

Mexican lime (*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle) response to two types of fertilization in a container production system

Respuesta de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle) a dos tipos de fertilización en un sistema de producción en contenedores

García-Preciado, José C.^{1*}; Carrillo-Medrano, Silvia H.¹; Robles-González, Marciano M.¹;
Guzmán-Martínez, María²; Chávez-Cernas, Oscar A.³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. C. P. 28100. ²Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Matemáticas. Chilpancingo, Guerrero, México. C. P. 39087. ³Universidad de Colima. Tecomán, Colima, México. C. P. 28040.

*Autor de correspondencia: garcia.concepcion@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate the growth response of two varieties of Mexican lemon [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] using two types of fertilization, in a container production system.

Design/methodology/approach: The work was established on the grounds of the Tecomán Experimental Field of INIFAP in 2018, using the varieties of Mexican lime 'Lise' and 'Colimex' established in polypropylene containers. The substrate was loamy sandy soil with coconut powder and two types of fertilization were added: fertilization one, 2-1-1 ratio of nitrogen, phosphorus and potassium respectively and fertilization two, based on the extraction of nutrients from the fruit. Seven months after the transplant, response variables were recorded: stem diameter of the rootstock (DTP), full height of the plant (ACP), equatorial diameter of the crown (DEC) and root volume (VR). Mean comparisons were made between the management factors used (variety-fertilization) and their interactions with the response variables, using a completely randomized experimental design with 15 replicates per treatment.

Results: growth variables (DTP, ACP, DEC and VR) of Mexican lime 'Lise' and 'Colimex' in juvenile stage obtained the best response using fertilization based on the extraction of nutrients from the fruit. The 'Lise' variety generated higher ACP and 'Colimex' developed greater growth in the rest of the response variables analyzed.

Limitations of the study/implications: Continue with the evaluation to determine the effect of the factors on the production and quality of the fruit.

Findings/conclusions: the varieties of Mexican lime 'Lise' and 'Colimex' showed good growth in containers. Fertilization based on the extraction of nutrients from the fruit exceeded the 2-1-1 ratio of nitrogen, phosphorus and potassium respectively.

Keywords: containers production, *Citrus aurantifolia*, fertilization.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la respuesta del crecimiento en dos variedades de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] utilizando dos tipos de fertilización, en un sistema de producción en contenedores.

Diseño/metodología/aproximación: El trabajo se estableció en terrenos del Campo Experimental Tecomán del INIFAP en el año 2018, utilizando las variedades de limón mexicano 'Lise' y 'Colimex' establecidas en contenedores de polipropileno. El sustrato fue suelo franco-arenoso con polvillo de coco y se añadieron dos tipos de fertilizaciones: fertilización uno, proporción 2-1-1 de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente y fertilización dos, en base a la extracción de nutrimentos del fruto. Siete meses después del trasplante se registraron variables de respuesta: diámetro de tallo del portainjerto (DTP), altura completa de la planta (ACP), diámetro ecuatorial de la copa (DEC) y volumen de raíz (VR). Se realizaron comparaciones de medias entre los factores de manejo utilizados (variedad-fertilización) y sus interacciones con las variables de respuesta, mediante un diseño experimental completamente aleatorizado con 15 réplicas por tratamiento.

Resultados: Variables de crecimiento (DTP, ACP, DEC y VR) de limón mexicano 'Lise' y 'Colimex' en etapa juvenil obtuvieron la mejor respuesta utilizando la fertilización en base a la extracción de nutrimentos del fruto. La variedad 'Lise' generó mayor ACP y 'Colimex' desarrolló mayor crecimiento en el resto de variables de respuesta analizadas.

Limitaciones del estudio/implicaciones: La investigación se centró en variables de crecimiento y no se abordaron variables de producción y calidad de la fruta.

Hallazgos/conclusiones: Las variedades de limón mexicano 'Lise' y 'Colimex' mostraron buen crecimiento en contenedores. La fertilización en base a la extracción de nutrimentos del fruto superó a la proporción 2-1-1 de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente.

Palabras clave: producción en contenedores, *Citrus aurantifolia*, fertilización.

rios impactos ambientales (Lazzerini *et al.*, 2014). El sustrato utilizado en producciones en macetas, constituye fundamentalmente el éxito para la obtención de volumen y calidad del producto esperado, pudiéndose utilizar tanto fuentes orgánicas como inorgánicas (Cabrera, 1998; Cabrera, 1999; García *et al.*, 2001; Vargas *et al.*, 2008; Crespo *et al.*, 2013; Escamilla *et al.*, 2018). Diversos estudios han propuesto utilizar subproductos orgánicos agroindustriales de manufactura local para la producción en macetas y la mejora de suelos agrícolas (Vargas *et al.*, 2008; Boldrin *et al.*, 2009; Iñiguez *et al.*, 2011; Mukherjee y Lal, 2013; López *et al.*, 2013). En limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle], se tienen propuestas para la producción de dicho cultivo bajo condiciones protegidas (Manzanilla *et al.*, 2013), el cual contempla el uso de contenedores plásticos y subproductos locales para utilizarse como sustratos (García *et al.*, 2014a; García *et al.*, 2014b). Tales innovaciones tecnológicas han surgido para contrarrestar circunstancias adversas que enfrenta el cultivo por la epidemia del Huanglongbing (HLB) (Robles *et al.*, 2018). Respecto a las condiciones edáficas prevalientes en suelos cultivados con limón mexicano, se presentan estudios donde las características prevalientes son niveles de pH superiores a 7.0, presencia de CaCO_3 y bajos contenidos de materia orgánica (Maldonado *et al.*, 2001; Pérez-Zamora, 2002). Otro estudio realizado en 11 países productores de cítricos ha descrito que la eficiencia de fertilizantes nitrogenados y agua para riego, aun no alcanza niveles adecuados, por lo que es necesario realizar investigaciones dirigidas a técnicas para lograr mayor precisión de manejo en tales componentes

INTRODUCCIÓN

Frente a los retos de aumentar la productividad y competitividad en los sistemas agrícolas debido a la creciente demanda global alimentaria (Rojas y Ortuño, 2007), se ha optado por establecer sistemas intensivos de producción de alimentos que contemplan el uso de contenedores plásticos (macetas), con el afán de maximizar producciones en superficies menores y tener mayor control de algunos componentes como la nutrición y el riego. En horticultura las macetas de plástico son ampliamente utilizadas por su bajo costo, durabilidad y versatilidad (Kruger *et al.*, 2018). Dicho sistema de producción, también representa una gran oportunidad para mitigar las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera; siempre y cuando se utilicen materiales biodegradables para la construcción de macetas, además se empleen sustratos sustitutos a la turba como el compost, estiércoles y residuos agroindustriales (Kruger *et al.*, 2018), debido a que la utilización de la turba y macetas de plástico generan se-

(Qina et al., 2016). Por las características de los sistemas de producción en macetas, algunos componentes de manejo como el riego y la nutrición se optimizan (Heins y Yelanich, 2013). En producción en suelo, el uso de fertilizantes de lenta liberación representa una alternativa (Salmiaton y Firoozeh, 2015) como método para aumentar la eficiencia de recuperación de los nutrientes contenidos en las plantas (Castro-Luna et al., 2006). La lenta liberación se basa en la utilización de partículas de arcilla, polímeros, sílice y materiales basados en carbono (Guo et al., 2018), que actúan como recubrimiento físico del compuesto mineral, para liberarlo en proporciones lentas o controladas. En producción de cítricos, utilizando niveles adecuados de agua para riego junto con fertilizante mineral-orgánico se incrementa significativamente el crecimiento, la calidad y la producción (Holzapfel et al., 2001). Respecto a la producción de limón mexicano, se ha demostrado que con nutrición y riego eficiente las plantas infectadas con HLB muestran menores síntomas de severidad foliar y generan buenos rendimientos (Gómez et al., 2013; Robles et al., 2017). En búsqueda de nuevas alternativas que planteen hacer más eficiente el manejo del riego y nutrición del limón mexicano, este trabajo tuvo como objetivo evaluar la respuesta del crecimiento de la parte aérea y raíz en dos variedades de limón mexicano utilizando dos tipos de fertilización, en un sistema de producción en contenedores.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en los terrenos del Campo Experimental Tecomán, Colima, México, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); localizado a 18° 57' 55.95" N y 103° 50' 37.45" O, a 62 metros de altura sobre el nivel del mar. El clima que predomina es cálido semiseco (BS₁), con un promedio acumulado de 900 mm de precipitación (Normales climáticas periodo 2007-2017, Estación: INIFAP-Colima). Para el establecimiento del experimento se utilizaron plantas de limón mexicano de las variedades 'Lise' y 'Colimex', las cuales se injertaron sobre el portainjerto *C. macrophylla* a una altura de 25 centímetros. Transcurridos tres meses en vivero, se trasplantaron en contenedores de polipropileno reciclado (color negro), con capacidad para 20 galones y se colocaron a una distancia de 2×3 metros, a campo abierto. Para la elaboración del sustrato se utilizó suelo franco-arenoso proveniente de rivera de río, el cual regularmente es utilizado por viveros cítricos locales para la producción de plántulas, también se utilizó polvillo de coco obtenido de una empresa local. El suelo y polvillo se combinaron en proporciones

volumétricas semejantes (50:50) para la obtención final del sustrato. Respecto al manejo nutricional, la primera fertilización (F-1) fue la sugerida para árboles de limón mexicano en la región, que consistió en la proporción: 2-1-1 de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente (Medina et al., 2001), y adicionalmente se incorporaron microelementos. Las aplicaciones de fertilizantes para la F-1 se realizaron a los seis y 64 días después del trasplante, empleándose por aplicación: 25.0, 12.5, 12.5 y 1.0 en gramos/planta de urea, superfosfato triple, sulfato de potasio y microelementos respectivamente. A partir del quinto mes la F-1 continuó adicionando la proporción 2-1-1 más microelementos (51 gramos/planta) de manera mensual. El segundo tipo de fertilización (F-2) se estableció como una propuesta para el sistema de producción en contenedores, y consistió primeramente en aplicar 200 gramos/planta de fertilizante de lenta liberación (FLL) Multicote[®] Agri-4", esto fue a los seis días después del trasplante; a partir del mes cinco, por planta se adicionaron quincenalmente tres soluciones nutritivas disueltas en 500 mL de agua cada una, abonos minerales y orgánicos. La solución nutritiva (SN) uno de la F-2 consistió en la aplicación de urea, fosfato monopotásico y sulfato de potasio en dosis de 0.9, 1.6, 2.6 gramos/planta respectivamente; la SN dos fue sulfato de magnesio (2.1 gramos/planta), microelementos (0.3 gramos/planta) y 0.5 gramos de ácidos fúlvicos y húmicos; la SN tres fue nitrato de calcio (1.3 gramos/planta). La F-2 se estimó tomando como referencia la extracción de nutrientes (EN) por tonelada de fruta para limón mexicano (Maldonado et al., 2001); y para calcular la demanda de nutrientes de la planta entera (DNPE), se estimó una producción en biomasa (PB) de 25 t ha⁻¹, empleando la siguiente ecuación:

$$DNPE = (EN * PB)$$

Después, se calcularon las necesidades nutricionales en kg/planta/año con la siguiente fórmula:

$$(DNPE / NPH) * 2$$

Donde *NPH* es el número de plantas por hectárea (1,660) y "2" es el valor otorgado para compensar la eficiencia de recuperación de los fertilizantes. Finalmente se calcularon los requerimientos nutricionales en gramos/árbol/año para después trasladarlos a gramos por quincena. Los fertilizantes empleados en la F-1, así como el FLL de la F-2, se enterraron realizando un hoyo de 5 cm de profundidad en torno al área del cepellón.

Los riegos se efectuaron tres días por semana utilizando un emisor auto-compensado con un gasto de 4 L h⁻¹, y se adicionó un promedio de 4.2 L de agua por planta semanalmente.

La distribución del experimento fue a campo abierto con un diseño completamente aleatorizado y 15 réplicas por componente de manejo utilizado (variedad-fertilización). Para determinar los efectos de tales componentes se registraron las siguientes variables de respuesta: diámetro de tallo del portainjerto (DTP), altura completa de la planta (ACP), diámetro ecuatorial de la copa (DEC) y volumen de raíz (VR). Para calcular el VR se extrajeron diez plantas del contenedor y se registró el crecimiento de la raíz mediante la siguiente estimación: asumiendo que la distribución radicular tiene una forma semiesférica se utilizó la siguiente formula:

$$VR = (4 / 6) \cdot \pi \cdot DPR \cdot \left(\frac{DER}{2}\right)^2$$

(Pérez-Zamora, 2002). Donde el DPR es diámetro polar de la raíz y DER es el diámetro ecuatorial de la raíz. Las variables de respuesta fueron registradas a los siete meses después de realizada la plantación; en dicho periodo el total de los árboles emitieron brotes florales, por lo que concluyó el periodo juvenil e iniciaron el productivo. Los análisis estadísticos se efectuaron mediante comparaciones de medias por variable de respuesta entre los componentes de manejo; utilizando la prueba estadística Tukey, $\alpha=0.05$ con la herramienta R-Studio (R Core Team, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el diámetro de tallo del portainjerto (DTP) en ninguna de las variedades se obtuvieron diferencias estadísticas, así como en ningún tipo de fertilización (Cuadro 1). Datos similares se encontraron al evaluar dos tipos de suelo, a los que se les incorporaron sustratos orgáni-

cos en proporciones semejantes, habiendo nulo efecto de los tratamientos sobre el desarrollo del diámetro basal en plantas de capirona *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) (Abanto et al., 2016). Otro estudio realizado durante dos años, demuestra que no existieron diferencias estadísticas en crecimiento del DTP y del injerto en *C. clementina* entre tratamientos utilizando FLL y fertirriego (Rever y Sofer, 2014). Utilizando los valores del promedio de fertilización, es decir, la información que se obtuvo de ambas variedades, se tienen diferencias estadísticas en DTP empleando la F-2 respecto a la F-1 (Cuadro 1). Escamilla et al. (2015) analizaron el efecto de tres FLL sobre el diámetro de tallo en plántulas de teca (*Tectona grandis*), percatándose de un incremento significativo respecto al testigo; igualmente obtuvieron diferencias importantes entre diversos tratamientos de fertilizantes de lenta liberación.

Para la altura completa de la planta (ACP) la variedad 'Lise' fue mayor que 'Colimex'. Durante la etapa de crecimiento de la variedad 'Lise', las ramas presentan desarrollo erecto y una fuerte dominancia apical (Manzanilla et al., 2015). Por ello dicha variedad obtuvo mayor ACP. Al evaluar el efecto de los fertilizantes utilizando información de ambas variedades, la ACP fue mayor con la F-2 (Cuadro 2). Bueno et al. (2004), evaluaron FLL vs. fertilizantes solubles (fertirriego) durante cinco meses, obteniendo que el fertirriego generó menor altura de planta en portainjertos de cítricos (*Poncirus trifoliata*), más no fue así para el diámetro del tallo y los contenidos de nutrientes en las hojas. Es necesario emplear FLL para generar mayor equilibrio entre la ACP y diámetro de tallo en árboles en crecimiento (Escamilla et al., 2015), por lo que el uso del FLL y posteriormente la fertirrigación generaron mayor DTP y ACP en las variedades evaluadas de limón mexicano, mediante el presente sistema de producción.

Para la variable diámetro ecuatorial de la copa (DEC), 'Colimex' expresó mayor dominancia en crecimen-

Cuadro 1. Diámetro de tallo del portainjerto de limón mexicano establecido en contenedores con dos sistemas de fertilización.

Variedad	Fertilizaciones		Promedios
	F-1	F-2	
Colimex	16.35 a	17.72 a	17.03 a
Lise	15.98 a	17.45 a	16.72 a
Promedios	16.16 b	17.59 a	

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes, Tukey p -valor<0.05.

Cuadro 2. Altura completa de planta (cm) de limón mexicano establecido en contenedores con dos sistemas de fertilización.

Variedad	Fertilizaciones		Promedios
	F-1	F-2	
Colimex	69.33 b	71.40 b	70.37 b
Lise	74.20 ab	81.40 a	77.80 a
Promedios	71.77 b	76.40 a	

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes, Tukey p -valor<0.05.

to de ramas en forma horizontal ("ovoide-horizontal"), y fue diferente estadísticamente a 'Lise'. Se ha descrito que 'Colimex' presenta un desarrollo arbustivo, y las ramas principales tienden a inclinarse por su mismo peso (Manzanilla et al., 2014). 'Lise' mostró un hábito de crecimiento "ovoide vertical", y sus ramas se desarrollaron principalmente hacia arriba; lo anterior concuerda con la descripción de Manzanilla et al. (2015), que describen un desarrollo arbustivo y marcada dominancia apical. Al analizar el efecto de las fertilizaciones en ambas variedades se obtuvo que la utilización de la F-2 generó mayor DEC al igual que en su promedio (Cuadro 3); a pesar de que dicha variable al igual que la ACP, fueron ligeramente modificadas por la realización de un par de podas. Utilizando la proporción 2-1-1 de N, P, K respectivamente (F-1), tanto el incremento del DEC como el resto de las variables evaluadas (DTP y ACP) fueron menores, y dicha fertilización empleó mayor cantidad de fertilizante respecto a la F-2. En limón mexicano se compararon dos sistemas de manejo que incluyen fertilización orgánica y fertirriego, obteniendo que la utilización de fertilizantes solubles generó mayores longitudes y diámetros de ramas en la sección ecuatorial de la copa del árbol (Noriega et al., 2012). Respecto al manejo de podas, fue relevante para promover la emisión y formación de ramificaciones, así como para generar una forma esférica o arboleada a las plantas, ello, para facilitar actividades culturales y distribuir equilibradamente el peso de las ramas; sobre todo en 'Colimex' que tiende a extender sus ramas horizontalmente como ya fue descrito. En plantas de limón mexicano variedad 'Lise' el crecimiento es vigoroso en los primeros tres años, por ello las podas en etapas juveniles son primordiales para provocar que tenga una copa compacta y angosta (Manzanilla et al., 2015).

Al extraer de los contenedores el cepellón, se observó similitud entre el crecimiento de raíces respecto a la parte aérea. El volumen de raíz (VR) estimado para la variedad 'Colimex' fue mayor al de 'Lise'. Se obtuvieron diferencias estadísticas entre ambos tipos de fertilización, y en

la variedad 'Lise' el cepellón fue mayor utilizando la F-2 (Cuadro 4). Visualizando las características del cepellón, con la F-2 se obtuvo una consistencia firme debido a una distribución radicular homogénea (Figura 1). Contrariamente con la F-1 el cepellón presentó consistencia suelta o ligeramente firme (menor distribución radical), ya que comúnmente el sustrato se desmoronó, además, el crecimiento obtuvo mayor dominancia hacia el fondo del contenedor.

Al utilizar la extracción de nutrimentos por tonelada de fruta (Maldonado et al., 2001) a través del fertirriego en combinación con el FLL, se generó mayor efecto en el crecimiento de raíz. Ya que las propuestas de fertilización que consideran la demanda de elementos minerales del cultivo y una mayor eficiencia de recuperación de fertilizantes, ofrecen mayor absorción de nutrientes hacia las plantas (Salmiaton y Firoozeh, 2015). Para obtener mayor balance de los requerimientos nutritivos en limón mexicano, un buen complemento para la F-2 sería considerar la extracción de nutrimentos de la planta entera, sobre todo para las etapas juveniles del cultivo. Al no contar con dicha información, se ha propuesto emplear fórmulas que contengan $N < P_2O_5 < K_2O$ y así obtener mejores resultados entre el equilibrio del crecimiento aéreo y el radicular (Oliet et al., 2003). Las proporciones de fertilizantes utilizados en la F-1, emplearon mayor cantidad de nitrógeno y proporciones semejantes de fósforo y potasio. Para la F-2 los contenidos minerales del FLL fueron los siguientes: 18, 6, y 12% de N, P_2O_5 , K_2O respectivamente; y al implementar el fertirriego la proporción se modificó de acuerdo a la propuesta de Oliet et al., 2003.

CONCLUSIÓN

Con las variables de respuesta utilizadas la variedad 'Colimex' obtuvo mayor efecto en crecimiento respecto a 'Lise'. Durante la etapa de evaluación el mayor crecimiento se generó utilizando la F-2 en ambas variedades. Las variedades de limón mexicano 'Lise' y 'Colimex' establecidos en

Cuadro 3. Diámetro ecuatorial de copa (cm) de limón mexicano establecido en contenedores con dos sistemas de fertilización.

Variedad	Fertilizaciones		Promedios
	F-1	F-2	
Colimex	62.13 b	71.07 a	66.60 a
Lise	53.07 c	67.40 ab	60.23 b
Promedios	57.60 b	69.23 a	

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes, Tukey p -valor < 0.05.

Cuadro 4. Volumen de raíz (m^3) de limón mexicano establecido en contenedores con dos sistemas de fertilización.

Variedad	Fertilizaciones		Promedios
	F-1	F-2	
Colimex	0.032 a	0.038 a	0.035 a
Lise	0.020 b	0.033 a	0.026 b
Promedios	0.026 b	0.035 a	

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes, Tukey p -valor < 0.05.



Figura 1. Plantas de limón mexicano extraídas de los contenedores. a='Colimex'; b='Lise'; F-1=proporción: 2-1-1 de N, P, K respectivamente; F-2=en base a la extracción de nutrientes del fruto.

contenedores con sustrato de suelo y polvillo de coco mostraron buen crecimiento en su etapa juvenil.

LITERATURA CITADA

- Boldrin A., Andersen J. K., Moller J., Christensen T. H. & Favoino, E. (2009). Composting and compost utilization: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Manage Res* 27: 800-812.
- Bueno-Scivittaro W., Pedrosa de Oliveira R. & Radmann E. B. (2004). Doses de fertilizante de liberación lenta na formação do portaenxerto 'Trifoliata'. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal* 26 (3): 520-523.
- Cabrera, R.I. (1998). Monitoring chemical properties of container growing media with small soil solution samplers. *Sci. Hort.* 75: 113-119.
- Cabrera, R.I. (1999). Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Rev. Chapingo Serie Hort.* 5(1): 5-11.
- Castro-Luna, I., Gavi-Reyes, F., Peña-Cabriales, J.J., Núñez-Escobar, R., Etchevers-Barra, J.D. (2006). Eficiencia de recuperación de N y K de tres fertilizantes de lenta liberación. *Terra Latin.* 24 (2): 277-282.
- Crespo González, M.R., González Eguiarte, D.R., Rodríguez Macías, R., Rendón Salcido, L. A., del Real Laborde, J.I. & Torres Morán, J.P. (2013). Evaluación de la composta de bagazo de agave como componente de sustratos para producir plántulas de agave azul tequilero. *Rev. Mex. Cien. Agr.* 4 (8): 1161-1173.
- Escamilla-Hernández, N., Obrador-Olán, J.J., Carrillo-Ávila, E., Palma-López, D.J. (2015). Uso de fertilizantes de liberación controlada en plantas de teca (*Tectona grandis*), en la etapa de vivero. *Rev. Fitotec. Mex.* 38 (3): 329-333.
- Escamilla-López, M., Tejeda-Castrejón, J.F., Mejías-Brito, J., Meza-Jiménez, J., Ríos-Farías, M., Calleros Valencia, J.E. & Romero Uribe, S.M. (2018). Comparación de dos sustratos orgánicos en la producción de plantas de ornato de la especie coralito enano. *Conciencia Tecnol.* 56. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94457671004>
- García C.O., Alcántar G.G., Cabrera R.I., Gavi R.F. & Volke H.V. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra Latin.* 19 (3): 249-258.
- García-Preciado, J.C., Carrillo-Medrano, S.H., Robles-González, M.M. & Orozco-Santos, M. (2016a). Caracterización física de combinaciones de polvillo de coco con suelo agrícola para producción de cítricos en contenedores. XII Simposio Internacional Citrícola 2016. Memoria Técnica-Científica. Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México.
- García-Preciado, J. C., Carrillo-Medrano, S. H., & Robles-González, M. M. (2016b). Caracterización química de combinaciones de polvillo de coco con suelo agrícola para producción de cítricos en contenedores. XII Simposio Internacional Citrícola 2016. Memoria Técnica-Científica. Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México.
- Gómez-Jaimes R., Velázquez-Monreal J.J., Hernández-Fuentes L.M., López-Arroyo J.I. & Urias-López M.A.. (2013). La fertilización y su impacto en la severidad de síntomas inducidos por HLB en limón persa. (Presidencia), Simposio Internacional sobre HLB en Cítricos Ácidos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Memoria Científica No. 1. ISBN: 978-607-37-0224-9. Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima.
- Guo H., White J.C., Wang Z. & Xing B. (2018). Nano-enabled fertilizers to control the release and use efficiency of nutrients. *Curr. Op. Environ. Sci. Health* 6: 77-83.

- Heins R.D. & Yelanich M.. (2013). Fertilization regimes exceed nutritional requirements of greenhouse crops. *IFAC Proc.* 46 (4): 5-8.
- Holzapfel, E.A., Lopez C., Joublan J.P. & Matta, R.. (2001). Efecto del agua y fertirrigación en el desarrollo y producción de naranjos cv. Thompson Navel. *Agric. Téc.*, 61(1): 51-60. <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072001000100006>
- Iñiguez G., Martínez G.A., Flores P.A. & Virgen G. (2011). Utilización de subproductos de la industria tequilera. Parte 9. Monitoreo de la evolución del compostaje de dos fuentes distintas de bagazo de agave para la obtención de un sustrato para jitomate. *Rev. Intern. Contam. Amb.* 27 (1): 47-59.
- Lazzerini G., Lucchetti, S. & Nicese, F.P. (2016). Green house gases (ghg) emissions from the ornamental plant nursery industry: a life cycle assessment (lca) approach in a nursery district in central italy. *J. Cleaner Prod.* 112, 4022–4030.
- López J., Méndez A., Pliego L., Aragón E. & Robles M. (2013). Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile 'onza' (*Capsicum annuum*) en invernadero. *Rev. Mex. Cien. Agríc.* 6: 1139-1150.
- Maldonado T.R., Etchevers B.J.D., Alcántar G.G., Rodríguez A.J. & Colinas L.M.T. (2001). Estado nutricional del limón mexicano en suelos calcimorficos. *Terra Latin.* 19: 163-174.
- Manzanilla-Ramírez M.A., Robles-González M.M., Medina-Urrutia V.M., Velázquez-Monreal J.J. & Orozco-Santos M. (2014). Portainjertos y Variedades. En, Orozco-Santos M., Robles-González M.M., Velázquez-Monreal J.J., Manzanilla-Ramírez M.A. & Bermúdez-Guzmán M.J. (Eds.). *El Limón Mexicano (Citrus aurantifolia)*. Libro Técnico Núm 1. SAGARPA, INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Tecomán, Tecomán, Colima, México: Editorial Prometeo Editores. 475 pp.
- Manzanilla-Ramírez M.M., Robles-González M.M., Velázquez-Monreal J.J., Orozco-Santos M. & Padrón-Chavez J.E. (2015). Lise limón mexicano sin espinas y de alto rendimiento. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Tecomán, Colima, México.
- Manzanilla-Ramírez M.A., Robles-González M.M., Velázquez-Monreal J.J., Orozco-Santos M., Carrillo-Medrano S.H. & Medina-Urrutia V.M. (2013). Avances en agricultura protegida en limón mexicano bajo un escenario de Huanglongbing. (Presidencia), Simposio Internacional sobre HLB en Cítricos Ácidos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Memoria Científica No. 1. ISBN: 978-607-37-0224-9. Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima.
- Mukherjee A. & Lal R. (2013). Biochar impacts on soil physical properties and greenhouse gas emissions. *Agronomy*, 3: 313–339.
- Noriega-Cantú D.H., González-Mateos R., Garrido-Ramírez E.R., Pereyda-Hernández J., Domínguez-Márquez V.M., López-Estrada M.E. (2012). Evaluación de dos sistemas de producción de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle) en Guerrero, México. *Trop. Subtrop. Agroecosys.* 15 (2012): 415-425.
- Oliet J., Planelles R., Artero F., Martínez-Montes E., Álvarez-Linarejos L., Alejano R. & López-Arias M. (2003). El potencial de crecimiento radical en planta de vivero de *Pinus halepensis* Mill. Influencia de la fertilización. *Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.* 12(1): 51-60.
- Pérez-Zamora Octavio. (2002). Evaluación de mejoradores del suelo en limón mexicano. *Terra Latin.* 20:(3): 337-346.
- Qina W., Assinckb F.B.T., Heinenb M. & Oenema O. (2016). Water and nitrogen use efficiencies in citrus production: A meta-analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 222. 103-111.
- R Core Team. (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Rever, D. & Sofer Y. (2014). La fertilización con nitrato de potásico y el uso de fertilizantes de liberación controlada aumenta la producción en cítricos tipo Clementina. *Levante Agrícola: Rev. Intern. Cítricos.* 422: 168-172
- Robles-González M.M., Orozco-Santos M., Manzanilla-Ramírez M.A., Velázquez-Monreal J.J., Medina-Urrutia V.M. & Sanches-Stuchi E. (2018). Experiencias con huanglongbing en limón Mexicano en el estado de Colima, México. *Citrus Res. Technol.* 39, e1039: 1-12.
- Robles-González M.M., Orozco-Santos M., Manzanilla-Ramírez M.A., Velázquez-Monreal J.J. & Carrillo-Medrano S.H. (2017). Efecto del HLB sobre el rendimiento de limón mexicano en Colima, México. *Rev. Mex. Cien. Agríc.* 8 (5): 1101-1111.
- Rojas-Rodríguez K. & Ortuño N. (2007). Evaluación de micorrizas arbusculares en interacción con abonos orgánicos como coadyuvantes del crecimiento de la producción hortícola del Valle Alto de Cochabamba, Bolivia. *Acta Nova* 3 (4): 697-719.
- Salmiaton A. & Firoozeh D. (2015). Controlled-Release Fertilizers: Adv. *Chall. Life Sci. J.* 12 (11): 33-45.
- Vargas-Tapia P., Castellanos-Ramos J.Z.; Sánchez-García, P. Tijerina-Chávez L., López-Romero R.M. & Ojodeagua-Arredondo J.L. (2008). Caracterización física, química y biológica de sustratos de polvo de coco. *Rev. Fit. Mex.* 31 (4): 375-381.