

Agropunto

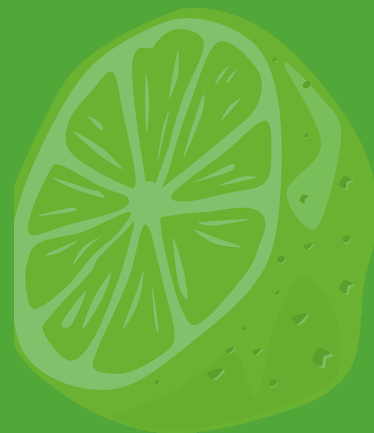
Productos biológicos para el campo

FICHA TÉCNICA

CITRUS SPP.

Limón mexicano, limón persa, naranja,
pomelo y mandarina, etc.

Aplicación de hongos formadores de
micorrizas arbusculares en viveros
y plantaciones de cítricos.



HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES
en viveros y plantaciones de cítricos.

Citrus spp. / limón mexicano, limón persa, naranja, pomelo, mandarina, etc.

Los cítricos cultivados pertenecen botánicamente al orden de las *Geraniales*, familia de las *Rutáceas*, y a los géneros *Citrus*, *Fortunella* Y *Poncirus*, a los que comúnmente se denominan con el término genérico de *citrus*. Actualmente se desarrollan en casi todas las regiones del mundo dentro de la banda delimitada por la línea de 40° de latitud N y S. Las numerosas especies del género *Citrus* provienen de las zonas tropicales y subtropicales de Asia y del archipiélago Malayo. El área comúnmente asociada a su origen está ubicada en el sudeste de Asia, incluyendo el este de Arabia, este de Filipinas y desde el sur del Himalaya, hasta Indonesia. Dentro de esta gran región, el noreste de India y norte de Burma, serían las regiones más importantes, debido a la diversidad de especies encontradas recientemente en la provincia de Yunnan (centro-sur de China). Los cítricos se cultivan desde épocas remotas (más de 4000 años). Sus frutas atrajeron la atención de los pueblos primitivos, que se supone ya las cultivaban mucho tiempo antes de que aparecieran en los países europeos. Se sabe que la apariencia de la fruta y sus flores cautivaron a los primeros viajeros, que no sólo la describieron en sus memorias, sino que la llevaron a otras regiones.

Las primeras frutas conocidas en Europa hacia 310 (A.C.) pertenecían al grupo de las cidras (*Citrus medica* L.), originario de la región comprendida entre el sur de China e India. Las limas (*C. aurantifolia* Swingle) aparentemente se originaron en el este de la India. Desde allí fueron difundidas a través del Mar de Omán. El centro de origen de los limones (*C. limon*. Burmann), es totalmente desconocido, pero se cree que son híbridos de lima y cidra. La naranja dulce (*C. sinensis* (L.) Osbeck), originaria del sudeste de China, probablemente haya sido llevada a Europa por los romanos, sin embargo, hay evidencias del cultivo de naranjas antes de la destrucción de Pompeya (ocurrida en el año 79 D.C.), según se observa en un mosaico entre las ruinas de la ciudad. Se sabe con certeza que las naranjas fueron cultivadas por varias centurias en China, antes que los europeos la conocieran y sus referencias se encuentran en manuscritos y documentos muy antiguos. La naranja agria (*C. aurantium* L.) es originaria del sudeste de Asia (posiblemente India). A partir de su dispersión desde el centro de origen, es poco lo que se conoce sobre la manera en que se han distribuido los cítricos. Desde Asia fueron llevados al norte de África y al sudeste de Europa. Posteriormente fueron traídos a América por los europeos, alrededor de 1500. La naranja de ombligo Washington se originó en Bahía, Brasil, y desde allí fue llevada a Australia, y a Florida y California en los EE.UU. El pomelo (*C. grandis* (L.) Osbeck), llamado también shaddock, se originó en el archipiélago de Malasia. Híbridos de estas primeras plantas fueron llevados a Europa y desde allí al Caribe. Probablemente los pomelos verdaderos (*C. paradisi* Macf.) se originaron por una mutación o como un híbrido de pomelo en Barbados (Indias Occidentales). A Florida (EE.UU.), productor de pomelos más importante del mundo, fueron introducidos desde el Caribe como semillas. El área de origen de las mandarinas (*C. reticulata* Blanco) probablemente esté ubicada en la región de Indochina y sur de China, llevadas por los primeros viajeros hacia el este de la India. La mandarina Willowleaf (*C. deliciosa* Tenore) fue llevada desde China, (recién en 1805) a la región del Mediterráneo, donde pasó a ser la especie más importante. Una vez en América y desde el Caribe y Brasil (a donde llegaron primero), los cítricos se extendieron por todo el continente llevados por misioneros de la Iglesia Católica. Especies de géneros afines a los cítricos como *Fortunella* y *Poncirus*, también originarios de la China, hoy en día se los puede encontrar en todas las regiones citrícolas del mundo. La investigación y el mejoramiento de los cítricos se inició con las teorías de Mendel y Darwin. Los EE.UU. han sido líderes en el desarrollo de tecnología de producción citrícola. Primero California y luego Florida, se transformaron en los principales centros de investigación y producción en todo el mundo. Así aparecieron nuevas variedades creadas por el hombre como los tangelos, los citranges y el limequat.

Clasificación de las principales especies de cítricos

Las especies del género *Citrus* tienen una gran facilidad de hibridación por lo que tradicionalmente ha habido mucha confusión en la clasificación taxonómica de muchas especies. En 1997 Mabberley, propuso una clasificación pragmática de los principales *Citrus* cultivados de modo que aclarase el caos que muchas veces hay según se consulten unas fuentes u otras. Esta clasificación simplifica y aclara el género y parece contar con el consenso de los principales botánicos.

Mabberley, postula que únicamente existen tres especies principales *Citrus médica*, *Citrus máxima* y *Citrus reticulata*, siendo todas las restantes, híbridos de estas tres. Esta teoría solo hace referencia a los cítricos cultivados, no al resto de especies de este género. La clasificación quedaría como sigue:

1. ***Citrus medica* L.** Es el citrón o cidra, incluye el cultivar 'Etrog' utilizado en la fiesta judía de los tabernáculos. Con dos taxones híbridos:
 - *Citrus limon* (L.) Osbeck. Que es el limonero.
 - *Citrus jambhiri* Lush., es el limón rugoso.
2. ***Citrus máxima* (Burm.) Merr.** Es la pampelmusa o pomelo. Con dos taxones híbridos:
 - *Citrus aurantifolia*, son las limas, que son híbridos de *C. médica* o *C. limon*, con la papada de flor pequeña *C. micrantha*.
 - *Citrus aurantium* (*Citrus máxima* x *Citrus reticulata*), que forman el grupo de las naranjas amargas. Dentro de este taxón se consideran otros cuatro híbridos más.
 - *Citrus sinensis*, son también híbridos de *Citrus máxima* x *Citrus reticulata* pero con mayor proporción de mandarina, son los naranjos, que producen las conocidas naranjas dulces.
 - *Citrus paradisi*, es el pomelo o toronja, que es un retro-cruce entre naranja y *C. máxima*.
 - *Citrus nobilis*, son los tangor y también la mandarina King. También son retro-cruces con *C. máxima*.
 - *Citrus tangelo*, son los tangelos. Que son sucesivos cruces de *C. paradisi* o *C. máxima* y *C. reticulata*.
3. ***Citrus reticulata* Blanco.** Englobaría todas las tangerinas, mandarinas, satsumas y clementinas.
 - *Citrus tangerina* Tanaka, es el mandarino o tangerina. Según sean los autores, la clasificación taxonómica de esta especie varía: Para unos es un híbrido entre *Citrus reticulata* y *Citrus aurantium*; para otros es una especie distinta y para otros más, sería simplemente una variedad de *Citrus reticulata*.

• Otras especies

- | | |
|--|--|
| • <i>Citrus assamensis</i> R.M.Dutta & Bhattacharya | • <i>Citrus inodora</i> F.M.Bailey <i>Citrus wintersii</i> Mabb. |
| • <i>Citrus aurantiaca</i> Swingle | • <i>Citrus japonica</i> Thunb. |
| • <i>Citrus australasica</i> F.Muell. | • <i>Citrus junos</i> Siebold ex Tanaka |
| • <i>Citrus australis</i> (A.Cunn. ex Mudie) Planch. | • <i>Citrus khasya</i> Markovitch |
| • <i>Citrus cavaleriei</i> H.Lév. ex Cavalerie | • <i>Citrus latipes</i> (Swingle) Yu.Tanaka |
| • <i>Citrus garrawayi</i> F.M.Bailey | • <i>Citrus polyandra</i> Yu.Tanaka |
| • <i>Citrus glauca</i> (Lindl.) Burkill | • <i>Citrus x polytrifolia</i> Govaerts |
| • <i>Citrus gracilis</i> Mabb. | • <i>Citrus swinglei</i> Burkill ex Harms |
| • <i>Citrus halimii</i> B.C.Stone | • <i>Citrus trifoliata</i> L. |
| • <i>Citrus indica</i> Yu.Tanaka | • <i>Citrus warburgina</i> F.M.Bailey |

• Híbridos principales

- *Citrus bergamia* - Bergamota. Es un híbrido de limetta y naranja amarga.
- *Citrus depressa* - Shikwasa
- ***Citrus latifolia*** - Lima Persa
- *Citrus limetta* - Limón dulce
- *Citrus hystrix*
- *Citrus ichangensis* - Papeda
- *Citrus limodulcis* D.Rivera, Obón, F.Méndez & S.Ríos
- *Citrus limonia* Osbeck - lima mandarina, lima de Cantón, limón rugoso, Lima Rangpur, Limón Cravo, Limón hime.

En 2010 el estado de Veracruz, México, contaba con 36 mil ha plantadas con **limón Persa** (*Citrus latifolia* Tan.), que produjeron poco más de 437 mil toneladas de fruta, con un valor de casi 1,200 millones de pesos. Ya para 2014, continuaba siendo el principal estado productor nacional con 558 mil toneladas anuales lo cual generó un valor de 1,484 millones de pesos (mdp), es decir, el 30% del total nacional. A nivel local destaca el hecho de que Martínez de la Torre es el mayor productor de limón en el país, contribuyendo con el 11% de la producción total (217 mil toneladas anuales) y con esa misma proporción del valor de la producción (548 mdp). Otros municipios importantes a nivel nacional son: Atzacan que participa con el 4% del valor de la producción nacional, Tlapacoyan con el 3.2 y San Rafael con el 3%. Un poco más lejos se ubica Papantla con el 1.5%, Misantla con 1.2 y Cuitláhuac y Carrillo Puerto con 1% respectivamente. Estos ocho municipios de Veracruz, concentran el 26% del valor de la producción nacional de limón. Debido a su probada rentabilidad, se ha expandido y establecido con aparente éxito, a municipios del centro y sureste del estado, donde desafortunadamente las condiciones de calidad del suelo (físicas, químicas y biológicas) son diferentes. Hasta donde se sabe de manera informal, su expansión continuará en 2022.

Los HMA y su relación con los cítricos

La simbiosis entre **hongos de micorrizas arbusculares** (HMA) y el 80% de las especies vegetales, es una de las asociaciones más antiguas, con evidencias de su existencia desde hace más 400 millones de años, jugando un papel predominante en la adaptación de plantas a los ecosistemas terrestres, empleando mecanismos de co-evolución HMA-plantas. Hay varios tipos de hongos micorrizicos, principalmente endo y ecto micorrizas. Las micorrizas arbusculares (endo-micorrizas), que es la simbiosis planta-raíz más generalizada, ocurre en casi el 90% de las especies de plantas terrestres, incluidas plantas de cítricos (Gadkar et al., 2001). Las endomicorrizas específicamente tienen más de 150 especies de estos hongos y colonizan aproximadamente 225.000 especies de plantas hospedantes (Wu et al., 2009).

Uno de los beneficios de esta simbiosis más estudiados, a nivel mundial, está relacionado con la nutrición vegetal en ambientes con restricción de nutrientes, en donde, mediante mecanismos de intercambio bidireccional de nutrientes la planta suministra al hongo carbohidratos para su metabolismo y el hongo favorece la toma y transporte de nutrientes que la planta requiere. La simbiosis favorece la tolerancia de la planta a estrés biótico o abiótico, mejora las características físicas del suelo y favorece la diversificación de especies vegetales en ecosistemas. Se conoce en la agricultura que uno de los principales problemas para establecer una plantación agrícola, es tener agua disponible para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo. Se ha concluido en estudios que las micorrizas en simbiosis con la planta generan una tolerancia a la sequía como resultado de efectos físicos, alimenticios, fisiológicos y celulares (Raddatz 2001). La simbiosis se da cuando el hongo absorbe fotosintatos producidos por la planta y ésta obtiene nutrientes e incrementa su rizósfera, por efecto de las hifas de las micorrizas, teniendo así una mayor área de absorción (Sieverding 1991).

Uno de los problemas que se enfrentan los cultivos en lo que a este tema se refiere y sobre todo cuando se considera el sincronismo de inoculación, es la competencia que representan las micorrizas nativas (muchas, poco eficientes), ya que cuando se inocula en un cultivo establecido, la colonización por las cepas seleccionadas se torna difícil, en vista de la colonización inicial por las cepas nativas. La colonización de las micorrizas está también determinada por la cantidad de fósforo que se encuentra en el suelo. A mayor concentración de fósforo en el suelo, menor el porcentaje de infección las raíces de la planta (Calla 2002).

La biofertilización representa una clara ventaja en este aspecto, ya que una vez establecida la infección y la simbiosis, el suministro de nutrientes es continuo durante el ciclo completo del cultivo, que en promedio es de

cinco años. En cítricos, por ser este un cultivo perenne, la inoculación con micorrizas vesículo arbusculares (VAM), ha mostrado mucho potencial en mejorar el desempeño de este cultivo (*Andreola 1982*).

Read y Fremont (1935) fueron los primeros en darse cuenta de la importancia de las micorrizas para plantas de cítricos. *Srivastava et al.* (2002) indicó que las micorrizas son muy eficaces en suelos de baja fertilidad y textura gruesa. En EE. UU., especialmente en extensas áreas agrícolas, el bromuro de metilo fue utilizado para eliminar organismos dañinos del suelo. Al mismo tiempo, especies nativas viables de micorrizas, murieron, y, en consecuencia, las plantas se atrofiaron. Más tarde (*Klein Schmidt y Gerdemann, 1972*) informaron que la deficiencia de nutrientes en el huerto de cítricos aplicado con bromuro de metilo, pudo ser causado por la eliminación de micorrizas.

Se ha demostrado que existe una amplia gama de morfo-especies de HMA asociados a la rizosfera de estos árboles, lo que sugiere que los HFMA pueden ser utilizados en especies arbóreas o arbustivas en forma de biofertilizantes, en plantas con cualquier tipo de reproducción por semilla, vegetativa o por producción in vitro, constituyéndose en una alternativa valiosa para solucionar problemas de propagación, aclimatación y nutrición de las especies, permitiendo establecer sistemas de producción más eficientes, precoces y productivos, que contribuyen con la sostenibilidad por que requieren una menor aplicación de insumos fertilizantes, riego y pesticidas, con sus respectivas reducciones en costos de insumos y mejoras en la eficiencia en el establecimiento y producción en sistemas forestales. Adicionalmente, esta tecnología puede ser fácilmente transferible a técnicos y agricultores.

El uso de HMA se ha convertido en una interesante alternativa para reducir pérdidas en procesos de multiplicación, aclimatación y adaptación de diferentes especies vegetales (semestrales y perennes) a diversas condiciones agroecológicas. Logran mayor supervivencia de plantas a nivel de vivero debido al incremento en el crecimiento de raíces y mejor nutrición en estados tempranos de desarrollo; reducción de tiempos en vivero por las mayores tasas de crecimiento y acumulación de biomasa y mejor adaptación a condiciones de estrés hídrico y nutricional bajo condiciones de campo. Estos efectos se ven reflejados en incrementos en porcentajes de nacencia, establecimiento, supervivencia, capacidad de producción de biomasa su desarrollo y en el rendimiento y la calidad del producto final, que para el productor en general se convierten en mayor competitividad y sostenibilidad, con reducciones de costos de producción y mejora en los ingresos.

Sin excepción, todas las especies e híbridos de cítricos, resaltando los utilizados como Patrones o Porta-injerto, son compatibles con los HMA, con quienes establecen una relación simbiótica firme y duradera, ya sea desde vivero o ya establecidas las plantas en el terreno definitivo.

El potencial de las micorrizas, como entidad biológica, aumenta la eficiencia de absorción de las plantas sensibles, a las fuentes de nutrientes nativos, sobre todo en suelos empobrecidos de ellos (*Marschner, 1995*). Una vez que la planta se infecta o se coloniza con micorrizas, las plantas pueden estar llevando a cabo y durante un largo período de tiempo, la micorrización de sus nuevas raíces.

Las principales funciones de los HMA en las plantas son (i) promover la absorción de minerales, especialmente P, Zn, Cu y NH₄, (ii) aumentar la absorción de agua, (iii) estimular el crecimiento, (iv) frutos de alta calidad, (v) mejorar la resistencia a los agentes ambientales (estrés), y (vi) mejorar la resistencia a las enfermedades del suelo.

Manejo de la fertilización en plantaciones comerciales en cítricos.

De acuerdo a Salgado G. Sergio *et al.* (2007) ([Fuente: Scielo.org](#)), quienes utilizaron el Sistema Integrado para Recomendar Dosis de Fertilización (SIRDF) y así generar un programa de fertilización sustentable en plantaciones de cítricos de la Sabana de Huimanguillo Tabasco, México, lo más parecido a las condiciones edafoclimáticas del Bajo Papaloapan, se obtuvieron datos climáticos locales y las propiedades físicas y químicas de los suelos, y con ello, la demanda de 10 nutrientes del limón Persa y naranja Valencia, en función del potencial de rendimiento. La tasa de fertilización para N, P y K se determinó para cada subunidad de suelo. Los resultados muestran que las temperaturas de la región son adecuadas para los cítricos, pero la escasa precipitación registrada (históricamente) de febrero a mayo, limita la producción de estos cultivos. Se determinaron dos grupos de suelos: Acrisoles y Cambisoles, ambos con suministro restringido de nutrientes para el cultivo. De acuerdo con el SIRDF las dosis de fertilización de N, P₂O₅ y K₂O /ha para Limón Persa son: 207-69-240 para Acrisoles Distri-Hiperferricos; 207-69-300 para Acrisoles Ferri-Plinticos; 184-69-240 para Acrisoles Humi-Plinticos, Acrisoles Humi-Úmbricos y Acrisoles Umbri-Plinticos; 230-92-300 para Acrisoles Umbri-Gléyicos. Mientras que, en el cultivo de naranja Valenciana, se generaron las siguientes dosis de fertilización: 115-46-120 para Acrisoles Distri-Hiperferricos; 138-46-180 para Acrisoles Ferri-Plinticos, Acrisol Humi-Plintico y Acrisol Humi-Úmbrico; 138-46-150 para Acrisoles Ferri-Úmbricos y Acrisoles Umbri-Gléyicos; 115-46-180 para Acrisoles Gleyi-Plinticos; y 115-46-150 para Acrisoles Umbri-Plinticos.

Bajo las condiciones de la Sabana de Huimanguillo y debido al mayor rendimiento de fruto, las plantaciones de Limón Persa presentan mayores demandas de N, P y K que las de Naranja Valencia (Quaggio *et al.* 2002). Las demandas estimadas de N, P y K de los cultivos de cítricos, están dentro de los valores reportados para diversas regiones citrícolas del mundo (Obreza 2003, Alva *et al.* 2006). Sin embargo, las dosis de fertilizantes para Naranja Valencia recomendadas en este estudio, son más bajas en N y P que la dosis propuesta por (Pastrana *et al.* 1995) para plantaciones de NV y que las dosis recomendadas para otras regiones citrícolas del país (Olarde-Ortiz *et al.* 2001, Pérez 2004). Sin embargo, la dosis recomendada sugiere mayor aportación de K, ya que el contenido de este elemento en el suelo es pobre, además de su relación con los azúcares del fruto de los cítricos (Quaggio *et al.* 2002).

Para el LP solo se recomienda la dosis total por año de 450-150-225 kg ha⁻¹ (Curti *et al.* 2000). Esta dosis es extremadamente alta, pero de baja eficiencia, por lo que no es aplicable a las condiciones climáticas y edáficas de Tabasco (Obreza 2003). Dicha fórmula supera en mucho las dosis determinadas en este estudio para LP (Quaggio *et al.* 2002, Malavolta 2006). Estas dosis de kg de NPK/ha, en promedio, extrapolándolas para la región del Babo Papaloapan, son: para Limón Persa (200 de N; 70 de P; y 250 de K); mientras que para Naranja Valencia (120 de N; 46 de P; y 150 de K).

Según Sandoval Rincón José Alfredo (2020) ([Fuente: iap México](#)), la fertilización por planta, en la región de Martínez de la Torre, depende de su edad, según el siguiente Cuadro.

Sin duda, con apoyo de **micorrizas Agropunto**, las plantas podrán aprovechar mejor y más eficientemente estas aportaciones adicionales a las que tiene naturalmente el suelo, y mostrar sus beneficios en la producción, calidad de la cosecha, ingresos y menores daños ecológicos por menor contaminación por fertilizantes químicos, al ambiente.

FERTILIZACIÓN AL SUELO PARA ÁRBOLES DE LIMÓN PERSA

Elemento	Gramos del elemento por árbol según su edad (Años)					
	1	2	3	4	5	6 y más
Nitrógeno (Urea)	80	120	140	200	500	800
Fósforo (Superfosfato de calcio triple)	20	20	32	40	160	300
Potasio (Cloruro de potasio)	0	32	40	80	240	440

Curti et al., 2000. INIFAP-C.E. Ixtacuaco

Fraccionado en:

- Dos aplicaciones: Agosto, Enero
- Tres aplicaciones: Febrero, Septiembre, Noviembre
- Cuatro aplicaciones: Febrero, Junio, Septiembre, Noviembre



Algunos estudios realizados en cítricos y su interacción con hongos micorrizicos arbusculares:

Es de principal importancia **reconocer** que la **evaluación de los HMA en la etapa de vivero**, es la que mejor permite conocer su **efectividad biológica**, ya que se prueban en las raíces de las plantas **porta-injerto** (Patrones), ya que son realmente ellas, las responsables de la absorción de agua y nutrientes del suelo y re-enviárselos al resto de la planta, que corresponde a la variedad comercial de interés. Si funciona en la etapa de vivero, sin dudas funcionará también en la etapa de trasplante y post-trasplante, incluso después de los primeros 3 o 4 años de establecidas, si no hubieran sido inoculadas antes. Sin embargo, por el mayor volumen y extensión de las raíces en arbolillos y árboles ya en desarrollo en las huertas, se requiere de mayor cantidad de inóculo, es decir, mayor dosis/árbol/ha y aplicarlas de manera uniforme en la zona de goteo, área circular alrededor del tronco del árbol, donde primeramente el agua de una lluvia, cae o escurre.

A continuación, se presentan algunos estudios de la efectividad biológica de los hongos formadores de micorrizas arbusculares, en cítricos, priorizando la etapa de vivero sobre la de desarrollo en huerta. En realidad, sobre la segunda etapa, la de desarrollo en huerta, no son abundantes. En general, la mayoría muestra la posibilidad de disminuir las dosis de fertilización química hasta en un 50% sin afectar rendimiento ni la calidad de la cosecha. En algunos de los trabajos revisados con resultados dudosos o inconsistentes, pero no contrarios a ellos, sus autores reconocieron que pudo deberse a que los suelos contenían cantidades tan elevadas de fósforo, que seguramente inhibieron la inoculación y trabajo de las micorrizas; en otros, la calidad de las esporas y micelios no fue el adecuado; mientras que, en otros, las parcelas eran tan pequeñas y las plantas de los tratamientos tan cercanas, que hubo una contaminación (inoculación) generalizada con los hongos entre ellas.

ESTUDIO 1.

La asociación micorrízica arbuscular en cítricos se reportó por primera vez en 1933 (Antunes y Cardoso, 1991) y, en los últimos años, numerosos investigadores han resaltado la importancia de la simbiosis para un adecuado crecimiento de la planta y mayor supervivencia de las plántulas producidas en vivero (Timmer y Leyden, 1980; Botello et al., 1993; González-Chávez et al., 1998). Respecto a la introducción de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), Sieverding (1991) señaló que la inoculación es mucho más factible en plántulas que crecen en los viveros cítricos que en plantas que crecen en campo, por la cantidad de inóculo que se requiere. Dentro de las prácticas de vivero en la producción de plántulas de cítricos, el uso de fertilizantes fosfatados es una práctica común, sobre todo de fertilizantes con P soluble; sin embargo, estos incrementan los costos de producción y casi siempre afectan la eficiencia de los HMA

(Timmer y Leyden, 1980; Graham y Timmer, 1984; Barea, 1991; Bolan, 1991). El uso de fertilizantes menos solubles puede presentar ventajas para la simbiosis y conveniencias económicas para los viveristas. Antunes y Cardoso (1991) reportaron que la fertilización con roca fosfórica (RF), junto con HMA, puede ser usada como una práctica viable, con ventajas económicas y ecológicas en la producción de cítricos. Kiernan et al. (1983) mencionaron que, para programas comerciales de inoculación con HMA, es fundamental realizar una selección de hongos, así como de dosis de P, que favorezcan el óptimo crecimiento de las plantas, sin alterar la efectividad de la simbiosis micorrízica. En algunos trabajos publicados, *Glomus* sp. Zac-19 (especie de origen mexicano) ha mostrado ser un hongo altamente eficiente en promover el crecimiento de cítricos y otros frutales (Ferrera-Cerrato y González-Chávez, 1997,1998; González-Chávez et al., 1998), por lo que el objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la inoculación con *Glomus* sp. Zac-19 y tres dosis de roca fosfórica en el desarrollo de tres porta-injertos de naranjo agrio.

En el estudio de “Roca fosfórica y *Glomus* sp. en el crecimiento de naranjo agrio” de M.C. González Chávez y R. Ferrera-Cerrato (Fuente: [Redalyc](#)), se evaluó el efecto de la adición de roca fosfórica en cuatro dosis (0, 30, 60 y 90 mg de P_2O_5 kg⁻¹ de suelo) y de la inoculación con *Glomus* sp. Zac-19 en el crecimiento de tres porta-injertos: naranjo agrio, naranjo agrio australiano y naranjo agrio Brazilian. La inoculación incrementó el crecimiento de las plántulas a partir de los 105 días después del trasplante (DDT), pero fueron estadísticamente significativos hasta los 135 DDT (Figura y Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de la inoculación endomicorrízica sobre el crecimiento del naranjo agrio.

Tratamiento	Area foliar			Peso seco			Volumen radical			Contenido de P		
	NA	NAA	NAB	NA	NAA	NAB	NA	NAA	NAB	NA	NAA	NAB
	cm ²			g			cm ³			%		
Testigo	36.3 b	43.5 b	31.1 b	0.36 b	0.45 c	0.32 c	2.8 b	4.6 b	3.0 b	0.05 b	0.06 b	0.06 b
<i>Glomus</i> [†]	407.5 a	267.2 a	442.5 a	4.02 a	3.67 ab	3.45 b	15.1 a	17.5 a	15.5 a	0.18 a	0.21 a	0.23 a
P ₁	44.9 b	56.6 b	ND	0.40 b	0.62 c	ND	3.7 b	4.3 b	ND	0.06 b	0.06 b	ND
P ₂	38.4 b	57.8 b	36.6 b	0.40 b	0.60 c	0.32 c	3.3 b	3.3 b	2.8 b	0.06 b	0.06 b	0.06 a
P ₃	42.6 b	54.5 b	ND	0.37 b	0.50 c	ND	3.1 b	3.4 b	ND	0.07 b	0.06 b	ND
<i>Glomus</i> +P ₁	561.0 a	432.0 a	ND	4.85 a	3.97 a	ND	16.7 a	16.5 a	ND	0.18 a	0.20 a	ND
<i>Glomus</i> +P ₂	494.3 a	175.6 b	507.8 a	4.25 a	2.02 bc	4.60 a	14.6 a	7.3 b	16.0 a	0.18 a	0.20 a	0.21 a
<i>Glomus</i> +P ₃	467.3 a	218.7 b	ND	3.90 a	3.07 ab	ND	16.1 a	14.5 a	ND	0.19 a	0.21 a	ND

Naranjo agrio (NA), Naranjo agrio Australiano (NAA) y Naranjo agrio Brazilian (NAB).

[†]*Glomus* sp. Zac-19, P₁ = 30, P₂ = 60, P₃ = 90 mg de P_2O_5 kg⁻¹ a partir de roca fosfórica.

Letras idénticas dentro de la misma columna son estadísticamente iguales. ND = No determinado.

La altura de plantas inoculadas fue tres veces mayor que la altura de plantas testigo. No se observó interacción entre los diferentes dosis de fertilización y la inoculación en los parámetros de crecimiento evaluados en los porta-injertos naranjo agrio y naranjo agrio Brazilian, pero en el caso de naranjo agrio australiano se observó interacción negativa a los 105 y 135 DDT cuando se fertilizó con 60 mg de P_2O_5 kg⁻¹. La fertilización no afectó la colonización micorrízica en ninguno de los porta-injertos. Se sugieren efectos de la roca fosfórica en suelos de condición más ácida, donde la introducción de hongos arbusculares durante los procesos de propagación de cítricos y su combinación con roca fosfórica de bajo costo, podría ser una metodología atractiva para usarse en los viveros, lo cual repercutiría en la obtención de plantas

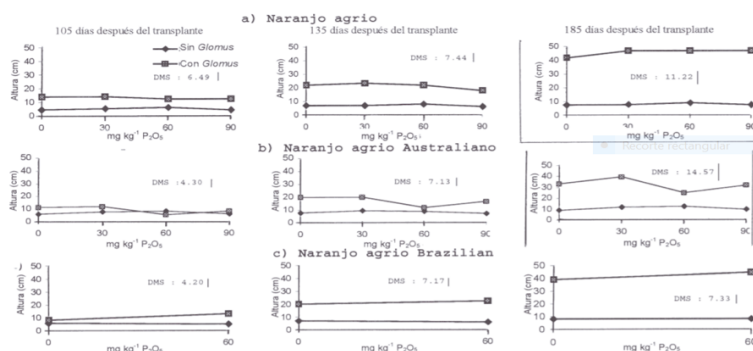


Figura 1. Efecto de la inoculación con *Glomus* sp. Zac-19 y dosis de roca fosfórica en la altura de tres portainjertos de naranjo agrio en tres fechas después del trasplante.

ESTUDIO 2.

“Efecto de la fertilización NPK en plantas micorrizadas de *Citrus macrophylla*” realizado por J.M. Navarro, J.G. Pérez-Pérez y A. Morte, de la Universidad de Murcia, España, (Fuente: [Sech.info](#)) menciona que los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) permiten a la planta utilizar los nutrientes de forma más eficiente. Se estudió el efecto de una reducción de la fertilización NPK en plantas micorrizadas. Plantas de *Citrus macrophylla* (porta-injerto muy utilizado en citricultura) se inocularon (+HMA) con *Rhizophagus irregularis* + *Funneliformis mosseae*, o permanecieron sin inocular (-HMA). Tras cuarenta días, en cada tratamiento de micorrizas empezaron tres ensayos paralelos de fertilización (N, P y K). Los tratamientos de N fueron: 0N, 0.25N y N (sin N, 25% y 100% del N del control respectivamente). En el ensayo de P: 0P, 0.1P y P (sin P, 10% y 100% del P del control respectivamente). En el ensayo de K: 0K, 0.1K y K (sin K, 10% y 100% del K del control respectivamente).

En general, las plantas de *C. macrophylla* micorrizadas crecieron más que las no micorrizadas ya que al final del ensayo las plantas +HMA tuvieron un tamaño 40- 50% superior al de plantas -HMA. (Tablas 1, 2 y 3). Incluso con un nivel 0.25N los hongos AM conseguían plantas de igual tamaño que las -HMA control. La elevada eficiencia en la absorción de nutrientes de las plantas +HMA fue incluso más evidente en el caso del P. Plantas +HMA sin P (0P) tenían el mismo tamaño que plantas -HMA control. Respecto al K, plantas +HMA y 0K crecieron más que plantas -HMA control.

Tabla 1. Efecto de la micorrización y la fertilización de nitrógeno sobre el crecimiento y la nutrición de plantas de *Citrus macrophylla*.

Micorrizas	Fertilización	PF PA nueva† (g)	PF planta (g)	Altura nueva† (cm)	N	P	K
-AM	0N	0,30a	9,5a	1,5a	1,40b	36,0b	16,9a
	0.25N	2,81b	14,0b	19,3b	2,04c	20,5a	317,6c
	N	5,70c	15,1bc	30,4d	4,07e	20,0a	447,4d
+AM	0N	0,51a	9,2a	3,4a	0,95a	97,9e	180,7b
	0.25N	4,92c	16,2c	25,0c	1,63b	77,1d	590,8e
	N	13,37d	26,5d	51,4e	2,74d	52,4c	417,7d
Anova							
Micorriza (AM)		***	***	***	***	***	***
Nitrógeno (N)		***	***	***	***	***	***
AM x N		***	***	***	***	***	***

† Peso fresco de la parte aérea y altura de la planta después de aplicar el tratamiento de nutrición.

Los valores seguidos por la misma letra en una columna no son significativamente diferentes a un nivel 0.05 de probabilidad según el test de Duncan. *** indica diferencias significativas entre medias al 0.1% nivel de probabilidad.

Tabla 2. Efecto de la micorrización y la fertilización de fósforo sobre el crecimiento y la nutrición de plantas de *Citrus macrophylla*.

Micorrizas	Fertilización	PF PA nueva† (g)	PF planta (g)	Altura nueva† (cm)	N	P	K
-AM	0P	2,52a	11,18a	17,69a	4,2cd	16,0a	154,9
	0.1P	2,27a	10,47a	19,87a	4,0c	16,8a	312,1
	P	5,70b	15,08b	30,41b	4,1c	20,0b	447,4
+AM	0P	5,55b	15,28b	32,90b	4,4d	19,9b	254,1
	0.1P	9,75c	23,02c	43,64c	3,8b	25,4c	324,2
	P	13,36d	26,52d	51,42d	2,7a	52,4d	417,7
Anova							
Micorriza (AM)		***	***	***	***	***	ns
Fósforo (P)		***	***	***	***	***	***
AM x P		***	**	*	***	***	ns

† Peso fresco de la parte aérea y altura de la planta después de aplicar el tratamiento de nutrición.

Los valores seguidos por la misma letra en una columna no son significativamente diferentes a un nivel 0.05 de probabilidad según el test de Duncan. *, ** y *** indican diferencias significativas entre medias al 5, 0.5 y 0.1% nivel de probabilidad respectivamente. ns = no significativo.

Tabla 3. Efecto de la micorrización y la fertilización de potasio sobre el crecimiento y la nutrición de plantas de *Citrus macrophylla*.

Micorrizas	Fertilización	PF PA nueva† (g)	PF planta (g)	Altura nueva† (cm)	N	P	K
-AM	0K	4,18	12,93	25,93	4,1	19,8	306,7
	0.1K	5,19	15,26	29,17	4,1	20,4	340,2
	K	5,70	15,08	30,41	4,1	20,0	447,4
+AM	0K	12,74	26,35	49,81	2,7	49,6	267,7
	0.1K	12,18	24,02	48,54	2,8	53,0	275,1
	K	13,36	26,52	51,42	2,7	52,4	417,7
Anova							
Micorriza (AM)		***	***	***	***	***	***
Potasio (K)		ns	ns	ns	ns	ns	***
AM x K		ns	ns	ns	ns	ns	ns

† Peso fresco de la parte aérea y altura de la planta después de aplicar el tratamiento de nutrición.

Los valores seguidos por la misma letra en una columna no son significativamente diferentes a un nivel 0.05 de probabilidad según el test de Duncan. *** indica diferencias significativas entre medias al 0.1% nivel de probabilidad. ns = no significativo.

Las hifas de los hongos AM actúan como una bomba, suministrando a las raíces de las plantas un extra de sales minerales y agua a las que de otra manera no tendría acceso (Dalpe, 1997). La micorrización produjo un mayor crecimiento de las plantas incluso con bajos niveles de nutrientes. Con un nivel 0.25N los hongos AM conseguían plantas de igual tamaño que el de plantas –AM con niveles control de N (Tabla 1). La elevada eficiencia en la absorción de nutrientes de las plantas +AM fue incluso más evidente en el caso del P. Plantas micorrizadas sin P (0P) tenían el mismo tamaño que plantas no micorrizadas control (Tabla 2). La fertilización de K no afectó al desarrollo de las plantas (Tabla 3), posiblemente porque las reservas de K en la planta impidieron mostrar una deficiencia durante el desarrollo del ensayo. Independientemente del nivel de K los hongos AM duplicaron la velocidad de crecimiento de las plantas, de manera que plantas +AM sin K (0K) tuvieron un crecimiento muy superior al de plantas –AM control. La nutrición de la planta, fue muy dependiente de los tratamientos. Los niveles foliares de N y P aumentaron con sus niveles en los respectivos tratamientos, sin embargo, el K foliar fue independiente del tratamiento de K. Aunque en las disoluciones nutritivas solo variaba el elemento a estudiar y no los otros dos, la fertilización de N disminuyó los niveles foliares de P, principalmente en plantas +AM. La concentración foliar de K aumentó con la fertilización de N, P y K. En general, los hongos AM disminuyeron los niveles de N, aumentaron siempre los de P y con N bajo aumentaron los niveles de K.

Con estos ensayos se encuentran claras evidencias de que los hongos AM influyen en la nutrición de la planta y como esto afecta al crecimiento de las plantas micorrizadas mejorándolo respecto a las no micorrizadas. Incluso con bajos niveles de los nutrientes NPK, las plantas micorrizadas son capaces de crecer igual o más que plantas no micorrizadas con niveles control de estos nutrientes. Estos resultados indican que la inoculación con hongos MA podría ser una herramienta útil para aumentar el crecimiento de las plantas de Citrus macrophylla. La introducción de hongos MA en los sistemas de producción de cítricos podría permitir una reducción significativa de la aplicación de fertilizantes, disminuyendo además el tiempo de crecimiento y por tanto el costo de la producción de cítricos, constituyendo además su uso un importante potencial a tener en cuenta en la agricultura ecológica.

ESTUDIO 3.

En este estudio realizado por el Dr. José Isidro Melchor Marroquín, del Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP “**Uso de Endomicorrizas para acelerar el desarrollo de plantas de cítricos en vivero**” del inifap-CE Hixacuaco (Fuente: [Conciver](#)), la pregunta, fue **¿Por qué utilizar micorrizas en cítricos?** Respuesta: Por la necesidad de introducción de patrones tolerantes al VTC en Veracruz, ante la falta de información sobre su adaptación a las condiciones edáficas de la región citrícola. Para ello se planteó la alternativa de utilización de Hongos Micorrizicos Arbusculares (HMA), cuyas ventajas son: mejor capacidad adaptativa de las plantas que incrementan el volumen radical, facilitan la absorción de nutrimentos, mejoran uniformidad y vigor de la planta. Se instaló y desarrollo un trabajo experimental formal, con todo el protocolo científico, sobre el uso de Endomicorrizas para acelerar el desarrollo de plantas de cítricos en vivero, cuyo objetivo fue: Evaluar el efecto de los hongos Endo-Micorrízicos Arbusculares, sobre el crecimiento inicial en vivero de 5 porta-injertos de cítricos tolerantes al VTC, para la obtención de planta de buena calidad, en menor tiempo para el injertado.

Como conclusiones, se obtuvieron: 1. La tendencia de los HMA es a producir cambios a nivel fisiológico, como mayor area foliar, tasa de crecimiento y producción de biomasa 2. Los HMA representan una alternativa para acelerar el crecimiento, obtener planta de buena calidad, obtener planta más vigorosa y sana, y reducción de aplicación de agroquímicos. 3. Los mejores hongos micorrizicos, fueron: *Glomus claroides* y *Glomus intraradices*.

MATERIALES Y MÉTODOS



INOCULO	No. esporas/Kg.	Otras características
<i>Glomus intraradices</i>	1 260	Cepa pura
<i>Glomus claroides</i>	2 250	Cepa pura
Mycor	110 000	Mezcla: <i>Entrophospora colombiana</i> , <i>Glomus etunicatum</i> , <i>G. clarum</i> y <i>G. intraradices</i> ; más extractos secos y solubles de yuca

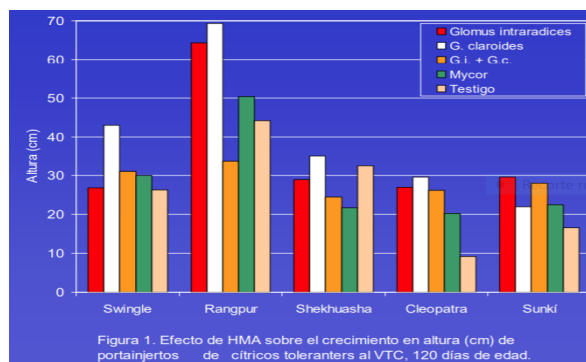
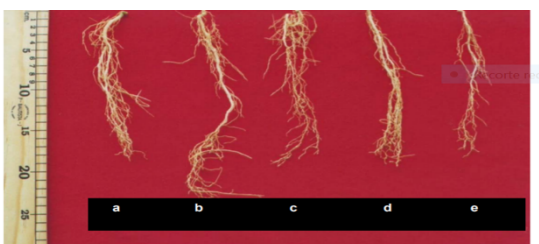


Figura 1. Efecto de HMA sobre el crecimiento en altura (cm) de portainjertos de cítricos tolerantes al VTC, 120 días de edad.



Efecto de a) *Glomus intraradices*, b) *Glomus claroides*, c) mezcla de *G. intraradices* y *G. claroides*, d) Producto micorrízico Mycor y e) Testigo, en el desarrollo radical de mandarína Cleopatra.



Efecto de *Glomus intraradices* (G.i.) y *Glomus claroides* (G.c.) sobre la altura de mandarína Cleopatra, 120 días después de inoculación.

ESTUDIO 4.

En esta exhausta revisión de literatura sobre el tema de los **hongos formadores de endo-micorrizas arbusculares**, el autor Ortas Ibrahim (2012) (Fuente: [Researchgate](#)) buscó el efecto de la inoculación de micorrizas sobre el crecimiento de los cítricos, la absorción de nutrientes y agua y la dependencia de ellos a estos hongos. Las micorrizas arbusculares (AM) son asociaciones simbióticas entre el 90% de las plantas superiores y los hongos. Dado que las plantas de cítricos tienen muy pocos pelos radicales y cortos, para obtener suficientes nutrientes y agua, necesitan una colonización micorrízica.

Se ha demostrado que la planta hospedante fue un factor que influyó en la interacción entre los hongos micorrízicos y que una mayor actividad fúngica en las hifas de los HMA, tienen un efecto significativo sobre el crecimiento de los cítricos, la absorción de nutrientes y agua; que las plantas de cítricos, dependen fuertemente y en gran medida de las micorrizas; que los hongos micorrízicos difieren en su capacidad para mejorar el crecimiento de los cultivos de cítricos y que las especies de HMA, tienen diferentes respuestas a diferentes cultivares de cítricos; que absorben nutrientes, particularmente fósforo (P), zinc (Zn) y cobre (Cu), de los menos móviles; que bajo condiciones del suelo semiárido y árido, las micorrizas mejoran la adquisición de nutrientes para las plantas-huésped y también mejoran las relaciones hídricas en condiciones de estrés por sequía; que al evaluar los efectos de diferentes especies de micorrizas en diferentes condiciones de suelo sobre porta-injertos de los cítricos, resultó que la calidad de las plántulas de cítricos colonizadas por HMA, fue alta; que su inoculación también aumenta la resistencia de la planta contra las condiciones de estrés, como sales, sequía y temperatura; que sus hifas, contribuyen a la agregación del suelo a través del efecto de la glomalina, reduciendo la erosión y mejorando de esta manera su fertilidad, la cual puede aumentar con su frecuente uso; que la colonización de las raíces por estos hongos, mejora indirectamente el crecimiento de las plantas micorrizadas bajo estrés por sequía,

al mejorar la retención de humedad del suelo por estos agregados estables del suelo; que las hifas de hongos micorrízicos participan en la absorción y transporte de agua y nutrientes, del suelo, al hospedador (planta) y se evaluó este mecanismo; y que estos hongos también aumentan la actividad de las enzimas del suelo, incluidas la deshidrogenasa, la ureasa y la fosfatasa, las cuales ayudan a la planta a ser más fuerte contra las condiciones de estrés.

Como se mencionó anteriormente, después de usar la fumigación del suelo con bromuro de metilo para mejorar la producción de cítricos en América del Norte, se observó la posterior aparición de claros y evidentes síntomas de deficiencia de nutrientes y un retraso del crecimiento (*Menge et al.*, 1978), los cuales estaban totalmente relacionados con el efecto tóxico de la fumigación, sobre estos hongos micorrízicos. Kleinchmidt y Gerdemann (1972), informaron que tales síntomas se debían a la eliminación de los HMA. Las plantas de cítricos resultaron ser muy sensibles a la falta de esos organismos autóctonos del suelo, después de la esterilización del suelo (**Fig. 23.1**), ya que las plantas no crecieron o desarrollaron normales. Timmer y Leyden (1978) demostraron que la fumigación del suelo provocó el retraso del crecimiento de las plántulas de cítricos, ya sea micorrizadas o no. En suelo estéril y después de 18 meses, el crecimiento de plántulas de cítricos mostró que las plantas no inoculadas dejaron de crecer y se atrofiaron, mientras que las plantas inoculadas, crecieron más sanas o normales, dentro de los límites que caben en esas condiciones (**Figura 23.1**).



Figura 23.1. Las 2 plantas de la imagen izquierda son **sin y con micorrizas**, en **suelo normal**; las 2 de la derecha son en **suelo estéril** y después de 18 meses de crecimiento, donde la **izquierda fue micorrizada** y la de la **derecha no**, por lo que finalmente se atrofió.

La inoculación por HMA también puede mantener el rendimiento y la calidad de los cítricos, con bajos o menores aportes de nutrientes externos, como los fertilizantes químicos. Nemec *et al.* (1981) informó que los suelos de los huertos de cítricos contienen comunidades de estos hongos, donde una sola especie, varias o todas ellas, podrían colonizar las raíces de los cítricos al mismo tiempo. Diferentes especies del mismo género de hongos, en diferentes regiones geográficas aisladas entre ellas, pueden variar con respecto a su capacidad para colonizar raíces y mejorar el crecimiento de las plantas (*Camprubi y Calvet*, 1996; *Graham et al.*, 1996; *Graham et al.*, 1982), es decir, la misma micorriza de la misma especie, puede tener diferente eficiencia biológica para un mismo hospedero, según su procedencia y adaptación a ella.

Las micorrizas producen muchos efectos en las plantas que se valoran en la horticultura, como aumentar la tasa de supervivencia de las plántulas, la tasa de crecimiento de las plantas y la cantidad de flores producido, además de la calidad de las plántulas y el crecimiento después del trasplante del invernadero, a condiciones de campo. Los árboles de cítricos tratados con micorrizas tuvieron un mejor crecimiento de las plantas y absorción

de nutrientes como P, Ca, Zn, Cu y Fe en comparación con los árboles no micorrizados (Srivastava et al., 2002). Wang y Xia (Wang y Xia, 2009) investigó los efectos del hongo *Glomus versiforme* sobre el crecimiento y la absorción de hierro de la naranja trifoliada [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] a diferentes niveles de pH de la solución nutritiva y encontraron que la colonización aumentó significativamente la altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas y masa seca, además de la acumulación de clorofila, hierro activo, hierro total y actividad de la enzima quelato-reductasa de Fe (III), en la raíz.

Se observó una alta correlación positiva y significativa entre, la cantidad de inóculo de HMA del suelo y el crecimiento y rendimiento de naranjo agrio. La inoculación del suelo con especies seleccionadas de HMA, ha sido beneficioso para aumentar la absorción de nutrientes y el crecimiento de los cítricos.

Sobre la importancia de los porta-injertos, se tienen varios testimonios, entre los que están en el artículo **Comportamiento de variedades de naranja injertadas en diferentes portainjertos en Xalostoc, Morelos** (Fuente: [inifap](#)), donde se afirma que, en la citricultura, los porta-injertos se emplean por su capacidad de modificar la calidad de fruta (Dubey y Sharma, 2016) porque pueden incrementar el rendimiento de la fruta (Georgiou y Gregoriou, 1999), la altura de copa (Mademba et al., 2012) el contenido nutrimental en hojas (Ahmed et al., 1984) y pueden proporcionar tolerancia a plagas y enfermedades (Castle et al., 1993). La mayor parte de estos porta-injertos son apomícticos (con semillas, genéticamente iguales); si se requiere mantener la homogeneidad genética, esta condición puede resultar ventajosa como un proceso de multiplicación clonal. El patrón de injerto puede conferir tolerancia o resistencia a los ataques de hongos u otros aspectos que pueden comprometer los cultivos de pie franco (son árboles que desarrollaron y tienen sus propias raíces desde que nacieron, procedentes de semillas de frutos originales de la variedad en cuestión) (Loussert, 1992). La elección correcta de un patrón es de suma importancia, ya que incide sobre el buen desarrollo del cultivo, teniendo además influencia directa sobre la adaptabilidad al suelo y al clima, vigor, calidad de fruta, producción y comportamiento a diferentes enfermedades (Gardiazabal y Rosenberg, 1991).

La deficiencia del crecimiento de cítricos por falta de nutrientes, no solo se ve afectada negativamente por la baja disponibilidad de nutrientes del suelo, sino también por la falta de capacidad de las raíces de los árboles para adquirir los nutrientes del suelo. Es importante conocer el contenido de nutrientes de las plantas antes del manejo de nutrientes. La mayoría de las veces, los agricultores utilizan fertilizaciones pesada o excesivas, por lo que existe un desequilibrio en el contenido de nutrientes, las que también reducen el desarrollo de micorrizas, especialmente en plantas de cítricos (Ortas et al., 2002a). En consecuencia, es importante conocer el requerimiento óptimo de nutrientes y equilibrar la absorción de nutrientes bajo Tratamientos micorrízicos. Se prevé que la contribución de las micorrizas sea una función de un aumento en la captación de P debido a la colonización por micorrizas. Como fuentes mundiales de fertilizante, las de P son especialmente muy limitadas y costosas, por lo que es muy razonable utilizar fuentes naturales renovables, como la selección de variedades o genotipos de cultivos de alta resistencia y simbiosis micorrízica, como fuente natural de la agricultura. Para mantener un buen estado nutricional, vale la pena inocular las raíces de las plántulas de cítricos con micorrizas. (Wu y Zou, 2009b; Wu y Zou, 2009c) mostraron que la inoculación única de HMA, aumentó significativamente el peso seco total, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu y Mn de las hojas. contenido de raíces y contenido de P, K, Ca, Fe, Cu y Zn de las plántulas, en comparación con el control sin estas micorrizas. (Wu y Xia, 2006) mostraron que, en condiciones de estrés hídrico, los niveles de K⁺ y Ca²⁺ en hojas y raíces, fueron significativamente más altos en plántulas micorrizadas, que en plántulas no micorrizadas.

Ortas et al. (2002a) probaron el efecto del nivel de P y Zn y la inoculación de micorrizas sobre el crecimiento de los cítricos. Los resultados de trabajos anteriores mostraron que el tejido vegetal de cítricos inoculados con micorrizas, tienen un contenido total de P y Zn mayor. En plantas no inoculadas, el aumento de P y Zn adicional acrecentó el contenido de P y Zn, sin embargo, la contribución de las micorrizas a este mayor contenido es mucho mayor que la aplicación de fertilizantes, como puede verse claramente en la siguiente Fig. 23.5.

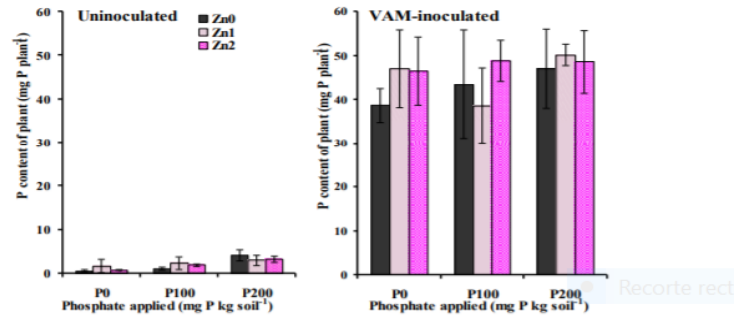


Fig. 23.5. The effect of P and Zn and mycorrhizal inoculation on total P uptake by citrus plants. Zn0 (0 mg Zn kg⁻¹ soil), Zn1 (2.5 mg Zn kg⁻¹ soil), Zn2 (5 mg Zn kg⁻¹ soil).



Fig. 23.6. Effect of phosphorus and zinc application on citrus growth with and without mycorrhizal inoculation

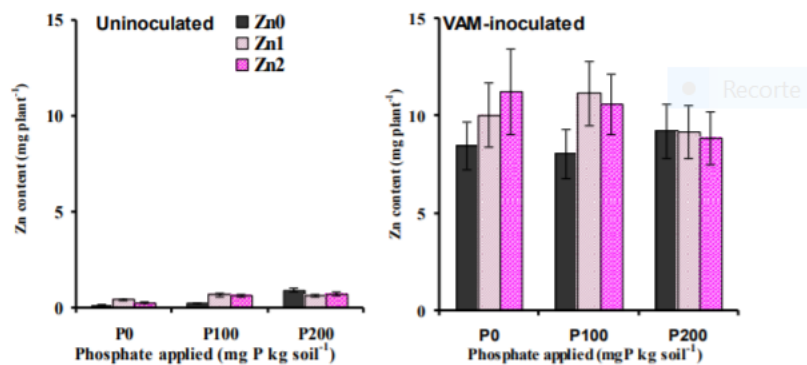


Fig. 23.7. The effect of P and Zn supply and mycorrhizal inoculation on Zn content in dry weight of citrus plants.

Figuras 23.5, 23.6 y 23.7. El efecto del suministro de diferentes dosis de P y Zn y la inoculación de micorrizas sobre el contenido de P y Zn en peso seco de plantas de cítricos.

El fosfato es uno de los tres principales nutrientes minerales que se aplican en agricultura para el crecimiento de las plantas. Según (Herring y Fantel, 1993), las fuentes mundiales de roca fosfórica son limitadas y no renovables y las reservas mundiales de roca fosfórica y la mayoría de las minas de fosfato, serán agotadas en unos 100 años. Dado que en el mundo las fuentes fosfato son limitadas, las micorrizas y otros organismos naturales solubilizantes de fosfato, deberían ser fuentes orgánicas importantes de este elemento para la agricultura sostenible. Se ha estimado que, en condiciones de campo, una reducción del 80% del fertilizante fosfatado recomendado podría complementarse con la inoculación con hongos micorrizicos arbusculares (Jakobsen, 1995).

El desarrollo de la planta del cítrico varía con la fertilidad del suelo, especialmente el P, el tipo de suelo y las especies de hongos micorrízicos presentes (Graham *et al.*, 1982). Especialmente las plantas arbóreas, como los cítricos, dependen obligatoriamente de las micorrizas (Graham, 1986; Graham y Eissenstat, 1994; Graham y Syvertsen, 1985; Krikun y Levy, 1980; Menge *et al.*, 1982; Ortas *et al.*, 2002b). En general, los porta-injertos con los pelos radiculares largos y abundantes, dependen menos de las micorrizas, que aquellos con pelos cortos o con pocos pelos radiculares (Wu *et al.*, 2009). Dado que plantas de cítricos no inoculadas no respondieron al suministro de P y Zn, se puede decir que se debió a que ellas dependían, en gran medida de la colonización de sus raíces, por micorrizas.

Wu y col. (Wu *et al.*, 2006) demostraron que en la inoculación/colonización por micorrizas, la tasa se correlacionó significativa y positivamente, con la densidad de esporas ($P < 0.01$); y se correlacionó negativamente, con el contenido de fósforo disponible en el suelo ($P < 0.01$), lo que también indica que una mayor densidad de esporas y un menor contenido de fósforo disponible en el suelo, podrían acelerar la colonización de las raíces de los cítricos, por endo-micorrizas arbusculares.

La presencia de micorrizas puede tener efectos significativos sobre la morfología de un sistema de raíces de la planta. En realidad, muchos hongos son capaces de producir hormonas de crecimiento vegetal que cambian el patrón de ramificación del sistema radicular. Diferencias entre las especies de plantas en la forma de adquisición de nutrientes, están relacionadas con el crecimiento de las raíces y la colonización de las raíces con HMA (Marschner, 1995). El inóculo de hongos AM sí afecta a la morfología de los cítricos, que podría mejorar la longitud de la raíz de la planta o la proporción raíz: brote. El crecimiento de la raíz generalmente se ve afectado por la inoculación (Fig. 23.10). Es difícil de identificar posibles efectos de los hongos MA en la función de la planta, que no están directamente relacionados con la mejora de la nutrición mineral vegetal, por la acción micorrízica. Sin embargo, varios investigadores (Eissenstat *et al.*, 1993; Graham y Syvertsen, 1984; Peng *et al.*, 1993) informaron que existe evidencia de que los hongos AM estimulan el crecimiento de las raíces de los cítricos, independientemente de la nutrición con fósforo (P). Sharma *et al.* (2009) informaron que el aumento significativo en los parámetros de crecimiento a saber, la altura, el diámetro, la longitud de la raíz y el área de la hoja, fueron más evidentes para las plántulas inoculadas con *G. fasciculatum* y *G. mosseae*. Del mismo modo (Cho *et al.*, 2009), los resultados muestran que las características de crecimiento de las plantas, como la altura de la planta, la raíz longitud, área foliar, número de raíces laterales, peso fresco de brotes y raíces, y contenido de clorofila, se mejoraron significativamente con plántulas inoculadas con HMA, en comparación con las plántulas no inoculadas. La raíz de plántulas de cítricos inoculadas con *G. mosseae* en cuanto a longitud, número de raíces laterales, número de raíces fibrosas y longitud de las plántulas, fueron en aumento en 23%, 36%, 161% y 103%, respectivamente (Tong *et al.*, 2006).



Figura 23.10. Efecto de la inoculación de micorrizas sobre el crecimiento de las raíces de cítricos.

Dado que las plántulas de cítricos con sistemas radiculares pequeños son vulnerables a la desecación (Davies y Albrigo, 1994a), la inoculación de raíces de cítricos con poblaciones de hongos AM que mejoran el crecimiento, podría mejorar la supervivencia del trasplante de plántulas del vivero, a los sitios definitivos de campo. Los resultados de Tong *et al.* (2006) mostraron que las plántulas inoculadas con *G. mosseae*, la longitud de la raíz, el número de raíz lateral y el número de raíz fibrosa y la longitud de las plántulas se incrementó en 23%, 36%, 161% y 103%, respectivamente. Los hongos micorrizicos arbusculares HMA, tienen hifas externas ($> 10 \mu\text{m}$) que ingresan al espacio intracelular y, a menudo, se desintegran para enriquecer la fertilidad del suelo. La red de hifas externas es la estructura fúngica responsable de la absorción y transporte de iones nutrientes. De esta manera, la planta obtiene un beneficio adicional de las micorizas para hacer una gran micorrizosfera y así tomar más nutrientes y aumentar la resistencia, frente a los factores de estrés. Las plantas de cítricos son muy sensibles al estrés por sequía. Se ha expuesto que el estrés por sequía inhibe fuertemente el crecimiento de los cítricos y es perjudicial para la calidad de la fruta (Levy *et al.*, 1978; Levy *et al.*, 1979). Wu *et al.* (2009) indicó que la inoculación de micorizas ha demostrado aliviar los síntomas del estrés por sequía. El efecto pionero de micorrizar en el estrés por sequía de los cítricos se inició hace 30 años por (Levy y Krikun, 1980). Los resultados de muchos experimentos fueron resumidos por (Wu *et al.*, 2009) revelando que el estrés por sequía también redujo la colonización de raíces. Se ha informado que la infección por micorizas no solo es beneficiosa para la nutrición mineral de los cítricos, sino que también tiene efectos positivos sobre la absorción y utilización de agua (Wu y Xia, 2004) (Levy *et al.*, 1983). Srivastava *et al.* (Srivastava *et al.*, 2002) informaron que la inoculación del suelo con micorizas también ayudó a regular las relaciones hídricas y el metabolismo de carbohidratos de los árboles de cítricos. Todos los experimentos se realizaron sobre la relación entre el agua, las micorizas y los cítricos y confirmaron que, las plantas inoculadas con micorizas, tienen mayor conductancia, traslación y fotosíntesis estomática, que la no micorrízica. El potencial de los hongos micorrizicos arbusculares (HMA) para mejorar: el crecimiento de los cítricos (Menge, 1983; Ortas *et al.*, 2002a; Ortas *et al.*, 2002); la transpiración de toda la planta (Levy *et al.*, 1983); la resistencia a la condición del suelo seco y húmedo (Fidelibus *et al.*, 2000); la conductividad hidráulica de la raíz (Graham y Syvertsen, 1984); la fotosíntesis (Levy y Krikun, 1980); y el ajuste osmótico (Wu y Xia, 2006), ha sido reportado. También, que la mayor resistencia a la sequía de las plantas con HMA era independiente de la absorción de nutrientes de las plantas, especialmente P (Auge *et al.*, 1986; Bethlenfalvay *et al.*, 1988). Se concluyó que la colonización de hongos micorrizicos arbusculares, mejoró el crecimiento de la planta bajo estrés por sequía, indirectamente, al afectar la retención de humedad del suelo, a través del efecto de los agregados estables de la glomalina sobre el agua del suelo, aunque no se pueden excluir los efectos nutricionales minerales directos.

Auge (2001) informó que la inoculación de micorizas puede mejorar la resistencia a la sequía de las plantas posiblemente al mantener una mayor tasa de crecimiento y absorción de nutrientes, incluidos P, Cu y Zn durante condiciones de sequía Srivastava *et al.* (Srivastava *et al.*, 2002) indicó que la inoculación del suelo con micorizas también ayudó a regular las relaciones con el agua y los carbohidratos, metabolismo de los árboles de cítricos. Wu y Zou (2009) informaron que la absorción mejorada de nutrientes en plántulas colonizadas, demuestra el potencial de la simbiosis HMA para mejorar la resistencia a la sequía en los cítricos. Wu *et al.* (2007) trabajó bajo condiciones de invernadero que mostraron que, bajo estrés hídrico, la inoculación de *G. versiforme* disminuyó en un 31% el contenido del radical aniónico súper-óxido (O_2^-) de la hoja, en comparación con el de suministro de agua normal. También sugirieron que la resistencia de las hojas de la mandarina Citrus a la sequía, se mejoraron después de la inoculación con *G. versiforme*. También indicaron que, en condiciones normales de suministro de agua y estrés hídrico, la inoculación de *G. versiforme* aumentó el contenido de P foliar en un 45% y 27%, y disminuyó el contenido de malondialdehído (MDA) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en un 25% y 21%, 16% y 16%, en comparación con el control sin micorriza, respectivamente.

Las micorizas pueden estar presentes en condiciones de ambientes y suelos salinos (Hildebrandt *et al.*, 2001; Johnson-Green *et al.*, 1995; Pond *et al.*, 1984). Hildebrandt *et al.* (2001) informaron sobre la colonización de micorizas, así como una alta densidad de esporas en las marismas saladas de Europa Central. Varios investigadores han informado que, la

colonización de la raíz por micorrizas, se reduce en presencia de cloruro de sodio (NaCl), probablemente debido a un efecto directo del NaCl sobre los hongos micorrízicos (Dixon *et al.*, 1993; Juniper y Abbott, 2006; McMillen *et al.*, 1998). Juniper y Abbott (2006) probaron el efecto de NaCl en la germinación de esporas y encontró que, para algunos hongos, la reducción en la cantidad de hifas en presencia de concentraciones crecientes de NaCl, se asoció principalmente con un retraso en la germinación de las esporas, mientras que, para otros hongos, la tasa específica de producción de hifas también se redujo sustancialmente en presencia de NaCl. La aplicación de microorganismos como los hongos micorrízicos arbusculares, para mejorar la resistencia a la sal, es bastante conocido (Wu *et al.*, 2009). Syvertsen y Levy (2005) informaron que las micorrizas pueden afectar la tolerancia a la sal de las raíces de los cítricos y puede aumentar la absorción de cloruro (Cl^-). Por otro lado, la concentración de Na no se vieron afectados por las micorrizas (Syvertsen y Levy, 2005). Hartmond *et al.* (1987) demostró que las hojas de plantas de cítricos inoculadas con micorrizas tienen un Cl^- alto, que una no micorrizada. Los hongos MA pueden influir positivamente en el establecimiento de la planta y crecimiento mejorando la absorción de nutrientes, aumentando la tolerancia a la sequía y la sal estrés y resistencia creciente contra patógenos del suelo (Azcon-Aguilar y Barea, 1997). La simbiosis de estas micorrizas, pudo aumentar la resistencia del huésped a la salinidad y estrés por sequía. Dado que las micorrizas aumentan la resistencia del huésped, es una estrategia importante para usar en áreas agrícolas. Finalmente, todos los resultados indicaron que, en los suelos salinos, hay micorrizas y que la sal pesada o en exceso, puede retrasar la colonización de las raíces, pero también las micorrizas pueden aliviar o reducir el efecto de las sales, aunque depende mucho más de la especie de la planta huésped, que de estrés ambiental.

Las hifas externas de los HMA tienen varias funciones. Una vez establecidos, los hongos micorrízicos pueden comenzar a extenderse a todas las raíces disponibles de la planta. La altamente ramificada red de hifas, tienen una superficie enorme que puede absorber agua y nutrientes. Las hifas de los hongos unen la planta y el suelo, transportando nutrientes minerales, especialmente P, Zn, Cu y NH_4 a la planta, y compuestos de carbono al suelo. Los nutrientes son absorbidos por hifas micorrízicas, con varios mecanismos. El proceso de adquisición de nutrientes, involucrado en el transporte de nutrientes desde la solución del suelo, a través de la membrana de las hifas de estos hongos, es uno de los mecanismos más importantes de las micorrizas. La asociación entre la raíz y las hifas micorrízicas, depende de varios factores ambientales y del suelo. La colonización de raíces se ve afectada, mayoritaria e inversamente, por el nivel de contenido de P disponible en suelos. Este nivel puede diferir entre las diferentes comunidades de plantas. Los estudios cuantitativos de la población de hongos AM se han basado en la identificación de esporas en reposo bajo el microscopio. Es correcto saber el tipo de micorrizas existentes, bajo las diferentes condiciones ecológicas, relacionadas con los mecanismos de adaptación de las plantas. La contribución de AM a la absorción de los nutrientes, especialmente de P, ha sido ampliamente estudiado y también la dependencia de AM que varía con el nivel de suelo-P, especies de plantas hospedantes y el tipo de hongo AM, han sido menos estudiados. Las hifas de los hongos AM son las principales responsables de ayudar a las plantas a adquirir nutrientes, especialmente nutrientes menos móviles.

Las micorrizas no solo ayudan a las plantas a absorber nutrientes y agua, sino que también aumentan la resistencia de las plantas contra las enfermedades de las plantas y los organismos patógenos. Graham (Graham, 1986) indicó que las plantas de cítricos inoculadas con micorrizas tienen más resistencia contra patógenos. Las micorrizas también pueden ayudar a controlar plagas como hongos patógenos y nematodos al liberar antibióticos en el suelo que reducen el riesgo de infección. Es bien sabido que la presencia de hongos micorrízicos en el sistema de raíces de la planta, mejora la salud de las plantas, ya que los resultados pueden reducir el daño de las plagas. Cuando la infección tiene lugar en plantas bien establecidas, aumenta la resistencia a los patógenos fúngicos y nematodos fitoparásitos (Sikora, 1992). Los resultados de (Calvet *et al.*, 1995) mostró que, en presencia del nematodo, las plantas micorrízicas lograron mayores valores en todos los parámetros de crecimiento medidos. Dado que las plantas inoculadas con micorrizas son bien o mejor alimentadas, las plantas muestran resistencia frente a patógenos. Cuando la infección/colonización por micorrizas ya está establecida, la infección patógena se reduce

drásticamente. La inoculación de nematodos (*Meloidogyne incognita*) redujo el rendimiento de plantas no micorrizadas en un 45%, pero en caso de plantas ya colonizadas por MA, esto se redujo hasta solo un 25%. (Michelini et al., 1993) buscaron la presencia de micorrizas en 4 islas en el Caribe Oriental y encontraron que la salud de las plantas y el grado de infección por hongos MA, estaban relacionados; las plantas más sanas fueron las más colonizadas. La protección de las plantas hospedantes de los patógenos transmitidos por el suelo, se puede lograr mediante la inoculación micorrízica, ya que el uso de hongos MA aumentó la resistencia de las plantas contra la muerte y los patógenos del suelo y las raíces.

La aplicación intensa o excesiva de fertilizantes con P, pueden inhibir la formación de infecciones/colonizaciones de micorrizas arbusculares y la producción de esporas. Grandes aplicaciones de P soluble, asociado, por ejemplo, con la aplicación de superfosfatos, puede disminuir o eliminar las ventajas micorrízicas al inhibir el crecimiento y la actividad del micelio vegetativo de estos hongos (Abbott y Robson, 1984). Las plantas que crecen bajo una alta fertilidad de P en viveros comerciales e invernaderos, con frecuencia no se infectan cuando se les inocula con los hongos micorrízicos. Por ello, la reducción en la aplicación de fertilizantes o pesticidas ayuda a contribuir a las condiciones ambientales saludables para el desarrollo de micorrizas. Además de la labranza Convencional (remoción mecánica de las capas del suelo), que expone a estos y otros microorganismos del suelo a la radiación solar ultravioleta tipo B que los mata, la incorporación de materia orgánica no composteada o no madurada, también puede reducir la diversidad de micorrizas, ya que, bajo condiciones anaeróbicas del suelo, se pueden producir compuestos de toxinas que pueden reducir las esporas de micorrizas y la colonización posterior. (Burrows y Pflieger, 2002; Chen et al., 2004; Douds et al., 1997; Gosling et al., 2006; Ishii y Kadoya, 1996; Rutto et al., 2002; Wang et al., 2008a).

Estudios (en desarrollo) de micorrizas Agropunto en cítricos

A pesar de varios intentos realizados para lograr información precisa sobre la eficiencia biológica de los HMA Agropunto en Cítricos en la región centro-sur de Veracruz, ya sea vía experimentos completos para Tesis o parcelas de validación comerciales, ninguno ha podido ser concluido total y satisfactoriamente por varias razones, entre las que sobresalen cosechas adelantadas y sin previo aviso a los investigadores responsables o cambios en la titularidad de la responsables técnicos de las plantaciones. Sin embargo, han quedado algunas evidencias fotográficas de al menos uno de esos trabajos de Tesis (no concluida), donde las evidencias, aunque solamente visuales, son obvias (Figura A y B).



Figura A y B. Experimento de evaluación de micorrizas de Agropunto en plantación comercial de limón Persa en la región citrícola de Córdoba-Xalapa.

Los lotes fueron similares en su siembra y manejo agronómico, fitosanitario y nutricional, ambos, con dosis convencional de fertilización química. En la **imagen izquierda (Figura A)**, uno de los arbolillos que **si fueron micorrizados al momento de su trasplante** con estas endo-micorrizas arbusculares; mientras que en la **imagen derecha (Figura B)**, un arbolillo de los que **no fueron micorrizados al momento de su trasplante**.

Los árboles que se muestran como representativos de esos tratamientos, **con y sin micorrización al momento del trasplante al terreno definitivo**, demuestran los beneficios que estos hongos endo-micorrizicos arbusculares en el crecimiento y desarrollo de ellos, bajo el mismo manejo de campo, pero con la única diferencia de que los más desarrollados, fueron micorrizados. Más evidencias sobre estos beneficios (no disponibles, por pérdida de datos por diversas causales), es la imagen de los tamaños/pesos de los frutos de árboles con y sin micorrización al trasplante o post-trasplante (**Figura C**), lo que impacta el rendimiento, calidad y valor de la cosecha.



Figura C. En la **imagen izquierda**, tamaño o calibre de 20 **frutos promedio** de un arbolillo de los que **si fueron** micorrizados al momento de su trasplante con nuestras *endo-micorrizas arbusculares*. Mientras que, en la **imagen derecha**, frutos promedio de uno de los arbolillos que **no fueron** micorrizados al momento de su trasplante. La **cosecha** de estos frutos, fue **14 meses después del trasplante** de los arbolillos y la inoculación de las micorrizas en los que correspondieron al tratamiento micorrizado.

Por otro lado, la aplicación de los **hongos formadores de micorrizas**, optimizan el aprovechamiento de los macro y micro-nutrientes del sustrato en vivero y del suelo en post-trasplante temprano o en plantas ya establecidas aun jóvenes, e incluso ya maduras. Cuando hay presencia/aplicación de **micorrizas**, éstas aumentan el crecimiento al mejorar el aprovechamiento de micro-nutrientes naturales del suelo, principalmente Zinc (estimula el enraizamiento y alargamiento de las células y por consiguiente ayuda al crecimiento de la planta), y otros como Hierro, Cobre, Magnesio, Manganeseo, Boro y Molibdeno.

Además, mientras las *micorrizas* **Agropunto** tienen efectos benéficos duraderos como biofertilizantes, que se multiplican y esparcen junto con las nuevas raíces emitidas por las plantas de manera progresiva, durante todos los años que dure el ciclo de vida de las plantaciones, fertilizar con fuentes químicas solo abastecen a las plantas por periodos cortos mientras dura su reserva, contaminando además con N y P mantos freáticos y cuerpos de agua superficiales por lixiviación y arrastres por erosión, no así con este biofertilizante.

Propuesta de **Agropunto** para el **proyecto de plantaciones comerciales de cítricos**.

- ✓ La **dosis general** de micorrizas **Agropunto** sugerida para **cítricos**, para **en vivero es de 10 kg/ha, en terreno definitivo es de 15 kg/ha**.
- ✓ La **dosis de 10-15kg/ha, es aplicada** en alguna de sus diferentes etapas del cultivo, como: vivero, trasplante definitivo, plantaciones jóvenes recién trasplantadas en desarrollo y plantaciones maduras o cercanas a la madurez. En plantaciones de mayor edad, su aplicación solo se justifica, siempre y cuando estén programadas o se les hayan hecho prácticas como podas/injertos, para su renovación.
- ✓ Se requiere **una segunda aplicación de refuerzo** con la misma **dosis de 15kg/ha o 50% mayor**, cuando se sospeche que: se realizaron actividades que finalmente redujeron las poblaciones de micorrizas en las raíces, como cuando se utiliza el rastreo inter-hileras de árboles que rompe las raíces y las expone, junto con las micorrizas, a la muerte por efecto de las radiaciones de rayos ultravioletas tipo B; por muerte o daños a las poblaciones de los HMA por aplicación de herbicidas o funguicidas antagonistas a ellos; por muerte de raíces y micorrizas, por excesos o falta grave de humedad por periodos prolongados, sin muerte de las plantas de interés.
- ✓ **¿Cómo aplicarlas, en cada etapa del cultivo?**
 - **En vivero:** Dividir la dosis de **10kg/ha** de micorrizas **Agropunto** entre el número de plántulas consideradas por hectárea, ya sean manejadas en **charolas o bolsas individuales**, aplicados de 2 maneras, a escoger:
 - **De forma sólida:**
 - **Mezclado en el sustrato, antes de la siembra de las semillas o trasplante a las bolsas o charolas:** La dosis sugerida, se mezcla de manera más idónea para lograr la distribución de las esporas y micelios más homogénea en la cantidad del sustrato a utilizar según medio (bolsas o charolas), de preferencia en una condición de poca humedad del sustrato, para lograr mejores resultados.

- **Aplicado sobre el sustrato:** Esto, cuando las charolas y bolsas ya estén rellenas con el sustrato. La dosis sugerida deberá distribuirse entre el número de plántulas, ya sea en bolsas o cavidades de charola. Se recomienda aplicar la dosis por plántula/espacio, cuando el sustrato tenga el menor % de humedad, pero sin afectar a las plantas. Para ello, se deja de regar lo suficiente, para desecar el sustrato al máximo y “sin riesgo” y así aumentar la capacidad de recibir un riego pesado inicial, de la mezcla de *micorrizas* solo con agua, para que la mayor cantidad de las esporas y micelios, sean trasladados al sustrato y raíces de las plántulas.
 - **De forma líquida:**
 - **Mediante riegos, con la mezcla micorrízica, sobre el sustrato:** Esto, cuando las charolas y bolsas ya estén rellenas con el sustrato y las plántulas ya germinadas y en crecimiento. Los **10kg/ha** de *micorrizas* **Agropunto** se dividen en 3 partes iguales y se disuelven en la suficiente agua para regar el número de charolas o bolsas, suficiente para humedecerlas y satisfacer las necesidades de las plántulas, pero sin que la cantidad de agua sea excesiva y que permita que la mezcla escurra y se pierda producto aplicado.
- **Al trasplante al terreno definitivo y plantas recién trasplantadas, en plantas en desarrollo y las apenas maduras.**
- **Mediante la aplicación/riego de la mezcla micorrízica alrededor de la base de la planta, específicamente en:** La **dosis de 15/ha** de *micorrizas* **Agropunto**, puede aplicarse al momento del trasplante, al terreno definitivo o incluso, durante el primero o segundo año posterior, y hasta en plantas casi maduras, en caso de no haber micorrizado los arbolillos antes.
 - **Al momento del trasplante** (*si no se aplicó en etapa de vivero*), se realiza a chorrillo, a manera de “riego de asiento”, diluida la dosis de *micorrizas* **Agropunto** en la suficiente cantidad de agua, para asegurar que correspondan, a cada una de las plantas/ha aun pequeñas, al menos 100ml de la mezcla micorrízica, como se ilustra en la **Figura C**.
 - **En arbolillos ya en desarrollo** (*segunda aplicación a los 8-10 meses del trasplante*), se debe aplicar la misma dosis de *micorrizas* **Agropunto**, pero como ellas ya están más desarrolladas, se deben asegurar al menos 3 litros/planta de la mezcla micorrízica, aplicándola, como se ilustra en las siguientes **Figuras C o D**.
 - **En árboles pre-maduros o ya maduros** (*tercera aplicación a los 15 meses del trasplante*), se debe aplicar la misma dosis de *micorrizas* **Agropunto**, pero como ya están muy desarrollados igual que sus raíces, se deben asegurar al menos 5 a 10 litros/planta de la mezcla micorrízica, aplicándola, como se ilustra en las siguientes **Figura D**.

Cualquier duda sobre su aplicación bajo sistemas de riego por goteo, micro-aspersión, aspersión o incluso riego rodado, deberán consultarse con sus asesores específicos, quienes seguramente tienen los elementos e información funcional detallada de esos equipos/sistemas, para definir su aplicación, ya que la presentación de funcional *micorrizas Agropunto* es rústica y requiere de un proceso de filtrado fino, si se aplica mediante estos equipos sensibles a taponamientos, por partículas físicas que constituyen la mayor parte de este producto.



Figuras C y D. Se destaca el criterio de aplicar siempre, las micorrizas o los fertilizantes, en la periferia de la **zona de goteo**, según edad de los arbolillos y de acuerdo al crecimiento de la **zona radical** donde se **concentra la mayor cantidad de pelos absorbentes** del sistema de **raíces activas**.

Deberá realizarse de manera **totalmente separada**, primero la **mezcla o caldo micorrizico en forma líquida en drench**, así como también después los **fertilizantes químicos en forma sólida**. La idea general, es que **las esporas y micelios de los hongos endo-micorrizicos arbusculares, penetren lo más posible al suelo y entren en contacto directo con las raíces** de los arbolillos al trasplante y los ya establecidos, evitando al máximo su exposición directa con los rayos solares excesivos, que las matan. También, evitar el contacto directo con los fertilizantes químicos sólidos o en altas concentraciones líquidas, ya también pueden matarlas o disminuir su funcionamiento biológico.

Imágenes tomadas de: Sandoval Rincón José Alfredo (2020)

Posibles escenarios de respuesta de *micorrizas Agropunto*, según dosis de fertilización química/ha aplicada.

De acuerdo a experiencias comerciales de uso de nuestras *micorrizas Agropunto* en varios cultivos regionales, principalmente al nivel de fertilización química utilizada (dosis de Fertilización/ha), se pueden esperar varias respuestas/resultados, a describir:

- ✓ **Dosis bajas insuficientes:** Las plantas con esas dosis de fertilización química, nunca alcanzan su máximo rendimiento y calidad, pero con las micorrizas pueden alcanzar entre el 70-80% del mismo, o incluso el 100%, según la dosis de HMA y su oportunidad de aplicación.
- ✓ **Dosis medias a suficientes:** Las plantas con esas dosis de fertilización química, si alcanzan su máximo rendimiento y calidad, entre el 90 e incluso el 100%, pero con las micorrizas pueden potencializarlo y alcanzar entre el 120 y 130% del mismo, según la dosis de HMA y su oportunidad de aplicación.

- ✓ **Dosis altas excedidas:** Las plantas con esas dosis de fertilización química, si alcanzan fácilmente su máximo rendimiento y calidad, entre el 100 o 120% más, pero con altos costos de producción y seguramente con un alto desaprovechamiento de los nutrientes por incapacidad de sus raíces, de aprovecharlos. En este caso las micorrizas difícilmente pueden potencializarlo, ya que por exceso de Fosforo y demás elementos, sus funciones se bloquean. Aquí, lo sugerido es reducir las dosis –principalmente de Fosforo- entre el 15 y 30% y alcanzar los mismos rendimientos que con la dosis completa, según la dosis de HMA y su oportunidad de aplicación.

Consideraciones y precauciones a tomar para su aplicación y uso:

- ✓ **A medida que la etapa de inoculación micorrízica es más tardía, la respuesta y beneficios van disminuyendo**, sobre todo en cultivos de ciclo corto, además, las cantidades necesarias de inóculo aumentan, para poder, así cubrir la mayor cantidad de raíces y colonizarlas.
- ✓ Bajo ninguna circunstancia deben exponerlas a sol directo, ni aplicarlas durante horas del día muy calurosas.
- ✓ No se deben mezclar y aplicar directamente con fertilizantes granulados, y, con mezclas con fertilizantes disueltos, no rebasar el 5% de concentración de sales e Ingredientes activos y su efecto sobre las HMA.
- ✓ Solo pueden aplicarse al cultivo, fungicidas, insecticidas y herbicidas que, científicamente han demostrado que no afecten a las micorrizas, por ejemplo (las listas se actualizarán, constantemente):
 - **A usar**, de ser estrictamente necesarios:
 - **Fungicidas:** Metil Tiofanato, Triadimefon, Propiconazol, Triflumizole, Fosetyl Aluminio, Metalaxil, Triazol, Difenconazol, Fludioxonil, Fenhexamid.
 - **Insecticidas:** Clotianidín, Fenilpirrol, Thiametoxam, Thiodicarb, Imidacloprid.
 - **No utilizar:**
 - **Fungicidas:** Fempirimof, fungicidas basados en cobre y permitidos en ecológico como el óxido de cobre, pero especialmente el oxiclورو de cobre y otros similares;
 - **Herbicidas:** Glifosato, con datos de afectarlas de manera probada.
 - **El Benomilo y Mancozeb**, afectaron parcialmente el desarrollo de ellas, por lo que se sugiere utilizar fungicidas alternos que no las dañen.
- ✓ También es importante saber que antes de llenar los aspersores de mochila, asperjets o cualquier tipo de equipo con el que se pretendan aplicar, deberán recibir al menos 1 o 2 filtradas, como lo indica lo indicamos en nuestra página web.
- ✓ Estas micorrizas se aplican de la siguiente manera, pudiendo agregar a la mezcla, otros productos que no las maten o dañen, mencionados más adelante.
- ✓ Su aplicación debe garantizar que la mayor parte de los inóculos queden alrededor de las semillas, canutos y zonas de las raíces de las plantas tratadas, penetrando –disueltas en agua suficiente- el perfil del suelo y nunca aplicándolas “en seco” sobre la superficie, exponiéndolas a la alta radiación ultravioleta y temperaturas extremas.

Literatura consultada

- <https://www.ecured.cu/C%C3%ADtrico>
- <http://www.sech.info/ACTAS/Acta%20n%C2%BA%2071.%20XIV%20Congreso%20Nacional%20de%20Ciencias%20Hort%C3%ADcolas/Fertilizacio%CC%81n/Efecto%20de%20la%20fertilizacio%CC%81n%20NPK%20en%20plantas%20micorrizadas%20de%20Citrus%20macrophylla.pdf>
- <https://www.redalyc.org/pdf/573/57318410.pdf>
- <http://www.conciter.com/semana%20de%20la%20citricultura/ponencias/5.VIERNES30/14.%20Isidro%20Melchor%20Marroquin/LAMICORRIZA.pdf>
- <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=240572>
- https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_manual_citricultura_cap1.pdf
- https://www.researchgate.net/publication/285944054_Mycorrhiza_in_Citrus_Growth_and_Nutrition
- <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2316/3439>
- http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282016000300345
- <http://iapmexico.com.mx/wp-content/uploads/2020/07/MANEJO-AGRON%C3%93MICO-DE-LOS-C%C3%8DTRICOS.pdf>



Av. Araucarias 58-2, Indeco Ánimas.
CP 91190. Xalapa, Veracruz.
Tel: 557.868.1925
contacto@agropunto.com.mx

www.agropunto.com.mx