

Micorrizas arbusculares y su efecto sobre el desarrollo vegetativo de portainjertos de limón (*Citrus limon L.*)

Arbuscular mycorrhiza and their effect on the vegetative development of lemon (*Citrus limon L.*) rootstocks

Jerlin Yolai Rosales Escalon¹, Lesmar Enrique Pérez Ruiz², Isaías Sánchez Gómez³, Jael Bildad Cruz-Castillo⁴

¹ Graduado Facultad de Agronomía, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5594-279X> / yerya14@gmail.com

² Graduado Facultad de Agronomía, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2796-0469> / lesterperez112470@gmail.com

³ Facultad de Agronomía, Departamento de Protección Agrícola y Forestal, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6604-1660> / isanchez@ci.una.edu.ni

⁴ Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9952-7501> / jael.cruz@ci.una.edu.ni
Universidad Nacional Agraria



RESUMEN

Los cítricos son el cultivo frutal de mayor importancia económica en el mundo. En Nicaragua, la producción de cítricos genera 24.5 millones de dólares anuales. Las enfermedades que se pueden prevenir inoculando micorrizas en porta injertos son la podredumbre radicular causada por *Phytophthora sp* y el mal seco de los cítricos por *Fusarium sp*. La introducción de patrones resistentes a enfermedades es una necesidad en la citricultura actual. En las últimas décadas se ha usado los hongos micorrizas arbusculares por el efecto benéfico que producen en sus hospedantes. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de las micorrizas arbusculares sobre el desarrollo vegetativo de porta injertos Citrange Troyer y Citrange Carrizo. Los hongos micorrizas inoculados fueron aislados de las fincas productoras de cítricos Félix, Marino y San José. El género identificado con mayor porcentaje fue *Glomus* (97 % a 99 %), mientras que los géneros *Scutellospora sp*, *Gigaspora sp.*, *Septoglomus sp* y *Acaulospora sp*, representaron el 1 % respectivamente. El porcentaje de colonización de raíces con el género *Glomus sp*, fue del 93 % para el porta injerto Troyer y en Carrizo fue de 83 % a 100 %. El efecto de *Glomus sp*, se evaluó midiendo las variables altura de planta (cm), número de hojas, diámetro de tallo (mm), longitud de raíz (cm) y biomasa (g). Los resultados del análisis de varianza y separación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$), presentan diferencias significativas para el porta injerto Troyer en las variables diámetro de tallo y longitud de raíces con el aislado de la finca San José, en el caso del porta injerto Carrizo el número de hojas, diámetro de tallo y longitud de raíz mostraron los más altos valores con el aislado de la finca Félix.

Palabras clave: cítricos, vesículas, *Glomus sp*, esporas.

ABSTRACT

Citrus fruits are the most economically important fruit crop in the world. In Nicaragua, citrus production generates USD 24.5 million annually. The diseases that can be prevented by inoculating mycorrhizae in rootstocks are root rot caused by *Phytophthora sp.* and the dry disease of citrus by *Fusarium sp.* The introduction of disease resistant patterns is a necessity in today's citrus industry. In the last decades, arbuscular mycorrhizal fungi have been used for the beneficial effect they produce on their hosts. The objective of this study was to evaluate the effect of arbuscular mycorrhiza on the vegetative development of Citrange Troyer and Citrange Carrizo rootstock. The inoculated mycorrhizal fungi were isolated from the Félix, Marino and San José citrus farms. The genus identified with the highest percentage was *Glomus sp.*, with 97 % to 99 %, while the genera *Scutellospora sp.*, *Gigaspora sp.*, *Septoglomus sp.* and *Acaulospora sp.*, represented 1 % respectively. The percentage of root colonization with the *Glomus sp.* genus was 93 % for the Troyer graft holder and in Carrizo it was 83 % to 100%. The effect of *Glomus sp.* was evaluated by measuring the variables plant height (cm), number of leaves, stem diameter (mm), root length (cm) and biomass (g). The results of the analysis of variance and separation of means of Tukey ($\alpha = 0.05$), show significant differences for the Troyer rootstock in the variables stem diameter and root length with the isolate from the San José farm, in the case of the root Carrizo graft the number of leaves, stem diameter and root length showed the highest values with the isolate from the Felix farm.

Keywords: Citrus, vesicles, *Glomus sp*, spores.

Recibido: 19 de enero del 2022
Aceptado: 8 de abril del 2022



Copyright 2022. Universidad Nacional Agraria (UNA).

Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo edgardo.jimenez@ci.una.edu.ni

CIENCIA DE LAS PLANTAS

La especie frutal *Citrus limon* L., es originaria de Asia y de gran consumo a nivel nacional. Según reporte de Lacayo (2013) Nicaragua tiene 11077 productores de cítricos los cuales hacen uso de 21100 hectáreas para cultivarlas. De acuerdo con la Asociación de Productores y Exportadores de Nicaragua (2018) las exportaciones de cítricos alcanzaron los USD 48.91 millones en el período 2012-2017. Debido a esto, actualmente existe la demanda de ampliar las áreas de producción de cítricos para suplir las necesidades de mercados nacionales e internacionales. Se requieren cítricos más productivos, resistentes a plagas y enfermedades, que cumplan con los requerimientos de calidad que exige el mercado.

Esas exigencias han hecho que los productores de cítricos utilicen los portainjertos los cuales “comprenden la parte inferior de la planta injertada cuya función es desarrollar el sistema radicular” (Álvarez, 2019, p. 22); éstos son seleccionados porque presentan las siguientes características: “buen vigor y desarrollo de raíces, tolerancia a plagas y enfermedades, adaptación a las condiciones edáficas, tales como: salinidad, pH, fertilidad, textura, estructura del suelo” (Álvarez, 2019 p. 23).

Además del uso de portainjertos se está recomendando otra práctica de manejo como lo es el uso de hongos micorrícicos arbusculares (HMA), diversas investigaciones han inferido en que esta práctica agroecológica estimula el crecimiento y desarrollo de las plantas. Alarcón y Ferrera (1999) concluyen que “los HMA son agentes de biorregulación del crecimiento, biofertilizantes y de biocontrol”, Cruz (2017) afirma que “la micorrización favorece el crecimiento de las plantas en etapa de vivero” (p. 33); por su parte Rivillas, Calle y Ángel (2019) destacan los beneficios de éstos para la planta principalmente en aspectos de crecimiento, desarrollo y fitosanidad. Por lo antes expuesto el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto que causan las micorizas arbusculares sobre el desarrollo vegetativo de los portainjertos Citrange Troyer y Citrange Carrizo en el vivero del Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), ubicado en Masaya, Nicaragua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de muestras. Las muestras de suelo se recolectaron en las fincas Marino, San José y Félix ubicadas en el municipio de Masatepe. Dichas muestras se tomaron en cinco puntos diferentes de cada finca, cerca de la zona de goteo a una profundidad de 20 cm. El suelo colectado se depositó en bolsas plásticas con capacidad de 2.2 kg y se trasladó al laboratorio de Microbiología vegetal de la Universidad Nacional Agraria para su análisis.

Aislamiento de hongos micorrícicos arbusculares (HMA). Se aplicó el método de tamizado y decantación en húmedo (modificado de Gerdemann y Nicolson, 1963), así como el método de centrifugación (modificado de Jenkins, 1964) para la separación de esporas de micorizas en muestras de suelo (Figura 1 y 2).



Figura 1. Método de tamizado y decantación en húmedo para separación de esporas de micorizas en muestras de suelo.



Figura 2. Método de centrifugación para separación de esporas de micorizas en muestras de suelo.

Identificación de géneros de HMA. Utilizando las claves taxonómicas ilustradas de González (1989) y del International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM, 2020) se efectuó la identificación de los HMA a nivel de género a partir de las características morfológicas de las esporas.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño completo al azar con 20 repeticiones, tres aislados más un testigo y dos portainjertos para un total de 160 plantas. El espacio entre cada variedad de portainjerto fue de un metro y entre cada

CIENCIA DE LAS PLANTAS

unidad experimental de 0.5 m para un área total del ensayo de 320 m². Este ensayo se estableció en el Vivero de cítricos propiedad de OIRSA, ubicado en el km 30 carretera Tipitapa-Masaya, entre las coordenadas 12°07'5.8" latitud Norte y 86°05'18.3" longitud Oeste.

Inoculación de portainjertos Citrange Carrizo y Citrange Troyer. Se inocularon 80 plantas del portainjerto Troyer y 80 plantas del portainjerto Carrizo previamente trasplantadas en bolsas de 6 x 12 pulgadas, el sustrato utilizado fue 50 % tierra, 30 % lombrihumus y 20 % arena poma. Con ayuda de una espátula metálica se exteriorizaron las raíces para inocularlas con aproximadamente 20-25 esporas ml⁻¹ de micorrizas que predominaron en el proceso de identificación por finca muestreada.

Se utilizó un testigo absoluto que consistió en plantas sin inocular y al momento de exhibir las raíces se les adicionó agua destilada estéril. Las plantas evaluadas se fertilizaron según el programa de fertilización del invernadero de OIRSA.

Porcentaje de colonización de HMA. Se utilizó el método descrito por Phillips y Hayman (1970) para determinar el porcentaje de colonización de micorrizas en las raíces de los portainjertos. De cada tratamiento se seleccionaron raíces secundarias, se lavaron con abundante agua, se procedió a clarearlas con KOH al 10 %, luego fueron blanqueadas con H₂O₂ al 10 % y finalmente teñidas con azul de Tripán al 0.05 %.

Se colocaron las raíces teñidas en laminillas, al menos 100 segmentos por tratamiento, se le agregó de una a tres gotas de Lacto glicerol en los extremos de las raíces, de manera vertical sobre la preparación luego se dejó caer suavemente un portaobjetos evitando burbujas de aire, con ayuda del microscopio óptico en el aumento de 100 X se observó la presencia de las estructuras fúngicas (hifas, vesículas o arbuscúlos). Para el cálculo del porcentaje de colonización se empleó la siguiente fórmula: Porcentaje de colonización= (número de campos colonizados) / (número total de campos observados) x 100.

Variables evaluadas. Para determinar el efecto de las micorrizas arbusculares sobre el desarrollo vegetativo de los portainjertos Citrange Troyer y Citrange Carrizo se midieron las variables morfológicas a los 90 días después de la inoculación. Las variables morfológicas fueron: número de hojas verdaderas contabilizando todas las hojas que presentaba la planta, altura total (cm) se midió con una cinta métrica, diámetro de tallo (mm) usando un vernier y la longitud de raíz (cm) fue medido con una cinta métrica.

$$\text{Porcentaje de materia seca} = \frac{\text{Peso fresco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

El porcentaje de materia seca aérea y de raíces de los portainjertos, fue determinado a partir del peso fresco y peso seco (g) medidos con una balanza analítica OHAOS después de 48 horas de secado a 80 °C. El cálculo de porcentaje de materia seca con la fórmula descrita por Vilchez (2002).

En cuanto al análisis de datos se empleó Excel 2013 para organizar los datos recolectados de las variables morfológicas; posteriormente se realizaron pruebas de análisis de varianzas ($\alpha=0.05$) y separación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) con el programa estadístico InfoStat versión 2013.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Géneros de HMA identificados. El género de HMA más predominante en los análisis de muestras de suelo provenientes de fincas productoras de cítricos fue *Glomus sp*; en el aislado de la finca Félix se presentó en un 99 %, en la finca Marino en un 98 % y en la finca San José 97 %. Sin embargo, también se identificaron los géneros *Scutellospora sp*, *Gigaspora sp*, *Septoglomus sp* y *Acaulospora sp* con 1 % respectivamente (Figura 3). Esta predominancia se debe a que *Glomus* “es el género más abundante y ubicuo dentro de las micorrizas” (Arévalo, 2016), esto sugiere que este género posee mejor capacidad para adaptarse a las condiciones edafoclimáticas de las zonas productoras de cítricos.

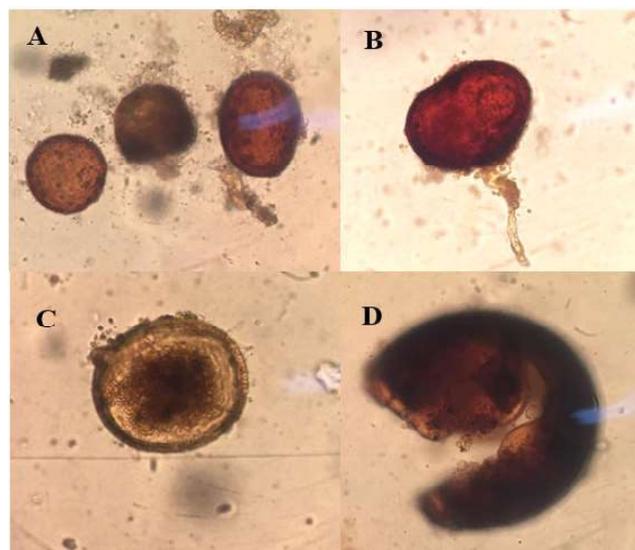


Figura 3. Géneros de HMA identificados en muestras de suelo procedentes de fincas con cultivos de cítrico, *Glomus sp* (A) *Scutellospora sp* (B) *Acaulospora sp* (C) *Septoglomus sp* (D).

Porcentaje de colonización de HMA. Se observó colonización y presencia de estructuras fúngicas (Figura 4) en las dos especies de portainjertos evaluadas; en el portainjerto Troyer, las muestras de raíces procedentes de la finca Félix alcanzaron el 93 % de colonización y un 83 % en el portainjerto Carrizo, mientras que el aislado de la finca San José colonizó

CIENCIA DE LAS PLANTAS

el 93 % en la variedad Troyer y 100 % en la variedad Carrizo, en relación al aislado de la finca Marino el porcentaje de colonización fue de 93 % para ambos portainjertos evaluados; estos resultados justifican el uso de HMA en plantaciones de cítricos puesto que favorecen el enraizamiento, desarrollo y crecimiento de las plantas.

González *et al.* (2000), evaluaron sustratos de crecimiento en microplántulas de cítricos inoculadas con *Glomus sp* y encontraron que las raíces del portainjerto Carrizo estaban colonizadas de 47 % a 80 % en cambio las raíces del portainjerto Troyer de 37 % a 64 %.

Martinello *et al.* (2016) evaluaron el porcentaje de colonización de los géneros *Scutelospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Acaulospora* en raíces de portainjertos de cítricos (Citrange Fepagro C37 Reck y Kumquat) y encontraron resultados similares a los reportados en este estudio.

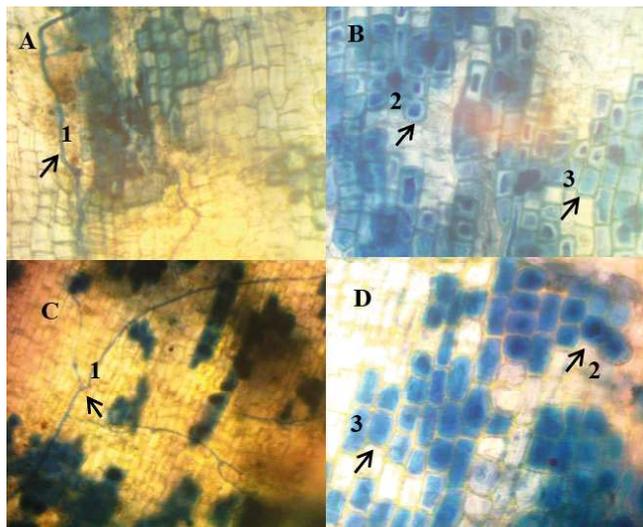


Figura 4. Raíces de portainjertos Citrange Troyer (A y B) y Carrizo (C y D), colonizadas por el hongo del género *Glomus sp*. Hifas (1), vesículas (2) y arbusculos (3).

Efecto de HMA sobre el desarrollo vegetativo de los portainjertos. Es fundamental Conocer el desarrollo vegetativo de las plantas para el manejo adecuado de éstas en la plantación, fertilización, control de plagas y enfermedades lo que al final lleva a incrementar la producción. Se evaluó el efecto de *Glomus sp* sobre los portainjertos Citrange Troyer y Citrange Carrizo.

Los resultados indican que existen diferencias estadísticas significativas en las variables morfológicas evaluadas para el portainjerto Citrange Troyer (Cuadro 1). Las plantas inoculadas con aislados de la finca Félix presentaron mayores valores de altura y número de hojas verdaderas; en cambio las plantas con aislados procedentes de la finca San José mostraron los mejores resultados en diámetro de tallo

y longitud de raíz; las diferencias pueden ser atribuidas a las condiciones ambientales de las zonas donde se colectaron las muestras y por otro lado, estos resultados evidencian el efecto de la micorrización sobre el desarrollo vegetativo del portainjerto evaluado.

Cuadro 1. Análisis de variables morfológicas del portainjerto Citrange Troyer inoculados con los aislados de *Glomus sp*

Aislados	Variables morfológicas			
	Altura de planta (cm)	Número de hojas	Diámetro de tallo (mm)	Longitud de raíz (cm)
Finca Félix	77.07 a	41 a	7.04 a	30.05 b
Finca San José	75.13 a	39 b	7.07 a	34.10 a
Testigo	70.23 b	35 c	6.62 b	33.05 a
Finca Marino	67.33 b	35 c	6.69 b	29.65 b
R ²	0.93	0.95	0.91	0.93
p-valor	<0.00001	<0.00001	<0.00001	0.0003

Las plantas del portainjerto Citrange Carrizo (Cuadro 2) mostraron diferencias estadísticas significativas para las variables morfológicas evaluadas. Los mayores valores de altura fueron presentados en las plantas inoculadas con aislados de la finca San José; por su parte, las plantas inoculadas con los aislados de la finca Félix mostraron los mejores resultados para las variables número de hojas verdaderas, diámetro de tallo y longitud de raíz. En el porta injerto Carrizo, el aislado de la finca San José logró el mayor porcentaje de materia seca aérea foliar con 41.63 %, igual que finca Marino con 40.22 %. El menor porcentaje de materia seca aérea foliar lo obtuvo la finca Félix con 36.43 % (Figura 5).

Cuadro 2. Análisis de variables morfológicas del portainjerto Citrange Carrizo inoculados con los aislados de *Glomus sp*

Aislados	Variables morfológicas			
	Altura de planta (cm)	Número de hojas	Diámetro de tallo (mm)	Longitud de raíz (cm)
Finca San José	34.93 a	27.33 b	4.78 a	46.50 ab
Testigo	31.67 b	23.47 c	4.22 b	42.00 c
Finca Félix	30.23 bc	42.63 a	4.95 a	46.70 a
Finca Marino	27.60 c	23.73 c	4.15 b	43.40 bc
R ²	9.44	8.47	3.94	0.94
p-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0008

El mayor porcentaje de materia seca de raíces lo obtuvo el testigo con 50.10 %. En relación al porta injerto Troyer no hay diferencias significativas, para el porcentaje de materia seca aérea ($p=0.1545$) y materia seca de raíz ($p=0.0716$), entre los aislados de cada finca y el testigo. Además, los resultados pueden estar influenciados por los

CIENCIA DE LAS PLANTAS

cambios ambientales dado que estos intervienen de manera considerable en el proceso de acumulación de materia seca; el aire, la energía solar, el agua, la temperatura pueden interferir en el ritmo de producción de biomasa de una especie vegetal.

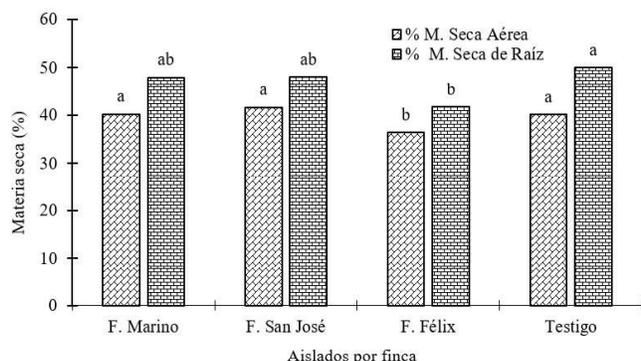


Figura 5. Porcentaje de materia seca en porta injertos Carrizo inoculados con *Glomus sp.*

Resultados similares fueron reportados por González-Mancilla *et al.* (2013) quienes evaluaron el efecto de diferentes tipos y dosis de fertilizantes orgánicos considerando las variables porcentaje de colonización micorrícica arbuscular, altura, diámetro basal de tallos, materia seca foliar y de raíz en plantas del portainjerto Citrange Troyer.

Aravena (2003) evaluó el efecto de la micorrización en plantas de cítricos (*Citrus macrophylla* y Citrange Carrizo) y Persea americana Mill. con cepas de hongos nativas (*Glomus sp.* y *Glomus cf. claroideum*) e introducida (*Glomus intraradices* Schenk y Smith.) y no encontró diferencias estadísticas para las variables altura de las plantas, diámetro del tallo, materia seca radicular y aérea en las especies evaluadas.

Cruz (2017) indica que “el crecimiento de una planta se representa gráficamente como un aumento del peso seco en función del tiempo” (p. 20). El análisis estadístico de las variables peso seco aéreo y peso seco de raíz muestra que existen diferencias significativas ($p < 0.0001$) entre portainjertos, siendo Troyer quien presenta los mejores resultados (Figura 5); esto sugiere que este patrón es más dependiente a la presencia de HMA dado sus características morfológicas; las diferencias con Carrizo probablemente son debido a la genética del hospedador y/o su interacción con la especie de HMA.

González-Mancilla *et al.* (2013) evaluaron a nivel de vivero el efecto de tipos y dosis de fertilizantes orgánicos aplicados al suelo en plantas del portainjerto Citrange Troyer encontrando resultados similares a los reportados en este estudio en cuanto materia seca foliar y radical.

CONCLUSIONES

Fueron identificados cinco géneros de hongos micorrícicos, tales como *Glomus sp.*, *Acaulospora sp.*, *Gigaspora sp.*, *Septoglomus sp.*, *Scutellospora sp.*; sin embargo, el de mayor predominancia fue *Glomus sp.* El porcentaje de colonización con el género *Glomus sp.*, para el portainjerto Troyer fue de 93 %, mientras que para el portainjerto Carrizo varió de 83 % a 100 %. El portainjerto Troyer mostró mejores resultados con el aislado de la finca San José en las variables diámetro de tallo y longitud de raíz. Hubo efecto positivo de la micorrización en el desarrollo vegetativo de los portainjertos evaluados, observando los mayores valores de número de hojas, diámetro de tallo y longitud de raíces en el portainjerto Carrizo al ser inoculados con el aislado de la finca Félix, en cuanto a las variables peso seco aéreo y peso seco de raíz los mejores resultados fueron observados en el portainjerto Troyer.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, A. y Ferrera Cerrato, R. (2003). Manejo de la micorriza arbuscular en sistemas de propagación de plantas frutícolas. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 179-191.
- Álvarez López, H. (2019). Injertación en frutales: *contribución en fisiología vegetal*. Universidad Nacional de Jaén. <http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/389/1/MANUAL%20DE%20INJERTACION.pdf>
- Aravena, C. M. (2003). *Efecto de la micorrización en plantas de vivero de palto y cítricos bajo diferentes dosis de fertilización* [Tesis de ingeniería, Universidad Católica de Valparaíso] http://www.avocadosource.com/papers/chile_papers_a-z/a-b-c/aravenacrastian0000.pdf
- Arévalo Hernández, C. O. (2016). *Prospección de la densidad de esporas y colonización de micorrizas en Cacao silvestre de Ucayali y Madre de Dios* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1968>
- Asociación de Productores y Exportadores de Nicaragua. (16 de febrero de 2018). *APEN destaca potencial exportador de cítricos y mango*. <https://apen.org.ni/apen-destaca-potencial-exportador-citricos-mango/>
- Cruz Castillo, J. B. (2017). *Respuesta de Cacao (Theobroma cacao L.) y Teca (Tectona grandis L.f) a la micorrización durante la etapa de vivero, Kukra Hill, RACCN, Nicaragua, 2017* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/3656/1/tmp34c957.pdf>
- Gerdemann, J. W., & Nicolson, T. H. (1963). Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, 46, 235-244. [http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536\(63\)80079-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536(63)80079-0).

CIENCIA DE LAS PLANTAS

- González Chávez, M. C. A. (1989). *Principios de taxonomía de la endomicorriza Vesícula Arbuscular*. Colegio de posgraduado. p.27
- González Chávez, M. C., Ferrera Cerrato, R., Villegas Monter, A. y Oropeza, J. L. (octubre-diciembre, 2000). Selección de sustratos de crecimiento en microplántulas de cítricos inoculadas con *Glomus* sp. *Zac-19. Terra Latinoamericana*, 18(4), 0. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57318411.pdf>
- González-Mancilla, A., Rivera-Cruz, M. C., Ortiz-García, C. F., Almaraz-Suárez, J. J., Trujillo-Narcía, A. y Cruz-Navarro, G. (2013). Uso de fertilizantes orgánicos para la mejora de propiedades químicas y microbiológicas del suelo y del crecimiento del cítrico Citrange Troyer. *Universidad y ciencia*, 28(2), 123-139. <http://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v29n2/v29n2a3.pdf>
- International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi. (2020). *The International Bank for the Glomeromycota*. <https://invam.wvu.edu/>
- Jenkins, W. R. (1964). *A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil*. *Plant Disease*, 48, 692. <http://garfield.library.upenn.edu/classics1980/A1980KJ72900001.pdf>
- Lacayo, L. N. (11 de junio de 2013). Cítricos amenazados. *El nuevo diario*. <https://www.elnuevodiario.com.ni/economia/288686-citricos-amenazados/#>
- Martinello Atrás, M., Altmann, T. & Dutra de Souza, P. V. (octubre-diciembre, 2016). Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on the vegetative development of citrus rootstocks. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, 46 (4), 407-412. <https://www.scielo.br/j/pat/a/TsW38rwCRynyS6NzwkGNfsk/?format=pdf&lang=en>
- Rivillas Osorio, C. A., Calle, C. M. y Ángel Calle, C. A. (2019). Micorrizas arbusculares: aplicación de ciencia tecnología e innovación en el cultivo del café ajustado a las condiciones particulares del Huila. *Cenicafe*, 3, 52–79. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4223/1/Cap03.pdf>
- Vílchez, L. O. (2002). *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central*. CATIE. pp1-278. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A4575e/A4575e.pdf>