

Influencia del portainjerto en características del fruto de limón Persa

José Ángel García-Sandoval¹
Raymundo Javier Nava-Padilla¹
César Antonio Casasola-Elizondo^{1,§}

1 Campo Experimental Chetumal-INIFAP. Carretera Chetumal-Bacalar km 25, Xul-Ha, Othón P. Blanco, Quintana Roo, México. CP. 77963.

Autor para correspondencia: casasola.cesar@inifap.gob.mx.

Resumen

El uso de portainjertos en cítricos ha demostrado mejorar características agronómicas y fisicoquímicas del fruto. En México, el naranjo 'Agrio' (*Citrus aurantium* L.) sigue siendo el portainjerto más utilizado, a pesar de sus limitaciones fitosanitarias. En Quintana Roo, la producción y la superficie sembrada de cítricos se incrementó en 6.3% y 12.1% en la última década. En contraste, el rendimiento medio anual disminuyó un 5%. La presente investigación se realizó en 2024 en el Campo Experimental Chetumal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, con el objetivo de evaluar el efecto de seis portainjertos sobre las características fisicoquímicas del fruto de limón 'Persa' (*Citrus latifolia* T.). Se registró el peso, diámetro ecuatorial y longitudinal del fruto, color de la cáscara, número de carpelos, volumen de jugo, sólidos solubles totales y pH del jugo de limón 'Persa' injertado sobre seis portainjertos. Para determinar el color y los sólidos solubles totales se utilizó la metodología propuesta por la CIE y AOAC. El análisis estadístico consistió en un análisis de varianza (Anova) con un modelo lineal general univariado, bajo un diseño experimental completamente al azar y una prueba de comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$). Los resultados indican que los portainjertos de 'Macrophylla' y 'Volkameriano' presentan un mayor peso y diámetro ecuatorial del fruto, en contraste los portainjertos 'Troyer', 'Carrizo' y 'C-35' se distinguen por inducir un mayor contenido de sólidos solubles totales y valores de pH más elevados en el jugo.

Palabras clave:

color fruto, peso fresco, sólidos solubles totales.



Introducción

En 2022, la producción mundial de limones y limas fue de 21.5 millones de toneladas, de las cuales México aportó 3.1 millones, lo que lo coloca como el segundo productor a nivel global, con el 14% del total (FAOSTAT, 2025). Esta posición refleja la importancia de la citricultura como una de las principales actividades agrícolas del país, tanto por su aporte económico como por la generación de empleo en diversas regiones productoras. En el país se cultivan tres especies de limón, cada una con características morfológicas y de mercado distintas.

El limón 'Mexicano' (*Citrus aurantifolia* L.) se distingue por sus frutos pequeños de color verde, presencia de semilla, forma redonda, sabor intenso y ácido, utilizado en la industria alimentaria y gastronomía nacional; el limón 'Italiano' (*Citrus limon* L.) produce frutos de tamaño mediano de color amarillo, alto contenido de jugo y cáscara aromática, con demanda tanto en consumo fresco como en procesamiento industrial; mientras que el limón 'Persa' (*Citrus latifolia* T.) genera frutos de tamaño mediano a grande de color verde, ausencia de semilla, forma ovalada, sabor suave que se caracteriza por su alto volumen de jugo y apreciado en la producción de concentrados y derivados, así como en exportaciones hacia mercados internacionales. La diversidad de estas especies permite al país atender distintos nichos de mercado y contribuye a la estabilidad y competitividad de la citricultura mexicana.

Estas especies aportaron el 44%, 5% y 51% de la producción nacional de limón en 2024 (SIAP, 2025). Entre 2013 y 2023, el cultivo de limón 'Persa' en México tuvo un crecimiento anual promedio de 4.51% en producción, 2.86% en superficie sembrada y 0.53% en rendimiento, lo que evidencia una expansión del cultivo hacia nuevas regiones y su consolidación como especie de alto valor económico.

En Quintana Roo, la producción y la superficie sembrada aumentaron en 6.3% y 12.1% mientras que el rendimiento medio disminuyó un 5%, lo que indica que, aunque la superficie cultivada incrementó, los rendimientos por hectárea se vieron afectados por posibles factores edafoclimáticos, un manejo agronómico y elección de material vegetal deficiente. Para 2023, el rendimiento estatal fue de 11.06 t ha⁻¹, lo que representa un 28% inferior al rendimiento medio nacional (SIAP, 2025).

En este contexto, la elección del portainjerto adquiere un papel clave en las plantaciones cítricas, ya que influye de manera determinante en las características morfológicas, fisiológicas y productivas del injerto (Aguilar-Hernández *et al.*, 2021). Se ha demostrado que el portainjerto afecta de manera significativa en el crecimiento del árbol, el rendimiento y la calidad del fruto, modifica atributos morfológicos como el tamaño y el peso, así como las cualitativas, como el contenido de jugo, sólidos solubles totales, acidez, vitamina C, compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante (Martínez-Nicolas *et al.*, 2022). Asimismo, influye en la tolerancia del árbol frente a condiciones de estrés biótico y abiótico (Liu *et al.*, 2023) y en la eficiencia de absorción de elementos esenciales (Hayat *et al.*, 2022).

En México, el naranjo 'Agrio' (*Citrus aurantium* L.) sigue siendo el portainjerto con mayor uso, a pesar de su alta susceptibilidad al virus de la tristeza de los cítricos, lo que constituye un riesgo fitosanitario considerable (Rivas-Valencia *et al.*, 2017). Ante esta situación, se vuelve indispensable evaluar alternativas de portainjertos que oferten mayor resistencia a enfermedades, compatibilidad fisiológica con el injerto y un efecto favorable sobre las características internas y externas del fruto.

A medida que el cultivo de limón 'Persa' se expande en diversas regiones del país, en particular la Península de Yucatán, aumenta la necesidad de identificar portainjertos que expresen un mejor desempeño agronómico y calidad de fruto. Sin embargo, el conocimiento sobre el comportamiento de portainjertos alternativos al naranjo 'Agrio' es aún limitado, en especial bajo las condiciones edafoclimáticas del estado de Quintana Roo, donde predominan suelos calizos y clima tropical húmedo que puede influir en el desarrollo óptimo del cultivo. Por esta razón, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de seis portainjertos sobre las características fisicoquímicas del fruto de limón 'Persa', en las condiciones agroecológicas del estado de Quintana Roo. Con ello, se pretende identificar el o los portainjertos que contribuyan a lograr un fruto con la calidad que requiera la industria regional y nacional.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en el módulo de investigación de producción de limón Persa, del Campo Experimental Chetumal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Quintana Roo, México, en una zona con clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, con 1 329 mm de lluvia anual concentrada de junio a octubre y temperaturas medias de 24.4 °C en invierno y 28.2 °C en verano. Las características fisicoquímicas del suelo en la parcela experimental se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Indicadores de calidad del suelo de la parcela experimental.

Propiedad física	Resultado	Propiedad química	Resultado
Clase textural	Arcilla	pH (1:2 agua)	7.86
Punto de saturación	84%	Carbonatos totales	6.11%
Capacidad de campo	45.2%	CE (Extracto)	0.68 dS m ⁻¹
Punto de marchitez permanente	26.9%	Materia orgánica	6.76%
Conductividad hidráulica	0.1 cm h ⁻¹		
Densidad aparente	1.1 g cm ⁻³		

Datos obtenidos según la NOM 021 (SEMARNAT, 2002).

Material vegetal y manejo agronómico

Consistió en frutos de limón 'Persa' recolectados al azar de árboles de tres años de edad, injertados en seis portainjertos; que fueron: a) Limón 'Macrophylla' (*C. macrophylla*); b) Limón 'Volkameriano' (*C. volkameriana*); c) Naranja 'Agrio' (*C. aurantium*); d) Citrange 'Troyer' (*C. sinensis* x *P. trifoliata*); y e) Citrange 'Carrizo' (*C. sinensis* x *P. trifoliata*) y Citrange 'C-35' (*C. sinensis* x *P. trifoliata*). Las plantas provienen de la unidad de producción de material propagativo de cítricos Vivero Xamantún, ubicada en el estado de Campeche.

El módulo se estableció en un sistema de plantación rectangular con espaciamiento de 6 m x 4 m, obteniendo una densidad de 416 plantas ha⁻¹. El riego se aplicó mediante microaspersión a una frecuencia de 5 h semana⁻¹. La fertilización mineral se aplicó a una dosis anual de 140 g de N, 32 g de P₂O₅, 40 g de K₂O por árbol, fraccionada en cuatro aplicaciones, utilizando como fuentes urea (46% N), fosfato diamónico (18% N, 46% P₂O₅) y cloruro de potasio (60% K₂O). El manejo de malezas se efectuó de manera mecánica, mientras que el control de plagas y enfermedades se realizó mediante aplicaciones químicas (INIFAP, 2017).

Atributos morfológicos y fisicoquímicos del fruto

Para la evaluación de las características físicas y químicas del fruto, se consideraron las siguientes variables: el peso fresco (g) de cada fruto se determinó con una balanza digital modelo Pioneer, marca Ohaus (Suiza). El diámetro ecuatorial y diámetro longitudinal se obtuvo con un calibrador vernier digital marca Steren, modelo Her-411 (China). También se calculó la relación de diámetros con la siguiente fórmula:

$$RD = \frac{\text{diámetro longitudinal}}{\text{diámetro ecuatorial}}$$

El color externo del fruto se evaluó con un colorímetro digital modelo NR10QC, marca 3nh (China) mediante el promedio de cinco lecturas; tres tomadas en distintos puntos alrededor del plano ecuatorial y dos sobre el plano longitudinal del fruto. Las mediciones se realizaron a temperatura ambiente constante (22 ± 2 °C). El color se determinó conforme a lo establecido por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) y se expresó como valores de color L^* , a^* y b^* (Robertson, 1977). Las coordenadas L^* , a^* y b^* describen distintos aspectos del color: L^* representa luminosidad, donde un valor de cero corresponde al negro y cien al blanco; a^* indica la posición del color entre el verde y el rojo, siendo los valores negativos asociados al verde y los positivos al rojo; mientras que b^* señala la posición entre el azul y el amarillo, con valores negativos correspondientes al azul y positivos al amarillo (Pauli, 1976).

También se calculó la saturación de color con la fórmula:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{\frac{1}{2}}$$

El ángulo de tono:

$$H^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

Y el índice de color:

$$IC = \frac{a^* \times 1000}{L^* \times b^*}$$

El número de carpelos se determinó al cortar de manera transversal los frutos de limón y el volumen de jugo (ml) se extrajo con un exprimidor manual de acero inoxidable y una probeta graduada. El pH del jugo se determinó con un potenciómetro modelo Starter300 de la marca Ohaus (Suiza). Los sólidos solubles totales (°Brix) mediante un refractómetro digital marca Atago Pal-3 (Japón), con escala de 0 a 93 $\pm 0.1\%$, conforme al método AOAC 983.17 (AOAC, 2023), para cada muestra, se usaron 0.3 ml de jugo a 20 °C.

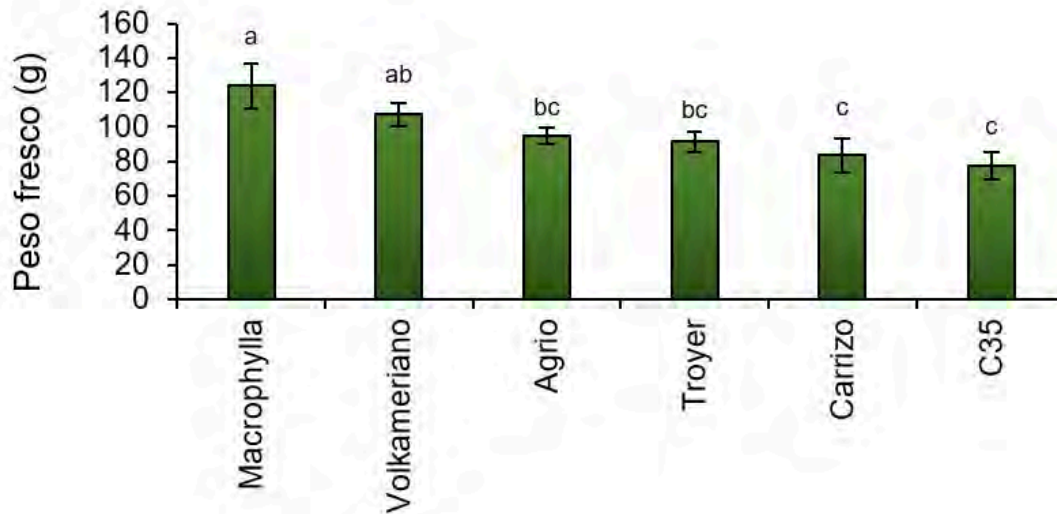
Análisis estadístico

El análisis estadístico se efectuó con el Software SAS OnDemand for Academics. Se realizó un análisis de varianza (Anova) con un modelo lineal general univariado en un diseño experimental completamente al azar con seis tratamientos y tres repeticiones. Cada repetición se integró con una muestra de 10 frutos tomados de un árbol, que fue considerado como unidad experimental. Para la separación de medias se usó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y discusión

Peso del fruto. Árboles injertados sobre 'Macrophylla' y 'Volkameriano' produjeron frutos de mayor masa, con valores de 124.02 y 107.23 g, respecto a los injertados sobre citrange 'Carrizo' y citrange 'C-35', que generaron frutos más ligeros, de 83.72 y 77.34 g (Figura 1). Esto coincide con estudios que señalan que portainjertos vigorosos, como el limón 'Rangpur' y limón 'Volkameriano' tienden a producir frutos de mayor tamaño (Cantuarias-Avilés *et al.*, 2011). En contraste, los portainjertos enanizantes o trifoliados reducen el vigor del injerto, ya que desarrollan árboles con estructuras más compactas y de menor altura, lo que se refleja en la producción de frutos de menor tamaño (Liu *et al.*, 2015).

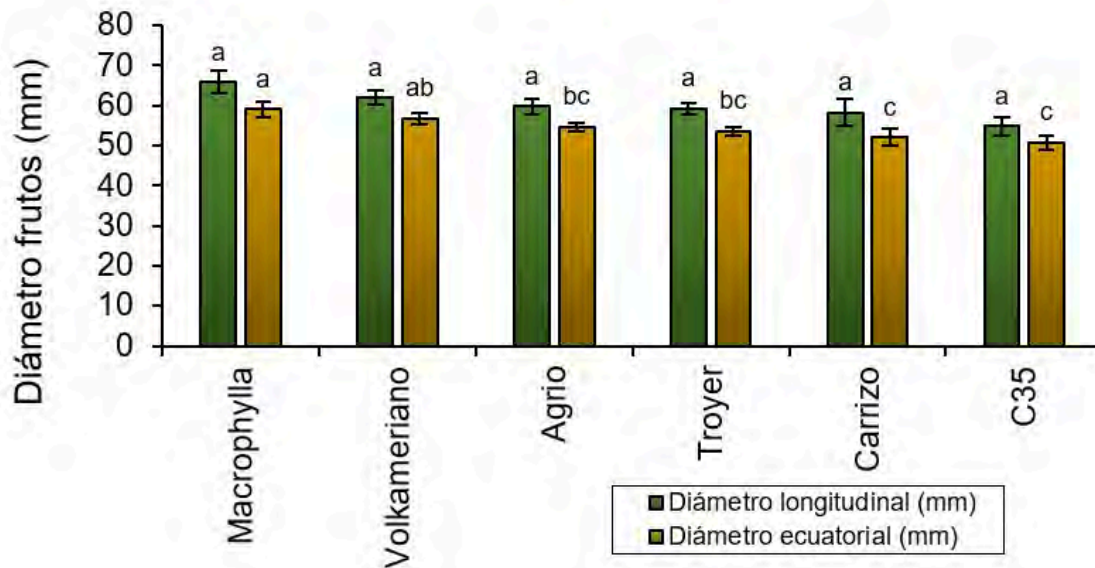
Figura 1. Peso fresco (g) de frutos de limón Persa injertado en seis portainjertos. Medias \pm DE con letra distinta de cada columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).



Diámetro longitudinal y ecuatorial del fruto. No se encontraron diferencias significativas en el diámetro longitudinal, en concordancia con Liu *et al.* (2015) al comparar el diámetro vertical de dos portainjertos; limón ‘Canton’ y un naranjo trifoliado. Sin embargo, el portainjerto ‘Macrophylla’ presentó el mayor diámetro ecuatorial, con 59.08 mm, mientras que el menor correspondió a citrange ‘C-35’, con 50.83 mm (Figura 2). Este resultado concuerda con lo reportado por Berdeja-Arbeu *et al.* (2016), quienes observaron que frutos de limón ‘Persa’ injertados en citrange ‘Troyer’ y citrange ‘C-35’ presentaron diámetros menores en comparación con limón ‘Agrio’, ‘Volkameriano’ y ‘Macrophylla’.



Figura 2. Diámetro de frutos (mm) de frutos de limón Persa de seis portainjertos. Medias \pm DE con letra distinta de cada columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).



Color. No se cuenta con evidencia suficiente para afirmar que los portainjertos evaluados en las condiciones agroecológicas del estado de Quintana Roo modifiquen de manera significativa las características del color en la cáscara de frutos de limón 'Persa' (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros de color de limón persa en diferentes portainjertos.

Portainjerto	L*	C*	h°	a*	b*	IC
Macrophylla	40.84 \pm 1.63 a	25.94 \pm 2.11 a	107.23 \pm 0.64 a	-7.63 \pm 0.45 a	24.79 \pm 2.09 a	-7.65 \pm 0.5 a
Volkameriano	44.32 \pm 2.04 a	29.99 \pm 2.73 a	106.69 \pm 0.92 a	-8.49 \pm 0.5 a	28.75 \pm 2.73 a	-6.88 \pm 0.7 a
Agrio	44.42 \pm 1.99 a	29.74 \pm 2.59 a	106.99 \pm 1.2 a	-8.51 \pm 0.32 a	28.5 \pm 2.62 a	-7.04 \pm 0.89 a
Troyer	43.61 \pm 1.07 a	28.22 \pm 1.21 a	107.7 \pm 0.4 a	-8.56 \pm 0.23 a	26.29 \pm 1.58 a	-7.59 \pm 0.5 a
Carrizo	40.78 \pm 1.05 a	25.11 \pm 1.67 a	108.86 \pm 0.74 a	-8.05 \pm 0.32 a	23.78 \pm 1.66 a	-8.45 \pm 0.59 a
C35	40.95 \pm 1.4 a	25.28 \pm 1.58 a	108.34 \pm 0.89 a	-7.88 \pm 0.31 a	24 \pm 1.6 a	-8.18 \pm 0.67 a
Pr # F	0.0121	0.0202	0.0429	0.0242	0.0276	0.0679
DMS	4.1792	5.4175	2.2103	0.9667	5.5499	1.7318

Medias \pm DE con letra distinta de cada columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$). DMS= diferencia mínima significativa.

Los frutos de limón 'Persa' injertados en limón 'Volkameriano' y 'Agrio' mostraron valores de luminosidad (L*) y saturación de color (C*) entre 8% y 15% superior a los obtenidos con portainjertos 'Macrophylla', 'Carrizo' y 'C-35'. Estos resultados sugieren que los portainjertos vigorosos podrían favorecer una coloración más intensa y brillante de la cáscara, debido al vigor vegetativo y a una mejor traslocación de nutrientes. Estos hallazgos concuerdan con los reportados por Raddatz-Mota *et al.* (2019), quienes observaron que frutos de limón 'Persa' injertados sobre limón 'Volkameriano' presentó mayor luminosidad y saturación de color en comparación con los injertados sobre limón 'Agrio', Citrange 'C-35', limón trifoliado 'Dragón volador' y citrurnelo 'Swingle'.

La relación de diámetros no mostró diferencias significativas entre los portainjertos evaluados, con valores que oscilaron entre 1.08 y 1.12 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Variables fisicoquímicas de frutos de limón persa en diferentes portainjertos.

Portainjerto	Relación diámetros	Núm. de carpelos	Jugo (ml)	SST (°Brix)	pH
Macrophylla	1.11 ±0.02 a	10.4 ±0.54 a	62.02 ±5.57 a	7.25 ±0.14 b	1.96 ±0.02 b
Volkameriano	1.09 ±0.03 a	10.1 ±0.55 a	50.54 ±5.33 ab	7.54 ±0.82 b	1.98 ±0.01 b
Agrio	1.09 ±0.04 a	10 ±0.53 a	46.44 ±2.51 bc	9.1 ±0.63 a	1.96 ±0.02 b
Troyer	1.1 ±0.02 a	9.6 ±0.35 a	39.44 ±3.36 bc	9.25 ±0.3 a	2.09 ±0.02 a
Carrizo	1.12 ±0.02 a	10.3 ±0.41 a	36.19 ±5.94 cd	9.6 ±0.65 a	2.07 ±0.03 a
C35	1.08 ±0.02 a	10.2 ±0.52 a	32.05 ±7.05 d	9.2 ±0.24 a	2.03 ±0.03 a
Pr # F	0.6736	0.527	<0.0001	<0.0001	<0.0001
DMS	0.07	1.29	13.73	1.39	0.06

Medias ±DE con letra distinta de cada columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$). DMS: diferencia mínima significativa.

Esta uniformidad indica que el portainjerto no influyó de manera diferencial en la conformación externa del fruto, la similitud entre los portainjertos vigorosos y aquellos considerados enanizantes sugiere que el vigor transmitido al árbol no se refleja en cambios morfológicos apreciables en la forma del fruto. Asimismo, el número de carpelos no presentó diferencia significativa entre los portainjertos evaluados, con valores que variaron entre 9.6 y 10.4 (Cuadro 3). Esta estabilidad indica que el portainjerto no ejerce influencia sobre esta característica, la cual se considera un rasgo conservado por la genética del cultivar, resultado que coincide con Martínez-Nicolas *et al.* (2022), quienes señalaron que el número de carpelos en frutos de limón 'Verna' no se vio afectado por los portainjertos evaluados.

El contenido de jugo es un parámetro clave para determinar la calidad y valor comercial de los limones ácidos. Según la NMX-FF-077-1996, los frutos de limón 'Persa' destinados al mercado deben contener un mínimo de 42% de jugo en relación con la masa total del fruto (SEECO, 1996). Este atributo está relacionado con la genética del portainjerto y la capacidad de absorción de agua y nutrientes de su sistema radical. Los portainjertos de citrange, como 'Troyer', 'Carrizo' y 'C-35', poseen raíces más restrictivas que limitan la absorción, mientras que los portainjertos de limón vigorosos, como 'Macrophylla' y 'Volkameriano', presentan raíces más extensas y eficientes en la captación de agua y nutrimentos.

Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas en el contenido de jugo entre los portainjertos evaluados (Cuadro 3). Los frutos provenientes de árboles injertados sobre 'Macrophylla' y 'Volkameriano' registraron los mayores volúmenes de jugo, con 62.02 y 50.54 ml, mientras que aquellos injertados sobre 'C-35' presentaron el valor más bajo, con 32.05 ml. Estos resultados concuerdan con lo reportado por López-Fortoso *et al.* (2021) quienes señalan que la diversidad morfológica y la calidad del fruto de limón 'Persa' está relacionado con el tipo de portainjerto utilizado durante su propagación. Asimismo, dichos autores destacan que características internas como es la cantidad de jugo tienden a ser superiores cuando se emplea 'Macrophylla' como portainjerto.

En cuanto a los sólidos solubles totales (SST), todos los frutos superaron el mínimo de 6.8 °Brix establecido por la NMX-FF-077-1996, lo que confirma que alcanzaron una madurez fisiológica adecuada para consumo en fresco (Cuadro 3). Los árboles injertados sobre los portainjertos de limón 'Macrophylla' y 'Volkameriano' presentaron valores de SST inferiores respecto a los injertados sobre citranges, lo cual sugiere un efecto de dilución asociado al mayor contenido de jugo observado en dichos portainjertos. Este comportamiento coincide con lo reportado por Barry *et al.* (2004), quienes señalaron que los frutos de limón 'Persa' injertados sobre citrange 'Carrizo' exhiben una mayor concentración de sólidos solubles, aunque con un volumen de jugo reducido.

Por último, los valores de pH mostraron diferencias significativas entre los portainjertos evaluados. Los frutos obtenidos de árboles injertados sobre 'Troyer', 'Carrizo' y 'C-35' registraron un pH superior en torno al 5% respecto al de los frutos desarrollados sobre 'Macrophylla', 'Volkameriano'

y 'Agrido', lo cual refiere una menor acumulación de ácidos orgánicos en los portainjertos de tipo enanizantes o trifoliados (Cuadro 3). Este comportamiento es consistente con lo informado por Lado *et al.* (2014), quienes asociaron el incremento en el pH de frutos obtenidos sobre citrange con una menor acumulación de ácidos orgánicos, atribuida a restricciones en el transporte de solutos hacia el fruto.

Conclusiones

Los portainjertos de 'Macrophylla' y 'Volkameriano' favorecieron un mayor peso y diámetro ecuatorial del fruto, mientras que los portainjertos de 'Troyer', 'Carrizo' y 'C-35' destacaron por inducir un mayor contenido de sólidos solubles totales y valores de pH más altos, atributos que pueden ser preferidos en mercados específicos según las exigencias de calidad.

Agradecimientos

Los y las autores(as) agradecen al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) el financiamiento autorizado en recursos fiscales y propios, para la ejecución del proyecto SIGI: 1081035383, título 'producción de yemas de cítricos'.

Bibliografía

- 1 Aguilar-Hernández, M. G.; Núñez-Gómez, D.; Forner-Giner, M. Á.; Hernández, F.; Pastor-Pérez, J. J. and Legua, P. 2021. Quality parameters of Spanish lemons with commercial interest. *Foods*. 10(1):1-13. <https://doi.org/10.3390/foods10010062>.
- 2 AOAC. 2023. AOAC official method 983.17 solids (soluble) in citrus fruit juices: refractometer method, en official methods of analysis of aoac international. 22nd Ed. Oxford University Press. 37:7. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.003.3370>.
- 3 Barry, G. H.; Castle, W. S. and Davies, F. S. 2004. Soluble solids accumulation in 'Valencia' sweet orange as related to rootstock selection and fruit size. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 129(4):594-598.
- 4 Berdeja-Arbeu, R.; Aguilar-Méndez, L.; Moreno-Velázquez, D.; Vázquez-Huerta, G.; Ontiveros-Capurata, R. and Ibáñez-Martínez, A. 2016. Calidad de fruta de lima 'Persa' en diferentes portainjertos en Veracruz, México. *Acta Agrícola y Pecuaria*. 2(1):17-22.
- 5 Cantuarias-Avilés, T.; Mourão-Filho, F. A. A.; Stuchi, E. S.; Silva, S. R. and Espinoza-Nuñez, E. 2011. Horticultural performance of 'folha murcha' sweet orange onto twelve rootstocks. *Scientia Horticulturae*. 129(2):259-265. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.03.039>.
- 6 FAOSTAT. 2025. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
- 7 Hayat, F.; Li, J.; Iqbal, S.; Peng, Y.; Hong, L.; Balal, R. M.; Khan, M. N.; Nawaz, M. A.; Khan, U.; Farhan, M. A.; Li, C.; Song, W.; Tu, P. and Chen, J. 2022. A mini review of citrus rootstocks and their role in high-density orchards. *Plants*. 11(21):1-14. <https://doi.org/10.3390/plants11212876>.
- 8 INIFAP. 2017. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Agenda técnica agrícola de Veracruz. 52-56 pp. <https://vun.inifap.gob.mx/vun-media/bibliotecaweb/-media/-agendas/4147-4844-agenda-técnica-veracruz-2017.pdf>.
- 9 Lado, J.; Rodrigo, M. J. and Zacarías, L. 2014. Maturity indicators and citrus fruit quality. *Stewart Postharvest, Review*. 2(2):1-6.
- 10 Liu, X.; Gmitter, F. G.; Grosser, J. W. and Wang, Y. 2023. Effects of rootstocks on the flavor quality of huanglongbing-affected sweet orange juices using targeted flavoromics strategy. *RSC Advances*. 13(8):5590-5599. <https://doi.org/10.1039/d2ra08182b>.

- 11 Liu, X.; Li, J.; Huang, M. and Chen, J. 2015. Mechanisms for the Influence of citrus rootstocks on fruit size. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 63(10):2618-2627. <https://doi.org/10.1021/jf505843n>.
- 12 López-Fortoso, F.; González-Arno, M. T.; Bulbarela-Marini, J. E.; Pastelín-Solano, M. C.; Guevara-Valencia, M.; Rascón-Díaz, P.; Cruz-Cruz, C. A. and Castañeda-Castro, O. 2021. Characterization in clonal selections of *Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez. *Agro Productividad*. 14(3):11-16. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i3.1798>.
- 13 Martínez-Nicolas, J. J.; Núñez-Gómez, D.; Lidón, V.; Martínez-Font, R.; Melgarejo, P.; Hernández, F. and Legua, P. 2022. Physico chemical attributes of lemon fruits as affected by growing substrate and rootstock. *Foods*. 11(16):1-16. <https://doi.org/10.3390/foods11162487>.
- 14 Pauli, H. 1976. Proposed extension of the CIE recommendation on uniform color spaces, color difference equations, and metric color terms. *Journal of the Optical Society of America*. 66(8):866-867. <https://doi.org/10.1364/josa.66.000866>.
- 15 Raddatz-Mota, D.; Franco-Mora, O.; Mendoza-Espinoza, J. A.; Rodríguez-Verástegui, L. L.; León-Sánchez, F. and Rivera-Cabrera, F. 2019. Effect of different rootstocks on Persian lime (*Citrus latifolia* T.) postharvest quality. *Scientia Horticulturae*. 257:1-10. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108716>.
- 16 Rivas-Valencia, P.; Loeza-Kuk, E.; Domínguez-Monge, S. and Lomas-Barrié, C. T. 2017. Chronic infection of the citrus tristeza virus in *Citrus sinensis*, *C. aurantium* trees in a restrictive thermal regime in Yucatán. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 23(3):187-202. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.11.028>.
- 17 Robertson, A. R. 1977. The CIE 1976 color difference formulae. *Color research and application*. 2(1):7-11. <https://doi.org/10.1002/j.1520-6378.1977.tb00104.x>.
- 18 SEECO. 1996. NMX-FF-077-1996-SCFI Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-fruta fresca-limón persa (*Citrus Latifolia* L.) especificaciones. Dirección General de Nomias.
- 19 SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 antes NOM-021-RECNAT-2000. *Diario Oficial de la Federación*. 73 p. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>.
- 20 SIAP. 2025. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>.



Influencia del portainjerto en características del fruto de limón Persa

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
ISSN (electronic): 2007-9934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 January 2025
Date accepted: 01 March 2026
Publication date: 01 February 2026
Publication date: Feb-Mar 2026
Volume: 17
Issue: 2
Electronic Location Identifier: e3959
DOI: 10.29312/remexca.v17i2.3959

Categories

Subject: Artículos

Palabras clave:

Palabras clave:

color fruto
peso fresco
sólidos solubles totales

Counts

Figures: 2
Tables: 3
Equations: 4
References: 20