, Ca, Mn, Fe y Mg.	2 mL L <sup>-1</sup>
Fruit-Size B	K <sub>2</sub> O, B, S, ácidos fúlvicos y aminoácidos totales	1.5 mL L <sup>-1</sup>
Control (Agua)		-----



**Figura 3.** Evaluación de fertilizantes foliares: (a) fertilizante foliar Bayfolan forte; (b) fertilizante Fruit-size B y (c) aplicación de los tratamientos.

#### 4.4 Análisis estadísticos

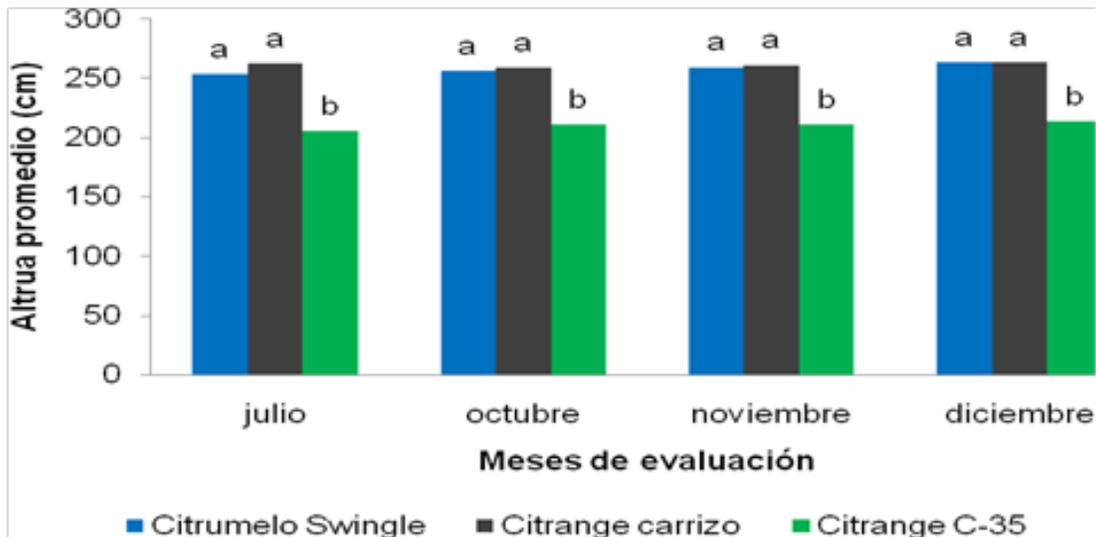
A los valores obtenidos de las variables se les realizó una prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas. Se realizaron ANOVA simple y la prueba paramétrica Tukey para comparar las diferencias entre tratamientos. Cuando se comparó el número de flores se realizó una transformación de los datos mediante  $\log(x+1)$  con la posterior aplicación de la prueba HDS de Tukey. Las diferentes pruebas se utilizaron con un nivel de significación de 0.05 utilizando el software estadístico SAS 9.4 (SAS Institute Inc.).

## V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 5.1 Desarrollo de las plantas de lima persa injertadas sobre Citrumelo Swingle, Citrange carrizo y Citrange C-35

#### 5.1.1 a) Altura de las plantas

Los resultados muestran que los árboles de lima persa injertado en Citrange carrizo y Citrumelo Swingle alcanzaron alturas de 260 y 258 cm respectivamente, mientras que sobre Citrange C-35 logró una altura de 200 cm, presentando diferencias estadísticas con los dos primeros. El mayor incremento de altura se obtuvo en el mes julio, donde hay suficiente disponibilidad de agua en el suelo por ser temporada de lluvias y la temperatura es mayor, por lo cual hubo mayor crecimiento, mientras que los meses de octubre, noviembre y diciembre las fueron más bajas y la planta solo mantuvo su crecimiento, aunado a esto que se realizaron podas para mantenerlas a una altura de 250 cm (Figuras4).



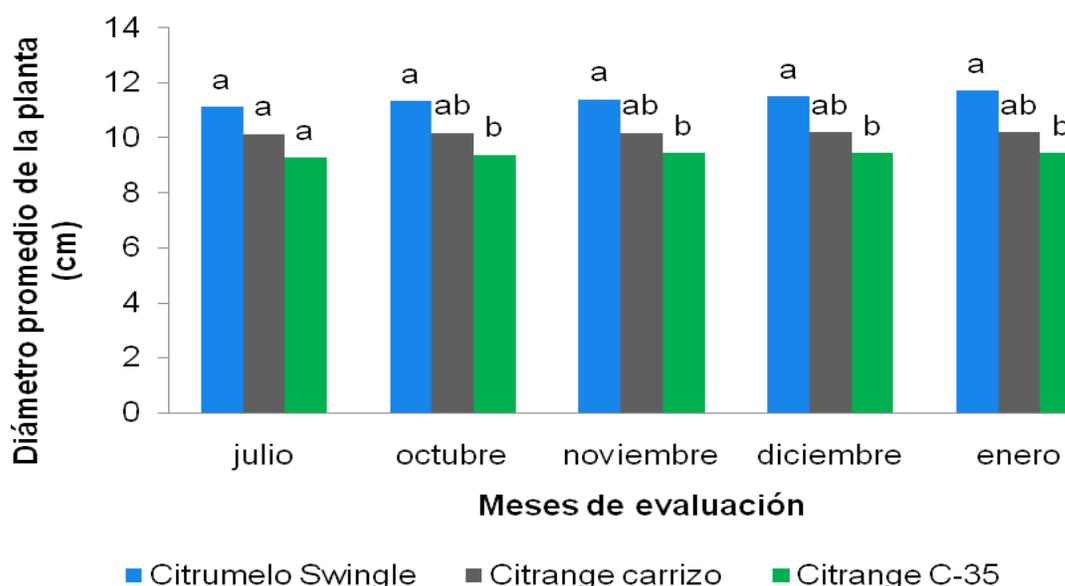
**Figura 4.** Efecto de los portainjertos Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35 sobre la altura de las plantas de lima persa. Barras con letras distintas denotan diferencias significativas según prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Los resultados obtenidos coinciden con los obtenidos por Pérez-Zamora *et al.* (2002) quienes evaluaron el comportamiento de la naranja Valencia sobre 16 portainjertos de cítricos en la región de Colima, México, donde encontraron que Citrange carrizo fue el tercer portainjerto de mayor índice de altura con 3.54 m, solamente inferior a la altura inducida por los portainjertos Volkameriano y Amblicarpa. Por otra parte, estos mismos autores volvieron a repetir el experimento bajo las mismas condiciones y obtuvieron que Citrange carrizo indujo la mayor altura de la planta con 3.72 m (Pérez-Zamora *et al.*, 2003).

Curti-Díaz *et al.* (2012) en la región de Veracruz, México, determinaron que el portainjerto Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y el limón Volkameriano estuvieron por debajo de la altura de limón rugoso. Estos resultados evidencian que el desarrollo vegetativo, así como la producción y calidad de los frutos de cítricos, están en función de la especie de portainjerto, tipo de suelo y clima donde se cultiven por ello la importancia de evaluar el comportamiento de las mismas. Sin embargo, algunos investigadores informan que los híbridos Citrange en general presentan una altura media en comparación con otros híbridos como Rugoso que puede alcanzar hasta 3.44 m (Stenzel *et al.*, 2005; Curti-Díaz *et al.*, 2012). Parámetros como la altura de la planta y diámetro de la copa están estrechamente relacionados con el número de estomas de las hojas y el peso específico de las mismas lo que le atribuye a la planta una mayor capacidad fotosintética (Berdeja-Arbeu *et al.*, 2010).

#### **5.1.2 b) Diámetro de tallo**

El diámetro de tallo oscilo de 9 a 11 cm, aunque estadísticamente no hubo diferencias significativas. Sin embargo, para los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero hubo diferencias significativas donde Citrumelo Swingle mostró mayor diámetro que Citrange C-35 con valores promedios de 11 y 9 cm respectivamente. Cabe resaltar que Citrange carrizo con un promedio de 10 cm, no mostró diferencias estadísticas con los otros dos portainjertos evaluados (Figura 5).



**Figura 5.** Efecto de los portainjertos Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35 sobre el diámetro de tallo en lima persa. Barras con letras distintas denotan diferencias significativas según prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

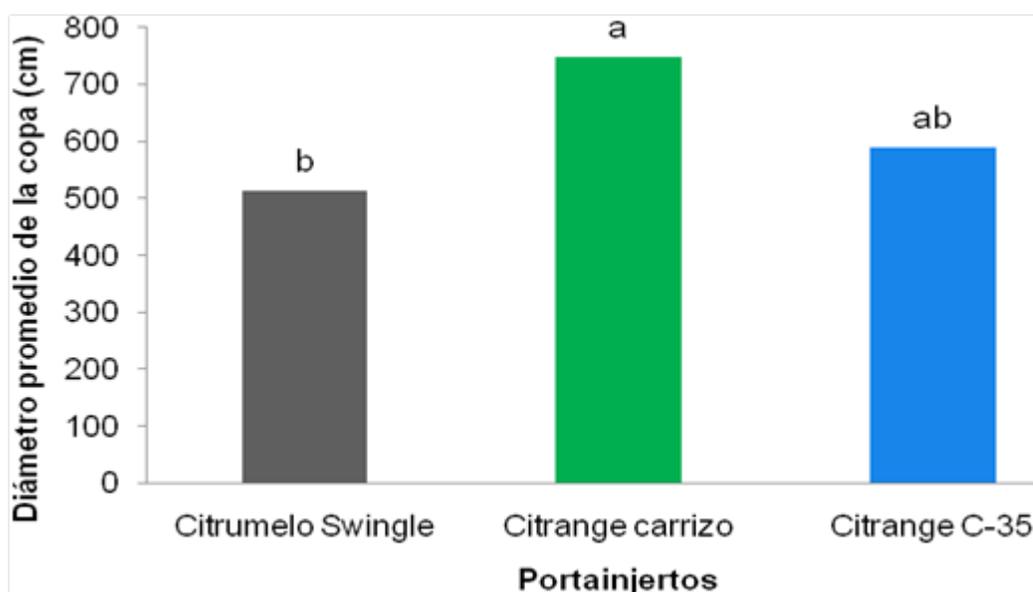
Los resultados obtenidos concuerdan con los de Curtis-Díaz *et al.* (2012) quienes manifiestan que no existieron diferencias significativas en el diámetro de tallo de lima persa utilizando los portainjertos Citrumelo Swingle y Citrange carrizo con valores de 13.34 y 14.51 cm, respectivamente. Chabdal *et al.* (2015), compararon el portainjerto Citrumelo swingle en Argentina al evaluar algunas variables morfológicas y de producción con injertos de naranjas, limones, pomelos y mandarinas. Los resultados lograron agrupar a Citrumelo swingle en el tercer grupo caracterizado por ser plantas de porte bajo (menor altura y diámetro). Sin embargo, con una alta eficiencia productiva.

Russián y Oropeza (2008), dan a conocer que Citrumelo Swingle es uno de los portainjertos más empleados en la citricultura no solo en el caso de lima persa, sino en naranja criolla y coinciden que es un portainjerto que induce un diámetro no tan significativo en tamaño, por lo que sus beneficios de su uso consisten principalmente en el alto potencial productivo que le confiere a la planta. Cabe

resaltar que son pocos los estudios que se han realizado en cuanto al uso de los portainjertos Citrange en lima persa, por lo que nuestros resultados constituyen un avance en el estado del arte de la citricultura a nivel mundial.

### 5.1.3 c) Diámetro de copa

Dentro de los tres patrones evaluados Citrange carrizo, fue el que presentó mayor diámetro de copa con 748.3 cm, con diferencias estadísticas significativas, debido a que Citrange C35 presentó 588.9 cm y Citrumelo swingle 510.3 cm en promedio de los meses de julio 2018 a enero 2019 (Figura 6).



**Figura 6.** Efecto de los portainjertos Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35 sobre el diámetro de la copa de plantas de lima persa. Barras con letras distintas denotan diferencias significativas según prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

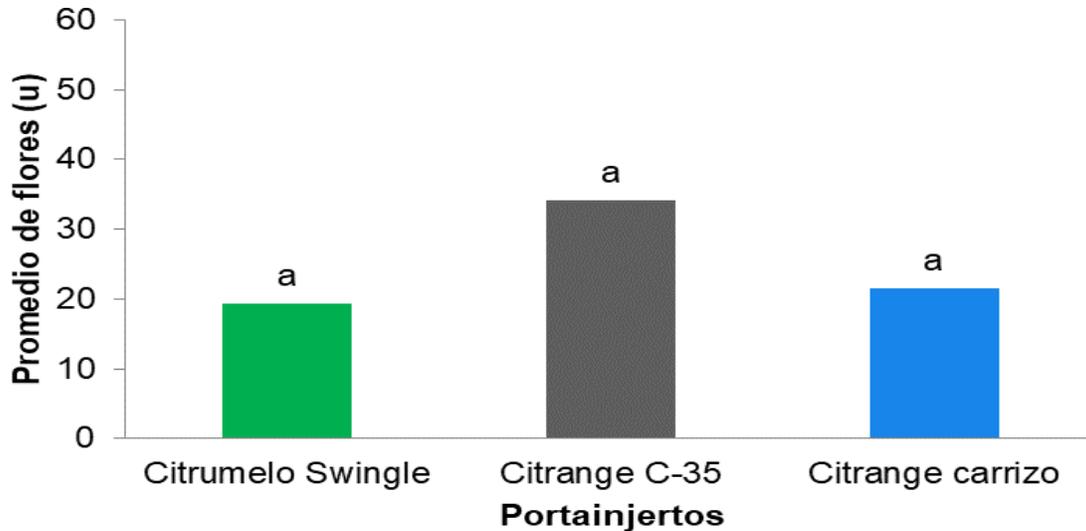
Los resultados obtenidos coinciden con los reportados por Berdeja-Arbeu *et al.* (2010), quienes determinaron que no existieron diferencias significativas en cuanto al diámetro de la copa de plantas de lima persa utilizando los portainjertos Citrange carrizo y Citrange C-35 con valores de 355 y 358 cm, respectivamente. De forma general estos autores enfatizaron que con el uso de ambos portainjertos

no se manifestaron ninguna diferencia significativa con respecto al resto de los parámetros evaluados (altura de la planta, diámetro del tallo del portainjerto y diámetro del tallo de la variedad). Al igual Pérez-Zamora (2003), también resaltaron que Citrange carrizo presentó un diámetro de copa de 353 cm, solo superado por los portainjertos Macrofila, Volkameriano y Amblicarpa. Los caracteres vegetativos de una planta son importantes porque pueden estar relacionados con caracteres reproductivos. Es por esta razón que conocer las características de los portainjertos que se van a utilizar es de vital importancia para la obtención de plantas vigorosas y con alta productividad. Stenzel y Janeiro (2004), respaldan esta afirmación ya que demostraron que árboles de lima Tahiti obtuvieron mayor diámetro de la copa cuando utilizaron a Citrange C-13 como portainjerto con valores promedio de 410 cm.

Es importante señalar que otras investigaciones realizadas en otros países como Panamá y Brasil señalan que no existe diferencias en diámetro de la copa de plantas de naranja Navelina cuando se injertan sobre el portainjerto Citrumelo Swingle y Citrange C-13, no se evidenciaron diferencias sobre la evaluación a los 5 y 12 años después de haber injertado la planta (Da Cruz et al., 2019). Machado et al. (2016) no determinaron diferencias en el diámetro de copa inducido por Citrumelo Swingle y Citrange carrizo en plantas de limón persa. Sin embargo, los resultados obtenidos por estos investigadores son el resultado de la interacción de otras condiciones edáficas y climatológicas diferente a las de Morelos, México por lo que pudo influir en sus resultados. Con esto se demuestra que la respuesta de las plantas de cítrico a los diferentes portainjertos también depende de los factores abióticos presente en el área de estudio.

#### **5.1.4 d) Evaluación de la floración**

No hubo diferencias significativas en el número de flores en lima persa producidas por los portainjertos en estudio, cabe resaltar que Citrange C-35 indujo el mayor promedio de flores (34 flores promedio por árbol), seguidas por Citrange carrizo y Citrumelo Swingle con 21 y 19 flores promedio por árbol, respectivamente (Figura 7).



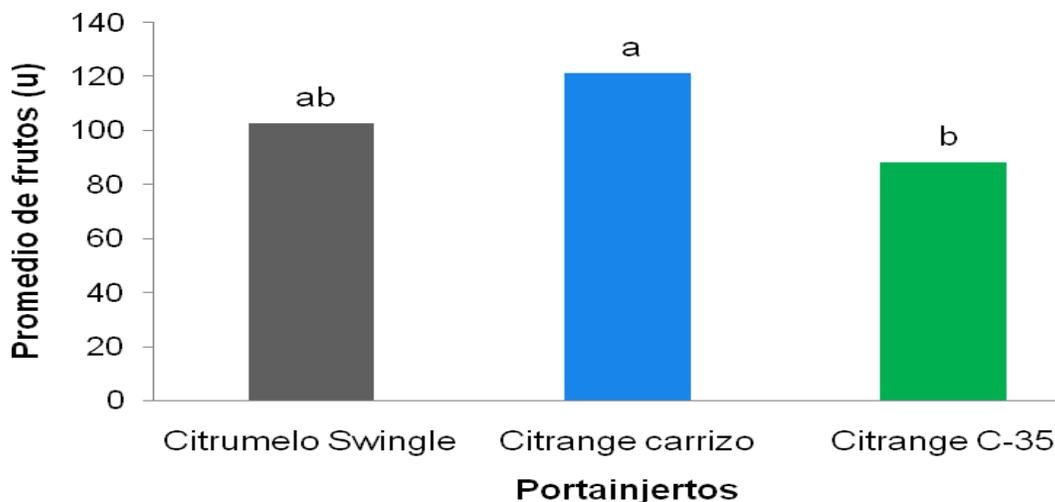
**Figura 7.** Efecto de los portainjertos Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35 sobre el número de flores en lima persa. Barras con letras iguales no denotan diferencias significativas según prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

El número de flores es una de las variables menos estudiadas en cuanto a los aspectos reproductivos de los cítricos en especial de lima persa. Sin embargo, resultan de gran interés porque es uno de los indicadores fundamentales para estimar el número de frutos. Además, el número de flores constituye una variable muy dependiente de los factores ambientales, pues investigadores han demostrado que incluso un mismo portainjerto puede inducir diferentes índices de floración en dependencia de las condiciones climáticas en las que se encuentre expuesto. De esta forma se ha obtenido mayores índices de floración cuando las plantas reciben entre 40 y 50 mm de agua al mes (Fernández *et al.*, 2015).

#### **5.1.5 e) Evaluación de la fructificación**

En relación a la fructificación los resultados revelaron que con el portainjerto Citrange carrizo obtuvo un mayor número de frutos con un promedio de 121 frutos por árbol, seguido en orden por Citrumelo Swingle y Citrange C-35 con 102 y 88 frutos por árbol, respectivamente. En este sentido se evidenció que existieron diferencias significativas entre Citrange carrizo y Citrange C-35,

mientras que Citrumelo Swingle no mostró diferencias en cuanto promedio de frutos con ninguno de estos portainjertos durante las evaluaciones julio 2018-enero 2019 (Figura 8).



**Figura 8.** Efecto de los portainjertos Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35 sobre el número de frutos de lima persa. Barras con letras distintas denotan diferencias significativas según prueba DHS de Tukey  $p \leq 0,05$ .

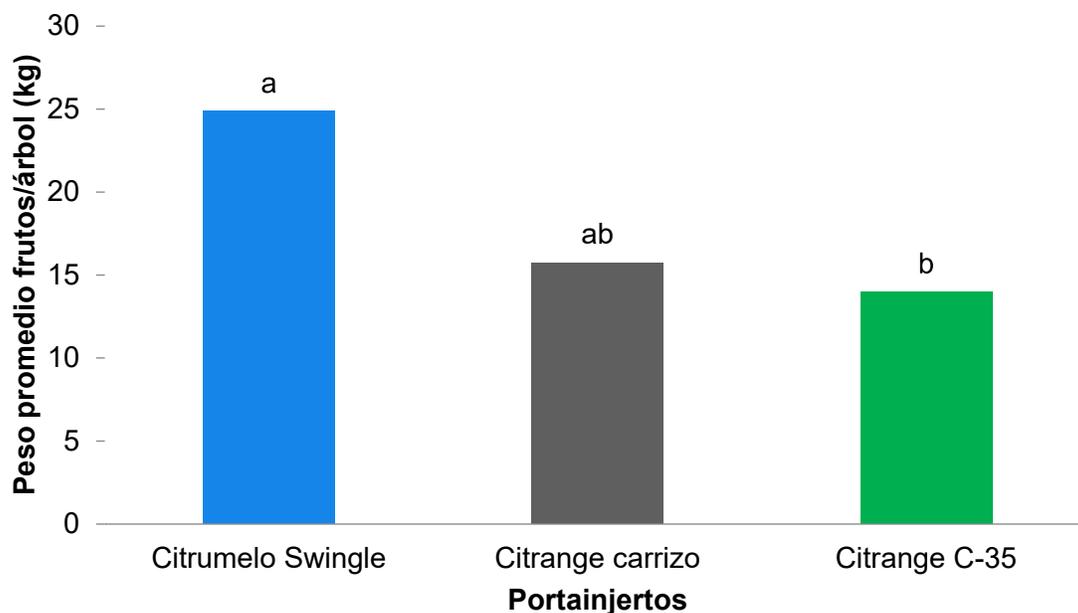
Estos resultados coinciden con los obtenidos por Cantuarias-Avilés *et al.* (2012), quienes evaluaron el efecto de diferentes portainjertos en rendimiento y calidad de los frutos de lima Tahiti en Brasil. Los autores demostraron que con el uso del portainjerto Citrange carrizo se obtuvo mayor número de frutos y mayor rendimiento ( $81.6 \text{ t ha}^{-1}$ ) en comparación con Citrumelo Swingle ( $62 \text{ t ha}^{-1}$ ). Sin embargo, los autores enfatizan que existió una correlación lineal en el rendimiento y el diámetro de copa, por lo que árboles con menor copa produjeron una mayor eficiencia productiva que los de mayor volumen de follaje. En este sentido nuestros resultados no coinciden con los obtenidos por estos autores ya que con el uso del portainjerto Citrange carrizo se obtuvo un mayor número de frutos en un mayor volumen de copa. No obstante, no se realizaron análisis de correlación entre ambas variables por lo que no podemos demostrar en nuestro caso si el número de frutos depende o no del diámetro de la copa. Por esta razón se necesitan realizar otros experimentos para comprobar esta hipótesis.

Machado *et al.* (2016) obtuvieron mayor número de frutos de lima Tahiti con el uso del portainjerto Citrange carrizo en comparación con Citrumelo Swingle durante las campañas 2010, 2011, 2012 y 2013. Sin embargo, en continuas campañas de siembra como 2014 y 2015, no se evidenciaron diferencias significativas en este sentido en los dos portainjertos evaluados. Curtis-Díaz *et al.* (2012), tampoco revelaron la existencia de diferencias en cuanto al número y peso de los frutos producidos en lima persa con Citrange carrizo y Citrumelo Swingle. Cabe resaltar que el número promedio de frutos por árbol obtenidos en nuestro estudio con Citrange carrizo (121) fue muy inferior a los obtenidos por estos investigadores (2190) y aún inferiores a los 232 frutos obtenidos por Ledo *et al.* (2008) con este mismo portainjerto. Tomar en cuenta que es importante la edad fenológica, las condiciones climáticas y manejo agronómico del cultivo para alcanzar los máximos rendimientos.

Estos resultados pueden estar influenciados por el número de riegos o precipitaciones naturales que existieron durante el ciclo de lima persa y en especial en el periodo de fructificación, así como la edad de la planta. Tal es el caso de los experimentos conducidos por Curti-Díaz *et al.* (2012) donde obtuvieron 2190 frutos promedio/árbol, mientras que los conducidos por Ledo *et al.* (2018), obtuvieron 232 frutos/árbol en los que no contaron con riego alguno. En nuestro caso, cabe resaltar que se aplicaron riegos cada cuatro días, por lo que la edad de las plantas pudo ser el factor influyente en la obtención de nuestro resultado. En ese mismo sentido Hernández (2005), en Guanacaste, Costa Rica, demostró que árboles de lima persa sobre patrón Citrumelo Swingle con edades de 3 hasta 7 años produjeron un número ascendente de frutos a medida que aumentaba la edad de la planta, su rendimiento aumentó hasta llegar a 394 frutos por árbol cuando emplearon plantas de 7 años de edad. Los portainjertos utilizados en este experimento solo contaban con tres años de edad, esa pudo ser la razón del bajo número de frutos por árbol.

### 5.1.6 f) Peso de los frutos

En peso de frutos Citrumelo Swingle y Citrange carrizo alcanzaron el mayor peso de los frutos con valores de 24.8 y 15.75 kg árbol-1, respectivamente, mientras que Citrange C-35 indujo el menor peso con un promedio de 13.9 kg (Figura 9).



**Figura 9.** Efecto de los portainjertos, Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35 sobre el peso de los frutos de lima persa. Barras con letras distintas denotan diferencias significativas según prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Estudios realizados por Machado *et al.* (2016), en un huerto experimental en Jaíba, norte de Minas Gerais, Brasil revelaron que, al contrario de nuestros resultados, Citrange carrizo hizo que se obtuvieran frutos de mayor peso en comparación con Citrumelo Swingle. No obstante, nuestros resultados coinciden con los obtenidos por Curtis-Díaz *et al.* (2010), en un huerto de Veracruz, México quienes demostraron que con el empleo de Citrumelo Swingle y Citrange carrizo como portainjertos no se mostraron diferencias en el peso de frutos de lima persa. Por su parte, Domingues *et al.* (2018), realizaron plantaciones y cosechas anuales

entre 2008 y 2016, constataron que en ninguno de los años se obtuvieron diferencias en cuanto al peso de los frutos de naranja Cadenera con los portainjertos Citrumelo Swingle y Citrange C-13. Estos autores registraron rangos de valores entre los 10.9 y 107.4 kg planta<sup>-1</sup> para Citrumelo Swingle y entre 4.5 y 109.5 kg planta<sup>-1</sup> para Citrange C-13.

Cruz *et al.* (2019), en un experimento en Londrina, Paraná, Brasil determinaron que no existían diferencias en peso de fruto, masa seca y diámetro entre aquellos obtenidos por Citrumelo Swingle y Citrange C-13. Sin embargo, las diferencias edafoclimáticas donde los autores realizaron este experimento difieren ampliamente de nuestras condiciones. Por lo tanto, se pueden esperar resultados totalmente diferentes a los obtenidos en nuestro trabajo.

Aunque se necesitan realizar estudios de correlación en la influencia de las variables climáticas y tipo de suelo con algunos componentes del rendimiento de lima persa, es evidente que, en la región de Londrina, Paraná, Brasil, los portainjertos Citrange C-13 y Citrumelo Swingle presentan igual comportamiento reproductivo sin diferencias en ningunos de los componentes del rendimiento evaluado durante los años 2008 a 2016 (Domingues *et al.*, 2017).

## **5.2. Evaluación del efecto de fertilizantes foliares sobre componentes del rendimiento de lima persa injertada sobre Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35.**

### **5.2.1 a) Número de flores por árbol**

Al comparar el efecto de la fertilización foliar sobre el número de flores se evidenció que existió diferencias entre la aplicación de fertilizantes foliares en comparación con el testigo y dependiendo también del portainjerto. De forma general podemos decir que Bayfolan Forte ejerció el mayor efecto en cuanto al número de flores por rama específicamente en aquellas plantas de lima persa injertadas sobre Citrange C-35, Citrange Carrizo y Citrumelo Swingle con 46, 25.75 y 22.25 respectivamente. Sin embargo, las plantas fertilizadas con Fruit-Size B produjeron similar número de flores por rama de manera descendiente de

acuerdo al portainjerto. El testigo fue el que obtuvo menor número de flores lo que indica que la fertilización foliar es importante independiente de la fertilización edáfica (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Efecto de fertilizantes foliares sobre el número de flores de lima persa injertadas sobre Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35.

Tratamientos	Portainjerto	Número de flores/rama
Bayfolan-Forte	Citrumelo Swingle	20.75 ab
	Citrange Carrizo	25.75 ab
	Citrange C-35	46.0 a
Fruit-Size B	Citrumelo Swingle	20.25 ab
	Citrange Carrizo	22.25 ab
	Citrange C-35	33.0 a
Control	Citrumelo Swingle	18.0 b
	Citrange Carrizo	17.25 b
	Citrange C-35	22.50 ab
EE	---	± 0.0294

Letras distintas en una misma columna denotan diferencias significativas según prueba de Tukey  $P \leq 0,05$ .

### 5.2.2 b) Efecto de fertilizantes foliares sobre el número de frutos

El efecto de la fertilización foliar sobre el número de frutos se evidenció que existió anidamiento entre este factor y los portainjertos por lo que se comparó cada tratamiento de fertilizante por separado en relación con cada una de los bloques. En el número de frutos se puede observar que Bayfolan Forte volvió a ser el tratamiento con mejores resultados en este indicador, pero esta vez sobre aquellas plantas injertadas sobre Citrange carrizo donde se obtuvo un promedio de 124 frutos árbol-1 y mostrando diferencias significativas con el resto de los portainjertos tratados con este mismo fertilizante foliar (Cuadro 5). Sin embargo, los valores más estables se presentaron en Fruit-Size B en Citrange Carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35 con 118.5, 111.5 y 110.0 frutos por árbol. Por los contrario Citrumelo Swingle y Citrange C-35 presentaron 93.50 y 65 frutos por

árbol con Bayfolan-Forte. El testigo fue quien presentó menor número de frutos por debajo de 54 frutos por árbol (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Efecto de fertilizantes foliares sobre el número de frutos de lima persa injertadas sobre Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35.

Tratamientos	Portainjerto	Número de frutos/árbol
Bayfolan-Forte	Citrumelo Swingle	93.50 ab
	Citrange Carrizo	124.0 a
	Citrange C-35	65.0 bc
Fruit-Size B	Citrumelo Swingle	111.5 a
	Citrange Carrizo	118.5 a
	Citrange C-35	110,0 a
Control	Citrumelo Swingle	53.5 bc
	Citrange Carrizo	52.25 bc
	Citrange C-35	33,0 c
EE	---	± 5.97

Letras distintas en una misma columna denotan diferencias significativas según prueba de Tukey,  $P \leq 0,05$ .

### 5.2.3 c) Efecto de fertilizantes foliares sobre el peso de los frutos

En peso de frutos no hubo diferencias significativas muy marcadas, pero con Bayfolan-Forte se obtuvieron 18.99 kg por árbol, mientras que con Fruit-Size B 17.41 kg y el testigo con 16.28 kg por árbol (Cuadro 6). Quizá el efecto no es muy notorio debido a que fue poco el tiempo de evaluación, por lo que se recomienda seguir evaluando.

**Cuadro 6.** Efecto de fertilizantes foliares sobre el peso de los frutos de lima persa injertadas sobre Citrange carrizo, Citrumelo Swingle y Citrange C-35.

<b>Tratamientos</b>	<b>Peso de frutos (kg árbol<sup>-1</sup>)</b>
Bayfolan Forte	18.99
Fruit-Size B	17.41
Control	16.28
EE	± 1.31

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para PFrutos

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

<b>Alpha</b>	0.05
<b>Grados de error de libertad</b>	33
<b>Error de cuadrado medio</b>	64.61003
<b>Valor crítico del rango estudentizado</b>	3.47019
<b>Diferencia significativa mínima</b>	8.0522

**Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.**

<b>Tukey Agrupamiento</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Trat</b>
A	18.998	12	1
A	17.410	12	2
A	16.284	12	Testigo

De forma general los resultados obtenidos demostraron que el empleo de Bayfolan Forte y Fruit-Size B fueron más efectivo en la obtención de un mayor número de flores y de frutos con relación al control. Por otra parte, no existieron diferencias en el uso de estos con el control cuando se evaluó el peso promedio de los frutos.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos con Almaguer-Vargas *et al.* (2010), emplearon urea y fertilizante foliar para determinar su influencia como

práctica agronómica en el número de flores y frutos en dos municipios de Veracruz, México. Se determinó que la aplicación conjunta de Urea 5%+Fertilizante foliar Bayfolan Forte 2% produjo un incremento en el número de flores lima persa. Además, se concluyó que existen inconsistencias en las respuestas de las plantas a los efectos promotores de los tratamientos evaluados sobre la producción de frutos, posiblemente causada por factores climáticos o de la condición fisiológica de las plantas.

Berdeja-Abreu *et al.* (2016), emplearon aspersiones foliares de nitrato de calcio, potasio y magnesio sobre plantas de lima persa injertadas sobre limón Volkameriano y determinaron que durante cuatro cosechas no existieron diferencias en cuanto a la masa del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, relación diámetro polar/ecuatorial, grosor de la cáscara y firmeza del fruto. El menor rendimiento en número de frutos acumulado se presentó en el testigo con 23.20 frutos por árbol, a su vez, el promedio menor de frutos de exportación fue también en el testigo, con 78.10%. Estos autores concluyeron que la aplicación de los nitratos no aumentó estadísticamente el rendimiento ni la calidad del fruto, pero sí provocó diferencias numéricas. Nuestros resultados muestran relación con los obtenidos por estos autores ya que se obtuvo mayor número de flores y frutos promedios con el uso de los fertilizantes foliares en comparación con el testigo.

Muchas son las hipótesis y teorías respecto al real efecto de la fertilización sobre el rendimiento de los cítricos. Tal es así que Cantuarias *et al.* (2012), dan a conocer que el rendimiento de los frutos en lima persa se modifica por el portainjerto utilizado y el volumen de la copa y no por la fertilización. Sin embargo, Olarte-Ortíz *et al.* (2000) encontraron mayor rendimiento del fruto en naranja Valencia cuando se fertilizó el suelo y el follaje que en aquellas parcelas no tratadas con fertilizantes. Por su parte, Alayón *et al.* (2014) exponen que en naranja y tangerina las aplicaciones de fertilizantes foliares modifican las características del fruto, dependiendo del tratamiento utilizado.

El empleo de fertilizantes foliares se realiza con el objetivo de proveer los macro y micronutrientes que son deficientes en la planta. Según Bayer de México

S.A., Bayfolan Forte es una fórmula especial concentrada de nutrimentos que contiene vitaminas y fitohormonas; actúa estimulando los procesos metabólicos de las plantas, vigorizándolas al proporcionarles los nutrimentos indispensables para su buen desarrollo. La planta los aprovecha íntegramente y su efecto se manifiesta en cultivos vigorosos y cosechas más abundantes y de calidad. Este fertilizante foliar ayuda a resolver deficiencias de microelementos frecuentes en zonas con aguas duras. Para optimizar los resultados del producto, este se debe aplicar cuando los cultivos están en etapas de desarrollo vegetativo o en producción intensiva.

Por su parte, FruitSize B es un bionutriente líquido balanceado y en formas altamente asimilables. No contiene cloratos ni otros elementos que puedan causar fitotoxicidad a las plantas. Además, está adicionado con boro para incrementar la translocación de los fotosintatos a los diferentes órganos de las plantas para que cumplan sus funciones, como desarrollo de fruto, nutrición de la raíz, entre muchas otras funciones metabólicas que lleva a cabo la planta. Fruit-Size B también ayuda a mantener y regular el potencial hídrico de las células, da mayor consistencia a tallos y hojas e induce resistencia al ataque de patógenos.

Según Berdeja-Abreu *et al.* (2016), es importante considerar que en cuanto mejor sea el manejo agronómico de una huerta en fertilización del suelo y follaje, así como del control de plagas y enfermedades, mayor será la tendencia a obtener mejores rendimientos. Esto indica que los rendimientos de plantas de lima persa injertadas, no solo dependerá de la fertilización foliar, sino de muchos factores que en su conjunto hacen que la planta esté equilibrada. Dentro de estos factores está el tipo de portainjerto adecuado, el manejo agronómico (suelo, disponibilidad de riego, control de plagas y enfermedades, etc), época de plantación, edad de los portainjertos etc.

## VI. CONCLUSIONES

El portainjerto Citrange carrizo confirió en lima persa la mayor altura, mayor diámetro de copa y mayor rendimiento. Citrumelo swingle confirió buena altura, mayor diámetro de tallo y mayor peso del fruto y Citrange C-35 solo destacó en mayor número de flores.

El fertilizante foliar Bayfolan Forte® indujo el mayor número de flores y frutos y mayor peso de frutos en plantas de lima persa en los tres portainjertos.

## VII. LITERATURA CITADA

Alayón, L.P., Rodríguez, V.A., Piccoli, A.B., Chabbal, M.D., Giménez, L.I. y Martínez, G.C. 2014. Fertilización foliar con macronutrientes a plantas de naranja Valencia (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) y tangor Murcott (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* (L.) Osbeck). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo 46: 87-96.

Albrigo, G. 2016. La fertilización foliar en cítricos. Nutrición o Estrés. Universidad de la Florida. Disponible en sitio web: <http://www.fertilizando.com/articulos/La%20Fertilizacion%20Foliar%20en%20Citrus.asp>. Consultado el 31 de octubre de 2019.

Alía, T.I.A., Lugo, A., Ariza, R., Valdez, F.L.A., López, V. y Pacheco, P. 2011. Manual de producción del limón 'persa' y naranja 'valencia' en el estado

de Morelos. Folleto técnico número 57. INIFAP, SAGARPA. Campo Experimental Zacatepec, Morelos, México. 89 p.

- Almaguer-Vargas, G., Espinoza-Espinoza, J.R. y Quirós-García, J.L. 2010. Desfasamiento de cosecha de limón persa. Revista Chapingo Serie Horticultura 17: 197-205.
- Ambía, C.J. 2017. Cítricos mexicanos en el mercado japonés: experiencias y oportunidades para Sinaloa. México y la Cuenca del Pacífico. 6: 107-142.
- Amorin, J.C., Simas, D.L.R., Pinheiro, M.M.G., Moreno, D.S.A., Alviano, C.S., da Silva, A.J.R. & Fernandes, P.D. 2016. Anti-inflammatory properties and chemical characterization of the essential oils of four citrus species. PLoS ONE 11: e0153643.
- Arias, F. y Suarez, E. 2016. Comportamiento de las exportaciones de limón persa (*Citrus latifolia* tanaka) al mercado de los Estados Unidos. Journal of Agriculture and Animal Science 5: 22-33.
- Ariza, R., Alia, I., Lugo, A., Ambriz, R. y López, V. 2009. Manejo agronómico para la producción de naranja "Valencia" en el estado de Morelos. Folleto para productor 49. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agrícolas y Pecuarias. Zacatepec, México.
- Berdeja-Abreu, R., Hernández-Sayago, K., Salazar-Sandoval, R.I., Vázquez-Cruz, F., Méndez-Gómez, J. y Moreno-Velázquez, D. 2016. Aspersiones foliares con nitratos en lima Persa. Acta Agrícola y Pecuaria. 2: 72-77.
- Berdeja-Arbeu, R., Villegas-Monter, A., Ruíz-Posadas, L.M., Sahagún-Castellanos, J. y Colinas-León, M.T. 2010. Interacción lima persa-portainjertos. Efectos en características estomáticas de hoja y vigor de árboles. Revista Chapingo Serie Horticultura 16: 91-97.
- Cantón, F.R., Suárez, M.F. & Cánovas, F.M. 2005. Molecular aspects of nitrogen mobilization and recycling in trees. Review Photosynthesis Research 83: 265-278.

- Cantuarias, A.T., Alves, F.A., Sanches, E., Rodrigues, S., Espinoza, N. E. & Bremer H. 2012. Rootstocks for high fruit yield and quality of Tahiti lime under rain-fed conditions. *Scientia Horticulturae* 142: 105-111.
- Chabdai, M.D., Giménez, L.I., Garavello, M.F., Alayón, P., Rodríguez, V.A. y Mazza, S.M. 2015. Caracterización de naranjo 'Valencia Late' sobre diferentes portainjertos en "Entre Ríos", Argentina. *Cultivos Tropicales* 36: 94-99.
- Curti-Díaz, S.A., Hernández-Guerra, C. y Loredó-Salazar, R.X. 2012. Productividad de limón persa injertado en cuatro portainjertos en una huerta comercial de Veracruz, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18: 291-305.
- Da Cruz, M.A., Janeiro, C.S.V., Uilian, D., Colombo, R.C., Pereira, R. & Hissano, Z. 2019. Navelina' sweet orange trees on five rootstocks in Northern Parana state, Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura* 41: e-006.
- Da Silva, C.F., De Oliveira, F.S.M., Caetano, V.F., Vinhas, G.M. & Cardoso, S.A. 2018. Orange essential oil as antimicrobial additives in poly (vinyl chloride) films. *Polimeros* 28: 332-338.
- DGIEA-MAG. 1991. Aspectos técnicos sobre cuarentena y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 156 p.
- Domingues, A.R., Janeiro, C.S.V. & Ubukata, I.U. 2018. Performance of 'Cadenera' orange trees grafted on five rootstocks. *Revista Brasileira de Fruticultura* 40: e-764.
- Ehrlén, J. 1997. Risk of grazing and flower number in perennial plant. *Oikos* 80: 428-434.
- FAOSTAT. 2018. Citrus fruit fresh and processed. Statistical Bulletin. <http://fao.org/economic/est/est-commodities/citrico/es/>.

- Fernández, G., Aguilar, A., Azzaro, P.C., Miranda, A.M.A., Purroy, R. & Pérez, M.R. 2015. Behavior patterns related to the agricultural practices in the production of Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka) in the seasonal orchard. *Computers and Electronics in Agriculture* 116: 162-172.
- Galván, E. y Santos, G. 2019. Análisis de la elasticidad del precio y ventaja comparativa revelada del sector de cítricos en México. *Mercados y Negocios* 39: 88-104.
- Gobato, R., Gobato, A. & Fedrigo, D.F.G. 2015. Molecular electrostatic potential of the main monoterpenoids compounds found in oil lemon Tahiti (*Citrus latifolia* var Tahiti). *PJSE* 1: 1-10.
- González, L.R. y Tullo, C.C. 2019. Guía técnica cultivo de cítricos. FCA. UNA. 80 p.
- Hernández, C. y Olvera, J.C. 2010. Impacto de la tecnología regional en la producción agroindustrial: el caso del limón. XIV Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas. Monterrey.
- Hernández, S. 2005. Evaluación de cuatro patrones para cítricos injertados con lima persa (*Citrus lataifolia* TAN) bajo condiciones de Cañas, Guanacaste. *Alcances Tecnológicos* 1: 53-61.
- Krueger, R.R. & Navarro, L. 2007. Citrus germplasm resources, in: Kahn, I.A. (Ed.), *Citrus genetics, breeding and biotechnology*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 45-140.
- Kummer, R., Fachini, Q.F.C., Estevão, S.C.F., Grespan, R., Silva, E.L., Bersani-Amado, C.A. & Cuman, R.K.N. 2013. Evaluation of anti-inflammatory activity of *Citrus latifolia* Tanaka essential oil and Limonene in experimental mouse models. *Evid. Based Complementary Altern. Med.* DOI: 10.1155/2013/859083.

- Ledo, A., Oliveira, T.K., Ritzinger, R. & Azevedo, F.F. 2008. Acid limes, mandarin and hybrids production in different rootstocks in Acre State, Brazil. *Revista Ciencia Agronómica* 39: 263-268.
- Machado, D.L., Lopes, D., Chamhum, L.C., Cecon, P.R. & Pereira, D.F. 2016. Evaluation fo rootstocks for 'Thaiti' acid lime in northern state of Minas Gerais. *Revista Brasileira de Fruticultura* 39: e790.
- Melnyk, C.W. 2016. Plant grafting: insights into tissue regeneration. *Regeneration* 4: 3-14.
- Olarte, O.O., Almaguer, V.G. y Espinoza, J.R. 2000. Efecto de la fertilización foliar en el estado nutrimental, la fotosíntesis, la concentración de carbohidratos y el rendimiento en naranjo 'Valencia Late'. *Terra Latinoamericana* 18: 339-347.
- Pérez, Z.O., Becerra, S. y Medina, V. 2003. Selección de portainjertos para naranja "Valencia" en suelos calcimórficos. *Terra Latinoamericana* 21: 47-55.
- Pérez-Zamora, O., Medina-Urrutia, V. y Becerra-Rodríguez, S. 2002. Crecimiento y rendimiento de naranja Valencia injertada en 16 portainjertos de cítricos establecidos en suelo calcimórficos, y calidad del jugo. *Agrociencia* 36: 137-148.
- Petek, M., Toth, N., Pecina, M., Karažija, T., Lazarević, B., Palčić, I., Veres, S. & Ćustić, M. 2019. Butroot mineral composition affected by mineral and organic fertilization. *PLoS ONE* 14:e0221767.
- Pilatti, R.A., DAVIS, V.L., Gariglio, N.F., Buyatti, M. y Micheloud, N. 2009. Efecto de la fertilización foliar con urea sobre la floración, el cuajado de frutos y el rendimiento en cítricos. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias* 8: 19-27.
- Posada-Gómez, R., Martínez-Sibaja, A., Sandoval-González, O.O., Aguilar-Laserre, A.A., Trujillo-Caballero, J.C., Águila-Rodríguez, G., Cortés-Robles, G. & Herrera-Aguilar, I. 2015. Desarrollo de un sistema de

parametrización morfométrica de lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka) para el control de calidad. *Agroproductividad* 8: 20-25.

Raddatz-Mota, D., Franco-Mora, O., Mendoza-Espinoza, J.A., Rodríguez-Verástegui, L.L., León-Sánchez, F.D. & Rivera-Cabrera, F. 2019. Effect of different rootstocks on Persian lime (*Citrus latifolia* T.) postharvest quality. *Sci. Hortic.* 259:108716.

Ruiz, M. 2016. Identificación de caracteres fisiológicos y moleculares para la tolerancia a estreses abióticos en portainjertos de cítricos tetraploides. Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. 285 p.

Russián, T. y Oropeza, J. 2008. Evaluación en vivero de tres patrones para el desarrollo de la naranja criolla en el sector macanillas-curimagua. *Agronomía Tropical*. 58.

SAGARPA. 2012. México, entre los líderes en producción de cítricos a nivel mundial. Boletín, 30 de noviembre. <http://www.sagarpa.gob.mx/delegaciones/sanluispotosi/boletines/paginas/bol1301112.aspx>. Consultado el 18 de octubre de 2019.

Samaniego, R.J., Cabrera, C.F., Madrid, C.M. y Medina, U.V. 2008. Tecnología de producción de naranja y toronja. Memoria Jornada de tecnología de producción de cítricos. Fundación produce Sinaloa p. 7-54.

Sharma, A. & Zheng, B. 2019. Molecular responses during plant grafting and its regulation by auxins, cytokinins, and gibberellins. *Biomolecules*. 9. DOI: 10.3390/biom9090397.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Producción anual. Cierre de la producción agrícola por cultivo. [http://siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10&Itemid=15](http://siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=15).

- Stein, B. y Fouget, J.L. 2015. Características generales de algunos nuevos portainjertos cítricos para limones difundidos por la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. *Gacetilla Agroindustrial* 80: 1-12.
- Stenzel, N.M. & Janeiro, C.S.V. 2004. Rootstocks for Tahiti lime. *Scientia Agricola* 61: 151-155.
- Stenzel, N.M.C., Neves, C.S.V.J., Scholz, M.B.D.S. y Gómez, J.C. 2005. Comportamiento de laranjeira 'FolhaMurcha' em sete porta-enxertos no Noroeste do Paraná. *Revista Brasileira de Fruticultura* 27: 408-411.
- Tales, A.M., Mouchreck, A.N., Everton, G.O., Abreu-Silva, A.L., Calabrese, K.S. & Almeida-Souza, F. 2019. Comparative analysis of the chemical composition, antimicrobial and antioxidant activity of essential oils ofspices used in the food industry in Brazil. *Intechopen*. DOI:10.5772/intechopen.86576.
- Tanaka, T., 1977. Fundamental discussion of Citrus classification. *Studia Citrologica* 14: 1-6.
- Thomas, H.R. y Frank, M.H. 2019. Connecting the pieces uncovering the molecular basis for long-distance communication through plant grafting. *New Phytol*. DOI: 10.1111/nph.15772.
- Vanegas, M.J. 2002. Guía técnica cultivo del limón Pérsico. IICA. Nueva San Salvador, El Salvador. 44 p.