

Evaluación del efecto de micorrizas
en la producción y calidad de

PAPAYA MARADOL

(*Carica papaya*)

M. V. Vázquez-Hernández*, M. L. Arévalo-Galarza, D. Jaén-Contreras

Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Km 36.5 Carretera México-Texcoco C.P. 56230, Texcoco, Estado de México.

*Autor responsable e-mail: marcos_vh@colpos.mx

J. L. Escamilla-García

Escuela de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Apatzingán, Michoacán.

RESUMEN

En este trabajo se presenta el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (*Glomus mosseae* y *Entrophospora colombiana*) en plantas de papaya variedad Maradol roja. Los resultados mostraron que ambas especies de micorrizas incrementaron la altura de la planta, el rendimiento y el peso promedio de fruto con respecto al tratamiento testigo. La inoculación de papaya con micorrizas incrementa el rendimiento y el peso de frutos; en consecuencia, la tasa de retorno aumentó de 2.4 a 4.9 veces.

Palabras clave: *Carica papaya*, sistema de producción, tasa de retorno

INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya*) es originaria de Mesoamérica, probablemente del sur de México, Centroamérica o del noroeste de América del Sur en Brasil (Manshardt, 1992). En la actualidad es una especie que se encuentra cultivada en todas las regiones tropicales de América, desde México a Argentina, Brasil y está naturalizada en los trópicos de África y Asia. México es el quinto productor y primer exportador de papaya en el mundo (Figura 1). En 2008 el volumen de producción fue de 638 237 ton, de las cuales 14.2% se exportó a Estados Unidos, generando ingresos por 53 millones de dólares (Figura 2) (FAO, 2011).

En la última década, el uso indiscriminado y el alto costo de los fertilizantes minerales en la producción intensiva de papaya, han incrementado los costos de producción, afectando el margen de ganancia de los productores (Cuadro 1), además de que, en la actualidad, el comercio internacional exige productos procedentes de sistemas de producción con menor impacto ambiental, por lo que es necesario usar fuentes alternativas de nutrimentos que permitan reducir costos financieros sin afectar rendimientos y calidad final.

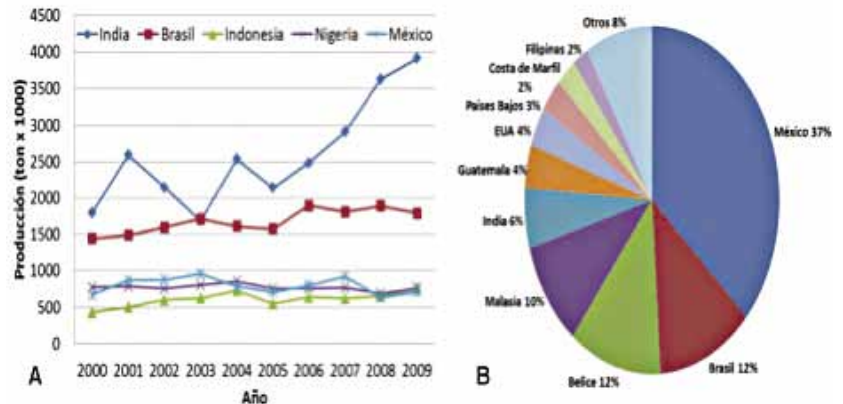


Figura 1. A: Principales países productores de papaya (*Carica papaya*), B: Países exportadores en el mundo (FAO, 2011).

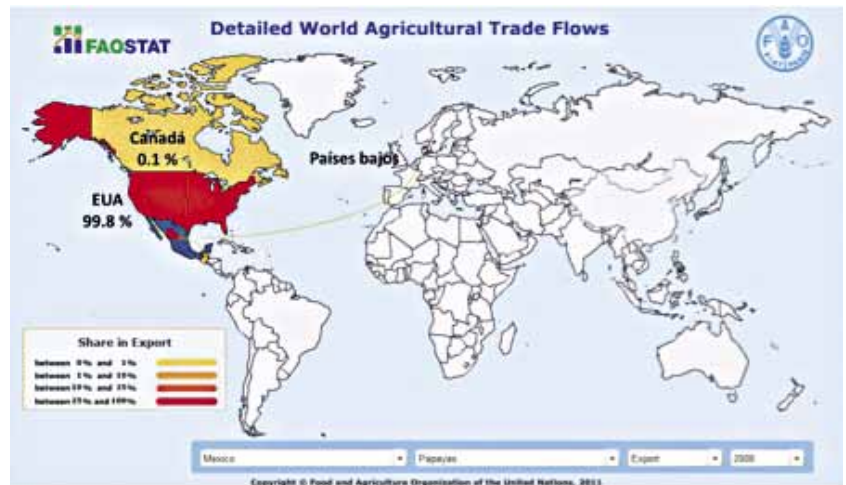


Figura 2. Flujo de exportación de papaya (*Carica papaya*) procedente de México durante 2008 (FAO, 2011).

CUADRO 1. COMPORTAMIENTO DE PRECIOS PROMEDIO DE FERTILIZANTES (\$USD TON) IMPORTADO POR MÉXICO (FAO, 2011).

Producto	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Fertilizantes nitrogenados	235.1	311.1	408.9	522.4	506.1	657.1	1151.9
Fertilizantes fosfatados	4.4	1.1	2.0	4.1	1.9	1.4	3.9
Fertilizantes potásicos	207.7	230.1	299.8	360.8	376.7	428.8	1173.5

El uso de las micorrizas en la producción agrícola como fuente de obtención de minerales para la nutrición vegetal presenta en la actualidad ventajas que favorecen el crecimiento de la planta, incremento en rendimiento, mejor enraizamiento y establecimiento (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 1999), incremento de la absorción de nutrientes minerales, especialmente de iones de baja movilidad como fósforo, cobre y zinc (Marschner y Dell, 1994), favorecen la renovación de nutrientes (Leake et al., 2004), y promueven la tolerancia al estrés biótico y

abiótico (Barea y Jeffries, 1995), principalmente en el ataque de patógenos de hábito radical como bacterias, nemátodos y hongos (Pozo y Azcón-Aguilar, 2007), además de mejorar la calidad de la estructura del suelo (Azcón-Aguilar y Barea, 1997). Con base en lo anterior, en el presente trabajo se evaluó el efecto de dos hongos micorrízicos arbusculares de las especies *Glomus mosseae* y *Entrophospora colombiana* en la producción y calidad de papaya Maradol cultivada en Huamuxtitlán, Guerrero, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y tratamientos

Semillas de papaya de la variedad Maradol se imbibieron en agua por 24 horas, haciendo tres cambios de agua (cada 8 horas), y como protección al ataque por hongos las semillas se trataron posteriormente con una solución de benomilo (1 g L^{-1}) por 8 horas, haciendo dos enjuagues con agua estéril. Las semillas tratadas se pusieron a germinar en toallas estériles, con riego manual por aspersión cada 2 horas. Una vez emergida la radícula se sembraron en charolas de germinación ($60 \times 40 \text{ cm}$) con arena esterilizada en autoclave a 120°C por tres horas cuando las plántulas alcanzaron 6 cm de altura se trasladaron en bolsas con 1 kg de sustrato de crecimiento (suelo: arena de río 2:1) esterilizado en autoclave (120°C por tres horas) al cual se le inocularon 100 g de micorrizas de las especies *G. mosseae* o *E. colombiana* con un equivalente de 7300 esporas kg^{-1} (Figura 3).



Figura 3. Proceso de inoculación de plántulas de papaya (*Carica papaya*) variedad Maradol roja en vivero. A: Esporas de *G. mosseae* (izquierda) y *E. colombiana* (derecha). B: Aplicación del inoculante (5 cm de profundidad). C: Extracción de plántula de la charola de germinación. D: Plántula inoculada trasplantada a bolsa de vivero.

El trasplante a campo (definitivo) se realizó cuando las plantas alcanzaron 20 cm de altura y/o siete hojas verdaderas totalmente expandidas y 1 cm de diámetro del tallo (Figura 4). Los tratamientos fueron: Testigo, *G. mosseae* (GM) y *E. colombiana* (EC) con una densidad de plantación de 2,857 plantas por hectárea, usando una distancia de 2.5 m entre hileras y 1.4 m entre plantas (Figura 4). La fertilización empleada en todos los tratamientos fue $235\text{-}42\text{-}222 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K), distribuidos de la siguiente forma: al trasplante definitivo: N117-P21-K0, a la floración: N59-P21-K157 y a la fructificación: N59-P0-K65.

Variables del rendimiento

Se realizaron lecturas a 30, 120 y 210 días después del trasplante de altura total de planta, considerando desde la base del tallo a la yema apical, diámetro de tallo, con un vernier digital (Caldi-6MP) a una altura de 10 cm desde la base. Se midió la altura al primer fruto, número de frutos por planta y peso promedio de frutos, con lo cual se estimó el rendimiento. Se utilizaron 240 plantas por tratamiento, seis repeticiones y 40 plantas como unidad experimental.



Figura 4. Trasplante definitivo de plantas de papaya (*Carica papaya*) variedad Maradol roja inoculadas con *Glomus mosseae* y *Entrophospora colombiana*.

Variables de calidad

Los frutos se cosecharon en madurez fisiológica (40% de desarrollo del color), y se evaluó el contenido de azúcares totales (%), firmeza en Newtons (N), color de la epidermis y de la pulpa en $^{\circ}\text{Hue}$ y pérdida fisiológica de peso (%) durante la maduración de los frutos. Todos los frutos evaluados se lavaron con una solución inicial de hipoclorito de sodio ($200 \mu\text{L L}^{-1}$) y posteriormente con otra de Prochloraz a base de $500 \mu\text{L L}^{-1}$, por 2 minutos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento de la planta

La inoculación con *G. mosseae* incrementó significativamente la altura de planta respecto al testigo, en 11.4, 3.3 y 3.4% a los 30, 120 y 210 días después del trasplante (ddt); asimismo, el diámetro del tallo se incrementó en 15 y 6.6% a los 30 y 120 ddt, respectivamente (Cuadro 2), mientras que en las plantas inoculadas con *E. colombiana* sólo se registraron incrementos significativos de la altura de planta de 7 y 11% de diámetro de tallo a los 30 ddt comparado con el testigo, y ninguno de los tratamientos afectó la altura al primer fruto. Estudios realizados con *Glomus intraradices* en cacao (*Theobroma cacao*) no mostraron diferencias significativas en el desarrollo de plántulas en vivero (Aguirre *et al.*, 2007). Estos resultados sugieren que los beneficios que se puede tener con las micorrizas dependen en gran parte de la especie vegetal y hongo micorrízico empleado.

CUADRO 2. ALTURA DE PLANTA, DIÁMETRO DE TALLO Y ALTURA AL PRIMER FRUTO DE PLANTAS DE PAPAYA (*Carica papaya*), VARIEDAD MARADOL ROJA, INOCULADAS CON *Glomus mosseae* Y *Entrophospora colombiana* A 30, 120 Y 210 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE.

Tratamiento	Altura de planta (cm)			Diámetro de tallo (cm)			Altura al 1er. fruto (cm)
	30.00	120	210.00	30.00	120.00	210.00	
Testigo	29.19 b	85.98 b	174.88 b	1.14 b	6.5 b	10.63 a	37.50 a
<i>G. mosseae</i>	32.53 a	88.9 0a	180.34 a	1.32 a	6.93 a	10.76 a	36.93 a
<i>E. colombiana</i>	31.28 a	87.28 ab	174.92 b	1.27 a	6.65 b	10.64 a	37.18 a

Valores por columna seguidos por la misma letra indican que no hay diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$).

Rendimiento

La inoculación con *G. mosseae* incrementó 41.5% el número de frutos por planta, 45% el peso promedio de fruto y 105% el rendimiento total respecto al testigo. La inoculación con *E. colombiana* aumentó 22% el número de frutos por planta, 18% el peso promedio de fruto y 44% el rendimiento total, lo que repercutió en incrementos en la tasa de retorno (Cuadro 3), siendo la inoculación con *G. mosseae* la que mostró mayor efecto en la producción que. (Figura 5). La inoculación con *G. mosseae* mostró mayor efecto en la producción que *E. colombiana* (Cuadro 3), atribuyéndose el incremento en rendimiento a una mayor exploración de volumen del suelo y mayor absorción de agua y nutrientes (Kothamasi *et al.*, 2001).

CUADRO 3. CÁLCULO DEL INGRESO NETO EN DÓLARES AMERICANOS Y TASA DE RETORNO CON BASE EN EL RENDIMIENTO, PESO Y NÚMERO PROMEDIO DE FRUTOS DE PAPAYA (*Carica papaya*) VARIEDAD MARADOL ROJA INOCULADAS CON *Glomus mosseae* Y *Entrophospora colombiana*.

Tratamiento	Rendimiento (ton ha ⁻¹)	Peso promedio de fruto (kg)	Frutos por planta	Ingreso total	Costo total	Ingreso neto	Tasa de retorno
				USA \$	USA \$	USA \$	
Testigo	70.6 c	1.43 c	17.2 c	13888.4	10343.6	3544.8	34.2
<i>G. mosseae</i>	144.9 a	2.078 a	24.4 a	28504.7	10531.0	17973.7	170.7
<i>E. colombiana</i>	101.7 b	1.695 b	20.9 b	20006.4	10923.0	9083.4	83.2

Medias seguidas de la misma letra, por columna, indican que no hay diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).



Figura 5. Plantas de papaya (*Carica papaya*) variedad 'Maradol roja' inoculadas con *Glomus mosseae* y *Entrophospora colombiana*: A: Testigo, B: *G. mosseae*, C: *E. colombiana*

Evaluación de la calidad postcosecha

Los frutos de los diferentes tratamientos no mostraron diferencias significativas en sus características de calidad (Figura 6). Las pérdidas de peso fueron significativamente menores en frutos de plantas inoculadas con *G. mosseae* y *E. colombiana* que en frutos del testigo (Figura 7-D). El contenido de azúcares totales y color (°Hue) en epidermis y pulpa no fueron afectados por los tratamientos (Figura 7-A, C). La pérdida de firmeza de frutos de plantas inoculadas con *G. mosseae* fue menor que las del testigo y *E. colombiana* a los siete días después de cosecha; sin embargo, al final de su almacenamiento no hubo diferencias significativas (Figura 7-B).

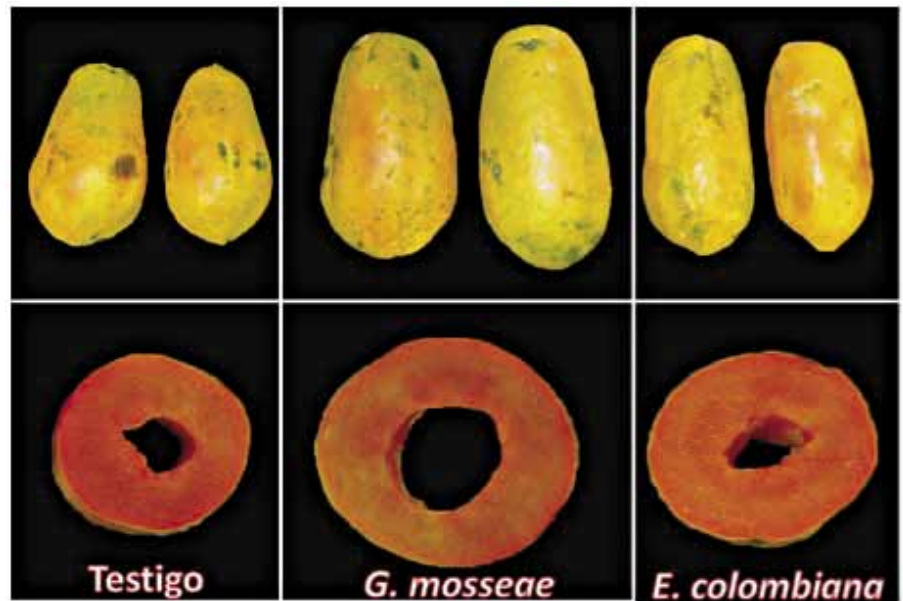


Figura 6. Características de calidad de frutos de papaya (*Carica papaya*) variedad 'Maradol roja' procedentes de plantas inoculadas con *G. mosseae* y *E. colombiana*.

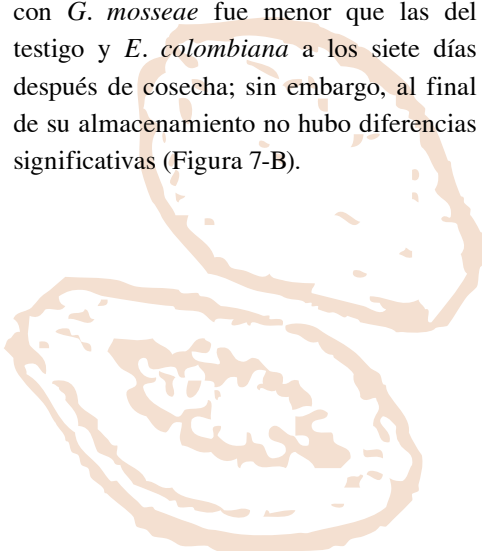
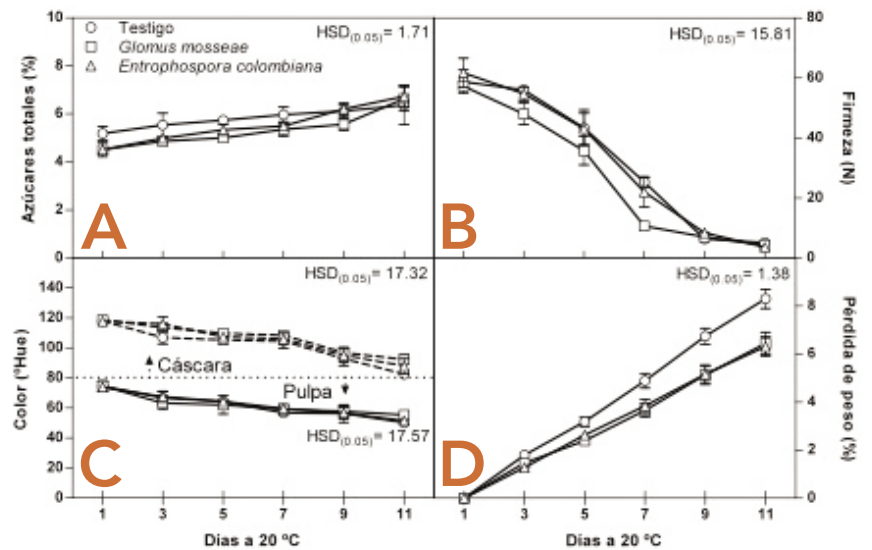


Figura 7. Variables de calidad de frutos de papaya (*Carica papaya*) variedad Maradol roja obtenidas de plantas inoculadas con *Glomus mosseae* o *Entrophospora colombiana* almacenadas a 20 °C. A: Contenido de azúcares totales, B: Firmeza, C: Color (°Hue) en epidermis y pulpa, y D: Pérdida de peso en frutos. HSD: diferencia honesta significativa de Tukey (P<0.05).



CONCLUSIONES

El uso de micorrizas en la producción de papaya 'Maradol' incrementó significativamente la altura de la planta, rendimiento, peso y número de frutos por planta, sin afectar la calidad de los mismos. Se demuestra el potencial del uso de micorrizas en la producción comercial de papaya, en especial inoculando con la especie *Glomus mosseae* que tuvo efectos deseables en cuanto a componentes del rendimiento, atribuido a mayor adaptabilidad del microorganismo a las condiciones edáficas y ambientales de la región de estudio, así como una mayor asociación con la parte radical de las plantas de la papaya. Lo anterior mostró repercusiones en mayor tasa económica de retorno.

LITERATURA CITADA

- Aguirre, M. J.F., L. A. Mendoza, I. J. Cadena, y A. C. H. Avendaño. 2007. Efecto de la biofertilización en vivero del cacao (*Theobroma cacao* L.) con *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg et Döbereiner y *Glomus intraradices* Schenl et Smith. *Interciencia* 32: 541-546.
- Alarcón A., y R. Ferrera-Cerrato. 1999. Manejo de la micorriza arbuscular en sistemas de propagación de plantas frutícolas. *Terra Latinoam.* 17, 1979-1991.
- Azcón-Aguilar C., and J. M. Barea. 1997. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. *Scientia Horticulturae* 68:1-24
- Barea J. M., and P. Jeffries. 1995. Arbuscular mycorrhizas in sustainable soil plant systems. *In: Varma A. and B. Hock (eds), Mycorrhiza Structure, Function, Molecular Biology and Biotechnology.* Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 521-560.
- Borowicz VA. 2001. Do Arbuscular Mycorrhizal Fungi Alter Plant-Pathogen Relations?. *Ecology* 82: 3057-3068.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2011. Statistical database Internet <http://faostat.fao.org/site/535/DesktopDefault.aspx?PageID=535#ancor> (Fecha de consulta: 10 de agosto de 2011).
- Kothamasi D., R. C. Kuhad, and C. R. Babu. 2001. Arbuscular mycorrhizae in plant survival strategies. *Tropical Ecology* 42:1-13.
- Leake J., D. Johnson, D. Donnelly, G. Muckle, L. Boddy, and D. Read. 2004. Networks of power and influence: the role of mycorrhizal mycelium in controlling plant communities and agroecosystem functioning. *Canadian Journal of Botany* 82: 1016-1030.
- Manshardt, R. M. 1992. Papaya. *In: Hammerschlag FA, Litz RE (Eds) Biotechnology in Agriculture No. 8. Biotechnology of Perennial Fruit Crops,* CABI, Wallingford. pp: 489-511
- Marschner H., and B. Dell. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil* 159:89-102.
- Pozo M. J., and C. Azcón-Aguilar. 2007. Unraveling mycorrhiza-induced resistance. *Current Opinion in Plant Biology* 10:393-398.

NOTICIAS



El día 23 de septiembre se presentó en el Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca el libro "Usos y costumbres y ciudadanía femenina", con la participación de Said Infante Gil (director de la casa editorial del Colegio); Verónica Vázquez García, PIT y autora del libro; Laura Irene Gaytán Bohórquez (directora del IISUABJO); Gloria Zafra (académica del IISUABJO); Rosa Hernández Luis (ex-presidenta municipal de Santa Catarina Lachatao); Tomasa León Tapia (ex-presidenta de Santiago Yolomécatl); Jaime Martínez Luna (intelectual oaxaqueño); y Jorge Hernández Días (académico del IISUABJO).

Verónica Vázquez García
Desarrollo Rural
Colegio de Postgraduados
Texcoco, México