

# Agropunto

Productos biológicos para el campo

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS *ZEAMAYS L*

Maíz, sorgo, avena, trigo, cebada, etc.

Aplicación de hongos formadores de micorrizas arbusculares en **maíz y otros cultivos de gramíneas-cereales.**

## HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES

en viveros y plantaciones de maíz y otros cultivos de gramíneas y cereales.

### Maíz (*Zea mays* L.) y otros cultivos de gramíneas-cereales

Aplicable a: *Sorgo, Avena, Trigo, Cebada, etc.*

*"¿Cuál de estos maíces es más breve? Pregunté.*

*Dijo el viejo, canoso, de piel arrugada y curtida:*

*— El amarillo es de cinco meses, el morado de seis y el blanco de siete.*

*— ¿Y cuál rinde más?*

*— El amarillo poco, el morado un poco más y el blanco es mejor.*

*— ¡Ah! ¿y por qué no siembra puro blanco en lugar de esa revoltura?*

*El viejo sonrió mostrando unos dientes cristalinos y pequeños como los granos del maíz reventador.*

*— Eso es lo que dijo mi hijo. Pero dígame, señor, ¿cómo van a venir las lluvias este año?*

*— Óigame, yo soy agrónomo, no adivino.*

*— Ya ve. Sólo Tata Dios sabe. Pero sembrando así, si llueve poco, levanto amarillo; si llueve más levanto más, y si llueve bien, pues levanto un poco más de las tres clases."*

**Efraín Hernández Xolocotzi (1913-1991)**

*Botánico mexicano*

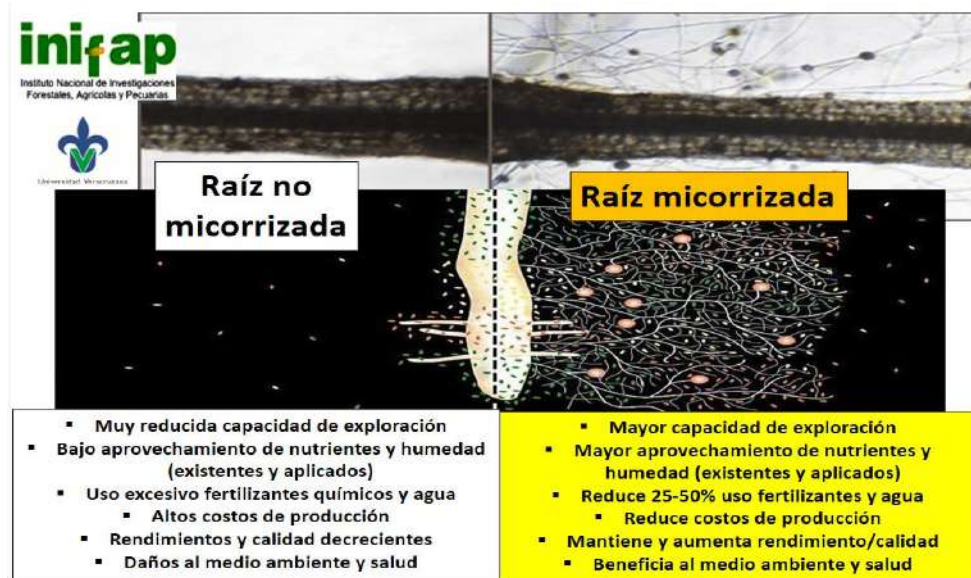
## Hongos formadores de endo-micorrizas arbusculares (HMA)

### y relación con **maíz** y otros cultivos de **cereales-gramíneas**.

La simbiosis entre hongos formadores de endo-micorrizas arbusculares (también llamados hongos micorrizicos arbusculares, endo-micorrizas o solo micorrizas) 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 ecto-micorrizas son menos comunes y solo se asocian con pocas especies de plantas, como pinos y abetos, castaños, robles, hayas, abedules, encinas y avellanos, por ejemplo: Las endo-micorrizas arbusculares (Figura 6), que es la simbiosis planta-raíz más generalizada, ocurre en casi el 90% de las especies de plantas terrestres (*Gadkar et al., 2001*), tienen más de 150 especies de estos hongos y colonizan aproximadamente 225.000 especies de plantas hospedantes (*Wu et al., 2009*).

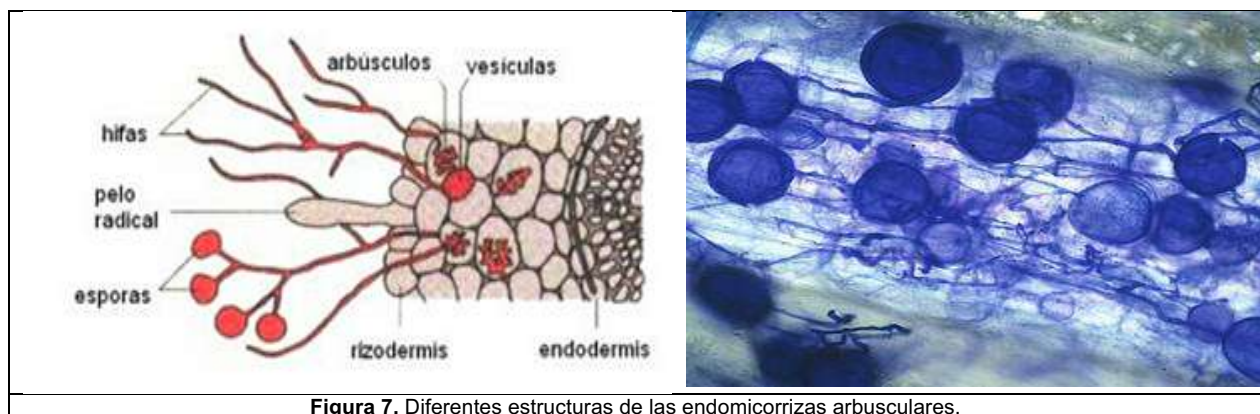
Las principales funciones de los HMA en las plantas son (i) promover la absorción de minerales, especialmente P, Zn, Cu y NH<sub>4</sub>, (ii) aumentar la absorción de agua, (iii) estimular el crecimiento, (iv) frutos de alta calidad, (v) mejorar la resistencia a los agentes ambientales (estrés), y (vi) mejorar resistencia a enfermedades del suelo. 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 coloniza con micorrizas, ellas pueden continuar llevando a cabo y durante un largo período de tiempo, la micorrización de sus nuevas raíces.



**Figura 6.** La simbiosis planta-raíz más generalizada, ocurre entre las endo-micorrizas arbusculares y casi el 90% de las especies de plantas terrestres.

Las endomicorrizas poseen varias estructuras con diferentes funciones (Figura 7): Los arbusculos son estructuras altamente ramificadas, típicamente intracelulares, que se localizan en las células cercanas al cilindro vascular, y su función es la transferencia de nutrimentos, desde el suelo, hasta el huésped; las vesículas son protuberancias que quedan revestidas por la membrana plasmática. Las hifas, por otra parte, se extienden varios centímetros por fuera de la raíz, incrementando la cantidad de nutrientes absorbidos según Simbiotica.Org (2008) (Fuente: Simbiotica). En este sentido, las hifas no están septadas, es decir, ausentes de tabiques que separan las células y las asociaciones hongo/hospedante no son muy específicas.

Muchas gramíneas las presentan: *Andropogon*, *Bromus*, *Festuca*, *Panicum*, *Poa*, *Saccharum*, *Sorghum*, *Sporobolus*, *Stipa* y *Zea mays*. El intercambio entre el hongo y el hospedante tiene lugar en los arbusculos, que se llenan de gránulos de fosfatos. La comprensión de las relaciones micorrízicas puede ser la clave para disminuir la cantidad de fertilizantes (especialmente fosfatos) que deben aplicarse a los cultivos para obtener buenas cosechas (Hernández et al., 1994).



**Figura 7.** Diferentes estructuras de las endomicorrizas arbusculares.

Uno de los beneficios de esta simbiosis más estudiados específicamente con las endomicorrizas arbusculares, 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 endomicorizas 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 micorizas, teniendo así una mayor área de absorción (Sieverding 1991).

Aguirre-Medina, Juan Francisco et al (2012) (Fuente: *Bioqualitum*) mencionan que el ciclo de vida de los hongos micorrízicos inicia con la germinación en el suelo de sus propágulos o esporas que crecen al azar en busca de una raíz susceptible a ser colonizada (Olalde y Serratos, 2004). Durante la germinación de la espora, el costo energético del crecimiento fúngico es sustentado por las reservas del hongo (Becard y Piché, 1989). En ausencia de la planta huésped, el crecimiento del hongo es relativamente corto (20-30 días) y se generan diversas modificaciones en la morfología fúngica, tales como retracción del citoplasma del ápice, formación de septos, desarrollo de ramificaciones laterales e hinchazón del ápice. La presencia de la raíz, en cambio, permite el desarrollo de un micelio vegetativo que puede colonizar del 60 al 90% del sistema radical en condiciones favorables (Bonfante-Fassolo y Perotto, 1995). Hayman (1983), cita que las raíces se mantienen funcionales por más tiempo cuando están micorrizadas. La asociación es considerada multifuncional y los beneficios van más allá de los aspectos nutricionales. Existe un aumento de la superficie absorbente del sistema radical mediante el incremento en la raíz (Bowen y Rovira, 1999), como en maíz, sorgo y cebada (Irizar et al., 2003), aunque en otras plantas, como frijol (Aguirre-Medina y Kohashi-Shibata, 2002) y café (Aguirre-Medina et al., 2011), esto no sucede.

Las micorizas tienen como principal función extender la exploración de las raíces en el suelo, lo cual hace más eficiente la absorción de agua y nutrientes, proceso especialmente importante en ambientes desfavorables. Se ha descubierto y probado que la superficie de absorción de las raíces colonizadas con micorizas se incrementa hasta en 1000 veces (Aguirre et al., 2009). Las plantas cuyas raíces han sido colonizadas por HMA presentan una mayor tolerancia frente a la sequía, altas temperaturas, metales pesados y otros compuestos tóxicos, salinidad y acidez del suelo.

Las hifas externas del hongo absorben nutrientes del suelo y los transportan a la parte aérea de la planta (Crowley et al., 1991; Bolan, 1991), además de que también proporcionan cierta protección contra patógenos de la raíz (Van Peer et al., 1991; Borowicz, 2001), como los nematodos (De la Peña et al., 2006) en los cuales se manifiesta una inhibición de su crecimiento (Utkhedde et al., 1999). Por otro lado, mejoran la estructura del suelo mediante la producción de glomalina, que es una proteína que actúa como adherente y aglutinante de las partículas del suelo para formar agregados más estables (Wright y Upadhyaya, 1998; Rillig y Mummey, 2006) y de esta forma contribuyen al control de la erosión (Rillig y Mummey, 2006). En otros casos, la micorriza muestra sinergismos benéficos con otros microorganismos del suelo (Bashan et al., 1996), como por ejemplo cuando interacciona con *Rhizobium* o *Azospirillum* para promover el desarrollo vegetal de *Leucaena leucocephala* (guaje blanco; Aguirre-Medina y Velazco-Zebadúa, 1994) o cacao y café (Aguirre-Medina, respectivamente). Asimismo, favorece un mejor aprovechamiento del agua en especies anuales (Augé et al., 2001; Aguirre-Medina et al., 2005), mediante la generación de una menor resistencia al transporte de agua en las plantas (Allen, 1982).

El principal elemento que se transporta a la planta mediante las hifas de estos hongos es el fósforo, un nutriente de baja movilidad en el suelo, por lo que la biofertilización de los cultivos con hongos micorrízicos resulta en una mejoría del estatus nutricional de las plantas. El incremento en la absorción de fósforo, parece ser de naturaleza física. En comparación con un sistema radical no micorrizado, las hifas externas de la asociación exploran un mayor volumen de suelo y con mayor eficiencia, absorbiendo el fósforo de la solución de suelo mediante un gradiente de potencial químico generado por una mayor concentración de fósforo que puede llegar a ser de dos a tres veces mayor en la hifa que en la solución del suelo (Smith y Gianinazzi-Pearson, 1988). De esta manera, el fósforo es convertido en gránulos de polifosfatos en las vacuolas y transportado por la corriente citoplasmática

hacia las vesículas donde puede ser almacenado temporalmente o ir directamente hacia los arbúsculos (Clarkson, 1985). También se ha consignado el transporte de otros nutrientes del suelo a la planta a través de los hongos micorrízicos, como el nitrógeno; el cual puede ser absorbido por las hifas y las raicillas micorrizadas en diferentes formas y posteriormente ser transferido a la planta. Los hongos absorben  $NH_4^+$  a concentraciones más bajas que las raíces y lo asimilan más rápidamente (Baath y Spokes, 1989).

Declerck (1993) cita que la micorriza incrementa la cantidad de  $K^+$  en los brotes de plantas de plátano en comparación con las no micorrizadas. Habte y Aziz (1985) consignan el aumento de la absorción de nutrientes tales como  $K^+$ ,  $S$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Cu^+$ ,  $Fe^{3+}$  y  $Zn^{2+}$  en plantas de *Sesbania grandiflora* inoculadas con *Glomus fasciculatum* y *Glomus mosseae*. Manjunath y Habte (1988) encontraron incrementos en la absorción de  $Cu^{2+}$  y  $Zn^{2+}$  en *Leucaena leucocephala*, producto de la inoculación con hongos micorrízicos. Aguirre-Medina et al. (2007) refieren incrementos de  $N$ ,  $P$  y  $Ca^{2+}$  en plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) y Moroyoqui y Aguirre-Medina (2002) en *Coffea arabica*.

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).

Se ha demostrado que existe una amplia gama de morfo-especies de HMA asociados a la rizosfera de los cultivos simbioses con estos hongos, lo que sugiere que los HMA pueden ser utilizados en especies herbáceas, 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, anuales 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 de gramíneas, ya sea con fines forrajeros o de grano, son compatibles con los HMA, con quienes establecen una relación simbiótica firme y duradera, como con los cultivos de ciclos más largos e incluso, perennes, ya sea desde vivero o ya establecidas las plantas en el terreno definitivo. Tanto es así, que son especies de gramíneas las más utilizadas para multiplicar estos HMA a nivel experimental y comercial bajo métodos convencionales, sin el uso de biodigestores.

Según Yolai Noda (Fuente: Scielo, 2009), debido a los efectos negativos que han causado los fertilizantes químicos en el deterioro del medio ambiente, se trabaja, desde hace algunas décadas, en la introducción de alternativas de fertilización en el manejo de los cultivos. La micorrización es una de las técnicas biológicas empleadas en muchos de ellos, ya que debido a que la mayoría de las plantas arbóreas y herbáceas poseen este tipo de asociación, al



igual que la mayoría de las plantas cultivadas (aproximadamente el 80%). Estas endomicorrizas, son particularmente importantes en los trópicos, donde los suelos tienden a retener los fosfatos. Estos hongos inferiores que forman endomicorrizas vesículo arbusculares pertenecen a un solo grupo, las *Glomales* (*Zygomycetes*), con seis géneros y muchas especies distribuidas en todos los continentes; son estrictamente simbióticos y no pueden ser cultivados en cultivo puro, o sea en ausencia de su hospedero, contrario a los hongos ectomicorrícicos

(Fuente: *Simbiotica*: 2008).

Las micorrizas permiten una aplicación exitosa mediante el recubrimiento de las semillas. Las plantas desarrollan una calidad biológica superior, en cuanto a mayor altura, vigor y área foliar, y se incrementan los rendimientos (entre 15 y 50%). Protege las raíces contra ciertos hongos patógenos. Además, este biofertilizante, permite ahorrar hasta 50% del volumen de los productos químicos necesarios, lo que favorece la reducción de los insumos y de los costos, e influye en el ejercicio de una agricultura sostenible y ecológicamente más sana.

## Fertilización en plantaciones comerciales en maíz y otras gramíneas

De acuerdo a Capetillo-Burela Ángel, *et al* (2021) (Fuente: *Amelica*), en su estudio “**Modelo conceptual de fertilización nitrogenada para maíz (*zea mays* L.) en Veracruz, México**”, la dosis de fertilización 150-46-30 de N, P y K ha sido la recomendada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para la zona central del estado de Veracruz, (Sotelo *et al.*, 2016), (Tinoco-Alfaro *et al.*, 2002) y (Turrent *et al.*, 1991). Esa misma, fue aplicada para su evaluación en maizales de tres localidades del municipio de Jamapa, Veracruz (El Rincón, Jamapa y Paso Real), las cuales se localizan a 30 km del puerto de Veracruz. El experimento fue establecido bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones con arreglo factorial completo 2 x 2 (*variedad x fertilizante*) y cuatro tratamientos (VS-536 con y sin fertilizante, y V-537 C con y sin fertilizante); en el cual cada una de las unidades experimentales estaba constituida por 10 surcos de 8 m de longitud, espaciados a 0.80 m. Cada experimento fue dividido en ocho unidades experimentales con fertilizante y ocho sin fertilizante, haciendo un total de 16 unidades experimentales por localidad. Encontraron que, la eficiencia del fertilizante nitrogenado en el cultivo de maíz en estas tres localidades, fue: en Jamapa del 35 %; en el Rincón, de 42 %; finalmente en Paso Real de 43 %. En general, las tres localidades tuvieron un promedio en la eficiencia del fertilizante del 40 %. Lo anterior está relacionado con lo reportado por Rodríguez (1990), que menciona que, en suelos y cultivos de maíz bien manejados, la eficiencia del fertilizante nitrogenado por lo general varía entre un 30% y 55%; y la diferencia de estas cifras, el nitrógeno se pierde principalmente por desnitrificación, lixiviación y volatilización.

Al respecto Palma, (1994) encontró para dos tipos de suelos de Tabasco, un Vertisol y un Fluvisol, coeficientes de utilización de fertilizantes nitrogenados de 55 y 70% respectivamente medido con N15 y de 87 y 72% respectivamente por el método de la diferencia, utilizando una variedad criolla de maíz. Una interpretación externa de estos resultados, pudiera indicar que, por ser tan móvil, mucha de esa pérdida o falta de utilización del 30 al 45% del nitrógeno aplicado a esos maizales, simplemente se debe a su desaprovechamiento por las plantas durante su ciclo de cultivo a consecuencia de una falta de capacidad del sistema radical, para hacerlo.

Por ello, estas cantidades de nitrógeno como nutriente aplicado (*seguramente, también de otros muchos más*), no son utilizados por el cultivo y van a parar a los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, contaminándolos innecesariamente y afectando también, la rentabilidad del cultivo. Para resolverlo en gran parte, de manera biológico-ecológica, hay que considerar lo afirmado por Sieverding (1991) en referencia a los beneficios de los hongos endo-micorrízicos arbusculares, donde dice, que: “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.”

## Resultados de estudios realizados en **maíz** y otros cultivos en interacción con hongos micorrizicos arbusculares (HMA):

Las aplicaciones de hongos micorrízico-arbusculares en el campo mexicano tuvieron su mayor impulso a partir del programa masivo desarrollado a partir de 1999 por el INIFAP y la **Colaboración de la FUMIAF, A.C.** a través del **Programa Alianza Para el Campo de la SAGARPA**. Este programa se desarrolló en respuesta a los costos crecientes de los fertilizantes químicos y a la necesidad de incrementar la producción de alimentos, además de la creciente preocupación de los consumidores acerca del impacto de los agroquímicos en el medio.

En su blog (*Fuente: [gob.mx](http://gob.mx)*), la **Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural** (2020) publicó: **Micorriza, una alternativa sustentable de fertilización**, donde dice, representan la asociación entre algunos hongos y las raíces de las plantas que actúan como fertilizantes, mejorando la producción agrícola. Las micorrizas se suman a las acciones sustentables que se emplean en el sector productor de alimentos para fortalecerlo, consolidarlo y avanzar hacia la autosuficiencia alimentaria. La tierra contiene vida, y son, precisamente, los organismos que en ella habitan los que hacen posible su fertilidad natural. Entre ellos existe un tipo de hongo formador de “micorrizas” HMA, que envuelve las raíces de las plantas y las penetra de forma intracelular para formar un sistema de interconexión subterránea entre las raíces de la misma o de diferente especie de planta. Esta red permite, bajo ciertas condiciones, un libre flujo de nutrimentos hacia las plantas hospederas y entre las raíces de las plantas interconectadas, así es como la micorriza establece una gran unión bajo el suelo ofreciendo diversos beneficios en términos de sobrevivencia y funcionamiento. Estos trabajos, son sin duda, representativos del potencial que los HMA formadores de micorrizas tienen en este y otras decenas de cultivos comerciales de importancia económica, ya sean de plantas: semi-anales, anuales, bianuales, semi-perennes o perennes; herbáceas, arbustivas, semi-leñosas y leñosas; o de cultivos forrajeros, cereales, leguminosas, hortalizas, frutales, forestales o industriales.

Finalmente, la idea es destacar las bondades que estos hongos endo-micorrizicos arbusculares tienen en la producción agrícola, como biofertilizantes, mejorando la eficiencia de las raíces en la absorción de agua y nutrientes del suelo y reduciendo la necesidad de fertilizantes químicos, en beneficio del medio-ambiente y la economía de los productores. A continuación, se presentan algunos de los mayores y amplios estudios de la efectividad biológica de los hongos formadores de micorrizas arbusculares, en maíz y otras gramíneas realizados por el **INIFAP** en varias regiones de México.

Estos estudios, son:

- 1). Díaz Franco, A., *et al* (2012), (<http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/930.pdf>) **“Impacto de la biofertilización del maíz en el norte de México”**.
- 2). Díaz Franco, A., *et al* (2013), ([http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342013000200003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000200003)) **“Micorriza arbuscular en sorgo bajo diferente manejo agro-tecnológico y ambiental”**.
- 3). Aguirre-Medina Juan Francisco *et al* (2012), ([https://bioqualitum.com/data/Libro\\_biofertilizantes.pdf](https://bioqualitum.com/data/Libro_biofertilizantes.pdf)) **“Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura”**, Capítulo 9 **“Micorriza INIFAP: Biofertilizante para el Campo Mexicano”**; Capítulo 11. **Micorriza INIFAP y el Incremento de la Productividad**.
- 4). Jesús Pilar Amado Álvarez, Mario René Ávila Marioni y Orlando Ramírez Valle (2012) ([https://bioqualitum.com/data/Libro\\_biofertilizantes.pdf](https://bioqualitum.com/data/Libro_biofertilizantes.pdf)) Capítulo 11 **“Micorriza INIFAP y el incremento de la productividad de avena y maíz en el estado de Chihuahua”**.

En general, la mayoría de los estudios demuestran la posibilidad de disminuir las dosis de fertilización química entre un 25 y hasta en un 50% sin afectar rendimiento ni la calidad de la cosecha. Estos resultados, se presentan integrados por cultivo, para una mejor comprensión del lector.

## Resultados en maíz.

En un estudio realizado a nivel nacional durante los ciclos agrícolas PV 1999 y 2000, se establecieron 29 parcelas de validación con maíces criollos comparando el tratamiento testigo comercial (*sin micorriza*), contra el micorrizado con *Glomus intraradices*. Los rendimientos promedio en kg/ha, fueron de: 1,534 para el testigo; 1,875 para las parcelas con micorriza; y 1,891 para las que llevaron inoculación de *Glomus intraradices*-*Azospirillum brasilense*. En este caso la diferencia entre las parcelas testigo y las bio-fertilizadas, fue de 22% (Aguirre-Medina, 2006).

En parcelas de maíz V-537 establecidas en **Campeche**, De Alba (2000) encontró rendimientos similares utilizando la dosis de fertilización completa recomendada (82-92-00) y la dosis 27-30-00 más *Glomus intraradices* y *A. brasilense*.

Resultados similares son referidos por Irizar-Garza et al. (2003) en el **Valle de México** con la variedad de maíz H-40. En este caso se logró disminuir la dosis de 140-60-00 a 46-20-00, mediante el empleo de microorganismos benéficos.

En **Oaxaca**, Arredondo et al. (2003) encontraron incrementos del 11% en el rendimiento de grano de maíz con la biofertilización de *A. brasilense* y *Glomus intraradices* en comparación con el testigo.

Mientras tanto, Cruz-Chávez (2007) en la depresión central de **Chiapas**, encontró rendimientos medios de dos parcelas de maíz criollo de 2,990 kg/ha en el testigo y de 3,646 kg/ha en las parcelas tratadas con *G. intraradices*, con una diferencia de 21%.

En Celaya **Guanajuato**, en condiciones de riego, Grageda-Cabrera (2008) cita rendimientos de maíz de 9,336 kg/ha en el tratamiento testigo (*sin micorriza*) y de 10,069 kg/ha para parcelas bio-fertilizadas con micorriza, con una diferencia del 8%. En las dos parcelas de validación con maíz que estableció bajo condiciones de temporal, una en Celaya y otra en Pénjamo, los rendimientos promedio fueron de 3,832 kg/ha para el testigo (*sin micorriza*) y de 4,314 kg/ha para el tratamiento con Micorriza INIFAP, con una diferencia de 12% a favor del HMA.

González-Camarillo (2010) en el estado de **Guerrero**, estableció dos parcelas de validación con el híbrido de maíz H 565 y la dosis de fertilización 90-60-00, aplicada tanto al testigo como a las parcelas tratadas con Micorriza INIFAP, donde reportó rendimientos promedio de 6.9 ton/ha para el testigo y 7.7 ton/ha para el tratamiento con micorriza, lo que representa 11% (800kg/ha) más de rendimiento.

Román-Reyes (2010) estableció dos parcelas de maíz en el ciclo OI en **Tabasco** y dos más en **Puebla**, además de 11 parcelas de validación desarrolladas en Veracruz, con los mismos tratamientos anteriores, pero durante el ciclo PV. En todas, consideró: un tratamiento testigo, con la dosis de fertilización 146-46-00 sin micorriza; y el tratamiento 138-23-00 más micorriza.

En **Tabasco**, obtuvo rendimientos promedio de 4,263 kg/ha para el testigo y de 4,941 kg/ha para el tratamiento con micorriza, 14% superior al testigo.

En el estado de **Puebla**, el rendimiento para el testigo fue de 4,051 kg/ha y para el tratamiento con micorriza, de 4,452 kg/ha, 10% superior al testigo.

En **Veracruz** los rendimientos promedios encontrados en dichos experimentos fueron de 4,095 kg/ha para el testigo y de 5,201 kg/ha para las parcelas inoculadas con micorriza, donde la diferencia en rendimiento entre ellos fue de 27% a favor del HMA.



Aguirre-Medina (2010) estableció tres parcelas de validación de maíz en la región del Soconusco, **Chiapas**, donde se validaron: tratamientos testigo más 100-40-00; y Micorriza INIFAP, más 50-20-00. Los rendimientos promedio fueron de 3,330 kg/ha para el testigo y de 3,866 kg/ha para las parcelas inoculadas, con una diferencia en rendimiento de 15% y disminución de los costos de fertilización química en 50%.

Estos mismos tratamientos, en tres parcelas de validación en la Región Centro de Chiapas, Cruz-Chávez (2010) reportaron rendimientos promedio de: 3,320 kg/ha para el testigo más 100-50-00 y de 3,873 kg/ha para el tratamiento con micorriza **INIFAP** más 50-20-00; la diferencia entre ambos tratamientos fue de 16%.

Díaz Franco, A., et al (2012) (Fuente: **INIFAP**) realizaron la mayor compilación de estudios de la micorriza *Glomus* intraradices en el norte de México, cuyos resultados se muestran en la publicación **“Impacto de la biofertilización del maíz en el norte de México”**. Como antecedentes, mencionan que en diferentes estudios sobre el tema realizados por varios autores, se ha observado que plantas de maíz inoculadas con HMA, aumentaron la biomasa y proteína digestible (Boucher et al., 1999); la asimilación de N, P, K, Ca, Cu, Mg y Zn (Khalil et al., 1994; Kothari et al., 1990; Boomsma y Vyn, 2008); así como incrementos en la biomasa radical y de rendimiento de grano y forraje (Arihara y Karasawa et al., 2001; Loredó et al., 2007). Inclusive, aún en condiciones de suelos con déficit de P y Zn, los hongos micorrizicos arbusculares (HMA) mejoran la nutrición de las plantas de maíz (Ortas et al., 2002). Por otra parte, la inoculación con la BPCV *Azospirillum brasilense*, ha mostrado un efecto benéfico en el rendimiento de genotipos de maíz (Arsac et al., 1990; Dobbelaere et al., 2002; Hungria et al., 2010). Además, también en maíz, se ha encontrado sinergismo con la inoculación combinada entre *A. brasilense* y las micorrizas que forman los HMA que inducen mayor crecimiento y asimilación de P, Fe y Mn (Bashan, 1998; Hernández et al., 2000; Robles y Baera, 2004), así como mayor producción de biomasa aérea y radical (Vázquez et al., 2000).

Ellos dicen que, dentro de las prácticas agronómicas para el cultivo de maíz, la fertilización química representa un manejo común en regiones de riego, cuya inversión representa alrededor del 30 % de los costos de producción. Sin embargo, especialmente en condiciones de temporal y debido al alto precio de ese insumo, el productor no aplica o reduce la fertilización química (SAGARPA, 2010). Por lo anterior, es necesario desarrollar adecuaciones de tecnologías de implementación práctica, que permitan aumentar la rentabilidad de la producción de maíz y que promuevan un equilibrio en los ecosistemas. Esto se realiza a través de prácticas ecológicamente sanas, que satisfagan las necesidades de la producción, que contribuyan con la economía y salvaguardando los recursos naturales.

Los siguientes trabajos compilados por Díaz Franco, A., et al (2012), en la publicación en referencia, de micorrizas en maíz, fueron realizados en diversas regiones de Tamaulipas, Durango, Chihuahua, Sinaloa y San Luis Potosí, bajo diversas condiciones edafoclimáticas y de manejo agronómico. Es de resaltar que, en varios de los sistemas de producción de maíz para forraje, elote y grano de temporal semi-árido, la aplicación de fertilizantes químicos no es viable porque incrementa los costos de producción, además de que los resultados son erráticos, debido a la deficiente humedad (Loredó et al., 2007; Loredó et al., 2004). En otros casos, donde se practica la fertilización química, si se hace, se aplican bajas dosis de fertilizantes químicos. En cambio, donde hay un aceptable temporal o bajo sistemas con riego, la fertilización es común.

El hongo endo-micorrizico arbuscular utilizado fue *Glomus intraradices*, de una cepa regional seleccionada por el **INIFAP** debido a que demostró una capacidad de colonización radical competitivamente mayor, que los HMA nativos, cuando fue inoculada en diferentes cultivos, como inoculante (sustrato a base de suelo y raíces colonizadas, trituradas y molidas, con no menos de 40 esporas/g).

En los diferentes trabajos, cuyos resultados se presentan a continuación, varios se realizaron en las mismas localidades y por varios años; muchos sin fertilización química, para ver el potencial biológico de los biofertilizantes, por si solos; en unas se utilizaron híbridos, en otras variedades y en otras más, criollos regionales; en todos los ensayos se hicieron inoculaciones a la semilla con *Glomus intraradices* o *Azospirillum brasilense*, de forma

individual y en combinación; y se evaluó la producción de forraje fresco, elote, grano común o palomero de cada tratamiento.

Los Cuadros 1 al 7 muestran los resultados donde se demuestran los beneficios de las micorrizas en el cultivo de maíz bajo condiciones de Temporal árido y semi-árido, mientras que los Cuadros 8 al 14 y las Figuras 3 y 4, los correspondientes a un manejo bajo Riego.

## • Evaluaciones de micorriza en maíz, en temporal semi-árido, en el norte de México:

**Cuadro 1.** Efecto de la fertilización química y de inoculación de *G. intraradices* y *A. brasilense*, en características de planta de maíz y rendimiento de forraje fresco, en dos localidades de temporal (P-V) de San Luis Potosí (Loredo et al., 2007).

| Tratamiento                | N foliar (%) | Altura de planta (m) | Vol. radical (cm <sup>3</sup> ) | Forraje (kg ha <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------|--------------|----------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| <b>San Pedro</b>           |              |                      |                                 |                                |
| <i>G. intraradices</i> (G) | 3.51 a*      | 1.26 a               | 155 a                           | 18027 a                        |
| <i>A. brasilense</i> (A)   | 3.04 b       | 0.84 b               | 65 c                            | 8616 d                         |
| G + A                      | 3.34 ab      | 1.19 ab              | 130 b                           | 12439 c                        |
| 40-20-00                   | 3.44 a       | 1.34 a               | 130 b                           | 15675 b                        |
| Testigo                    | 2.48 c       | 0.99 b               | 40 d                            | 6459 e                         |
| <b>Cerritos</b>            |              |                      |                                 |                                |
| <i>G. intraradices</i> (G) | 2.65 a       | 1.82 a               | — <sup>c</sup>                  | 14989 ab                       |
| <i>A. brasilense</i> (A)   | 2.06 b       | 1.47 ab              | —                               | 11263 c                        |
| G + A                      | 2.50 ab      | 1.64 ab              | —                               | 13518 b                        |
| 40-20-00                   | 2.53 ab      | 1.70 ab              | —                               | 16851 a                        |
| Testigo                    | 2.40 ab      | 1.37 b               | —                               | 10282 c                        |

\*Valores unidos con la misma letra son significativamente iguales, Tukey p<0.05.  
<sup>c</sup> Datos ausentes.

**Cuadro 3.** Biomasa radical y total, y rendimiento de grano de maíz promedio de tres localidades, influenciados por *A. brasilense* y *G. intraradices* (Pajarito et al., 2011a).

| Tratamiento                | Biomasa (g m <sup>3</sup> ) |        | Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------|-----------------------------|--------|------------------------------------|
|                            | Radical                     | Total  |                                    |
| <i>G. intraradices</i> (G) | 95.5 a*                     | 691 a  | 1528 a                             |
| <i>A. brasilense</i> (A)   | 57.5 b                      | 523 c  | 1470 ab                            |
| A + G                      | 57.2 b                      | 621 ab | 1214 bc                            |
| 30-30-00                   | 56.6 b                      | 571 bc | 1426 ab                            |
| Testigo                    | 48.4 c                      | 529 c  | 1011 c                             |

\*Valores unidos con la misma letra son significativamente iguales, DMS p<0.05.

**Cuadro 5.** Influencia de *G. intraradices* (M), pileteo (P) y fertilización química en el rendimiento y rentabilidad de maíz azul (Amado et al., 2011).

| Tratamiento      | Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> ) | Beneficio-costo |
|------------------|-----------------------------------|-----------------|
| M + P + 70-40-00 | 2.64 c*                           | 1.59            |
| M + 70-40-00     | 2.68 bc                           | 1.69            |
| M + P + 53-30-00 | 2.96 abc                          | 1.90            |
| M + 53-30-00     | 3.29 abc                          | 2.22            |
| M + P + 35-20-00 | 3.59 a                            | 2.47            |
| M + 35-20-00     | 3.02 abc                          | 2.24            |
| M + P + 18-10-00 | 3.39 ab                           | 2.58            |
| M + 18-10-00     | 2.90 abc                          | 2.34            |
| M + P + 00-00-00 | 3.12 abc                          | 2.58            |
| M + 00-00-00     | 3.21 abc                          | 2.83            |

\*Valores unidos con la misma letra son significativamente iguales, DMS p<0.05.

**Cuadro 2.** Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) de elote y grano en dos híbridos de maíz de temporal, asociado a la inoculación de semilla con *G. intraradices* y *A. brasilense* (Díaz et al., 2005).

| Tratamiento                | HV1 <sup>x</sup>    | Asgrow 7573 <sup>y</sup> | Promedio |
|----------------------------|---------------------|--------------------------|----------|
| <b>Elote</b>               |                     |                          |          |
| <i>G. intraradices</i> (G) | 7919 a <sup>z</sup> | 7710 a                   | 7814 a   |
| <i>A. brasilense</i> (A)   | 7514 a              | 7658 a                   | 7586 a   |
| G + A                      | 6871 a              | 7478 a                   | 7174 a   |
| Testigo                    | 5884 b              | 5952 b                   | 5918 b   |
| <b>Grano</b>               |                     |                          |          |
| <i>G. intraradices</i> (G) | 2978 a              | 1897 a                   | 2437 a   |
| <i>A. brasilense</i> (A)   | 2877 a              | 1756 a                   | 2316 a   |
| G + A                      | 2651 a              | 1830 a                   | 2240 a   |
| Testigo                    | 2538 a              | 1393 b                   | 1965 a   |

<sup>x,y</sup> 50 y 45 mil plantas por hectárea, respectivamente.

<sup>z</sup> Valores unidos con la misma letra son significativamente iguales, DMS p<0.05.

**Cuadro 4.** Comparación de la productividad de maíz palomero cultivado en temporal, con o sin inoculación de micorriza arbuscular (Valadez y Reyes, 2011).

| Variable                           | <i>G. intraradices</i> | Testigo |
|------------------------------------|------------------------|---------|
| Altura de planta (cm)              | 249*                   | 227     |
| Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ) | 2156*                  | 1596    |
| Beneficio-costo                    | 0.85                   | 0.41    |

\*Diferencias mediante t-student (p<0.05).

**Cuadro 7.** Valores de clorofila, incidencia y severidad de *M. phaseolina*, colonización micorrízica y rendimiento de grano de maíz inoculado con *G. intraradices* (Díaz et al., 2008c).

| Tratamiento            | IC*    | PC (%) | EI (No.) | CM (%)              | Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ) |
|------------------------|--------|--------|----------|---------------------|------------------------------------|
| <i>G. intraradices</i> | 43.1 a | 57.7 a | 1.41 a   | 46.3 a <sup>z</sup> | 3696 a                             |
| Testigo (60-20-00)     | 43.6 a | 59.2 a | 1.48 a   | 36.1 b              | 3973 a                             |

\*IC, Índice de clorofila (unidades SPAD); PC, pudrición carbonosa; EI, entrenudos infectados; CM, colonización micorrízica.

<sup>z</sup>Valores unidos con la misma letra son significativamente iguales, Tukey p<0.05.

## • Evaluaciones de micorriza en Maíz, bajo condiciones de Riego, en el norte de México:

**Cuadro 8.** Clorofila y rendimiento de grano de maíz comparando la inoculación de microorganismos benéficos a la semilla, en suelo fertilizado. Río Bravo, Tam. O-I, 2009.

| Tratamiento                | Índice de clorofila* | Altura de planta (cm) | Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------------------|
| <i>G. intraradices</i> (G) | 44.4 a <sup>z</sup>  | 217 a                 | 8869 a                             |
| A + G                      | 40.0 bc              | 210 a                 | 7878 b                             |
| <i>A. brasilense</i> (A)   | 41.3 b               | 219 a                 | 8018 ab                            |
| Testigo                    | 37.6 c               | 207 a                 | 7520 b                             |

\*Unidades SPAD.

<sup>z</sup>Valores unidos con la misma letra son significativamente iguales, DMS p<0.05.

**Cuadro 9.** Inoculación de micorriza arbuscular en dos híbridos de maíz y su impacto en la relación beneficio-costo (Valadez, 2010).

| VARIABLE                      | Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ) | Beneficio-costo |
|-------------------------------|------------------------------------|-----------------|
| <b><i>G. intraradices</i></b> |                                    |                 |
| Con                           | 6817**                             | 1.64            |
| Sin                           | 6365                               | 1.52            |
| <b>Híbrido</b>                |                                    |                 |
| H-443A                        | 6765**                             | 1.62            |
| H-470C                        | 6365                               | 1.49            |

\*\*Valores significativos, prueba de t-student (p<0.01).



**Cuadro 10.** Rendimiento y proteína cruda de maíz, mediante la aplicación de diferentes biofertilizantes comerciales (Pecina *et al.*, 2008).

| Tratamiento         | Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ) |         | Proteína en grano (%) |
|---------------------|------------------------------------|---------|-----------------------|
|                     | Elote                              | Grano   |                       |
| G. intraradices (G) | 13450 a*                           | 3896 a  | 8.03 a                |
| CIDEF-4 (B)         | 12175 b                            | 3370 ab | 7.56 a                |
| G + B               | 12425 b                            | 2972 b  | 7.62 a                |
| 120-40-00           | 12948 ab                           | 3481 ab | 7.22 a                |
| Flower Saver        | 12075 b                            | 3314 b  | 8.24 a                |
| Burize TS           | 12500 b                            | 3526 ab | 8.26 a                |
| Testigo absoluto    | 11225 c                            | 3277 b  | 7.26 a                |

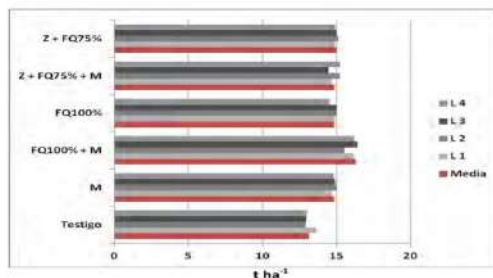
\*Valores unidos con la misma letra son significativamente iguales, DMS p<0.05.

**Cuadro 12.** Influencia de la fertilización química y la inoculación del HMA *G. intraradices*, en el rendimiento de grano y rentabilidad (beneficio-coste) en maíz y sorgo de riego y temporal, promedio de cinco años (Salinas, 2006).

| Cultivo         | Fertilización química (t ha <sup>-1</sup> )* | Beneficio -costo | G. intraradices (t ha <sup>-1</sup> ) | Beneficio -costo |
|-----------------|----------------------------------------------|------------------|---------------------------------------|------------------|
| <b>Riego</b>    |                                              |                  |                                       |                  |
| Maíz            | 6.47 a <sup>c</sup>                          | 2.6              | 5.50 b                                | 2.9              |
| Sorgo           | 5.52 a                                       | 2.5              | 4.81 b                                | 2.9              |
| <b>Temporal</b> |                                              |                  |                                       |                  |
| Maíz            | 3.50 a                                       | 1.9              | 3.14 a                                | 2.0              |
| Sorgo           | 3.90 a                                       | 2.8              | 3.72 a                                | 3.4              |

\*Riego: maíz, 120-40-00; sorgo, 100-30-00. Temporal: maíz y sorgo, 60-20-00.

Valores unidos con la misma letra horizontalmente son estadísticamente iguales, DMS p<0.05.



**Figura 3.** Influencia de zeolita (Z), niveles de fertilización química (FQ, 0, 75 y 100 %) y micorriza INIFAP (M) en rendimiento de grano de maíz en cuatro localidades (L) de la región central de Sinaloa (González *et al.*, 2010).

**Cuadro 11.** Características de planta y rendimiento de maíz en riego, influenciado por la inoculación a la semilla con cepas de microorganismos experimentales. Río Bravo, Tam., 2010.

| Tratamiento                     | IC*                 | CM (%)   | Biomasa (g) |         | Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ) |
|---------------------------------|---------------------|----------|-------------|---------|------------------------------------|
|                                 |                     |          | Foliar      | Radical |                                    |
| <i>Glomus mosseae</i> (3)       | 44.4 b <sup>c</sup> | 68.3 abc | 253.2 ab    | 13.7 b  | 7859 c                             |
| <i>Gigaspora</i> sp. (20)       | 41.8 b              | 83.0 a   | 269.6 ab    | 14.2 b  | 8304 bc                            |
| <i>G. mosseae</i> (32)          | 44.5 b              | 90.3 a   | 267.2 ab    | 10.8 b  | 8175 bc                            |
| <i>G. mosseae</i> (35)          | 44.0 b              | 77.6 ab  | 267.2 ab    | 15.9 b  | 8829 bc                            |
| <i>G. mosseae</i> (39)          | 43.0 b              | 78.3 ab  | 284.4 ab    | 12.2 b  | 8207 bc                            |
| <i>G. mosseae</i> (55)          | 43.3 b              | 87.3 a   | 197.2 b     | 13.1 b  | 7630 c                             |
| <i>Pseudomonas</i> spp. (B)     | 44.5 b              | 51.3 bc  | 330.0 a     | 14.7 b  | 7986 bc                            |
| <i>G. intraradices</i> (INIFAP) | 50.1 a              | 88.0 a   | 356.4 a     | 20.4 a  | 9620 ab                            |
| 120-40-00                       | 45.1 ab             | 39.6 c   | 304.0 b     | 14.0 b  | 11364 a                            |

\*IC, índice de clorofila (unidades SPAD); CM, colonización micorrizica.

Valores unidos con la misma letra son significativamente iguales, Tukey p<0.05.

**Cuadro 13.** Características de planta y rendimiento de grano de maíz relacionadas con la fertilización química y la inoculación de HMA. Reynosa, Tam., 2010.

| Tratamiento                                                                 | Índice de clorofila* | Biomasa fresca (g) |         | Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|---------|------------------------------------|
|                                                                             |                      | Foliar             | Radical |                                    |
| 120-60-00 (FQ100 %)                                                         | 50.7 b <sup>c</sup>  | 600 b              | 77 b    | 6333 ab                            |
| FQ100 % + <i>G. intraradices</i> 60-30-00 (FQ50 %) + <i>G. intraradices</i> | 53.3 a               | 684 ab             | 86 b    | 6493 ab                            |
| <i>G. intraradices</i>                                                      | 49.9 b               | 731 a              | 97 ab   | 6699 a                             |
| <i>G. intraradices</i>                                                      | 48.6 c               | 621 b              | 111 a   | 6132 b                             |

\*Unidades SPAD.

Valores unidos con la misma letra son significativamente iguales, DMS p<0.05.



**Figura 4.** Raíces de maíz obtenidas de plantas inoculadas con el HMA INIFAP (derecha) y sin inoculante (izquierda).

**Cuadro 14.** Respuesta del maíz a la inoculación de la semilla con el HMA, en parcelas de validación en el norte de Tamaulipas, durante los ciclos O-I, 2007-2010.

| Localidad (híbrido)                     | Condición (fertilización)              | Biomasa radical (g) <sup>1</sup> |         | Elote (kg ha <sup>-1</sup> ) |         | Grano (kg ha <sup>-1</sup> ) |         |
|-----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|---------|------------------------------|---------|------------------------------|---------|
|                                         |                                        | HMA                              | Testigo | HMA                          | Testigo | HMA                          | Testigo |
| 2007-2008                               |                                        |                                  |         |                              |         |                              |         |
| 1)El. Ángel Flores, Reynosa (H-440)     | Temporal (sin fertilización)           | 41.4**                           | 27.0    | 3141**                       | 2631    | 811*                         | 580     |
| 2)CERIB, Río Bravo (H-440)              | Riego (120-40-00)                      | 401**                            | 289     | 11450**                      | 9540    | 5144*                        | 4500    |
| 3)CERIB, Río Bravo (H-440)              | Punta de riego (60-20-00)              | 108.4**                          | 58.5    | 4408*                        | 3271    | 1896**                       | 1282    |
| 2008-2009                               |                                        |                                  |         |                              |         |                              |         |
| 4)Rancho García, Valle Hermoso (P3025W) | Riego (2 t ha <sup>-1</sup> gallinaza) | 66.9**                           | 45.3    | 12651 <sup>no</sup>          | 12024   | 7550*                        | 6904    |
| 5)Brecha 109, Río Bravo (P3025W)        | Riego (100-40-00)                      | 80.8**                           | 44.0    | 14970**                      | 12564   | 7662*                        | 5775    |
| 6)CERIB, Río Bravo (P3025W)             | Punta de riego (60-20-00)              | 140**                            | 76.2    | 13642**                      | 9918    | 7145**                       | 5454    |
| 7)CERIB, Río Bravo (P3025W)             | Riego (120-40-00)                      | 147**                            | 52.7    | 16921**                      | 14465   | 10402**                      | 8754    |
| 2009-2010                               |                                        |                                  |         |                              |         |                              |         |
| 8)Brecha 120, Río Bravo (Garsf 8285)    | Riego (140-60-00)                      | 235**                            | 158     | — <sup>no</sup>              | —       | —                            | —       |
| 9)Brecha 102, Reynosa (Tech-Ag 8535)    | Riego (micorriza vs 100-60-00 y 60 S)  | 111*                             | 77      | —                            | —       | 6203 <sup>no</sup>           | 6532    |
| 10)Brecha 107, Río Bravo (DK2020Y)      | Riego (160-60-00)                      | —                                | —       | —                            | —       | 8869*                        | 7520    |
| Promedia (excepto localidad 9)          |                                        | 152.5**                          | 93.8    | 11069**                      | 9201    | 6184*                        | 5096    |

<sup>1</sup>n=30; <sup>no</sup> Datos ausentes.

<sup>no</sup>, \*, \*\* No significancia y significancia a nivel de p<0.05 y 0.01, respectivamente, prueba de t-student para valores horizontales.

En resumen, los resultados y conclusiones de todos estos experimentos, parcelas de validación y pruebas comerciales de Díaz Franco, A., *et al* (2012), con la micorriza *Glomus intraradices* como bio-fertilizante en maíz, sin o en interacción con otros factores evaluados (*rizo-bacteria Azospirillum brasilense* diferentes niveles de labranza, genotipos, dosis de fertilización, etc.) realizados por el inifap en el norte de México, durante 2003-2012, y bajo condiciones semi-áridas en temporal o riego, son:

- En todas las evaluaciones, la micorriza demostró sus bondades, ya sea sola o asociada.
- Prácticamente en todos los productos-variables esperados de las cosechas, los tratamientos con aplicación de la micorriza *Glomus intraradices*, superó a los tratamientos testigos, sin o con fertilización química.
- La inoculación de la semilla de maíz con la micorriza o la *rizo-bacteria Azospirillum brasilense*, en condiciones de temporal o riego, manifestó mayor productividad comparado con el tratamiento testigo, no inoculado.
- A diferencia de *A. brasilense*, la micorriza mostró consistentemente mejores rendimientos (*forraje, elote y grano*) y otras características de planta evaluadas, que fueron comparadas con el tratamiento fertilizado.
- No se observaron efectos sinérgicos, con la inoculación simultánea de ambos simbioses.
- En condiciones de riego, la micorriza registró la mayor efectividad cuando fue comparado con biofertilizantes comerciales o cepas de microorganismos benéficos experimentales.
- El rendimiento promedio de cinco años de maíz de riego con fertilización 120-40-00, superó hasta un 15 % a la inoculación con la micorriza; por el contrario, en temporal, el rendimiento fue semejante entre la fertilización (60-20-00) y el HMA. No obstante, en las dos condiciones de humedad la relación beneficio/costo fue superada por el HMA.
- Fue posible reducir la dosis de fertilización química en maíz cuando se combinó con la inoculación con la micorriza: la mejor respuesta en función a biomasa foliar y rendimiento de grano, fue con el 50 % del fertilizante aplicado (50-30-00) y el HMA.
- La micorrización del maíz no está influenciada por el método de labranza implementado en temporal.
- Los rendimientos obtenidos con la micorriza fueron semejantes a los del testigo fertilizado (60-20-00).
- Cuando el maíz azul de temporal se manejó con micorriza, pileteo y niveles de fertilización química, la práctica en la que mayor beneficio-costo se obtuvo, fue con la inoculación micorrízica. La tecnología evaluada con mejor respuesta para incrementar la productividad en maíz azul (3.59 t ha<sup>-1</sup>) se obtuvo a través de la aplicación de la micorriza INIFAP, el pileteo para la cosecha de agua y la mitad de la dosis recomendada de los nutrimentos N, P y K (35-20-00). El índice de rentabilidad más alto (2.83) se alcanzó con el Biofertilizante micorriza INIFAP y el tratamiento testigo (0-0-0 de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O).
- La respuesta de maíz de riego a la combinación de zeolita, niveles de fertilizante químico (0, 75 y 100 %) y micorrización, destacó que se obtuvieron los mayores rendimientos con el 100 % de fertilizante (350-52-00) más la micorriza (HMA).
- Con diferente manejo en parcelas comerciales de maíz, la micorriza incrementó significativamente la biomasa radical y el rendimiento de elote y grano, con respecto al testigo no inoculado.
- Es posible reducir la mitad de la dosis de fertilización química cuando se combina con la inoculación de semilla con la micorriza evaluada.

En la región del Bajo Papaloapan se observaron notorias diferencias en maíz forrajero, sembrado en un suelo *Cambisol dystrico*, muy ácido y de fertilidad baja, donde el productor no logró financiar la aplicación de fertilizantes químicos, pero sí el biofertilizante **micorrizas Agropunto** en uno de los lotes (*Figura 5*). Las plantas en el lote micorrizado desarrollaron mucho mejor, logrando un rendimiento 30% superior y de mayor calidad, que el del lote no micorrizado. Aun cuando lo ideal para el cultivo fue haber aplicado el fertilizante, al menos un 50% de la dosis sugerida por el **INIFAP** para la región, los resultados mostrados en campo demuestran —sin duda— el innegable beneficio que estos hongos micorrizicos dan a este cultivo, incluso en condiciones muy restrictivas de nutrición.



**Figura 5.** Maíz forrajero sembrado en un suelo *Cambisol dystrico*, muy ácido y de fertilidad baja, sin aplicación de fertilizantes químicos, pero donde el lote derecho fue micorrizado.

## Sorgo

La información sobre los beneficios que aportan los HMA en sorgo es amplia; diversos estudios de invernadero y campo han señalado que estos microorganismos incrementan la biomasa, la absorción de *P*, la clorofila, la extracción de agua del suelo a la planta, la longitud y biomasa de la raíz, y el rendimiento de grano (Singh y Tilak, 1992; Osonubi, 1994; Bressan et al., 2001; Díaz et al., 2007; Díaz et al., 2010).

Díaz et al. (2007) demostraron que la inoculación con *G. intraradices* (**INIFAP**) resultó una práctica rentable, la cual le representó al productor un ingreso adicional de \$783/ha en función al no inoculado; de igual forma, Valadez y Díaz (2008) informaron incremento de la rentabilidad con el HMA, con una relación costo-beneficio de 1.30, comparado con el obtenido por el productor sin HMA, que fue de 0.96. Al parecer, ni la fertilización, ni los riegos de auxilio aplicados en la situación de irrigación, o las condiciones de secano, influyeron en la manifestación favorable de *G. intraradices* en sorgo.

Igualmente, en sorgo se ha observado mayor efectividad con cepas de HMA nativas procedentes de zonas áridas y semiáridas, al incrementar la adquisición de agua, el crecimiento y la asimilación de *N+* y *K+*, comparado con la inoculación de especies exóticas (Harris et al., 2009). Otra ventaja de la micorriza **INIFAP** aplicada en campo, se refleja en el impacto económico favorable en sorgo.

Magallanes et al. (2008) utilizaron suelo fertilizado (60-40-00) y sin fertilizar, con sorgo inoculado con un consorcio micorrízico y *G. intraradices* y concluyeron que, la efectividad de ambos inoculantes, fue similar en las dos condiciones de suelo. Collins y Pflieger (1992) mencionaron que no es posible generalizar los efectos de los fertilizantes químicos-inorgánicos sobre los hongos micorrizicos arbusculares (*HMA*), debido a la compleja



funcionalidad de estos hongos y su interacción con los múltiples factores inherentes del suelo, no obstante, señalaron a *G. intraradices* como insensible a la fertilización.

Grageda-Cabrera (2008) estableció dos parcelas de validación de sorgo en Guanajuato bajo condiciones de riego: en Celaya, reportó rendimientos de 9,357 kg/ha para el testigo y de 9,738 kg/ha para parcelas micorrizadas, con diferencia del 4%; y en Salamanca, el rendimiento del testigo fue de 5,988 kg/ha, mientras en parcelas inoculadas con micorriza, fue de 6,347 kg/ha, con diferencia del 6%.

Díaz Franco, A., et al (2013), determinó y confirmó la efectividad de la micorriza *Glomus intraradices* (cepa **INIFAP**) inoculada a la semilla, bajo diferentes manejos agronómico-ambientales de esta gramínea y cultivo intensivo, en Tamaulipas durante 2007-2009. Reportó que se establecieron 21 parcelas comerciales, 13 en secano (temporal) y ocho en riego (0.25 ha), donde se comparó la semilla con y sin el HMA inoculante *G. intraradices*, el manejo agronómico fue el utilizado por los productores. En secano no se adicionaron fertilizantes inorgánicos, mientras que, en riego, se utilizaron diferentes dosis de N y P, y solamente en un sitio se incorporó gallinaza (2 t/ha). Se midió la longitud de la panoja, la biomasa fresca radical y el rendimiento de grano. Se estimó la rentabilidad de la producción (costo-beneficio) en cada sitio. Como resultado se tuvo que en el promedio de secano y riego se observó que la micorriza *Glomus intraradices* incrementó ( $p \leq 0.01$ ) la biomasa radical, la longitud de la panoja y el rendimiento de grano en 7.6 g, 3.3 cm y 524 kg/ha, respectivamente; la rentabilidad de la producción se acrecentó 17%, demostrando una consistente respuesta promotora que tuvo el inoculante micorrízico en sorgo, comparada con semilla no inoculada, a pesar de la variabilidad de genotipos, suelos, prácticas agronómicas y ambientes.

## Trigo

La empresa **Gruma** (comunicación personal del M.C. Luis Miguel Rolón González, Gerente Corporativo de Planeación Agrícola de esta empresa), informa en oficio con fecha 9 de noviembre de 2009 que durante el ciclo agrícola PV promovieron la inoculación de trigo de gluten fuerte Rayón y Kronstad con micorriza **INIFAP** en 980 ha en la zona de influencia de Río Grande Zacatecas en condiciones de temporal. Reportan 50% de incremento en el crecimiento radical de las plantas micorrizadas en comparación con las plantas testigo y un rendimiento promedio que fue superior en 30% (2.3 vs. 3.0 ton/ha). La respuesta positiva de las plantas a la micorriza se atribuye al crecimiento externo del micelio, el cual actúa como una extensión de la superficie de absorción de la raíz y le facilita a la planta el transporte de nutrimentos y agua.

## Avena

Jesús Pilar Amado Álvarez, Mario René Ávila Marioni y Orlando Ramírez Valle (2012) (Capítulo 11: micorriza **INIFAP** y el Incremento de la Productividad de Avena y Maíz en el Estado de Chihuahua), reportan, como conclusiones de sus trabajos, que:

- En avena inoculada con la micorriza **INIFAP** y durante el ciclo 2000, la producción de grano en Santo Tomás, Municipio de Guerrero, fue de 721 kg/ha y de forraje 6.7 t/ha, mientras que en el Campo 26, Municipalidad de Cuauhtémoc, Chihuahua, las producciones de grano y forraje fueron de 1.1 t/ha y 5.0 t/ha, respectivamente; los índices de rentabilidad respectivos para cada una de estas localidades fueron de 3.8 y 2.8.
- En las parcelas de demostración y transferencia de tecnología apoyadas por la **SAGARPA, Fundación Produce Chihuahua, AGI-Granos básicos** y el **INIFAP**, se logró aumentar la producción y productividad del cultivo de avena en 9,288 ha bajo condiciones de temporal utilizando el biofertilizante micorriza

INIFAP, resultando en incrementos neto promedio en la producción de grano y forraje de 55%, equivalentes a \$ 1,710 /ha y una derrama económica de \$15,882,480.

- Los resultados obtenidos en las cinco parcelas piloto estudiadas durante el ciclo 2009 mostraron indicadores de rendimiento (*grano-forraje*), ingreso e índices de rentabilidad a favor del biofertilizante micorriza INIFAP (Figura 1).

Capítulo 11. Micorriza INIFAP y el Incremento de la Productividad

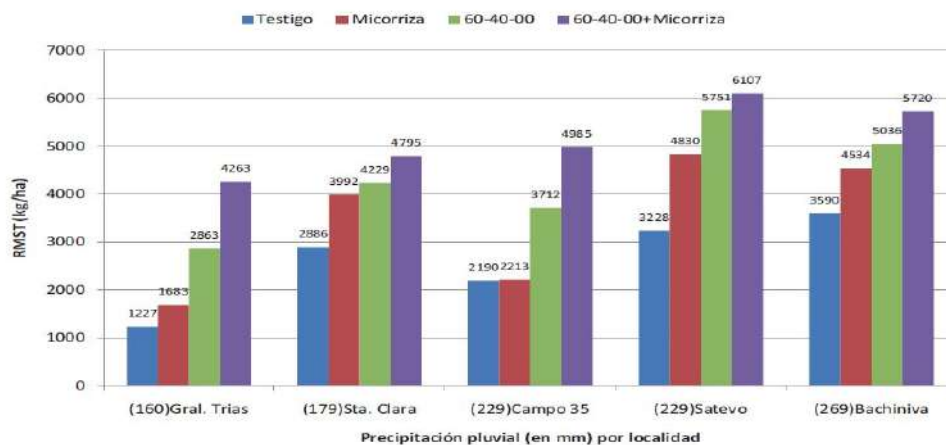


Figura 1. Rendimiento de materia seca total ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de avena con relación a la cantidad de lluvia registrada por localidad-Ciclo 2009. CESICH-INIFAP (Amado et al., 2010b).

- Los índices de rentabilidad registrados para los tratamientos omisión de fertilización química y aplicación de fertilización química fueron de manera respectiva: 2.61 y 2.06, en El Faro Municipio de Satevo; 1.13 y 1.63 en General Trías; 2.20 y 1.80 en Bachiniva; 1.36 y 1.45 en el Campo 35, Municipio de Cuauhtémoc; 2.68 y 1.84 en Santa Clara Namiquipa.
- Con la variedad Cuauhtémoc, en la localidad de Cárdenas, Municipio de Meoqui, Chihuahua, bajo condiciones de riego y empleando la micorriza INIFAP se registró la mayor producción de avena ( $8,864 \text{ kg ha}^{-1}$ ).
- El mayor índice de rentabilidad (2.29) con mayor impacto sobre la producción, forraje-grano se registró en los tratamientos que emplearon el biofertilizante micorriza INIFAP y el biofertilizante bacteriano del INIFAP 2709, sin la aplicación de químicos.
- La tecnología evaluada con mejor respuesta para incrementar la productividad en maíz azul ( $3.59 \text{ t ha}^{-1}$ ) se obtuvo a través de la aplicación de la micorriza INIFAP, el pileteo para la cosecha de agua y la mitad de la dosis recomendada de los nutrientes N, P y K ( $35\text{-}20\text{-}00$ ). El índice de rentabilidad más alto (2.83) se alcanzó con el biofertilizante micorriza INIFAP y el tratamiento testigo ( $0\text{-}0\text{-}0$  de  $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ ).

## Arroz

Román-Reyes (2010) estableció una parcela de validación de arroz en Veracruz con dos tratamientos: 1) testigo (fertilización 198-46-00); y biofertilizante (micorriza INIFAP + fertilización 138-23-00). Reportó rendimientos de 3,695 kg/ha en el testigo y 4,250 kg/ha en las parcelas tratadas con micorriza y 30% menos fertilizante químico, con una diferencia en el rendimiento de 15% para el biofertilizante.

Como se ha visto, 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, en el caso de los frutales, forestales e industriales. 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, Manganeso, 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 maíz y otra gramíneas anuales.

- ✓ La **dosis general** de *micorrizas* **Agropunto** sugerida es de **2.5 a 5 kg/ha**.
- ✓ La **dosis** debe aplicarse **por única vez** y lo antes posible, por ser cultivos de ciclo corto, mediante la opción que más convenga al usuario.
- ✓ La presentación comercial de *micorrizas* **Agropunto** es **rústica y artesanal**, la mejor para asegurar de inmediato y conservar por varios años la viabilidad y vigor de las 12 especies de hongos formadores de endo-micorrizas que contiene. Este sustrato micorrizico consiste básicamente en restos de tepetzintle (*inerte y molido, utilizado como sustrato*) y de raíces del pasto mejorado en cuyas se reprodujeron estos hongos.
- ✓ Es importante resaltar que las *micorrizas* **Agropunto**, como el resto de las micorrizas comerciales, nunca deberán aplicarse en mezcla con fertilizantes o agroquímicos sólidos, ya que por su diferente granulometría (*tamaños y formas de las partículas*) estas tienen a separarse por gravedad, cada que la mezcla es sometida a vibraciones o movimientos constantes, mismos que ocurren inevitablemente en los sistemas de fertilización adicionados a las sembradoras mecánicas remolcadas por un tractor. Si se hace, quedarán tramos con mucho del biofertilizante, otras con la dosis correcta y otras sin absolutamente nada del producto. Otro inconveniente es que los fertilizantes químicos, como sales que son, absorben mucha humedad de su alrededor y desecan las esporas y micelios, matándolos.
- ✓ El productor o técnico usuario, debe considerar que estos restos de tepetzintle y raíces secas, que contienen las *micorrizas* **Agropunto**, pueden representar cuerpos extraños (son todos aquellos que no sean semillas de peso, forma y tamaño uniforme, para los que fueron calibrados esos equipos) para los equipos de siembra de alta precisión, ya que los pueden descalibrar; y también pueden taponar equipos aspersores con boquillas muy finas, carentes de suficientes filtros finos y capaces de retener estos residuos.

A continuación, se describen las alternativas de aplicación del biofertilizante y se hacen sugerencias al respecto.

### **Adherido a la semilla, antes de su siembra:**

- La cantidad de semillas/ha a sembrar, deberá ser inoculada completa y homogéneamente con la dosis/ha sugerida de *micorrizas* **Agropunto**, asegurándose que quede bien adherida (Figura 6).
- Una vez inoculadas, las semillas ya completamente “secas”, deberán sembrarse lo antes posible.
- Este proceso de inoculación debe realizarse sin la exposición directa de las semillas y el biofertilizante a los rayos del sol, ya que la radiación solar Ultravioleta tipo B, mata las esporas y micelios de estos los hongos endo-micorrizicos, por lo que se debe seleccionar un lugar plano, seco, bien ventilado, con sombra permanente y resguardado de animales domésticos o silvestres que pudieran comerse las semillas durante su periodo de “secado”.



- Los sobrantes de la dosis y restos de sustrato micorrizico recogido después de eliminar los excesos a las semillas, pueden ser utilizados para aplicarse a otras semillas o a plantas ya nacidas o en desarrollo temprano, disolviéndolos en agua y aplicados a “chorrillo” a la base y zona radical.
- Para lograr la inoculación de la semilla de manera correcta, se deben seguir los siguientes pasos:
  - Se extiende en el piso una lona impermeable o lienzo de plástico grueso, limpios y lo suficientemente amplios para manipular las semillas y no se contaminen de suelo o basura.
  - Las semillas se colocan juntas al centro de la lona donde se “bañan” y humedecen con un adherente, de manera uniforme y suficiente para que queden “pegajosas” y el sustrato micorrizico se le pueda adherir en su “piel” y así, quedar inoculadas. Las semillas no deben humedecerse de manera excesiva, solo lo necesario para que se les “empanice” con el sustrato micorrizico.
  - La mayoría de adherentes comerciales están elaborados con Carboximetil Celulosa, pero también se puede preparar otra opción, mezclando y disolviendo 4 cucharadas soperas de azúcar (30g), por cada 250 ml de agua limpia no clorada; o bien, utilizando refresco de Cola estándar (contiene 12% de azúcar). Se estima en ½ litro de adherente, lo necesario para cada 10kg de semilla.
  - Una vez humedecidas lo suficiente con la mezcla adherente, se les vierte encima la dosis de *micorrizas Agropunto* y se procede a revolverlas, con el fin de “empanizarlas” lo más posible y de manera uniforme, ya sea manualmente (con guantes de goma) si es poca la cantidad de semilla a inocular, o con apoyo de una cuchara grande, pala o rastrillo, si es mayor.
  - Conforme se va logrando empanizar las semillas con el sustrato micorrizico, se van extendiendo y distribuyendo uniformemente en la lona con el fin de que se ventilen, siempre bajo sombra, para que la humedad excesiva se elimine y finalmente queden completamente “secas” y listas para su siembra. El secado, así, se lleva alrededor de 12 horas, por lo que deberán tomarse en cuenta estos detalles, para hacerlo con tiempo y no cometer el error de llevar semilla húmeda a la siembra.
  - Una vez “secas”, las semillas ya inoculadas se pueden devolver a su envase original para ser trasladadas al lugar de la siembra, evitando en lo posible una sobre-manipulación y golpeteos de ella que hagan que la capa de sustrato micorrizico se desprenda.
- Los métodos de siembra a utilizar y sus detalles, se comentan a continuación:
  - **Siembra manual:** En este caso, la presencia de los “cuerpos extraños” que contiene el sustrato *micorrizas Agropunto* ya adheridos a las semillas, no son de importancia, ya que no afectan el proceso de siembra.
  - **Siembra mecanizada:** Para tratar de evitar que los “cuerpos extraños” que están adheridos a las semillas inoculadas puedan hacer que estos Equipos Sembradores fallen, por ser sensibles a ellos y no se logre una siembra uniforme, deberá optarse por retirarles la mayor cantidad de restos y así dejarlas más limpias (aunque con un menor contenido de esporas y micelios), para poder sembrarlas con estos equipos. Para ello, deben meterse a una costalilla de polipropileno tejido (áspera, tipo envase de fertilizante), y proceder a sacudirlas y zarandearlas, solo lo suficiente, para que se le desprendan los excesos de sustrato y raicillas, mismos que deben ser recuperados para su posterior uso en aplicación líquida a Chorrillo, como se describe posteriormente.

- **Equipos sembradores convencionales.** Al ser menos sofisticados, son menos sensibles a estos cuerpos extraños, por lo que se esperarían menos inconvenientes. Sin embargo, deberán realizarse pruebas previas de calibración y funcionamiento para comprobarlo.
- **Equipos sembradores convencionales de precisión.** Cuando la siembra se realiza mediante este tipo de sembradoras, esos “cuerpos extraños” son un real problema. Por ello la semilla debe “limpiarse” lo más posible de ellos, tal como se describe antes y realizar las pruebas previas de calibración y funcionamiento para comprobarlo. De no lograr un buen desempeño del equipo sembrador, deberá optarse por la aplicación del biofertilizante en forma líquida, descrita a continuación.

### A drench o chorrillo de forma líquida:

- La aplicación de la mezcla micorrízica deberá realizarse lo antes posible después de la siembra, ya sea: previo a la germinación; o en los primeros días después de la nacencia. Esto, para que la inoculación de las raíces de las plantas, ocurra lo más pronto y así, aprovechar al máximo los beneficios que brindan estas micorrizas a los cultivos.
- La aplicación puede aprovecharse para incluir otros productos necesarios para proteger y nutrir a las plantas, incluidos los enraizadores siempre y cuando no las afecten, como es el caso de algunos funguicidas que se mencionan más adelante.
- La mezcla micorrízica debe ser aplicada lo más homogéneamente posible y dirigida sobre las líneas de siembra y plantas del cultivo, de 2 maneras, a escoger:
  - **Equipos aspersores de aguilón de mediano volumen:** (Figura 7) Se debe utilizar un volumen de agua de 600 a 1000 L/ha (40 a 70 ml de la mezcla micorrízica/metro lineal), el suficientemente necesario para que la mezcla micorrízica penetre en el suelo, al menos 5 cm, aplicados preferentemente durante las horas más frescas y con poca radiación solar.

En este caso, para evitar que su sistema de aplicación se tapone con los restos del sustrato y raíces que contiene el biofertilizante, se requiere:

- Vaciar la dosis sugerida en un tanque con capacidad de 200 litros, lleno a la mitad (100 litros) con agua limpia, agitarlo vigorosamente por 1 minuto para que las esporas y micelios se desprendan y separen del sustrato; después, dejarlo reposar por 1 minuto para que los restos de Tepetzintle se “asienten” y los restos de las raíces secas, “floten”.
- Primero, con alguna coladera convencional de malla fina, tratar de recoger y desechar los restos de las raíces que frotan en la superficie de la mezcla en el tanque.
- Luego, con una cubeta, se va tomando caldo o mezcla micorrízica, lo más libre posible de los restos de tepetzintle asentados al fondo del tanque. La mezcla se vacía al tanque del equipo aspersor pasándola por un triple filtro (de tela o malla muy fina) colocado en su boca o entrada. Para aprovechar al máximo los cuerpos reproductivos del biofertilizante, se puede repetir el proceso, agregando otros 50 litros de agua al tanque, para re-lavarlos, antes de desecharlos.

Si aún ya filtrada la mezcla, las pruebas previas del equipo demuestran que persiste el problema de taponamiento, se deben retirar todas las boquillas, sobre todo si son finas.

- **Aspersores manuales de mochila:** (Figura 8) Se debe utilizar un volumen de agua de al menos 400 L/ha (5 ml de la mezcla/planta o mata), o el suficientemente necesario para que la mezcla micorrízica penetre en el suelo, al menos 5 cm, aplicados de manera puntual, planta por planta, preferentemente durante las horas más frescas y con poca radiación solar. La mezcla se prepara y se filtra de igual forma que lo anterior y para evitar taponamiento, se debe retirar la boquilla del aspersor.

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 **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 y que contienen los HMA.



**Figura 6.** Proceso de inoculación de las semillas con el sustrato micorrízico en pre-siembra.

**Figura 7.** Aplicación manual de la mezcla o caldo micorrízico en forma líquida en *drench*.

**Figura 8.** Aplicación mecanizada de la mezcla o caldo micorrízico en forma líquida en *drench*.

Se deben aplicar, siempre, en la periferia de la zona radical de las plantas, donde se concentra la mayor cantidad de pelos absorbentes activos, para que las esporas y micelios de los hongos endo-micorrízicos arbusculares, penetren lo más posible al suelo y entren en contacto directo con ellas, 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 que también pueden matarlas o disminuir su funcionamiento biológico.

## 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 inoculo 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.
- 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:** Clotianidin, Fenilpirrol, Thiametoxam, Thiodicarb, Imidacloprid.

- **No utilizar:**
  - **Fungicidas:** Femporimof, 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 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

- Aguirre-Medina, Juan Francisco et al (2012) ([https://bioqualitum.com/data/Libro\\_biofertilizantes.pdf](https://bioqualitum.com/data/Libro_biofertilizantes.pdf))
- Amado Álvarez Jesús Pilar, Mario René Ávila Marioni y Orlando Ramírez Valle (2012) ([https://bioqualitum.com/data/Libro\\_biofertilizantes.pdf](https://bioqualitum.com/data/Libro_biofertilizantes.pdf))
- Bethel Marina Luna Mena y J. Reyes Altamirano Cárdenas (2014) en su estudio sobre maíces transgénicos en México ([http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-45572015000100006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572015000100006))
- Bada-Carbajal, et al (2021) (<https://www.ipn.mx/assets/files/investigacion-administrativa/docs/revistas/128/art7.pdf>)
- Capetillo-Burela Ángel, et al (2021) (<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/394/3941761005/html/index.html>)
- Cecilio Mota Cruz, et al (2020) (<https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz>)
- CIMMYT (2021) (<https://www.cimmyt.org/es/noticias/el-cimmyt-lanza-12-nuevas-lineas-de-maiz/>)
- CONABIO. 2020. Razas de maíz de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Cd. de México. México. Contenido: Cecilio Mota Cruz, Rosa María González Amaro, Caroline Burgeff, Cuauhtémoc Enríquez García, Oswaldo Oliveros Galindo y Francisca Acevedo Gasman / Colaboradores externos: José de Jesús Sánchez González (CUCBA, UdG), Juan Manuel Hernández Casillas (CIRCE, INIFAP), Rafael Ortega Paczka (UACH), Hugo Perales Rivera (ECOSUR). <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz>
- CONACyT (<https://conacyt.mx/el-conacyt-a-favor-del-mantenimiento-de-la-suspension-a-la-siembra-de-maiz-transgenico-en-mexico/>)
- Díaz Franco, A., et al (2012) (<http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/930.pdf>)
- Díaz Franco, A., et al (2013), ([http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342013000200003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000200003))
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2019) (<https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/paises-que-mas-maiz-producen/>)
- Espinoza et al (2002) (<Downloads/11998-Article%20Text-18652-1-10-20130925.pdf>)
- Index-Mundi (<https://www.indexmundi.com/agriculture/?producto=maiz&variable=rendimiento&l=es>)
- MASDEMEX (2021) (<https://masdemx.com/2017/02/teocintle-antepasado-del-maiz-historia/>)
- Michel Olguín (2016) (<https://unamglobal.unam.mx/el-maiz-transgenico-no-es-mas-productivo/>)
- Montesillo-Cedillo José Luis (<http://www.economia.unam.mx/assets/pdfs/econinfo/398/04montesillo.pdfse>)
- SADER (2019) (<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-el-cultivo-de-mexico>)
- SADAR (2020) (<https://es.statista.com/estadisticas/646803/volumen-produccion-maiz-mexico/>)
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2020) (<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/micorriza-una-alternativa-sustentable-de-produccion>)
- SEGOB (2020) ([https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5608920&fecha=28/12/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5608920&fecha=28/12/2020))
- Simbiotica.Org (2008) (<http://www.simbiotica.org/fungi.htm>)
- Rosa Acosta (2009) ([http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362009000200016#:~:text=El%20ma%C3%ADZ%20surg%C3%B3%20aproximadamente%20entre,Ciudad%20de%20M%C3%A9xico%20\(3\)](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362009000200016#:~:text=El%20ma%C3%ADZ%20surg%C3%B3%20aproximadamente%20entre,Ciudad%20de%20M%C3%A9xico%20(3)))
- Turrent Fernández, A. et al (2010) ([http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342010000400015&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342010000400015&script=sci_arttext))
- Yolai Noda (2009) ([http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942009000200001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000200001))
- 2000Agro (2020) (<http://www.2000agro.com.mx/analisis/el-maiz-a-traves-de-la-investigacion-siempre-mejora/>)



Av. Araucarias 58, Indeco Ánimas.  
 CP 91190. Xalapa, Veracruz.  
 Tel: 557.868.1925  
[contacto@agropunto.com.mx](mailto:contacto@agropunto.com.mx)

[www.agropunto.com.mx](http://www.agropunto.com.mx)