

Agropunto

Productos biológicos para el campo

FICHA TÉCNICA

***SACCHARUM
OFFICINARUM L.***

Aplicación de hongos formadores de micorrizas arbusculares en viveros y plantaciones de caña de azúcar.



HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES en plantaciones de caña de azúcar

Caña de azúcar *Saccharum officinarum* L.

La caña de azúcar es una gramínea (*Poacea*) originaria de Nueva Guinea. Se cultivó por primera vez el Sureste Asiático y la India occidental. Alrededor de 327 A.C. era un cultivo importante en el subcontinente indio. Fue introducido en Egipto alrededor del 647 D.C. y alrededor de un siglo más tarde, a España (755 D.C.). Desde entonces, el cultivo de la caña de azúcar se extendió a casi todas las regiones tropicales y sub-tropicales. En los viajes de Cristóbal Colón a América la trasladaron a las islas del Caribe y de ahí pasó a la parte continental americana, particularmente a la zona tropical. A México llegó en la época de la conquista (1522 D.C., aprox.), fue así como la primera plantación se llevó a cabo en el estado de Veracruz, instalándose posteriormente los primeros ingenios azucareros en las partes cálidas del país como parte de la colonización. (Fuente: gob.mx).

Mediante el proceso de la fotosíntesis, la caña de azúcar produce carbohidratos, celulosa y otros materiales, siendo el más importante el jugo de sacarosa, el cual es extraído y cristalizado en los ingenios para formar azúcar y otras materias primas que producen una amplia gama de derivados, entre los que se encuentra el etanol, mismo que se ha constituido como una fuente de energía alternativa sustentable. Los principales subproductos de la industria azucarera son la melaza (*miel incristalizable*) y el bagazo (*fibra*).

El cultivo de caña de azúcar en su ciclo de plantilla tiene un desarrollo vegetativo de duración variable, dado a que depende de la variedad y de la influencia del clima. De la siembra a la cosecha el cultivo puede durar desde 14 y hasta 17 meses. En este periodo la caña de azúcar pasa por cuatro etapas: germinación y/o emergencia, amacollamiento o ahijamiento, rápido crecimiento y maduración. En tanto, el desarrollo de las socas (*segundo corte de la caña*) tiene una duración de 11 a 13 meses y se distinguen tres etapas: brotación y amacollamiento, rápido crecimiento y maduración. (FIRA, 2010: 14).

Respecto a nutrición, la correcta y oportuna aplicación de fertilizantes es una práctica agrícola que brinda una mejor expectativa sobre la calidad y cantidad de los productos a cosechar. Sin embargo; si no se realiza eficientemente, afectará de manera negativa a la producción y a los ingresos del productor. La práctica de la fertilización tiene como objetivo primordial aportar aquellos nutrientes esenciales para el cultivo que el suelo no los provee en la cantidad adecuada y en el tiempo oportuno en que son demandadas durante el ciclo de producción. En condiciones normales, habrá respuesta a la aplicación de fertilizantes cuando la demanda del cultivo sea mayor a la que el suelo pueda aportarle (*oferta del suelo*). En contraste, si su demanda es satisfecha con la oferta de nutrientes del suelo, la adición de fertilizantes no incrementará la calidad de la producción ni la cantidad de azúcar que se pueda extraer, indistintamente del nutriente que se trate. (Colegio de Postgraduados, 2008: 8) Otras causas probables por las que el cultivo no responde a la aplicación de fertilizantes, se atribuyen a que: no se adiciona la dosis de nutrientes requerida en el momento oportuno; que no sea el insumo apropiado; o que existan variables ajenas a la nutrición que restrinjan el desarrollo del cultivo y si este es el caso, la adición de nutrientes no tendrá un impacto favorable sobre la productividad agrícola.

Al respecto, cabe reiterar que la aplicación de fertilizantes promoverá un mayor rendimiento y calidad de la cosecha sólo cuando, la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, sea el factor más restrictivo de la producción. De otra manera, su efecto positivo será mínimo o nulo. Cualquier método que se emplee para generar recomendaciones de aplicación de fertilizantes, parte de dos premisas: a) existe un déficit nutricional (*la demanda es mayor que la oferta de nutrientes*), que se corrige a través de la adición de fertilizantes; b) los nutrientes que se liberen de los insumos aplicados, serán aprovechados por el cultivo con una determinada eficiencia, la cual depende de la interacción nutriente-suelo-cultivo-ambiente. La diferencia entre los múltiples procedimientos, radica en cómo se consideran los parámetros involucrados (*demanda del cultivo, oferta del suelo, eficiencia de recuperación de los fertilizantes*), lo cual puede hacerse de manera directa o indirecta, explícita o implícita, así como la precisión de su cuantificación. Las condiciones de suelo, clima y manejo que predominan en las áreas de abasto de los ingenios azucareros del país, alteran la respuesta de la caña de azúcar a la aplicación de fertilizantes y son ajenos a los desórdenes de tipo nutricional. Por ello, una vez cuantificado su impacto, estas condiciones deben superarse para que la fertilización tenga el efecto esperado para optimizar la productividad y la rentabilidad de las plantaciones de caña de azúcar.

Según (Fuente: [Cale Onefile](#)) las principales limitantes del rendimiento en la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en el ingenio Pdte. Benito Juárez (*Chontalpa, Tabasco, México*), se relacionan con la baja fertilidad de suelos, la pérdida de materia orgánica, excesos de humedad, entre otras (*Salgado et al., 2011*). Una alternativa a estas limitantes es el empleo de biofertilizantes, los cuales mejoran el suministro de nutrientes tales como N y P a los cultivos (*Vessey, 2003*). La asociación simbiótica entre el hongo micorrizico arbuscular y la planta, actúa como un complemento de la raíz del cultivo en la toma de nutrientes (*Colozzi y Cardoso, 2000*), especialmente en: la absorción de P (*Requena et al., 2001*), mejoramiento de la calidad del suelo; la tolerancia al ataque de patógenos (*Espinosa et al., 2004; Graham, 2001*); a condiciones abióticas adversas de sequía (*Augé, 2001; Kaya et al., 2003*); salinidad (*Al-Karaki, 2000*); además de mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo mediante el enriquecimiento de materia orgánica y la formación de agregados por la glomalina, lo que contribuye a darle estructura y estabilidad al suelo, reduce su erosión y mejora su capacidad de retención de agua (*Guadarrama et al., 2004; Finlay, 2008*).

De acuerdo a (Fuente: [Biblioteca Wilson Popenoe](#)), uno de los problemas que enfrentan los productores de caña, es la nutrición puntual y adecuada del cultivo, que brinde las condiciones para obtener rendimientos más altos, ya que, por su desarrollo, la última aplicación de nutrientes se realiza al “auge”, que, en la mayoría de los cañaverales, es un tiempo estimado de 3 meses después del rebrote o la germinación (*Condega, 2002*). La necesidad de buscar vías que mejoren la eficiencia de utilizar fertilizantes minerales y el auge adquirido en la implantación de tecnologías cada vez más respetuosas del ecosistema, han dado nueva vida e impulso notable a la idea del uso de los hongos micorrizogenos arbusculares.

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*).

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 de las raíces de la planta (*Calla 2002*).

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 un estudio, 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 biofertilización representa una clara ventaja en este aspecto, ya que una vez establecida la infección/colonización y la simbiosis, el suministro de nutrientes es continuo durante el ciclo completo del cultivo, que en promedio es de cinco años. En caña de azúcar, por ser este un cultivo perenne, la inoculación con micorrizas vesículo arbusculares (MVA), ha mostrado mucho potencial en mejorar el desempeño de este cultivo (Andreola 1982).

Otro de los problemas que se enfrenta con este cultivo 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, 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. Pocos estudios sobre micorrización en caña de azúcar han sido realizados, principalmente en virtud de su baja dependencia micotrófica. Siendo la caña de azúcar una gramínea de ciclo largo, los efectos de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares no pueden ser evaluados en experimentos de corta duración.

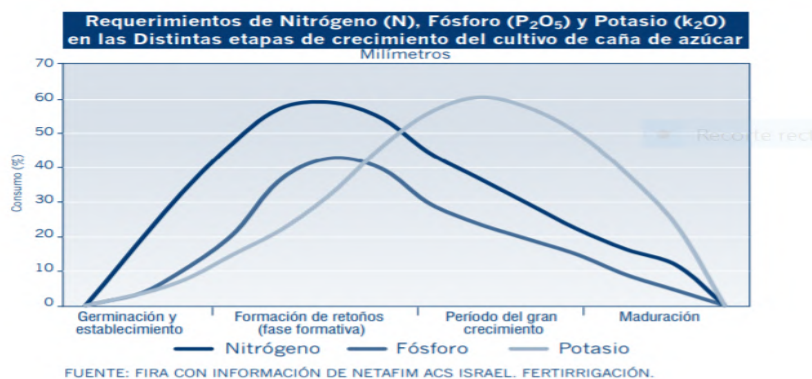
Estos, también en especies arbóreas o arbustivas, han demostrado que existe una amplia gama de morfo-especies de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) asociados a la rizosfera de estos árboles, lo que sugiere que pueden ser utilizados en forma de biofertilizantes, en plantas con cualquier 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.

La simbiosis entre los HFMA 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 HFMA-plantas. 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.

El uso de HFMA 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.

Manejo de la fertilización en plantaciones comerciales de caña de azúcar

Acorde a **FIRA**, (Fuente: fira.gob.mx), el requerimiento de nitrógeno (N) de la caña de azúcar es mayor durante la fase de amacollamiento y es necesario para el desarrollo vegetativo. La fase de formación de retoños en un cultivo de caña de azúcar en el campo comienza alrededor de 30 a 40 días después de la plantación. Un aporte adecuado de nitrógeno para el cultivo, debe estar disponible en el suelo desde el inicio de la etapa de ahijamiento, mientras que, para el comienzo de la etapa de gran crecimiento, el requerimiento es aún mayor. En tanto, la necesidad de fósforo (P) por la caña de azúcar es mayor durante la etapa de ahijamiento, por lo que la época óptima para la aplicación de este elemento es durante las etapas iniciales de crecimiento del cultivo. Las aplicaciones de potasio (K) son realizadas generalmente junto con la aplicación de N y esto se debe a que hay una mejor utilización, al aplicarse de manera conjunta. Sin embargo, una aplicación de K alrededor de los 6 meses del cultivo también produce una mejora en la recuperación/acumulación de azúcar. En resumen, los necesitan las plantas desde un inicio del ciclo, pero para satisfacer los máximos requerimientos, el P debe ser aplicado antes de los 4 meses, el N debe aplicarse antes de los 6 meses y el K antes de los 7 meses del cultivo, como se muestra en la siguiente Figura S/N (FIRA). Los hongos micorrizogenos o micorrizas vesículo arbusculares en el suelo, pueden beneficiar la nutrición vegetal de la caña de azúcar al actuar como extensores del sistema radical de las plantas y de esta forma, aumentar su capacidad de absorber agua y nutrientes.



La fertilización tradicional que utilizan los productores cañeros del estado de Morelos es de 1.0 tonelada/ha de la fórmula cañera 18.0-4.5-3.0 (180-45-30 kg de NPK/ha), mientras que el **CENGICANA** (Fuente: cengicana.org) **Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar** sugiere que la fertilización mineral debe ser planeada desde el inicio de cada nuevo ciclo de cultivo, a partir de un buen análisis de suelos por lote, integrando estos resultados con el conocimiento de factores de suelo, clima y manejo, para garantizar la sostenibilidad en el uso de los nutrientes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Recomendaciones de nitrógeno, fósforo y potasio

Recomendaciones de dosis de nitrógeno (kg N/ha) para el cultivo de caña de azúcar en suelos derivados de ceniza volcánica de Guatemala

Categoría de MO (%)	Caña Plantia (kg N/ha)	Caña Soca		
		¹ Rel N:TC	Dosis mínima	Dosis máxima
			Kg de N/ha	
Baja (< 3.0)	80	1.14	100	150
Media (3.0 – 5.0)	70	1.0	90	130
Alta (> 5.0)	60	0.9	80	120

¹Rel N:TC=Relación kg de N por tonelada métrica de caña esperado

Recomendaciones de fósforo según P del suelo, ciclo de cultivo y tipo de suelo

Categoría de P	Plantia		Soca	
	Andisoles	Otros suelos	Andisoles	Otros suelos
Bajo (< 10 ppm)	80	60	40	25
Medio (10-30 ppm)	60	40	0	0
Alto (>30 ppm)	0	0	0	0

Recomendaciones de dosis de K en la zona cañera de Guatemala

Suelos con arcilla =<35 %		Suelos con arcilla > 35 %	
K del suelo (ppm)	Dosis K (kg K ₂ O/ha)	K del suelo (ppm)	Dosis K (kg K ₂ O/ha)
< 100	60	< 100	80
100 – 150	40	100 – 300	40
>150	0	>300	0

Suelos con > 150 y > 300 ppm de K revisar relaciones de bases con respecto a K. Aplicar 40 kg de K₂O/ha si (Ca+Mg)/K > 40 y Mg/K < 15

Fuente: Adaptado de Pérez, O.; Ufer, C.; Azañón, V. and Solares, E. 2010. Strategies for the optimal use of nitrogen fertilizers in the sugarcane crops in Guatemala. In: Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. Veracruz, Mexico.

Fuente: Adaptado de Pérez, O.; Hernández, F. 2002. Comportamiento y manejo del fósforo en la fertilización de caña de azúcar en suelos de origen volcánico. En: Memoria de XIV Congreso de Técnicos Azucareros de Centro América ATACA. Guatemala. pp. 161-168.

Algunos estudios realizados en caña de azúcar y su interacción con HFMA:

A continuación, se presentan algunos estudios de la efectividad biológica de los hongos formadores de micorrizas arbusculares, en caña de azúcar. En realidad, no son abundantes, pero sí muy contundentes en cuanto a la posibilidad de disminuir las dosis de fertilización química hasta en un 50% sin afectar negativamente el rendimiento, calidad de la cosecha, contenido y producción de azúcar por unidad de superficie. En algunos de los trabajos revisados, con resultados dudosos o inconsistentes, 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 los esporas y micelios no fue el adecuado; mientras que, en varios más las parcelas eran tan pequeñas y las plantas y raíces de los tratamientos tan cercanas, que hubo una contaminación (inoculación) generalizada con los hongos entre ellas, confundiendo los efectos de cada factor evaluado.

ESTUDIO 1.

El cultivo de caña de azúcar para panela, en Colombia, presenta limitaciones nutricionales relacionadas especialmente con la baja eficiencia de la fertilización química. El uso de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), optimiza la fertilización haciéndola más eficiente y puede reducir la cantidad aplicada de fertilizantes químicos. El objetivo de este estudio (Fuente: scielo.org.mx), “Asociación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) con plantas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) para la producción de panela en Colombia”, fue evaluar la asociación de HMA con plantas de caña de azúcar (destinadas para la posterior producción de panela) en etapa de vivero. Se realizó una caracterización de suelos en

las regiones de Cundinamarca y la Hoya del Río Suárez (*Boyacá y Santander*), caracterizadas como las principales productoras de caña de azúcar para panela en Colombia y se encontró, que las plantas de caña de azúcar establecen de forma natural una asociación con los HMA. Se evaluó el efecto de la inoculación con HMA en la etapa de vivero, utilizando tres variedades de caña de azúcar, CC93-7711 (*Pierna Bella*), CC93-714 y CC93-7510 (*Vende Finca*). Se evaluaron 11 tratamientos (*T1 a T8, inoculación con diferentes comunidades de HMA; T9, T10 y T11 corresponden a testigos con fertilizaciones de 10, 50 y 100% de fertilización química*) en un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Se evaluaron altura de planta y diámetro del tallo, cuantificación de esporas y porcentaje de colonización. Los resultados mostraron que las tres variedades respondieron al efecto benéfico de la asociación planta-HMA, al obtener plantas con rendimiento mayor con respecto a los testigos sin inocular. Las variedades CC93-7711 (*Pierna Bella*) y CC93-7510 (*Vende Finca*) (**Cuadro 5**), mostraron un porcentaje mayor de colonización de HMA en respuesta a la inoculación de *Glomus* sp. y que el uso de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de caña en etapa de vivero, promovió mejores resultados en el desarrollo agronómico de las variedades estudiadas.

WILCHES ET AL. ASOCIACIÓN DE HMA CON PLANTAS DE CAÑA DE AZÚCAR

183

Cuadro 5. Respuesta a la inoculación de HFMA en el crecimiento y micorrización de plantas de caña para la producción de panela, variedad CC93-7510 a los 90 ddt.
Table 5. Response to the inoculation of AMF in the growth and mycorrhization of sugarcane plants for panela production, variety CC93-7510 at 90 dat.

Tratamiento	Variedad CC93-7510 (Vende Finca)			
	Altura	Diámetro raíz	Esporas	Colonización
T1. Inóculo nativas Cundinamarca	7.09 ab	5.99 a	18.27 ab	23.33 ab
T2. Inóculo nativas Boyacá	6.98 ab	5.58 ab	19.6 ab	17.7 a
T3. Inóculo nativas Santander	6.26 abc	5.26 ab	19.53 ab	20.66 a
T4. <i>Glomus</i> sp.	7.11 a	5.93 a	21.53 ab	43.66 b
T5. <i>Acaulospora mellea</i>	6.22 abc	5.02 abc	48.56 b	31.66 ab
T6. Comercial 1 (<i>Glomus</i> spp. <i>Entrophospora</i> spp. <i>Acaulospora</i> spp. y <i>Scutellospora</i> spp.)	6.15 abc	5.47 ab	13.33 a	33.33 ab
T7. Comercial 2 (<i>Glomus</i> spp. <i>Acaulospora</i> spp. <i>Entrophospora</i> spp. y <i>Scutellospora</i> spp.)	6.46 abc	5.07 ab	23.6 ab	15.66 a
T8. Comercial 3 (<i>Rhizophagus irregularis</i>)	6.12 abc	5.01 abc	15.45 a	17.33 a
Testigo 10% de fertilización	4.35 d	3.83 c	15.26 a	16.66 a
Testigo 50% de fertilización	5.34 cd	4.36 bc	23.63 ab	15.66 a
Testigo 100% de fertilización	5.88 bc	5.11 ab	13.83 a	19.66 a

Letras diferentes presentan diferencias significativas entre tratamientos en las diferentes variables de acuerdo con el test de Tukey ($P \leq 0.05$).
 Different letters in columns indicate significant differences between treatments according to the Tukey test ($P \leq 0.05$).

Se observó que existe una diferencia significativa en la respuesta a la inoculación en las tres variedades. Se evidenció un efecto benéfico de la asociación planta-microorganismo, reflejado en el crecimiento de las plántulas inoculadas, que para todas las variables analizadas, presentaron resultados superiores al testigo sin inocular, mostrando así, reducción de fertilización de síntesis del 50%.

ESTUDIO 2.

El estudio “*Respuesta de caña de azúcar a la inoculación con micorrizas vesículo-arbusculares en el Ingenio Tres Valles, Honduras*” (Fuente: [Biblioteca Wilson Popenoe](#)) se llevó a cabo con la variedad NCo-310, en la finca Azacualpa lote 17 del Ingenio Azucarero Tres Valles, donde se establecieron cuatro tratamientos: Cachaza descompuesta (la cual aportó en cada aplicación 200 kg/ha de N, 440 kg P₂O₅/ha y 90 kg K₂O/ha); Micorriza (*Mycoral*®) más 73 kg/ha de N y 84 kg/ha de S de nutrientes aportados; Cachaza con Micorriza y Fertilización convencional (115 kg/ha de N y 103 kg/ha de P₂O₅). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con siete repeticiones. Las variables medidas fueron las fenológicas, rendimiento con sus componentes y bromatológicas. El suelo en el que se realizó el estudio, presentó una población promedio de 4 esporas de micorrizas nativas por gramo de suelo. A pesar que no existieron diferencias entre los

tratamientos, se pudieron definir tendencias muy importantes. En cuanto a las características fenológicas: el número de tallos por hectárea al momento de la cosecha, fue mayor en los dos tratamientos donde se utilizó cachaza descompuesta, aunque el rendimiento de caña verde por hectárea se maximizó con el uso de cachaza solamente (180 t/ha); también se notó un efecto en cuanto a rendimiento de libras de azúcar totales, siendo mayor al usar cachaza solamente, pero las libras de azúcar por tonelada de caña verde fue mayor al usar micorriza (311.7 lb/t), a pesar que el aporte de nutrientes por fertilización química adicional, fue menor que al usar cachaza con micorriza (310.3 lb/t). El terreno donde se realizó el ensayo presenta textura franca con un pH de 6.59 y 3.49% de materia orgánica, con niveles bajo de nitrógeno (0.17%) niveles altos de fósforo (594 ppm), potasio (730 ppm) y niveles adecuados de calcio (2990 ppm) y magnesio (220 ppm). Una de las grandes limitantes para que se lleve a cabo la asociación micorrítica es el nivel de fósforo presente en el suelo, ya que niveles altos de fósforo inhiben el funcionamiento adecuado de la micorriza, evitando la expresión de los beneficios de la misma y es obvio que este suelo tiene niveles muy altos de Fósforo, los que posiblemente interfirieron con la asociación micorrítica.

En el **cuadro 5**, se observan los 4 tratamientos evaluados, donde se destaca que el *tratamiento micorriza*, solo recibió 73.5kg de N/ha (35% menos que el de fertilización) y 84kg de S/ha, por la fuente utilizada (sulfato de amonio).

Cuadro 5. Nutrientes totales aportados (kg/ha) en las aplicaciones de los cuatro tratamientos.

TRATAMIENTO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	CaO	MgO
CACHAZA	400	880	174	-	432	37
MICORRIZA	73.5	-	-	84	-	-
CACHAZA+MICORRIZA	273.5	440	87	84	432	37
FERTILIZACIÓN	114	103.5	-	84	-	-

CACHAZA = 2 aplicaciones (20 t/ha H° = 12.4 ton/ha seca, c/aplicación)

MICORRIZA = M una sola aplicación + una aplicación de sulfato de amonio (350 kg/ha)

CACHAZA+MICORRIZA = C una aplicación y M una aplicación + una de sulfato de amonio (350 kg/ha)

FERTILIZACIÓN = una con DAP (225 kg/ha) y otra con sulfato de amonio (350 kg/ha)

A pesar de haber dado la mayor producción de caña verde (**Cuadro 6**) la cachaza no rindió —en esa misma proporción— un mayor rendimiento de azúcar por tonelada (**Cuadro 9**).

Cuadro 6. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento y sus componentes en caña de azúcar variedad NCo-310, Ingenio 3 valles, Honduras.

TRATAMIENTOS	NUMERO TALLOS/ha	PESO TALLO (kg)	RENDIMIENTO t/ha
CACHAZA	108,482	1.64	180
MICORRIZA	96,726	1.59	159
CACHAZA+MICORRIZA	107,143	1.60	147
FERTILIZACIÓN	98,810	1.61	159

C.V.= 22.14% R²= 0.36

Cuadro 9. Efecto de los tratamientos sobre la producción de azúcar total.

TRATAMIENTOS	lb azúcar Total/ha ^
CACHAZA	55260
MICORRIZA	49449
CACHAZA+MICORRIZA	45570
FERTILIZACIÓN	49290

^ = t/ha x lb azúcar/Ton

1 = Muestreo en Noviembre 2004 (9 meses de edad), 2 = Muestreo en Febrero 2005 (12 meses de edad), 3 = Muestreo en Marzo 2005 (13 meses de edad)

El autor menciona que, quizás la menor pureza de este material, pudo haber causado la inadecuada disponibilidad de nitrógeno, siendo un elemento limitante por su alta relación C/N, debido a que los microorganismos fijan gran parte del NO_3 para cumplir con sus requerimientos y llevar a cabo todo su ciclo de vida y funcionamiento. Destaca, que los rendimientos totales de azúcar son mayores con cachaza descompuesta, solamente en virtud de un mayor rendimiento, pero se observa que la mejor conversión de libras de azúcar por tonelada de caña, en verdad, la dio la micorriza. Un detalle no mencionado por el autor, es que el tratamiento **cachaza+micorriza**, con 35% menos nutrientes aplicados/ha, resultó -favorecido por la micorriza- con rendimientos muy similares (*aunque menores*), que el de **fertilización**.

Por otro lado, se notan beneficios en la cantidad de libras de azúcar por tonelada de caña verde al usar micorrizas benéficas, pudiendo ser estos por los efectos positivos de este hongo que favorecen la concentración y formación de azúcares, lípidos y proteínas en el tallo de la caña. Por el solo hecho de utilizar un 65% de la dosis completa de fertilizantes químicos, el suelo y posiblemente los cuerpos de agua y mantos freáticos locales, se contaminan menos con N y P. Después de las 3 cosechas obligadas del cañaveral (*plantilla, soca y soca*), se observó el efecto de mayores utilidades al recurrir a cachaza como un abono orgánico. Aun teniendo un ascenso decreciente que superó a los demás tratamientos, el mejor tratamiento económicamente, fue **cachaza**, seguido por la **micorriza** que supera y fue más rentable que **fertilización**.

ESTUDIO 3.

En el trabajo (Fuente: [Universidad Rafael Landívar](#)) “**Efecto de inóculos de hongos micorrizicos arbusculares sobre la nutrición fosfatada y rendimiento de caña de azúcar, ingenio Pantaleón, Escuintla**”, (Ordoñez Rivera Jarhii Lihonardo, 2015) se evaluó el efecto de cinco inóculos de micorrizas arbusculares sobre el rendimiento y la producción de caña de azúcar (*Saccharum sp.*).

Tuvo como antecedente el trabajo “**Diagnóstico de la presencia de hongos micorrizicos arbusculares en suelos cultivados con caña de azúcar y evaluación preliminar de la inoculación a nivel de campo. Programa de Agronomía del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar – CENGICAÑA. P. 200-207**” (Alfaro y Pérez, 2013 (Cuadro 1), donde se muestran las medias de las toneladas de caña por hectárea (TCH) de los tratamientos de los dos ensayos, en los cuales el análisis de varianza (*factorial base 4 x 2*) indicó que no hubo diferencias estadísticas entre los biofertilizantes, ni entre los niveles de los porcentajes de la fertilización química y que ambos factores tuvieron efectos independientes en el rendimiento de caña. En él, se presentan los efectos promedio de los bio-productos evaluados. El autor concluye que, en promedio, ninguno de los tres bio-productos evaluados superaron al testigo sin aplicación de micorrizas (*biofertilizante*) en términos de rendimiento de caña en los dos sitios, pero tampoco rindieron menos, aun con menor cantidad de fertilizante químico.

Cuadro 1: Efecto promedio de los bio-productos en el rendimiento de caña de azúcar en los dos sitios evaluados

BIO-PRODUCTO	RENDIMIENTO DE CAÑA (TCH)	
	NUEVA PROVIDENCIA	RIO AZUL
Micoral	184.4 (a)	201.9 (a)
Biofertilizante	184.6 (a)	215.2 (a)
Soil restore	185.8 (a)	211.2 (a)
Testigo sin aplicación	185.8 (a)	218.2 (a)
CV	11.70	9.90

(Alfaro y Perez 2013)

La investigación se llevó a cabo en Finca San Vicente, ubicada en lo que anteriormente fue **Ingenio El Baúl** ahora **Ingenio Pantaleón**, Santa Lucia Cotzumalguapa. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar en arreglo bifactorial con 4 repeticiones y 5 tratamientos, más el testigo en el factor 1 y 2 y niveles de fósforo en el factor 2. **Los tratamientos utilizados fueron:** T1 Micoral, con 0 kg de P₂O₅; T2 Micoral, con 80 kg de P₂O₅; T3 *Glomus sp.*, con 0 kg de P₂O₅; T4 *Glomus sp.* con 80 kg de P₂O₅; T5 *Glomus clarum* con 0 kg de P₂O₅; T6 *Glomus clarum* con 80 kg de P₂O₅; T7 *Gigaspora sp.* con 0 kg de P₂O₅; T8 *Gigaspora sp.* con 80 kg de P₂O₅; T9 *Glomus etunicatum* con 0 kg de P₂O₅; T10 *Glomus etunicatum* con 80 kg de P₂O₅; T11 sin inóculo, con 0 kg de P₂O₅; y T12 sin inóculo, con 80 kg de P₂O₅. Las variables de respuesta fueron rendimiento de caña en toneladas por hectárea (TCH), concentración de sacarosa, rendimiento de azúcar en toneladas por hectárea (TAH), altura de tallos de caña y población de tallos por metro lineal. Los resultados obtenidos reflejan una diferencia estadística significativa para el caso de los inóculos *Glomus sp.* y *Gigaspora sp.* los cuales estuvieron superiores sobre el testigo sin inóculo para las variable TCH, TAH, altura y población, mientras que para los niveles de fósforo no se reflejó diferencia estadística.

Cuadro 4: Valores promedio de rendimiento de caña (TCH), concentración de sacarosa y toneladas de azúcar por hectárea (TAH)

Tratamiento	Inóculo	Fósforo aplicado (kg P ₂ O ₅ / ha)	TCH	Concentración sacarosa %	TAH
T1	Micoral	0	102.6	11.5	11.7
T2	Micoral	80	88.4	11.1	9.8
T3	<i>Glomus sp.</i>	0	102.7	11.7	12.0
T4	<i>Glomus sp.</i>	80	111.6	11.9	13.3
T5	<i>Glomus clarum</i>	0	95.5	11.4	10.9
T6	<i>Glomus clarum</i>	80	96.1	11.7	11.2
T7	<i>Gigaspora sp.</i>	0	104.0	12.1	12.5
T8	<i>Gigaspora sp.</i>	80	106.7	11.5	12.3
T9	<i>Glomus etunicatum</i> (Soil restore)	0	96.8	11.6	11.3
T10	<i>Glomus etunicatum</i> (Soil restore)	80	89.4	11.5	10.2
T11	Sin aplicación de inóculo	0	78.8	11.5	8.9
T12	Sin aplicación de inóculo	80	89.4	11.8	10.5

ESTUDIO 4.

De acuerdo a (Fuente: *Bio-fábrica Siglo XXI*) el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, (ing. Artemio Campos Hernández, del inifap, Morelos), dio a conocer en 2009, los resultados del proyecto “**Validación de tecnología del fertilizante biológico a base de micorriza y Azospirillum brasilense de Bio-fábrica Siglo XXI, aplicados en 3 variedades de caña de azúcar (CP-72-2086, ITV-92-1424 y MEX-69-290) en el campo experimental de Zacatepec, en el estado de Morelos**”. El tratamiento testigo, fue solo la fertilización tradicional que utilizan los productores cañeros del estado (1 tonelada de la fórmula cañera 18.0-4.5-3.0). Los tratamientos y resultados del informe final del proyecto, fueron:

Trat 1.- Tres dosis de biofertilizante *Azospirillum brasilense* + micorriza + el 50% de la fórmula cañera.

Trat 2.- Tres dosis de biofertilizante micorriza + *Azospirillum brasilense* + 50% de la fórmula cañera.

Trat 3.- Testigo regional 1 tonelada de fertilizante cañero.

De acuerdo a los resultados, en cuanto a rendimiento y la relación costo-beneficio, destaca que la ganancia neta se incrementa notablemente utilizando los biofertilizantes, ya que, con la variedad CP-72-2086 hay un incremento en ganancia del 168%, la variedad ITV-92-1424 refleja un incremento del 221% y en cuanto a la tercera variedad MEX 69-290, una ganancia del 41%.

ESTUDIO 5.

El objetivo del trabajo de investigación (Fuente: citt.itsm.edu.mx) “Efecto de hongos formadores de Micorriza arbuscular (HMA) con fertilización en caña de azúcar, en Tepalcatepec Michoacán”, fue determinar el efecto de HMA en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en diferentes dosis de fertilización en el valle de Tepalcatepec Michoacán, México. Se realizó inoculación con cepas de HMA (*MycovalleR*®, que contiene 60 propágulos mínimo por gramo de las especies *Sclerocystis sinuosa*, *Acaulospora excavata*, *Acaulospora morowiae*, *Funneliformis mosseae*, *Acaulospora kentinensis*, *Acaulospora scrobiculata*) en 6 tratamientos, con diferentes niveles de fertilización, los cuales variaron desde el testigo (T1) sin fertilizantes, hasta el de máxima fertilización (T6) con 2500 kg Kg/Ha de mezcla de fertilizante, que consistió en un 30% de sulfato de amonio y 70% de urea. Se establecieron 6 tratamientos: 1), T1 testigo sin fertilizantes químicos ni HMA; T2 aplicación de HMA, sin fertilizantes químicos; T3 HMA+500 Kg/Ha de mezcla de fertilizante; T4 aplicación de HMA+1000 Kg/Ha de mezcla de fertilizante; T5 HMA+1500 Kg/Ha de mezcla de fertilizante; y T6 HMA+2500 Kg/Ha de mezcla de fertilizante. El diseño se realizó en bloques al azar con cuatro repeticiones, con tamaño de parcelas de 5X10 m (50 m²). Las variables evaluadas fueron altura de planta (AP), diámetro de planta (DP), concentración de azúcares (CA) y producción de biomasa (PB) en toneladas Ha. Se determinó diferencia significativa con la aplicación de HMA en las variables evaluadas, según la tabla 1.

Tabla 1. Efecto de HMA en caña de azúcar en diferentes dosis de fertilización.

Tratamiento	AP (m)	DP (cm)	CA (°Brix)	PB (Ton/Ha)
T1	1.25 ^B	1.55 ^B	17.03 ^B	65.45 ^B
T2	2.44 ^A	2.96 ^A	24.33 ^A	93.53 ^A
T3	2.42 ^A	2.24 ^A	22.815	95.48 ^A
T4	2.42 ^A	2.8 ^A	23.54 ^A	87.49 ^{AB}
T5	2.38 ^A	2.96 ^A	24.12 ^A	97.09 ^A
T6	2.42 ^A	2.86 ^A	24.08 ^A	96.71 ^A

****Letras iguales no existe diferencia significativa**

En altura de planta (AP), Tahuico-2005, el T1 testigo absoluto (sin fertilizante ni HMA), solo alcanzó una altura de planta de 1.25 m, diámetro de planta de 1.55 cm, concentración de azúcares de 17.03 °Brix y producción de biomasa de 65.45 ton/ha, siendo el único con diferencia significativa, con respecto a los demás. El resto, fueron superiores y estadísticamente iguales, donde destaca el T2 (solo HMA), que permitió iguales valores que los demás tratamientos con HMA y fertilizados, aun con el de la máxima dosis química de 2500 kg Kg/Ha de mezcla de fertilizante. Los autores reconocen el efecto que tienen los HMA en la producción de caña de azúcar, el cual puede llegar a sustituir los fertilizantes minerales considerando previamente la fertilidad del suelo. La utilización de biofertilizantes, como en este caso los HMA, pueden llegar a producir hasta 93.5 toneladas de biomasa, una concentración de azúcares de 24.3 °Brix, y una altura de planta de caña de los 2.4 m, sin adicionar o aplicar fertilizantes minerales.

ESTUDIO 6.

En este estudio (Fuente: riaa.uaem.mx) “Evaluación de micorrizas arbusculares nativas del estado de Morelos en el desarrollo de plantas de caña de azúcar y en el bio-control de *Fusarium andiyazi*”, se colectaron muestras de suelo donde se cultiva caña de azúcar en el municipio de Jojutla para extraer las esporas de HMA que fueron contadas, identificadas morfológicamente y multiplicadas en raíces de sorgo. Se utilizó el inóculo en dos bioensayos: en el primero, se aplicaron las morfoespecies de HMA en plantas de caña de azúcar para evaluar su efecto en el desarrollo; y en el segundo, a las plantas micorrizadas se aplicó el patógeno *F. andiyazi* a una concentración de 1×10^6 conidios/ml para evaluar la reducción del daño en las raíces. Se establecieron en un diseño completamente al azar, donde se evaluaron 16 tratamientos con tres repeticiones. Los resultados indican que con la aplicación de los tratamientos de *A. lacunosa*/ *A. tuberculata* y *G. mosseae*/ *F. geosporum* se obtuvo un aumento significativo en la altura de las plantas y peso fresco y longitud de raíces de caña de azúcar (Figuras 27, 28 y 30). Los HMA colonizaron en diferente grado las raíces de caña de azúcar, destacando *G. aggregatum* y *A. lacunosa*/ *A. tuberculata* con los porcentajes más altos 93.3 y 73.3. respectivamente.

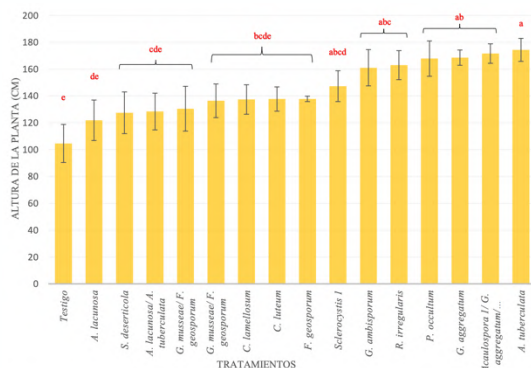


Figura 27. Efecto de la inoculación de HMA en la altura de plantas de caña de azúcar en el Bioensayo 1 (media $\pm$ desviación estándar). Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias de los tratamientos de acuerdo con la prueba Tukey ($P < 0.05$), C.V. = 15.52.

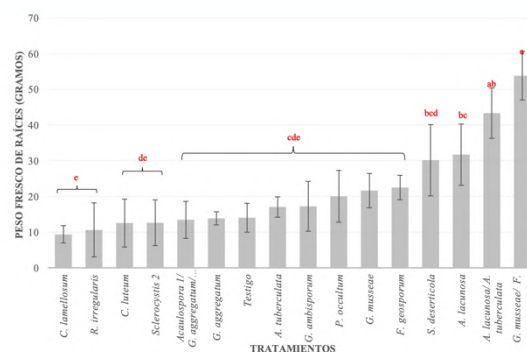


Figura 28. Efecto de la inoculación de HMA en el peso fresco de las raíces de caña de azúcar en el Bioensayo 1 (media $\pm$ desviación estándar). Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias de los tratamientos de acuerdo con la prueba Tukey ($P < 0.05$), C.V. = 61.62.

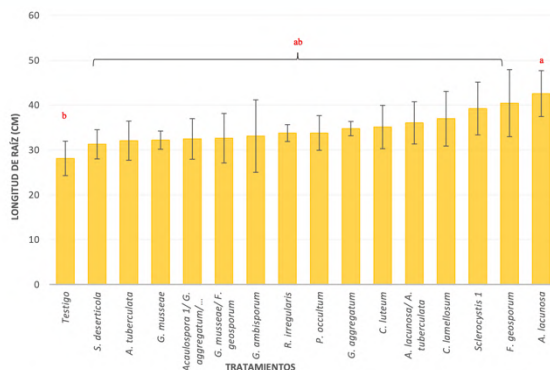


Figura 30. Efecto de la inoculación de HMA y *F. andiyazi* en la longitud de raíz de plantas de caña de azúcar en el Bioensayo 2 (media $\pm$ desviación estándar). Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias de los tratamientos de acuerdo con la prueba Tukey ($P < 0.05$), C.V. = 16.28.

Los resultados obtenidos en este estudio indican que en las plantas de caña de azúcar micorrizadas se reduce el nivel de daño de la enfermedad causada por *F. andiyazi*, que es uno de los patógenos principales de este cultivo. Este efecto benéfico de los HMA coincide con lo que se ha observado en otras plantas, tales como el agave contra el patógeno *F. oxysporum* (Trinidad-Cruz et al., 2017) y en fresa (Yannan et al., 2015).

Estudios (inconclusos) de micorrizas-UV

(*Rizofermic*) en caña de azúcar:

A pesar de varios intentos realizados para lograr información precisa sobre la eficiencia biológica de los HMA *Rizofermic* en caña de azúcar en Veracruz y el norte de Oaxaca, ya sea vía experimentos completos o parcelas de validación comerciales, ninguno ha podido ser concluido total y satisfactoriamente por varias razones, entre las que sobresalen los incendios involuntarios de los cañaverales o las cosechas adelantadas y sin previo aviso a los investigadores responsables. Sin embargo, han quedado algunas evidencias fotográficas de al menos 2 de esos trabajos, donde, aunque solamente visuales, son obvias.



Figura A. Parcela de Validación comercial de *Rizofermic* en la región de Xalapa. Lotes similares en su siembra y manejo agonomico, con fertilización química a dosis convencional, pero el izquierdo no fue micorrizado, mientras que el derecho si fue micorrizado.



Figura B. Parcela de Validación comercial de *Rizofermic* en caña de azúcar en la región de Isla, Veracruz. Lotes similares en su siembra, SIN fertilización química, mismo manejo, pero el izquierdo si fue micorrizado, mientras que el derecho no fue micorrizado.

Por otro lado, la aplicación de los **hongos formadores de micorrizas arbusculares**, optimizan el aprovechamiento de los macro y micro-nutrientes del sustrato en vivero y del suelo en post-trasplante o siembra directa. 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** 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 caña de azúcar**.

- ✓ La dosis de **Rizofermic** sugerida para **plantillas, socas y resocas no micorrizadas**, es de **10kg/ha (\$1,750)**.
- ✓ La dosis de **Rizofermic** sugerida para **socas y resocas de plantillas micorrizadas**, es de **5 a 7 kg/ha (\$875 a \$1,225)**.

○ **Aplicación al momento de la siembra de los canutos en plantilla:**

- **A chorrillo con aspersor manual de mochila:** La dosis de micorrizas se diluyen en la suficiente cantidad de agua, mínimo 1,000 litros de agua/ha (*120ml/m lineal*), para que el total de canutos recién colocados al fondo del surco de siembra, queden suficientemente cubiertos de la mezcla micorrízica. Es importante que una vez aplicada, los canutos sean tapados lo antes posible con suelo, para evitar daños y muerte de esporas y micelios por excesiva radiación solar y calor extremo.

○ **Aplicación en plantillas, socas y resocas recién brotadas:**

- **A chorrillo con aspersor manual de mochila o con equipos tipo asperjats:** La dosis de micorrizas se diluyen en la suficiente cantidad de agua, pero ahora, mínimo 2,000 litros de agua/ha (*150ml/m lineal*), para que las esporas y micelios penetren lo más posible a la rizosfera de las plantas y no queden sobre la superficie del suelo, para evitar daños y muerte de ellos por excesiva radiación solar y calor extremo. Se aplican a chorrillo a la base de los brotes ya emergidos, de manera homogénea y continua sobre la hilera.

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

De acuerdo a experiencias comerciales de uso de nuestras micorrizas **Rizofermic** en varios cultivos regionales, de acuerdo 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):
 - **Se pueden usar** (solo de ser necesarios):
 - **Fungicidas:** *metil tiofanato, triadimefon, propiconazol, triflumizole, fosetyl aluminio, metalaxil, triazol, difenoconazol, fludioxonil, fenhexamid.*
 - **Insecticidas:** *clotanedin, fenilpirrol, thiametoxam, thiodicarb, imidacloprid.*
 - **No utilizar:**
 - **Fungicidas:** *Fenporimof*, así como *benomilo* y *mancozeb*, ya que estos 2 últimos afectan 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.
- ✓ En caso de dudas, ponerse en contacto con nosotros.
- ✓ 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://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5267/1/CPA-2005-To86.pdf>
- https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/41823/Ficha_Tecnica_Ca_a_de_Azucar.pdf
- <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/17/Ordenez-Jarhii.pdf>
- <https://go.gale.com/ps/i.do?p=IFME&u=googlescholar&id=CALE|A619305209&v=2.1&it=r&sid=IFME&asid=6b44b859>
- <http://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/nEwgPZaeUjmTsBsLinRXPnRuDLEZsARV>
- <https://biofabrica.com.mx/blog/resultados/inifap-valida-biofertilizantes/>
- <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v37n2/2395-8030-tl-37-02-175.pdf>
- [file:///D:/O%20A%C3%91O%202021%20uriza/\(OO\)%20EN%20USO%20ACTUAL%202021/ESCRITORIOS%20pendientes%20todos/INIFAP-LENOVO/Downloads/011%20-%20Producci%C3%B3n_Sostenible_de_Ca%C3%B1a_de_Azucar_en_M%C3%A9xico.pdf](file:///D:/O%20A%C3%91O%202021%20uriza/(OO)%20EN%20USO%20ACTUAL%202021/ESCRITORIOS%20pendientes%20todos/INIFAP-LENOVO/Downloads/011%20-%20Producci%C3%B3n_Sostenible_de_Ca%C3%B1a_de_Azucar_en_M%C3%A9xico.pdf)
- https://www.google.com/search?q=%E2%80%A2+Reyes+Zamorano%2C+Jos%C3%A9+S.+2005.+Respuesta+de+ca%C3%B1a+de+az%C3%BAcar+a+la+inoculaci%C3%B3n+con+micorrizas+vesiculo+arbusculares.+Compa%C3%B1%C3%ADa+Azucarera+Tres+Valles%2C+Honduras.&rlz=1C1NHXL_esMX720MX720&og=%E2%80%A2+Reyes+Zamorano%2C+Jos%C3%A9+S.+2005.+Respuesta+de+ca%C3%B1a+de+az%C3%BAcar+a+la+inoculaci%C3%B3n+con+micorrizas+vesiculo+arbusculares.+Compa%C3%B1%C3%ADa+Azucarera+Tres+Valles%2C+Honduras.&q=chrome..69i57.2605joj4&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- [https://citt.itsm.edu.mx/ingeniantes/articulos/ingeniantes6nozvolz/12.%20Efecto%20de%20hongos%20formadores%20de%20Micorriza%20arbuscular%20\(HMA\)%20con%20fertilizaci%C3%B3n%20en%20ca%C3%B1a%20de%20az%C3%BAcar,%20en%20Tepic%20Michoac%C3%A1n.pdf](https://citt.itsm.edu.mx/ingeniantes/articulos/ingeniantes6nozvolz/12.%20Efecto%20de%20hongos%20formadores%20de%20Micorriza%20arbuscular%20(HMA)%20con%20fertilizaci%C3%B3n%20en%20ca%C3%B1a%20de%20az%C3%BAcar,%20en%20Tepic%20Michoac%C3%A1n.pdf)
- <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>
- <http://www.fitosanidad.cu/index.php/fitosanidad/article/view/812/709>