

EN

## The interstock effect on the initial growth of the 'Tahiti' Persian lime (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez)

ES

## Efecto del interinjerto en el crecimiento inicial de lima Persa 'Tahiti' (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez)

Martín Gaona-Ponce<sup>1\*</sup>; Gustavo Almaguer-Vargas<sup>2</sup>;  
Alejandro F. Barrientos-Priego<sup>2</sup>; Amparo M. Borja-De la Rosa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Chapingo Autonomous University, South-southeast University Regional Unit, km 7 carretera Teapa-Vicente Guerrero. C. P. 86800, Teapa, Tabasco, México.

<sup>2</sup>Chapingo Autonomous University, Fitotecnia Department, km 38.5 carretera México- Texcoco, C. P. 56230, Chapingo, Estado de México. México.

<sup>3</sup>Chapingo Autonomous University, Division of Earth Sciences, km 38.5 carretera México- Texcoco, C. P. 56230, Chapingo, Estado de México. México.

\*Corresponding author:  
mgaonaponce@hotmail.com  
Tel. +52 (595) 9521500 ext. 3107

Received: December 8, 2020 /  
Accepted on: February 10, 2021

DOI:  
10.5154/r.chsat.2021.01.03

### Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of some citrus varieties used as interstocks on the initial growth characteristics of the primary shoot of the Persian lime cv. 'Tahiti' (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) and its relationship with stem characteristics. 'Flying Dragon' trifoliolate (*Poncirus trifoliata* var. 'Monstruosa'), 'Rubidoux' trifoliolate (*P. trifoliata* var. 'Rubidoux') and 'Tahiti' lime were used as interstocks; and as rootstocks were used the 'Agrio' orange (*C. aurantium* L.) and 'Volkamer' lemon (*C. volkameriana* Tenn. & Pasq.). The treatment design was a 2 x 4 factorial. Seven variables of initial growth and six of the stem were measured and correlated with each other. 'Agrio' with interstock significantly affected the length, growth velocity, diameter and length of internodes of the primary shoot in 18, 22, 12 and 14 % lower with respect to 'Volkamer' with interstock. 'Rubidoux' over 'Volkamer' had the highest values in six growth variables, but combined with 'Agrio' induced dwarfing characteristics in the primary shoot of 'Tahiti' lime. The diameters of the stem of both rootstocks were affected by the interstock. 'Rubidoux' increased the diameter of 'Volkamer' but not that of Agrio. On the other hand, the 'Dragon Flying' interstock presented bigger diameter than the rootstock where it was established. We found low correlations (-0.222 to 0.502) of the diameter of the rootstock, the diameter of the interstock, the thickness of the cortex of the rootstock and the thickness of the cortex of the interstock with all the growth variables of the primary shoot of 'Tahiti' lime.

**Keywords:** *Citrus latifolia*, *Poncirus trifoliata*, interstock, dwarfing

### Resumen

En este estudio fueron evaluadas algunas variedades de cítricos utilizadas como interinjertos en las características del crecimiento inicial de brote primario de la lima persa var. 'Tahiti' (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) y su relación con características del tallo. Se utilizaron como interinjertos trifoliado 'Flying Dragon' (*Poncirus trifoliata* var. 'Monstruosa'), trifoliado

'Rubidoux' (*P. trifoliata* var. 'Rubidoux') y la propia lima 'Tahiti'; y como portainjertos se utilizó el naranjo 'Agrio' (*C. aurantium* L.) y limón 'Volkameriano' (*C. volkameriana* Tenn. & Pasq.). Se realizó un diseño de tratamientos factorial 2 x 4. Se midieron siete variables del crecimiento inicial del injerto y seis características del tallo y se correlacionaron entre ellas. El 'Agrio' con los interinjertos redujo la longitud, velocidad de crecimiento, diámetro y longitud de entrenudos del brote primario en 18, 22, 12 y 14 % menos respecto a 'Volkameriano' con los interinjertos. 'Rubidoux' sobre 'Volkameriano' tuvo los valores más altos en seis variables del crecimiento, pero combinado con 'Agrio' indujo características de enanismo en el brote primario de lima 'Tahiti'. El diámetro de tallo de ambos portainjertos se afectó por el interinjerto. 'Rubidoux' incrementó el diámetro de 'Volkameriano' pero no el de 'Agrio', mientras que 'Flying Dragon' presentó mayor diámetro que su portainjerto. Se encontraron correlaciones bajas (-0.22 a 0.50) del diámetro del portainjerto y del interinjerto; del grosor de la corteza del portainjerto y del interinjerto con todas las variables del crecimiento del brote primario de lima 'Tahiti'.

**Palabras clave:** *Citrus latifolia*, *Poncirus trifoliata*, interinjerto, enanismo

## Introduction

The size of the tree control is a productive aim in modern horticulture (Donadio, Lederman, Roberto, & Stuchi, 2019; Silva et al., 2019). Orchards with large trees frequently show an excessive shading issue, low airflow, increase of phytosanitary problems, difficulty in the planting management and cropping, increase in production costs and reduction in yields (Medina, Becerra, & Ordaz, 2004; Casierra & Guzmán, 2009; Curti, Hernández, & Loreda, 2012), for this reason, it is important the use of trees reduced in size in order to avoid these problems.

In Mexico, rootstocks used for Persian lime plantations, lead to a standard or large size of tree, which causes the aforementioned situation. On the other side, the number of plants is gradually reduced due to the presence of diseases such as gummosis, tristeza and "wood pocket" (Villegas & Mora, 2011). The occurrence of the bacterial disease "*Huánglóngbīng*" (HLB), has developed strategic proposals that include tests with low height plants and high densities Curti-Díaz, S., et al., 2012; Sanchez & Girardi, 2010; Dogar et al., 2017).

The most often used techniques for the size control are the pruning and the use of dwarfing rootstocks. Pruning is beneficial but represents the 22% of the cost of production (Almaguer & Ayala, 2014).

The use of dwarfing patterns has been documented in fruit species such as the apple tree (Parra, Becerril, López, & Castillo, 2002), mango (Casierra & Guzmán, 2009), avocado (Ben-Ya'akov & Zilberstaine, 1999) and citrus (Berdeja, Villegas, Ruíz, Sahagún, & Colinas, 2010; Cheng & Roose, 1995; Espinoza-Núñez, Mourão, Sanches-Stuchi, Cantuarias-Avilés, & Dias, 2011; Forner,

## Introducción

El control del tamaño del árbol es un objetivo productivo en la horticultura moderna (Donadio, Lederman, Roberto, & Stuchi, 2019; Silva et al., 2019). Los huertos con árboles grandes frecuentemente presentan problemas de sombreado en exceso, baja circulación de aire, incremento de problemas fitosanitarios, dificultad en el manejo y cosecha de la plantación, incremento de los costos de producción y una reducción en los rendimientos (Medina, Becerra, & Ordaz, 2004; Casierra & Guzmán, 2009; Curti, Hernández, & Loreda, 2012), por lo que es importante usar árboles de tamaño reducido que eviten esos problemas.

En México, los portainjertos empleados en las plantaciones de lima persa inducen un tamaño del árbol considerado como estándar o grande, causando la situación anteriormente mencionada. Por otra parte, el número de plantas se reduce paulatinamente por la presencia de enfermedades como gomosis, tristeza y "wood pocket" (Villegas & Mora, 2011). La aparición de la enfermedad bacteriana "*Huanglongbing*" (HLB) ha generado propuestas estratégicas que incluyen ensayos con plantas de baja altura y en altas densidades Curti-Díaz, S., et al., 2012; Sanchez & Girardi, 2010; Dogar et al., 2017).

Las técnicas más utilizadas para el control del tamaño son, la poda y el empleo de portainjertos enanizantes. La poda es benéfica, pero representa el 22 % de los costos de producción (Almaguer & Ayala, 2014).

El uso de patrones enanizantes ha sido documentado en especies frutales como el manzano (Parra, Becerril, López, & Castillo, 2002), mango (Casierra & Guzmán, 2009), aguacate (Ben-Ya'akov & Zilberstaine, 1999) y

1998; Mademba, Lemerre, & Lebegin, 2012; Silva, Mendes, Girardi, Silva, L., & Soares, 2016; Donadio et al., 2019) among others. In the latest fruit group, 'Flying Dragon' was the only one recorded (*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* T. Ito Swing), 'Rubidoux' (*P. trifoliata* L. Raf. var. *Rubidoux*), as well as hybrids of *P. trifoliata* with other citrus, as dwarfing rootstocks.

The interstock or intergraft is another technique used less in fruits. It consists of grafting on the rootstock a specific variety or specie to subsequently graft in the latest the variety to be grown and which will be the top of the plant. Some studies about citrus such as orange, tangelos and lemons indicate the effect of the interstock in the size control, quality of the fruit and juice (Castle, 1992; Khan, Bier, & Beaver, 2007; Espinoza-Núñez et al., 2011; Girardi & Mourão, 2006; Sugiyatno & Palupi, 2017; Donadio et al., 2019).

Espinoza-Núñez et al. (2011) evaluate different rootstocks and as interstock 'Flying Dragon' in plants of Persian lime and they found that the effect of the interstock on the plant vigor depended on the rootstock. Interstocked plants in the 'Davis A' trifoliolate were taller than those without interstock. Conversely, interstocked plants in the 'Catania 2' Volkamer lemon were less vigorous than those without interstock.

Sugiyatno & Palupi (2017), evaluate 24 combinations of interstock-grafting in the rootstock of Rangput lime for 'Batu 55' mandarin, 'Pontianak' tangerine and 'Nimas' lime with the aim of improving the growth. Among the evaluated interstocks were 'Flying Dragon', 'Carrizo' citrange, rough lemon and 'Volkamer' lemon. The use of *P. trifoliata* as intermediate material, boosted the quick shooting in the 'Pontianak' tangerine, while the citrange 'Troyer' stimulates the growth of the shoot in the 'Nimas' lime. Moreover, the use of the 'Carrizo' citrange influenced the diameter of the 'Nimas' lime plant.

As mentioned above, it is necessary to continue with the evaluation of common and dwarfing materials to solve the size issues. The aim of this study was to evaluate the effects of the rootstock/interstock relationships in the primary shoot growth, to correlate the characteristics of the diameter and thickness of the cortex of the rootstock and interstock with the characteristics of the primary shoot and identify at least one combination that significantly decreases the variables of the primary shoot of the "Tahiti" Persian lime growth.

## Materials and methods

The experiment was carried out in 2017 in a glasshouse located in the agricultural-experimental field of *Fito-*

cítricos (Berdeja, Villegas, Ruíz, Sahagún, & Colinas, 2010; Cheng & Roose, 1995; Espinoza-Núñez, Mourão, Sanches-Stuchi, Cantuarias-Avilés, & Dias, 2011; Forner, 1998; Mademba, Lemerre, & Lebegin, 2012; Silva, Mendes, Girardi, Silva, L., & Soares, 2016; Donadio et al., 2019) entre otros. En este último grupo de frutales solo se han registrado 'Flying Dragon' (*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* T. Ito Swing), 'Rubidoux' (*P. trifoliata* L. Raf. var. *Rubidoux*), así como híbridos de *P. trifoliata* con otros cítricos, como portainjertos enanizantes.

Otra técnica con menor frecuencia en frutales es el interinjerto o injerto intermedio. Este consiste en injertar sobre el portainjerto una especie o variedad determinada para posteriormente injertar sobre esta última la variedad que se desea cultivar y que constituirá la copa. Estudios con algunos cítricos como la naranja, tangelos y limones, indican el efecto del interinjerto en el control del tamaño, la calidad de fruta y jugo (Castle, 1992; Khan, Bier, & Beaver, 2007; Espinoza-Núñez et al., 2011; Girardi & Mourão, 2006; Sugiyatno & Palupi, 2017; Donadio et al., 2019).

Espinoza-Núñez et al. (2011) evaluaron diferentes portainjertos y como interinjerto 'Flying Dragon' en plantas de lima persa y, encontraron que el efecto del interinjerto sobre el vigor de la planta dependió del portainjerto. Las plantas interinjertadas en el trifoliado 'Davis A' fueron más altas que aquellos sin interinjerto. En contraparte, las plantas interinjertadas en limón Volkameriano 'Catania 2' fueron menos vigorosas que aquellos sin interinjerto.

Sugiyatno & Palupi (2017), evaluaron 24 combinaciones de interinjerto-injerto en portainjerto de lima Rangpur, para mandarina 'Batu 55', tangerina 'Pontianak' y lima 'Nimas' con el objetivo de mejorar el crecimiento. Entre los interinjertos evaluados estuvo 'Flying Dragon', citrange 'Carrizo', limón rugoso y limón 'Volkameriano'. El uso de *P. trifoliata* como material intermedio estimuló la brotación rápida en tangerina 'Pontianak', mientras que el citrange 'Troyer' estimuló el crecimiento del brote en lima 'Nimas'. Por otra parte, el empleo de citrange 'Carrizo' influyó en el diámetro de la planta de lima 'Nimas'.

Por lo anteriormente mencionado, es necesario continuar con la evaluación de materiales enanizantes y comunes que permitan resolver los inconvenientes del tamaño. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de las relaciones portainjerto\interinjerto en las variables del crecimiento del brote primario, correlacionar características del diámetro y grosor de corteza del portainjerto e interinjerto con las características del crecimiento del brote primario e identificar al menos una combinación que reduzca significativa-

*tecnia* from the Chapingo Autonomous University located at 19° 29' N and 98° 52' O, and altitude of 2 240 m.

Plants of two rootstocks aged six months from the Maricruz nursery, in Arroyo de Piedra Tlapacoyan, Veracruz, México, were obtained. They were transferred to Chapingo, México, they were transplanted to individual flowerpots with a capacity of 16 liters, they were placed in the glasshouse for three months more for their adaptation. The substrate was a blend of sandy-loam soil + 10% of compost. The average temperature in this period was 29°C, after this period of time, the first graft was made. Four months later, the second graft was carried out according to the indicated treatments.

The experimental design used was selected randomly with factorial treatment arrangements (2 x 4), where the A factor was the rootstock ('Volkamer' lemon *C. volkameriana* Tenn. & Pasq. and 'Agrio' orange *C. aurantium* L.) and the B factor was the interstock ('Flying Dragon' trifoliolate *Poncirus trifoliata* var 'Monstruosa' and 'Rubidoux' trifoliolate *P. trifoliata* var. Rubidoux, 'Tahiti' Persian lime and the treatment without interstock). The 'Tahiti' Persian lime was used as final graft for all the treatments. The type of graft developed was the shield budding described by Hartmann and Kester (1998).

The treatments resulting from rootstock/interstock were: 1) 'Volkamer'\ 'Flying Dragon', 2) 'Volkamer'\ 'Rubidoux', 3) 'Volkamer'\ 'Tahiti' lime, 4) 'Volkamer'\ without interstock, 5) 'Agrio'\ 'Flying Dragon', 6) 'Agrio'\ 'Rubidoux', 7) 'Agrio'\ 'Tahiti' lime, and 8) 'Agrio'\ without interstock.

The variables measured were:

- Length of the primary shoot (LBP). It was measured weekly with a measuring tape, from the bottom to the top of the graft. A final length was considered when the measure was constant.
- Growth velocity (VC). The number of days was counted to reach a constant length, with this, the daily length was obtained.
- Diameter of the primary shoot (DBP). The shoot was measured from 4 cm of the base of the graft with a digital Vernier Pretul®.
- Number of leaves (NH). The total of leaves from the primary shoot was counted.
- Length of the internodes (LE). It was obtained by dividing the total length by the number of internodes of the primary shoot.

mente las variables del crecimiento del brote primario de lima persa 'Tahiti'.

## Materiales y métodos

El experimento se realizó durante 2017 en un invernadero con cubierta de cristal ubicado en el Campo Agrícola Experimental de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, situado a 19° 29' N y a 98° 52' O, a una altitud de 2 240 m.

Se obtuvieron plantas de dos portainjertos de seis meses de edad del vivero Maricruz, en Arroyo de Piedra, Tlapacoyan, Veracruz, México. Se trasladaron a Chapingo, México, se trasplantaron en macetas individuales de 16 litros de capacidad, colocadas en dicho invernadero por otros tres meses para su adaptación. El sustrato fue una mezcla de suelo limo-arenoso + 10 % de composta. La temperatura media en este período fue de 29 °C. Posterior a este período se realizó el primer injerto. El segundo injerto en los tratamientos que lo indicaban se hizo cuatro meses después.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con un arreglo de tratamientos factorial (2 x 4), en donde el factor A fue el portainjerto (limón 'Volkameriano' *C. volkameriana* Tenn. & Pasq. y naranjo 'Agrio' *C. aurantium* L.) y el factor B fue el interinjerto (trifoliado 'Flying Dragon' *Poncirus trifoliata* var 'Monstruosa' y trifoliado 'Rubidoux' *P. trifoliata* var. Rubidoux, la lima persa 'Tahiti' y tratamiento sin interinjerto). Como injerto final se usó lima persa 'Tahiti' en todos los tratamientos. El tipo de injerto practicado fue el de yema en escudete, descrito por Hartmann y Kester (1998).

Los tratamientos resultantes portainjerto\interinjerto fueron: 1) 'Volkameriano'\ 'Flying Dragon', 2) 'Volkameriano'\ 'Rubidoux', 3) 'Volkameriano'\ lima 'Tahiti', 4) 'Volkameriano'\ sin interinjerto, 5) 'Agrio'\ 'Flying Dragon', 6) 'Agrio'\ 'Rubidoux', 7) 'Agrio'\ lima 'Tahiti', y 8) 'Agrio'\ sin interinjerto.

Las variables que se midieron fueron las siguientes:

- Longitud del brote primario (LBP). Se midió semanalmente con un flexómetro, desde la base del injerto hasta el ápice. Se consideró una longitud final cuando la medida fue constante.
- Velocidad de crecimiento (VC). Se contabilizó el número de días hasta llegar a longitud constante con lo que se obtuvo la longitud diaria.
- Diámetro del brote primario (DBP). Se midió el brote a 4 cm de la base del injerto con un vernier digital Pretul®.

- Leaf area of the shoot (AFB). It was calculated with the sum of all the leaves area of the shoot. The program Image Tool v3 was used.
- Average leaf area (APH). It was calculated by dividing the leaf area of the shoot by the number of leaves.

The diameters and thickness of the rootstock and cortex of the interstocks was measured to correlate variables of the stem growth with variables of the initial growth of the primary shoot, this was used to calculate two quotients or ratios. These measures were carried out with a digital Vernier Pretul<sup>®</sup>, from 3 cm of the grafting point of union. A quotient greater than 1 indicated that the diameter or thickness of the cortex of the interstock is greater than the diameter or thickness of the cortex of the rootstock, whilst one less than 1 indicated otherwise.

Data was analyzed with an experimental design 2 x 4 factorial with six repetitions per treatment where the A factor was the rootstock and the B factor was the interstock. For each variable, an analysis of variance and a comparison test of means of Tukey ( $P \leq 0.05$ ) were carried out, as well as the correlation of Pearson between variables of stem and primary shoot growth with the SAS v9 program.

## Results and discussion

The analysis of variance applied to the variables of the initial growth of the 'Tahiti' Persian lime shoot indicate significant differences in six out of every seven evaluated variables (Table 1). The variable which does not show a statistically significant difference was the average leaf area ( $33.78 \pm 3.76$ ), this indicates that the variable was not affected by the rootstock or by the interstock.

It was also noted that a differentiation factor was in the type of rootstock. The 'Volkamer' lemon showed a greater length, growth velocity, diameter and length of the internodes of the primary shoot of 'Tahiti' lime, than with the 'Agrio' orange, while the use of 'Flying Dragon' and 'Rubidoux' interstocks showed a significant difference in terms of shoot length, growth velocity and number of leaves of the 'Tahiti' lime shoot, than when an interstock was not used (Table 1).

On the other side, it was noted that the combination between 'Agrio'\ 'Rubidoux' orange showed lower values in all the measured variables (Table 2), while the treatment with highest values was 'Volkamer'\ 'Rubidoux', this indicated that the rootstock exerted a differentiated effect with the same interstock. When 'Flying Dragon' and

- Número de hojas (NH). Se contó la totalidad de hojas del brote primario.
- Longitud de entrenudos (LE). Se obtuvo dividiendo la longitud total entre el número de entrenudos del brote primario.
- Área foliar del brote (AFB). Se calculó con la suma del área de todas las hojas del brote. Se usó el programa Image Tool v3.
- Área promedio de hoja (APH). Se calculó dividiendo el área foliar del brote entre el número de hojas.

Para correlacionar variables de crecimiento del tallo con las variables del crecimiento inicial del brote primario, se midieron los diámetros y grosor de corteza del portainjerto y de los interinjertos, con lo que se calcularon dos cocientes o relaciones. Estas mediciones se hicieron con un vernier digital Pretul<sup>®</sup>, a 3 cm del punto de injertación. Un cociente mayor a 1 indicó que el diámetro o el grosor de corteza del interinjerto es mayor que el diámetro o grosor de corteza del portainjerto, en tanto que, uno menor a 1 indicó lo contrario.

Los datos se analizaron en un diseño experimental factorial 2 x 4 con seis repeticiones por tratamiento donde el factor A fue el portainjerto y el factor B el interinjerto. Para cada variable se realizó análisis de la varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), así como la correlación de Pearson entre variables del tallo y del crecimiento del brote primario con el programa SAS v9.

## Resultados y discusión

Los análisis de varianza aplicados a las variables del crecimiento inicial del brote de lima Persa Tahiti' indicaron diferencias significativas en seis de siete variables evaluadas (Cuadro 1). La variable que no presentó diferencia estadística significativa fue el área foliar promedio ( $33.78 \pm 3.76$ ), lo cual indica que esta variable no fue afectada por el portainjerto o por el interinjerto.

Se observó también, que existió un efecto diferenciado en el tipo de portainjerto. El limón 'Volkameriano' mostró mayor longitud, velocidad de crecimiento, diámetro y longitud de entrenudos del brote primario de lima 'Tahiti', que con naranjo 'Agrio'. Mientras que el uso de interinjertos 'Flying Dragon' y 'Rubidoux' mostraron diferencia significativa en la longitud del brote, la velocidad de crecimiento y el número de hojas del brote de lima 'Tahiti', que cuando no se utilizó interinjerto (Cuadro 1).



**Table 1. The effect of the rootstock and interstock factor on the growth of the primary shoot of the 'Tahiti' lime (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez).****Cuadro 1. Efecto de los factores portainjerto e interinjerto en el crecimiento del brote primario de lima 'Tahiti' (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez).**

Factor\variable	LBP (cm)	VC (mm·dia <sup>-1</sup> ) / VC (mm·dia <sup>-1</sup> )	DBP (mm)	NH	LE (cm)	APH (cm <sup>2</sup> )	AFB (cm <sup>2</sup> )
<b>Rootstock / Portainjerto</b>							
'Volkamer' / 'Volkameriano'	40.5 a	11.5 a	4.92 a	19.8 a	2.04 a	34.38 a	657.6 a
'Agrio'	33.1 b	9.02 b	4.28 b	18.7 a	1.75 b	33.19 a	636.6 a
DMSH / DMSH	2.4	0.59	0.24	1.38	0.11	2.03	55.2
<b>Interstock</b>							
'Flying Dragon'	34.5 b	9.81 bc	4.45 a	17.83 b	1.95 a	35.50 a	633.2 a
'Rubidoux'	34.4 b	9.35 c	4.57 a	18.17 b	1.83 a	34.75 ab	619.9 a
'Tahiti' lime	36.5 b	10.79 ab	4.79 a	20.1 ab	1.81 a	33.81 ab	681.9 a
<b>Without interstock / Sin interinjerto</b>							
DMSH	4.6	1.11	0.45	2.59	0.20	3.8	103.5
CV (%)	11.45	9.90	9.06	12.29	9.81	10.29	14.6

LBP: Length of the primary shoot; VC: Growth velocity; DBP: Diameter of the primary shoot; NH: Number of leaves; LE: Length of the internodes APH: Average leaf area; AFB: Total leaf area of the shoot DMSH: honest least significant difference. CV: coefficient of variation. Means with the same letter in each column do not present significant differences according to the Tukey test to  $P \leq 0.05$ .

LBP: Longitud del brote primario; VC: Velocidad de crecimiento; DBP: Diámetro del brote primario; NH: Número de hojas; LE: longitud de entrenudos APH: Área foliar media; AFB: Área foliar total del brote DMSH: Diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación. Medias con la misma letra en cada columna no presentan diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

'Tahiti' lime where used as interstocks, the observed affected was the same in both, the 'Volkamer' and 'Agrio' rootstock. In the same way, when an interstock was not made, the development of the 'Tahiti' Persian lime on the rootstock was similar with the 'Volkamer' and with the 'Agrio' in all the variables.

### Rootstock factor

Factorial analysis indicated that there was an influence of the rootstock used in the variables for the initial growth of the 'Tahiti' Persian lime shoot when an interstock was used. The comparative analysis of the statistical averages (Table 2) says that the 'Agrio' orange and 'Volkamer' lemon rootstocks had a differentiated behavior when a interstock was used, in the length of the primary shoot of the 'Tahiti' Persian lime, in the growth velocity, in the shoot diameter and in the length of the internodes, however, the number of leaves, the leaf average area and the leaf area of the shoot showed in a similar way.

The study carried out by Gaona, Almaguer, Barrientos and Borja (2018), evaluated the rootstock effect of

Por otra parte, se observó que la combinación naranjo 'Agrio'\Rubidoux' presentó los menores valores en todas las variables medidas (Cuadro 2), mientras que el tratamiento con mayores valores fue 'Volkameriano'\Rubidoux', lo cual nos indicó que el portainjerto ejerció efecto diferenciado con el mismo interinjerto. Cuando se utilizaron 'Flying Dragon' y lima 'Tahiti' como interinjertos el efecto observado fue el mismo tanto en el portainjerto 'Volkameriano' como en 'Agrio'. De la misma manera, cuando no se realizó interinjerto, el desarrollo de la lima persa 'Tahiti' sobre el portainjerto fue similar tanto con 'Volkameriano' como con 'Agrio' en todas las variables.

### Factor portainjerto

Los análisis factoriales indicaron que existió influencia del portainjerto utilizado en las variables del crecimiento inicial del brote de lima persa 'Tahiti', cuando se usó interinjerto. El análisis comparativo de las medias estadísticas (Cuadro 2) indica que los portainjertos naranjo 'Agrio' y limón 'Volkameriano' tuvieron comportamiento diferenciado cuando se usó interinjerto, en la longitud del brote primario de la

**Table 2. Means comparison of the combination between rootstock/ interstock in the variables of the primary shoot growth of the 'Tahiti' Persian lime (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez).****Cuadro 2. Comparación de medias de la combinación portainjerto\interinjerto en las variables de crecimiento del brote primario de lima persa 'Tahiti'(Citrus x latifolia Tanaka ex Q. Jiménez ).**

ROOTSTOCK\INTERSTOCK / PORTAINJERTO\INTERINJERTO	LBP (cm)	VC mm.dia <sup>-1</sup>	DBP (mm)	NH	LE (cm)	AFB (cm <sup>2</sup> )
'Volkamer'\ 'Flying Dragon' / 'Volkameriano'\ 'Flying Dragon'	35.68 bc	10.4 bc	4.73 ab	17.1 bc	2.1 ab	607.4 ab
'Volkamer'\ 'Rubidoux' / 'Volkameriano'\ 'Rubidoux'	48.7 a	12.99 a	5.3 a	22.3 a	2.19 a	747.2 a
'Volkamer'\ 'Tahiti' lime / 'Volkameriano'\ 'Lima' Tahiti'	37.2 bc	11.2 ab	4.93 ab	19.6 ab	1.88abc	675.7 a
'Volkamer' without interstock / 'Volkameriano' sin interinjerto	40.4 bc	11.5 ab	4.73 ab	20.3 ab	1.99abc	600.1 ab
'Agrio'\ 'Flying Dragon'	33.3 c	9.26 c	4.18 bc	18.5 ab	1.8 bcd	659.6 ab
'Agrio'\ 'Rubidoux'	20.08 d	5.72 d	3.85 c	14.0 c	1.47 d	492.5 b
'Agrio'\ 'Tahiti' lime / 'Agrio'\ Lima 'Tahiti'	35.88 bc	10.4 bc	4.65 ab	20.6 ab	1.73 cd	688.2 a
'Agrio' without interstock / 'Agrio' sin interinjerto	42.9 ab	10.7 bc	4.45 bc	21.6 a	1.99 abc	706.1 a
DMSH	7.7	1.8	0.77	4.3	0.34	174.5
CV (%)	11.55	9.9	9.06	12.29	9.81	14.6

LBP: Length of the primary shoot; VC: Growth velocity; DBP: Diameter of the primary shoot; NH: Number of leaves; LE: Length of the internodes; AFB: Leaf area of the shoot;

DMSH: honest least significant difference. CV: coefficient of variation.

Means with the same letter in each column do not present significant differences according to the Tukey test to  $P \leq 0.05$ .

LBP: Longitud del brote primario; VC: Velocidad de crecimiento; DBP: Diámetro del brote primario; NH: Número de hojas; LE: longitud de entrenudos; AFB: Área foliar del brote;

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

Medias con la misma letra en cada columna no presentan diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

the 'Agrio' orange and the 'Volkamer' lemon grafted with 'Tahiti' lime, where a similar development of the shoot was founded in variables such as leaf area of the shoot, average leaf area, number of leaves, length of the internodes and shoot diameters and slightly different in terms of length. The above would show that the differences were caused by the interstock effect.

In this sense, Hassanzadeh, K. H., Rastegar S, Golein, B., Golmohammadi, M., and Aboutalebi J. A. (2019), experimented with varieties of Persian lime grafted in different patterns where the orange 'Agrio' and 'Volkamer' lemon were included, they found that the higher growth rate, length, shoots diameter fresh and dry weight with the 'Volkamer' rootstock and the lowest growth rates for the Persian lime in the 'Agrio' orange, which determines that the 'Volkamer' rootstock leads to a greater vigor of the grafted variety. The vigor of 'Volkamer' would partially explain the difference showed in the Table 1.

lima persa 'Tahiti', en la velocidad de crecimiento, en el diámetro del brote y en la longitud de entrenudos, pero el número de hojas, el área promedio de hoja y el área foliar del brote se mostraron de manera similar.

En un estudio realizado por Gaona, Almaguer, Barrientos y Borja (2018), fue evaluado el efecto de portainjertos de naranjo 'Agrio' y limón 'Volkameriano' injertados con lima 'Tahiti', donde encontraron desarrollo similar del brote en variables como área foliar del brote, área foliar promedio, el número de hojas, longitud de entrenudos y diámetro de los brotes y ligeramente diferentes en su longitud. Lo anterior nos indicaría que las diferencias serían ocasionadas por el efecto del interinjerto.

En ese sentido, Hassanzadeh, K. H., Rastegar S, Golein, B., Golmohammadi, M., y Aboutalebi J. A. (2019), experimentaron con variedades de lima persa injertada en diversos patrones entre los que se incluían naranjo

On the other side, Espinoza-Núñez et al. (2011) deduced that the rootstock effect is covered up according to the type of the interstock used. They found that with the use of 'Flying Dragon' as interstock in the 'Volkamer' lemon, the dimensions of the plant are reduced, and when it was used on 'Davis' trifoliolate, the plant size increased. In this study, the 'Volkamer' and 'Agrio' rootstocks have a similar behavior in plants without interstock, but when it was added, it modified the behavior. The 'Rubidoux' interstock in the 'Agrio' orange rootstock, reduced the 'Tahiti' Persian lime shoot in all the variables, while in the 'Volkamer' one, the shoot length increased.

The diameter of the rootstock showed a significant difference due to the interstock effect (Table 3). When the plant had as a 'Rubidoux' interstock, the diameter of the 'Volkamer' increased, but when this was done with 'Agrio' orange, the diameter was smaller. On the other side, the thickness of the cortex for each rootstock, was not modified by the interstock effect, although

'Agrio' y limón 'Volkameriano', encontraron que los índices más altos de crecimiento, longitud, diámetro de los brotes, peso fresco y peso seco con el portainjerto 'Volkameriano' y las tasas de crecimiento más bajas para lima persa en naranjo 'Agrio', con lo cual determinan que el portainjerto 'Volkameriano' induce un mayor vigor de la variedad injertada. El vigor de 'Volkameriano' podría explicar parcialmente la diferencia mostrada en el Cuadro 1.

Por otra parte, Espinoza-Núñez et al. (2011) dedujeron que el efecto del portainjerto se encubre de acuerdo al tipo de interinjerto que se use. Ellos encontraron que usando 'Flying Dragon' como interinjerto en limón 'Volkameriano' redujo las dimensiones de la planta, y cuando lo usaron sobre trifoliado 'Davis' incrementó el tamaño de la planta. En este estudio, los portainjertos 'Volkameriano' y 'Agrio' tuvieron un comportamiento similar en plantas sin interinjerto, pero cuando este se agregó, modificó el comportamiento. El interinjerto 'Rubidoux' en portainjerto naranjo 'Agrio', redujo el

**Table 3. Effect of the rootstock/interstock combination on the diameter and thickness of the cortex of the stem by the interstock, in plants with final graft of 'Tahiti' Persian lime. (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez).**

**Cuadro 3. Efecto de la combinación portainjerto\interinjerto en diámetro y grosor de corteza del tallo formado por el interinjerto, en plantas con injerto final de lima persa 'Tahiti'. (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez).**

Rootstock\Interstock / Portainjerto\Interinjerto	DI (mm)	DP (mm)	DI/DP	GCI (mm)	GCP (mm)	GCI/GCP
'Volkamer'\Flying Dragon' / 'Volkameriano'\Flying Dragon'	21.14 a	15.78 bc	1.33 a	1.08 abc	0.67 b	1.61 ab
'Volkamer'\Rubidoux' / 'Volkameriano'\Rubidoux'	19.02 ab	18.84 a	1.011 c	0.99 bcd	0.67 b	1.48 bc
'Volkamer'\Tahiti' lime / 'Volkameriano'\Lima 'Tahiti'	16.64 b	18.8 a	0.89 c	1.24 ab	0.66 b	1.9 a
'Volkamer' without interstock / 'Volkameriano' sin interinjerto	15.4 b	17.2 ab	0.89 c	0.91 cd	0.66 b	1.38 bcd
'Agrio'\Flying Dragon'	18.45 ab	14.45 c	1.26 ab	1.1 abc	0.68 ab	1.6 ab
'Agrio'\Rubidoux'	16.26 b	15.5 c	1.05 bc	0.74 d	0.68 ab	1.08 d
'Agrio'\Tahiti' lime / 'Agrio'\ Lima 'Tahiti'	17.96 ab	17.1 ab	1.05 bc	1.28 a	0.77 a	1.66 ab
'Agrio' without interstock / 'Agrio' sin interinjerto	15.53 b	15.98 bc	0.97 c	1.02 bc	0.81 a	1.26 cd
DMSH	4.45	2.3	0.23	0.25	0.12	0.29
CV (%)	13.7	7.61	12.0	13.8	9.9	10.8

DI: Diameter of the interstock; DP: Diameter of the rootstock; GCI: Thickness of the cortex of the interstock; GCP: Thickness of the cortex of the rootstock; DMSH: honest least significant difference. CV: coefficient of variation. Means with the same letter in each column do not present significant differences according to the Tukey test to  $P \leq 0.05$ .

DI: Diámetro del interinjerto; DP: Diámetro del portainjerto; GCI: Grosor de corteza del interinjerto; GCP: Grosor de la corteza del portainjerto; DMSH: Diferencia mínima significativa honesta. CV: coeficiente de variación. Medias con la misma letra en cada columna no presentan diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .



they differ for each of them, being higher in the 'Agrio' orange. On the other hand, this characteristic has a low correlation with the variables of the initial growth of 'Tahiti' lime (Table 4).

Low positive correlations were found in the diameter of the rootstock with the variables of the initial growth of the 'Tahiti' lime shoot (Table 4), which in the case of the diameter (0.502) of the 'Tahiti' lime shoot would indicate a trend, although it was considered with a low degree of association.

### Interstock factor

The interstock factor had an effect on the length of the primary shoot reduction (12-17 %), on the growth velocity (up to 1.5 mm·day<sup>-1</sup> slower than the treatment without interstock), reduction in the number of leaves (from 2-3 leaves less in the primary shoot) and smaller average leaf area (with regard to con plants without interstock). Conversely, the diameter, the length of the internodes and the total leaf area of the shoot were not affected.

The contrasting behavior of the 'Rubidoux' trifoliolate was noted in this factor, when it was used as interstock for the 'Volkamer' lemon and achieve the greater values in the shoot length, in the growth velocity and in the number of leaves, while when it was used in the

crecimiento del brote de lima persa 'Tahiti' en todas las variables, mientras que en 'Volkameriano' aumentó la longitud del brote.

El diámetro de portainjerto presentó diferencia significativa por efecto del interinjerto (Cuadro 3). Cuando la planta tuvo como interinjerto a 'Rubidoux', el diámetro de 'Volkameriano' se incrementó, pero cuando se hizo en naranjo 'Agrio', el diámetro fue menor. Por otra parte, el grosor de la corteza en cada portainjerto no se modificó por efecto del interinjerto, aunque fueron diferentes entre ellos, siendo mayor en naranjo 'Agrio'. Por otra parte, esta característica tuvo correlación baja con las variables del crecimiento inicial de lima 'Tahiti' (Cuadro 4).

Se encontraron correlaciones positivas bajas del diámetro del portainjerto con las variables de crecimiento inicial del brote de lima 'Tahiti' (Cuadro 4), que en el caso del diámetro del brote de lima 'Tahiti' (0.502) podría indicarnos una tendencia, aunque se consideró con bajo grado de asociación.

### Factor interinjerto

El factor interinjerto tuvo efecto en la reducción de la longitud del brote primario (12-17 %), en la velocidad de crecimiento (hasta 1.5 mm·dia<sup>-1</sup> más lento que el

**Table 4. Correlation coefficient between variables of the graft and interstock stem with variables of initial growth of the 'Tahiti' Persian lime shoot (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez).**

**Cuadro 4. Coeficiente de correlación entre variables del tallo del injerto e interinjerto con variables de crecimiento inicial del brote de lima persa 'Tahiti' (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez).**

VARIABLES	LBP	VC	DBP	NH	LE	APH	AFB
DI	0.082	0.173	0.189	-0.068	0.261	0.233	0.093
DP	0.342	0.434	0.502	0.310	0.210	-0.220	0.192
DI/DP	-0.157	-0.123	-0.147	-0.260	0.079	0.362	-0.031
GCI	0.196	0.313	0.139	0.1825	0.195	0.004	0.235
GCP	0.095	-0.002	-0.166	0.126	0.045	-0.222	0.006
GCI/GCP	0.165	0.361	0.259	0.122	0.201	0.147	0.257

LBP: Length of the primary shoot; VC: Growth velocity; DBP: Diameter of the primary shoot; NH: Number of leaves; LE: Length of the internodes; AFH: Leaf average area AFB: Leaf area of the shoot;

DI: Diameter of the interstock; DP: Diameter of the rootstock; DI/DP: DI/DP quotient GCI: Thickness of the cortex of the interstock; GCP: Thickness of the cortex of the rootstock GCI/GCP: GCI/GCP quotient.

LBP: Longitud del brote primario; VC: Velocidad de crecimiento; DBP: Diámetro del brote primario; NH: Número de hojas; LE: longitud de entrenudos; AFH: Área promedio de hoja AFB: Área foliar del brote;

DI: Diámetro del interinjerto; DP: Diámetro del portainjerto; DI/DP: Cociente DI/DP GCI: Grosor de corteza del interinjerto; GCP: Grosor de la corteza del portainjerto GCI/GCP: Cociente GCI/GCP.

'Agrio' orange the opposite occurred and the lower values in all variables were achieved (Table 2).

In this regard, Sugiyatno and Palupi (2017) found different answers about the growth of the mandarin, tangerine and lime shoots depending on the intermediate materials used for the treatment. With 'Troyer' citrange as interstock, the primary shoot of 'Pontiak' tangerine grown significantly (46.17 cm) unlike when the 'Kansi' hybrid (25.66 cm) was used; or in the growth of the 'Batu 55' mandarin shoot unlike when it was used as interstock for the 'Volkamer' lemon (46.02 cm) it was far greater than when a simple graft of mandarin in 'Rangpur' lime (26.96 cm) was made.

With regard to the number of leaves of the primary shoot, it was found that the 'Flying Dragon' interstock on 'Volkamer' and the 'Rubidoux' interstock on 'Agrio' orange, reduced the values to 17 and 14, respectively, while in the simple graft in the same rootstocks, values were 20 and 21 leaves for the primary shoot. In this sense, researches in 'Pontianak' tangerine (Sugiyatno & Palupi, 2017) showed that the interstock can reduce the number of leaves, but it can also increase it. The results indicate that when it was used as interstock for the 'Knasi' hybrid, the number of leaves was reduced to 15.1, with the 'Troyer' citrange interstock, the number increased to 33.8 while with the simple graft the number was 21. In this sense, and according to González et al. (2017) in the shooting buds, which includes meristems, leaf primordium and sometimes floral meristems, there is a lack of knowledge about genetic networks that control the most of the development process.

In a recent research, Wang et al. (2000) evaluate the development of the 'Yuanxiaochun' native citrus combined in five different interstocks. They found that each interstock induces different effect on its growth and development and it was expressed in its photosynthetic characteristics, such as the inter-cellular CO<sub>2</sub> concentration, net rate of photosynthesis, stomatal conductance and transpiration rate, thus there is a differentiated development.

As it can be deduced, the expression of the characteristics for the initial growth of the Persian lime shoot is influenced by the type of interstock, by the rootstock, the graft, the compatibility between them and the interstock *per se*. The genetic aspects that would better explain the results are unknown. Shen et al. (2019) who carried out a transcriptome analysis in persimmon plants interstocked with 'Nantong-xiaofangshi', found that the interstock impact on the hydraulic conductivity and the gene expression related to the metabolism and the indole-3-acetic acid and gibberellic acid trans-

tratamiento sin interinjerto), reducción en el número de hojas (de 2-3 hojas menos en el brote primario) y el área foliar promedio menor (con respecto a plantas sin interinjerto). En contraparte, no afectó el diámetro, ni la longitud de entrenudos, ni el área total foliar del brote.

En este factor se observó el comportamiento contrastante de trifoliado 'Rubidoux' que cuando se usó como interinjerto en limón 'Volkameriano' que logró los mayores valores en la longitud del brote, en la velocidad de crecimiento y en el número de hojas; mientras que cuando se usó en naranjo 'Agrio' ocurrió lo contrario logrando los valores más bajos en todas las variables (Cuadro 2).

Al respecto, Sugiyatno y Palupi (2017) encontraron respuestas variadas del crecimiento de los brotes de mandarina, tangerina y lima, dependiendo de los materiales intermedios utilizados en el tratamiento. Con citrange 'Troyer' como interinjerto, el brote primario de tangerina 'Pontiak' creció significativamente (46.17 cm) que cuando se usó el híbrido Kansi (25.66 cm); o en el crecimiento del brote de mandarina 'Batu 55', que cuando se usó como interinjerto al limón 'Volkameriano' (46.02 cm) fue mucho mayor, que cuando se hizo injerto simple de mandarina en lima 'Rangpur' (26.96 cm).

Con respecto al número de hojas de los brotes primarios, se encontró que el interinjerto 'Flying Dragon' sobre 'Volkameriano' y el interinjerto 'Rubidoux' sobre naranjo 'Agrio', redujeron los valores a 17 y 14, respectivamente, mientras que, en injerto simple en los mismos portainjertos, los valores fueron de 20 y 21 hojas en el brote primario. En este sentido, investigaciones en Tangerina 'Pontianak' (Sugiyatno & Palupi, 2017) demostraron que el interinjerto puede reducir el número de hojas, pero también lo puede incrementar. Los resultados indicaron que cuando se usó como interinjerto al híbrido 'Kansi' el número de hojas se redujo a 15.1, con el interinjerto citrange 'Troyer' el número se incrementó a 33.8 mientras que en injerto simple el número fue de 21. En este sentido, y como lo expresaron González et al. (2017) en la brotación de las yemas, que comprenden meristemos, primordios foliares y a veces meristemos florales existe desconocimiento de las redes genéticas que controlan la mayoría del proceso de desarrollo.

En una investigación reciente, Wang et al. (2000) evaluaron el desarrollo del cítrico nativo 'Yuanxiaochun' combinado en cinco diferentes interinjertos. Encontraron que cada interinjerto induce diferente efecto en su crecimiento y desarrollo y que se expresó en sus características fotosintéticas, como fueron la

duction in the grafted variety, for this, it regulates the plant hormone levels leading to the dwarfism.

### Stem and cortex

The diameters of the interstocks showed little statistical variability (Table 3). Only the 'Flying Dragon' interstock on 'Volkamer' resulted large than lima 'Tahiti' lime on 'Volkamer', while the interstocks in 'Agrio' orange had a statistically similar diameter.

Both, the diameter of the interstock and its quotient with the diameter of the rootstock showed low correlations with the variables of the initial growth of the 'Tahiti' Persian lime (Table 4), which indicated a low association between variables.

The thickness of the cortex of the interstock was affected by the fact of being an interstock. This was seen in the treatments where the interstock was 'Tahiti' lime, in 'Volkamer' or in 'Agrio' as rootstock. When they are compared with the simple grafts showed an increase in the thickness of the cortex, because in the simple grafts, the Persian lime shoot measured 0.91 and 1.02 mm respectively; and when they were used as interstocks, the thickness of the cortex increased to 1.24 and 1.28 mm respectively, being statistically different (Table 3).

The thickness of the cortex of the 'Flying Dragon' interstock and 'Tahiti Persian lime remained similar in both rootstocks, in contrast to the 'Rubidoux' one that in 'Volkamer' showed a greater thickness of the cortex while in the case of the 'Agrio' orange, it had a low thickness. However, they showed low positive correlations with the variables of the initial growth of the 'Tahiti' lime shoot, indicating that the degree of association is low (Table 4).

The thickness of the cortex has been observed by Saeed, Dodd, and Sohail (2010) where the most vigorous varieties of citrus rootstock tended to have a cortex (phloem) slimmer than the less vigorous varieties. In this study, an association in the cortex of the rootstock was not recorded, neither in the cortex of the interstock nor in its quotient, with the variables of the initial growth of 'Tahiti' lime, because the effect of the interstock is reflected in a differentiated way in the type of rootstock used, as shown in the 'Rubidoux' trifoliolate case.

### Conclusions

The 'Tahiti' lime plants interstocked with 'Rubidoux' trifoliolate, 'Flying Dragon' or 'Tahiti' Persian lime, were significantly affected in length, growth velocity, diam-

concentración de CO<sub>2</sub> intercelular, tasa fotosintética neta, conductancia estomática y tasa de transpiración, con lo cual hay desarrollo diferenciado.

Como puede deducirse, la expresión de las características del crecimiento inicial del brote de lima persa está influenciado por el tipo de interinjerto, por el portainjerto, el injerto, la compatibilidad entre ellos y el interinjerto *per se*. Se desconocen aspectos genéticos que explicarían mejor los resultados. Shen et al. (2019) quienes realizaron un análisis transcripcómico en plantas de persimonia interinjertadas con 'Nantong-xiaofangshi', encontraron que el interinjerto afecta la conductancia hídrica y la expresión de genes relacionados con el metabolismo y la transducción de ácido indolacético y ácido giberélico en la variedad injertada, por lo que regula los niveles de fitohormonas produciendo enanismo.

### Tallos y corteza

El diámetro de los interinjertos mostró poca variabilidad estadística (Cuadro 3). Solo el interinjerto 'Flying Dragon' sobre 'Volkameriano' resultó mayor que lima 'Tahiti' sobre 'Volkameriano', mientras que los interinjertos en naranjo 'Agrio' tuvieron un diámetro similar estadísticamente.

Tanto el diámetro del interinjerto como su cociente con el diámetro del portainjerto mostraron correlaciones bajas con las variables del crecimiento inicial de la lima persa 'Tahiti' (Cuadro 4) lo cual indicó una baja asociación entre estas variables.

El grosor de la corteza de los interinjertos se afectó por el hecho de ser interinjerto. Esto pudo observarse en los tratamientos donde el interinjerto fue lima 'Tahiti', ya sea en 'Volkameriano' o en 'Agrio' como portainjerto. Estos al compararse con los injertos simples mostraron un incremento en el grosor de la corteza, ya que en los injertos simples el brote de lima persa midió 0.91 y 1.02 mm respectivamente; y cuando se emplearon como interinjertos el grosor de corteza se incrementó a 1.24 y 1.28 mm respectivamente, siendo diferentes estadísticamente (Cuadro 3).

El grosor de la corteza de los interinjertos 'Flying Dragon' y lima persa 'Tahiti' se mantuvieron semejantes tanto en uno, como en otro portainjerto, no así 'Rubidoux' que en 'Volkameriano' presentó mayor grosor de corteza, mientras que en naranjo 'Agrio' tuvo menor grosor. Sin embargo, presentaron correlaciones positivas bajas con las variables del crecimiento inicial del brote de lima 'Tahiti', indicando que su grado de asociación es bajo (Cuadro 4).

eter, number of leaves, length of the internodes and leaf area of the primary shoot. However, the effect of each interstock depended on the rootstock used.

The rootstock and diameter of the interstock, the thickness of the cortex of the rootstock and interstock, as well as their quotients, showed lower correlation coefficients with the variables of initial growth of the 'Tahiti' lime shoot, which shows a low degree of association between these variables.

The use of 'Rubidoux' trifoliolate as interstock on 'Agrio' orange, led to dwarfing characteristics in the primary shoot of 'Tahiti' Persian lime.

*End of English version*

## References / Referencias

- Almaguer-Vargas, G., & Ayala-Garay, A. V. (2014). Adopción de innovaciones en limón 'Persa' (*Citrus latifolia* Tan.) en Tlapacoyan, Veracruz. Uso de bitácora. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 20:89-100.
- Ben-Ya'akov, A., & Zilberstaine, M. (1999). Clonal avocado (*Persea americana* Mill.) rootstocks in Israel. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5:39-42.
- Berdeja-Arbeu, R., Villegas-Monter, A., Ruíz-Posadas, L. M., Sahagún-Castellanos, J., & Colinas-León, M. T. (2010). Interacción lima persa-portainjertos: Efecto en características estomáticas de hoja y vigor de árboles. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 16:91-97.
- Casierra-Posada, F., & Guzmán, J. A. (2009). Efecto del portainjerto y del injerto intermedio sobre la calidad de fruta en mango (*Mangifera indica* L.). *Agronomía Colombiana*, 27:367-374.
- Castle, W. S. (1992). Rootstock and interstock effects on the growth of young 'Minneola' tangelo trees. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 105:82-84.
- Curti-Díaz, S., Hernández-Guerra, C., & Loredó-Salazar, R. X. (2012). Productividad del limón 'Persa' injertado en cuatro portainjertos en una huerta comercial de Veracruz, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 18:291-305.
- Cheng, F. S., & Roose M. L. (1995). Origin and inheritance of dwarfing by the citrus rootstock *Poncirus trifoliata* 'Flying Dragon'. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120:286-29.
- Dogar, W. A., Arshad, A. K., Saeed, A., Sudheer, T., Mukhtar, A., Nadeem, K. (2017). Study to determine the effects of high-density plantation on growth and yield of citrus. *Sarhad Journal of Agriculture*, 33: 314-319.
- Donadio, L. C., Lederman, I. E., Roberto, S. R., & Stuchi, E. S. (2019). Dwarfing-canopy and rootstock cultivars for fruit trees. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41(3): 1-12.
- Espinoza-Núñez, E., Mourão, F. F. A., Sanches-Stuchi, E. S., Cantuarias-Avilés, T., & Dias, C. T. D. (2011). Performance of

El grosor de corteza ha sido observado por Saeed, Dodd, y Sohail (2010) donde las variedades más vigorosas de portainjertos de cítricos tendían a tener corteza (floema) más estrechos que las variedades menos vigorosas. En este estudio no se registró asociación en la corteza del portainjerto, ni en la corteza del interinjerto ni en su cociente, con las variables de crecimiento inicial de lima 'Tahiti', pues el efecto del interinjerto se refleja de manera diferenciada en el tipo de portainjerto que se usa, como se mostró en el caso de trifoliado 'Rubidoux'.

## Conclusiones

Las plantas de lima 'Tahiti' interinjertadas con trifoliado 'Rubidoux', 'Flying Dragon' o lima persa 'Tahiti', fueron afectadas significativamente en la longitud, velocidad de crecimiento, diámetro, número de hojas, longitud de entrenudos y área foliar del brote primario. Sin embargo, el efecto de cada interinjerto dependió del portainjerto utilizado.

El diámetro del portainjerto y del interinjerto, el grosor de corteza del portainjerto y del interinjerto, así como sus cocientes, mostraron coeficientes de correlación bajos con las variables del crecimiento inicial del brote de lima 'Tahiti', indicando con ello un bajo grado de asociación entre estas variables.

El uso de trifoliado 'Rubidoux' como interinjerto sobre naranjo 'Agrio', indujo características de enanismo en el brote primario de lima persa 'Tahiti'.

*Fin de la versión en español*

- 'Tahiti' lime on twelve rootstocks under irrigated and non-irrigated conditions. *Scientia Horticulturae*, 129:227-231.
- Forner, V. J. (1998). Nuevos patrones de agrios enanizantes y semienanizantes. *Comunitat Valenciana Agraria*, 3-8.
- Gaona-Ponce, M., Almaguer-Vargas, G., Barrientos-Priego, A. F., & Borja-de la Rosa, M. A. M. (2018). Relationship of rootstock xylem anatomy with the initial growth of 'Tahiti' lime (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 24(3), 359-370.
- Girardi, E. A., & Mourão F. (2006). Production of interstocked 'Pera' sweet orange nurse trees on 'Volkamer' lemon and 'Swingle' citrumelo rootstocks. *Scientia Agrícola*, 63:5-10.
- González-Grandío, E., Pajoro, C. A., Franco-Zorrilla, J. M., Tarancón, C., Immink, R. G. H., & Cubas, P. (2017). Abscisic acid signaling is controlled by a Branched 1/ HD-ZIP I cascade in Arabidopsis axillary buds. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114:245-254.
- Hassanzadeh, K. H., Rastegar S., Golein, B., Golmohammadi, M., & Aboutalebi J. A. (2019). Effect of rootstock on vegetative

- growth and mineral elements in scion of different Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka) genotypes. *Scientia horticulturae*, 246, 136-145.
- Hartmann, H. T., & Kester, D. E. (1998). Propagación de plantas. Principios y prácticas. Sexta reimpression. Compañía Editorial Continental S. A. de C. V. México.
- Khan, T. L., Bier, O. J., & Beaver, R. J. (2007). New late-season navel orange varieties evaluated for quality characteristics. *California Agriculture*, 61:138-143.
- Mademba, S. F., Lemerre, D. Z., & Lebegin, S. (2012). Use of Flying Dragon trifoliolate orange as dwarfing rootstock for citrus under tropical climatic conditions. *HortScience*, 47:11-17.
- Medina-Urrutia, V. M., Becerra-Rodríguez, S., & Ordaz-Ordaz, E. (2004). Crecimiento y rendimiento del limón mexicano en altas densidades de plantación en el trópico. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 10:43-49.
- Parra-Quezada, R. A., Becerril-Román, A. E., López-Castañeda, C., & Castillo-Morales, A. (2002). Crecimiento del manzano cv Golden Delicious sobre cuatro portainjertos en diferentes condiciones de humedad y nutrición. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25:193-200.
- Saeed, M., Dodd, P. B., & Sohail, L. (2010). Anatomical studies of stems, roots and leaves of selected citrus rootstock varieties in relation to their vigour. *Journal of Horticulture and Forestry*, 2:87-94.
- Sanchez, S. E., & Girardi, E. A. (2010). Utilização de práticas culturais na citricultura frente ao Huanglongbing. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministerio da Agricultura, Pecuária y Abastecimento. Documentos 191. Brazil.
- Shen, Y., Zhuang, W., Tu, X., Gao, Z., Xiong, A., Qu, S. (2019). Transcriptomic analysis of interstock-induced dwarfism in Sweet Persimmon (*Diospyros kaki* Thunb). *Horticulture Research*, 6:51, 1-17.
- Silva, R.M.J. da, Andrade, N.R.C., Araujo, N.S.E. de, Soares, F.W.S., Girardi, E. A., Oliveira, A.U. (2019). Performance of 'Valencia' sweet orange grafted onto rootstocks in the state of Acre, Brazil. *Pesquisa agropecuaria brasileira*, 54:1-9.
- Silva, R.M.J. da, Mendes, O.E.H., Girardi, E.A., Silva, L.C.A. da, & Soares, F.W.S. (2016). Produção de mudas de citros com diferentes combinações copa e porta-enxerto em viveiro protegido. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38 (1), 187-201.
- Sugiyatno A., & Palupi, N. E. (2017). Interstock effect on the growth of mandarin cv. Batu 55, tangerine cv. Pontianak and lime cv. Nimas propagated by grafting. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 10:239-246.
- Villegas-Monter, A., & Mora-Aguilera, A. (2011). Avances de la fruticultura en México. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33:179-186.
- Wang, T., Xiong, B., Tan, L., Yang, Y., Zhang, Y., Wang, J. (2020). Effects of interstocks on growth and photosynthetic characteristics in 'Yuanxiaochun' *Citrus* seedlings. *Functional Plant Biology*, 47(11) 977-987.