

EFFECTO DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES Y DEL ESTIÉRCOL DE OVINO EN EL DESARROLLO INICIAL DE LA LECHOSA (*Carica papaya* L.) VAR. MARADOL ROJA

Ángel Y. Pírela-Almarza¹, Oscar E. Aguirre-Serpa¹, Maribel del C. Ramírez-Villalobos¹, Belkis Petit², Belkys Bracho³ e Irán Parra⁴

RESUMEN

La inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y el uso de estiércol son prácticas sostenibles con mínimo impacto al ecosistema que favorecen el crecimiento y la nutrición de las plantas. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de los HMA y del estiércol de ovino en el crecimiento inicial de la lechosa (*Carica papaya* L.) var. Maradol Roja. Se evaluaron los cinco tratamientos siguientes: plantas cultivadas en arena inoculada con los HMA *Scutellospora fulgida* (SF), *Funneliformis mosseae* (FM) y *Glomus manihotis* (GM), y dos testigos (el comercial de arena con estiércol de ovino, E, y el absoluto de solo arena. Los sustratos estuvieron conformados por dos partes de arena y una de HMA (SF, FM y GM) o de estiércol. El diseño experimental fue totalmente al azar con veinte repeticiones. A los 60 días de la inoculación se evaluaron porcentaje de colonización por hongos micorrízicos (PCH), altura de planta (AP), número de hojas, número de nudos, longitud del sistema radical, diámetro del tallo, biomasa seca de la parte aérea, área foliar (AF), índice de AF (IAF) y contenidos de clorofila a (Ca), b (Cb), ambas clorofilas (Cab) y de carotenoides (Cc). El análisis estadístico determinó diferencias significativas ($P \leq 0,05$) para PCH, AF, IAF, AP, Ca, Cb, Cab y Cc por efecto de los tratamientos. Se concluye que SF, FM, GM y E influyeron en el desarrollo inicial, y en los contenidos de clorofilas y carotenoides en las plantas de lechosa. El tratamiento con estiércol de ovino alcanzó los máximos Cab, Cb y Cc.

Palabras clave adicionales: *Funneliformis mosseae*, *Glomus manihotis*, HMA, papaya, *Scutellospora fulgida*

ABSTRACT

Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and ovine manure on the initial growth of papaya (*Carica papaya* L.) 'Maradol roja'
The inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and the use of manure are sustainable practices with minim impact on the ecosystem that can improve the growth and nutrition of plants. The objective of this work was to evaluate the effect of AMF and ovine manure on the initial growth of papaya plants (*Carica papaya* L.) var. Maradol Roja. Five treatments were evaluated: plants cultivated in sand inoculated with *Scutellospora fulgida* (SF), *Funneliformis mosseae* (FM) and *Glomus manihotis* (GM), and two controls, a commercial substrate (sand with ovine manure, E), and sand alone. The AMF or the manure were mixed with the sand in a 1:2 volumetric proportion. A completely randomized experimental design was used with twenty repetitions. At day 60 after the inoculation the following variables were measured: percentage of colonization by AMF (PCA), plant height (PH), number of leaves and nodes, radical system length, stem diameter, dry biomass of aerial part, leaf area (LA), LA index (LAI), and contents of chlorophyll a (Ca), b (Cb), both chlorophylls (Cab), and carotenoids (Cc). The analysis detected significant differences ($P \leq 0.05$) for PCA, LA, LAI, PH, Ca, Cb, Cab y Cc by effect of the applied treatments. It was concluded that the AMF (SF, FM and GM) and E influenced the initial growth and contents of chlorophylls and carotenoids in the papaya plants, and obtained the highest Ca. The plants on substrates with ovine manure reached the maximum Cab, Cb and Cc.

Additional key words: AMF, *Funneliformis mosseae*, *Glomus manihotis*, *Scutellospora fulgida*

INTRODUCCIÓN

El deterioro ambiental y la disminución de la productividad de los suelos hace prioritario la implementación de estrategias que disminuyan dichos problemas, entre las que sobresale el uso

de algunos microorganismos como los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), que se perfilan como una de las opciones biotecnológicas con mayor futuro (López et al., 2005), así como, la aplicación de estiércoles. Ambas prácticas son sostenibles con mínimo impacto a los ecosistemas.

Recibido: Agosto 26, 2016

Aceptado: Julio 3, 2017

¹ Dpto. de Botánica, ²Depto. Fitosanitario, ³Depto. de Estadística, ⁴ Depto. de Química. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia (LUZ). Maracaibo, Venezuela. e-mail: mcramire@fa.luz.edu.ve

La lechosa (*Carica papaya* L.) pertenece a la familia Caricaceae su fruto es muy apreciado tanto para el consumo en fresco como para la industrialización (Hoyos, 1999). En el año 2014, Venezuela tenía unas 7562 ha sembradas con una producción de 143.268 t (FEDEAGRO, 2016).

Entre las variedades cultivadas en el país, se encuentra la Maradol por su capacidad de adaptación a diferentes tipos de suelo y tolerancia a virosis y otras enfermedades. En el cultivo de la lechosa, una de las principales limitantes siguen siendo las enfermedades y plagas. Herrera et al. (2014) han señalado que los HMA son una alternativa para actuar como factores de protección contra patógenos de raíces.

Los HMA también se han involucrado con un mejor crecimiento de numerosas plantas de importancia económica, como los frutales (López et al., 2005). Quiñones et al. (2014b) informaron que la micorización previa al trasplante de las plantas, que requieren de una etapa de vivero, puede proporcionar beneficios económicos a los productores agrícolas al disminuir el empleo de fertilizantes y plaguicidas.

En otros países, se ha reportado que la lechosa responde positivamente a la inoculación con HMA (López et al., 2005; Khade y Rodrigues, 2009; Constantino et al., 2010; Quiñones et al., 2014a, 2014b) y su estudio se ha abordado desde múltiples enfoques, destacándose trabajos que muestran la importancia de inocular con HMA en vivero, antes de realizar el trasplante en campo, porque mejoran la nutrición, el vigor y la calidad de las plantas (Constantino et al., 2010). Desde hacen unas décadas países, como República Dominicana, han disminuido la cantidad de productos químicos en los cultivos e incrementado el uso de las enmiendas orgánicas como alternativa de fertilización para mejorar la fertilidad de los suelos (Pérez et al., 2008). El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de los HMA y del estiércol de ovino en el desarrollo inicial de la lechosa var. Maradol Roja.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Unidad Técnica Fitosanitaria, Facultad de Agronomía-LUZ, municipio Maracaibo, estado Zulia, ubicada en una zona de vida “Bosque Muy Seco Tropical” a

10°41'N y 71°38'W, a una altitud de 25 m, con promedios anuales de 500 mm de precipitación, 29 °C de temperatura, 79 % de humedad relativa, 2500 mm de evapotranspiración (Huber y Oliveira, 2010).

Las plantas de lechosa var. Maradol Roja se obtuvieron de semillas certificadas F1 de la empresa Semillas del Caribe. Las semillas se almacenaron a 10 °C durante una semana antes de la siembra, la cual se hizo en bandejas de polietileno de 200 celdas (3 cm de alto x 2,5 cm de diámetro) que contenían un sustrato de arena. Se colocó una semilla por celda a una profundidad de 0,5 cm y se regó de forma manual, diariamente.

Transcurridos 20 días, se realizó el trasplante de una planta a un vaso plástico blanco (10,5 cm de alto x 9 cm de diámetro), que contenía A y el inoculo concentrado de los HMA *S. fulgida* (SF) (281 esporas·100 g⁻¹), *F. mosseae* (FM) (1633 esporas·100 g⁻¹) y *G. manihotis* (GM) (496 esporas·100 g⁻¹), en proporción volumétrica dos partes de arena y una del inoculo. El inóculo poseía 100 % de pureza y fue adquirido por la Unidad Técnica Fitosanitaria a través de la empresa Micoven, IVIC.

Adicionalmente, se usaron dos testigos, el comercial que correspondió al sustrato de dos partes de A y una de estiércol de ovino lavado (E) (materia orgánica) y el otro que consistió de solo A para un total de cinco tratamientos: SF, FM, GM, E y A. La A y el E se esterilizaron en autoclave a 121 °C y 1 atm de presión por una hora. Las plantas se mantuvieron dentro de una estructura metálica de 2 m de largo x 1 m de ancho x 1,5 m de alto, cubierta con una malla antiafidos que ofrecía un 80% de sombra. Durante esta fase se aplicó un riego cada dos días.

El experimento se realizó bajo un diseño totalmente al azar con veinte repeticiones y una planta como unidad experimental. A los 60 días después del trasplante, se evaluaron: porcentaje de colonización por HMA (PCH), altura de la planta (AP), número de hojas (NH), número de nudos (NN), longitud del sistema radical (LSR), diámetro del tallo (DT), área foliar por planta (AF), índice de AF (IAF) y contenidos de clorofila a (Ca), clorofila b (Cb), ambas clorofilas (Cab) y de carotenoides (Cc).

El PCH se calculó mediante la relación del número de segmentos de raíz colonizados por HMA -con presencia de micelio, arbusculos y

vesículas- entre el número de segmentos de raíz observados, multiplicada por 100. Para teñir las estructuras fúngicas se siguió el método de clareo y tinción azul de Tripano de Phillips y Hayman (1970). La medición de la AP se realizó desde la base del tallo hasta el ápice terminal de la planta y la LSR desde el ápice de la raíz más larga hasta la base del tallo. El AF se obtuvo mediante un planímetro óptico Delta T-Devices Mkm2. El IAF se determinó mediante la relación del área foliar por planta entre el área del suelo. La biomasa seca se obtuvo después del secado de la parte aérea de cada planta, a 74 °C durante 72 h en una estufa Gemmy.

En las plantas, la luz destinada a impulsar el proceso fotosintético es absorbida por dos tipos de pigmentos las clorofilas (a y b, verdes) y los carotenoides (amarillo-anaranjados) que son moléculas cromóforas sensibles a la radiación luminosa y extraordinariamente eficaces en la absorción de luz (Rivas, 2013). La determinación de Ca, Cb, Cab y Cc se hizo mediante el método colorimétrico de extracción y pigmentación de elementos vegetales (Wellburn, 1994), para lo cual se usaron cinco plantas por tratamiento y se recolectaron las hojas sanas totalmente expandidas y sin daños mecánicos. A continuación, se maceró 0,5 g de hojas en 6 mL de una solución de acetona y metanol en proporción 2:1, luego de 24 h de

estabilización, se centrifugó por 10 min a 4293,12 g y se realizó inmediatamente la lectura de absorbancia (Ab) a través de espectrofotometría UV visible. Los contenidos de Ca, Cb, Cab y Cc, en $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, se calcularon mediante las siguientes ecuaciones, donde el volumen del extracto y sobrenadante se expresó en mililitros.

$\text{Ca} = (12,21 \cdot \text{Ab}_{647}) - (2,81 \cdot \text{Ab}_{664}) \cdot \text{volumen del extracto/volumen del sobrenadante}$

$\text{Cb} = (20,13 \cdot \text{Ab}_{647}) - (5,03 \cdot \text{Ab}_{664}) \cdot \text{volumen del extracto/volumen del sobrenadante}$

$\text{Cc} = (\text{Ab}_{480} \cdot 4) \cdot \text{volumen del extracto/volumen del sobrenadante} \cdot 2$

El análisis estadístico se hizo a través de un análisis de la varianza utilizando el procedimiento GLM del programa SAS V.9.1.3 Cary, NC. Cuando hubo diferencias significativas entre los tratamientos se utilizó el método de Tukey para la separación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza determinó efecto significativo ($P \leq 0,001$) en PCH, AF, IAF y AP por efecto de los tratamientos aplicados (Cuadro 1). El mayor PCH fue alcanzado cuando las plantas se cultivaron en sustrato inoculado con FM, el cual presentó diferencias significativas con el de GM y SF, que fueron estadísticamente iguales.

Cuadro 1. Efecto de tratamientos con *Scutellospora fulgida* (SF), *Funneliformis mosseae* (FM), *Glomus manihotis* (GM) y estiércol de ovino (E) sobre el porcentaje de colonización por hongos micorrízicos arbusculares (PCH), el área foliar (AF), el índice de área foliar (IAF) y la altura de planta (AP) en la lechosa var. Maradol Roja

Tratamiento	Variables			
	PCH (%)	AF (cm^2)	IAF	AP (cm)
A		24,2 c	0,03 c	27,6 a
E		39,7 a	0,05 ab	16,9 b
SF	36,6 b	27,1 bc	0,04 bc	21,6 ab
FM	47,0 a	36,1 ab	0,05 ab	25,5 a
GM	38,6 b	40,9 a	0,06 a	24,1 ab

Letras diferentes dentro de una misma columna presentan diferencias según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). A: arena

Los PCH obtenidos en la presente investigación demostraron que *F. mosseae* tuvo una mayor asociación simbiótica con la plántula de lechosa var. Maradol Roja, la respuesta fue positiva y alcanzó un 47 %, valor que se ubicó dentro del rango obtenido por Khade y Rodrigues (2009) en seis variedades de lechosa micorrizadas, de 26 a 77 %, y superó la señalada para Maradol

con *F. mosseae* - C4 (39 %), *F. mosseae* - C23 (11 %) (Herrera et al., 2014), *G. intraradices* (18,5 %) (Constantino et al., 2010) y *Glomus* spp. Zac-19 (17 %) (López et al., 2005).

En la India trece especies de HMA, algunas pertenecientes al género *Glomus*, presentaron asociación simbiótica con seis variedades de lechosa (Khade y Rodrigues, 2009). Bergamo

(2013) concluyó que *F. mosseae* fue el HMA que mostró alta compatibilidad con plantas de parchita, porque permitió alcanzar el mayor crecimiento y desarrollo de la planta. En *Capsicum frutescens*, *F. mosseae* también presentó mayor afinidad con la planta hospedera, 58,47 % de colonización por HMA (Jiménez, 2015).

La mayor AF e IAF se obtuvo con las condiciones de GM, E y FM que fueron estadísticamente iguales (Cuadro 1). Estos resultados concuerdan con lo informado por López et al. (2005), quienes obtuvieron mayor AF cuando la lechosa se asoció con *Glomus* spp. Zac-19. Sin embargo, en una investigación de aguacate no se encontraron efectos positivos de los HMA sobre el IAF, cuando las plantas se inocularon con *G. hoi-like* y *F. mosseae*, no hubo especificidad o afinidad con la planta hospedera (Rivera et al., 2011).

Las plantas de los tratamientos GM, E y FM aumentaron su inversión en la producción de AF, lo que permitiría mayor actividad fotosintética o producción de fotoasimilados que fueron necesarios para el establecimiento de la simbiosis entre los HMA y las plantas de lechosa, así como, para el desarrollo de ésta. La respuesta observada en GM y FM se asoció al grado de compatibilidad de éstas con la planta hospedera, y en E se relacionó con las propiedades físico-químicas del sustrato y al aporte nutricional del estiércol de ovino.

Con respecto al comportamiento de este último tratamiento (E), tiene similitud con lo obtenido por Quiñones et al. (2014b) en lechosa, las plantas cultivadas en la mezcla cachaza (suelo, composta de cachaza de caña de azúcar y arena, 2:2:1 v/v/v) con y sin HMA presentaron un crecimiento similar. Los autores explicaron que ello puede deberse a que algunas fuentes de materia orgánica son ricas en nutrientes disponibles y pueden promover el buen crecimiento de las plantas sin necesidad de estar micorizadas.

En relación al estiércol, favorece el crecimiento de las plantas por su contribución en la nutrición (Vázquez et al., 2011). Los estiércoles, materia orgánica o fertilizantes orgánicos aportan cantidades notables de nutrientes esenciales, principalmente nitrógeno, fósforo y potasio, al suelo y a las plantas, el de nitrógeno es de descomposición relativamente

lenta y su acción favorece la multiplicación rápida de la microflora del suelo. La composición del estiércol de ovino es de 38,5 % agua y 45,6 % de materia orgánica, pH de 8,51, proporción carbono a nitrógeno (C/N) de 14,3 (Barrer, 2009) y de 1,72 a 2,3 % de nitrógeno (Pérez et al., 2008).

Entre los beneficios de los HMA se encuentra que éstos desarrollan un micelio interno dentro de la corteza de la raíz, que se extienden a través del suelo mediante una red de hifas que constituyen el micelio externo, ambos micelios conforman un sistema altamente especializado (Barea et al., 1991) y eficaz en la toma de minerales de lenta absorción, como los fosfatos (Barea et al., 1991; Bonilla, 2013; Quiñones et al., 2014a), el cobre y el zinc, y otros nutrientes minerales del suelo para ser transportados a la planta (Herrera et al., 2014). Khade y Rodrigues (2009) encontraron que el fósforo y el potasio disponibles, así como, el nitrógeno total estuvieron positivamente correlacionados con la colonización de la raíz.

La respuesta observada en las plantas micorizadas de la variedad Maradol Roja se relacionó con la asociación simbiótica que facilita la absorción de nutrientes. Fernández et al. (2013) explicaron que los hongos micorrízicos del tipo arbuscular expresan un transportador de fosfato de alta afinidad en la parte externa de las hifas del hongo. Luego, el fosfato incorporado por el hongo se transporta hacia los arbuscúlos probablemente en forma de polifosfato.

Los HMA también contribuyen en la mejora de la estructura y fertilidad del suelo o sustrato y en el almacenamiento de carbono mediante glomalina (proteína sintetizada por estos hongos), entre otros. Por su parte, la planta le suministra al hongo fuentes de carbono procedentes de la fotosíntesis, proceso que el hongo no puede realizar por sí mismo, y le brinda protección. La simbiosis HMA-planta o asociación es prácticamente universal, mutualista y ambos componentes, el hongo y la planta, resultan beneficiados (Barea et al., 1991).

Para la AP, los tratamientos GM, FM, SF y A fueron semejantes estadísticamente y mostraron los mayores alturas. El E presentó el menor valor pero tuvo igual respuesta que SF y GM. En lechosa tipo Cera, las cepas *Glomus* sp. Zac-2 y *G. aggregatum* FS-39 incrementaron la AP (Quiñones et al., 2014b), lo cual tiene similitud

con lo observado en la variedad Maradol Roja en donde los HMA permitieron mejorar la AP.

En AP, se encontró que la A tuvo igual respuesta que la aplicación de HMA en el sustrato (Cuadro 1), posiblemente por cubrir los requerimientos de las plantas durante esta fase inicial de la lechosa. Este comportamiento no se corresponde con lo indicado por López et al. (2005), que la asociación de lechosa con *Glomus* spp. Zac-19 aumentó la AP. Salamanca y Cano (2005) obtuvieron mayor crecimiento expresado en AP, DT y biomasa de la raíz en mandarina Cleopatra cuando se cultivó con *G. manihotis*.

Con respecto a BSA, NH, NN, LR y DT, estas variables no presentaron diferencias significativas

por efecto de los tratamientos (Cuadro 2). En México, Zulueta et al. (2015) encontraron que los HMA si favorecieron el crecimiento-expresado en AP, DT y NH- y la supervivencia de la Caricacea *Jacaratia mexicana* trasplantadas dentro de un área fragmentada del bosque tropical seco ubicado en la parte central del estado de Veracruz. Por su parte, Herrera et al. (2014) registraron los valores más altos de AP y DT en plantas de Maradol micorrizadas con cepas nativas de México, entre ellas *F. mosseae*. Adicionalmente, Quiñones et al. (2014a) concluyeron que la AP, el DT y la biomasa seca incrementaron notablemente cuando las plantas de lechosa var. Cera se inocularon con *Glomus* sp. Zac-2.

Cuadro 2. Efecto de tratamientos con *Scutellospora fulgida* (SF), *Funneliformis mosseae* (FM), *Glomus manihotis* (GM) y estiércol de ovino (E) sobre la biomasa seca de la parte aérea (BSA), número de hojas (NH), el número de nudos (NN), la longitud del sistema radical (LSR) y el diámetro del tallo (DT) en la lechosa var. Maradol Roja

Tratamiento	Variables				
	BSA (g)	NH	NN	LSR (cm)	DT (cm)
A	0,2	5,8	5,8	10,9	0,3
1E	0,2	5,6	5,6	9,0	0,2
SF	0,1	6,0	6,0	13,0	0,3
FM	0,2	6,8	6,8	16,5	0,1
GM	0,2	6,4	6,4	14,9	0,2

Letras diferentes dentro de una misma columna presentan diferencias según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). A: arena

Contrariamente, en el presente trabajo se obtuvo que la AP no incrementó en las plantas micorrizadas, y el NH y el DT no mostraron diferencias por efecto de los tratamientos aplicados. Algunos autores han indicado que la diversidad de respuesta de la papaya hacia los HMA sugiere que la capacidad de acumulación de materia seca (entre otras variables), producto de la asociación planta-hongo, depende de la variedad, la especie vegetal y la especie de HMA (Quiñones et al., 2014a).

En otras especies como el pimentón, se obtuvo mayor biomasa seca cuando se inoculó con *G. manihotis* (Rojas, 2010); en mandarina Cleopatra, la BSA fue superior cuando creció en sustratos tratados con varios HMA introducidos, entre ellos *G. manihotis* (Salamanca y Cano, 2005). En parchita, las plantas micorrizadas presentaron mayor biomasa fresca de la raíz (Bergamo, 2013).

El análisis de varianza determinó efecto significativo ($P \leq 0,001$) en Cab, Ca, Cb y Cc por

efecto de los tratamientos aplicados (Cuadro 3). Los tratamientos con E y SF presentaron los mayores Cab y Cc, y fueron estadísticamente iguales. En el Ca, todos los sustratos, exceptuando la A, obtuvieron el mismo comportamiento; la A registró el menor valor que fue significativamente similar al de E y GM.

Para Cb, el mejor tratamiento fue el de E que mostró igual respuesta que SR. Los menores Cab, Ca, Cb y Cc los reportó la A. El E se ubicó entre los mejores valores de Cab, Ca, Cb y Cc (Cuadro 3), lo cual se podría atribuir a la cantidad de materia orgánica o estiércol de ovino presente en el sustrato, lo cual también ha sido indicado por Salamanca y Cano (2005). Las plantas de lechosa cultivadas en A presentaron los menores Cab, Ca, Cb y Cc, lo que demostró que en la etapa inicial de desarrollo de la variedad Maradol Roja fue importante que el sustrato contenga materia orgánica o sea inoculado con HMA.

A mayor contenido de clorofila a y b en las

hojas, mayor es la absorción de luz de longitudes de ondas diferentes, y por ende, se incrementa la fotosíntesis y el crecimiento de la planta (Rivas, 2013). La investigación de Díaz et al.

(2013) señala que las plantas de pimentón asociadas con *G. intraradices* y *Rhizofagus intraradices* mostraron incrementos en el índice de clorofila.

Cuadro 3. Efecto de tratamientos con *Scutellospora fulgida* (SF), *Funneliformis mosseae* (FM), *Glomus manihotis* (GM) y estiércol de ovino (E) sobre los contenidos de clorofila y carotenoides en la lechosa var. Maradol Roja

Tratamiento	Variables			
	Cab ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Ca ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Cb ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Cc ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
A	158,7 c	65,6 b	93,4 d	24 c
E	183,5 a	67,9 ab	115,6 a	25,8 a
SF	175,5 ab	71,2 a	104,2 b	25,3 ab
FM	165,1 bc	69,1 a	106,2 b	25,1 b
GM	165,4 bc	67,8 ab	97,5 c	24,9 b

Letras diferentes dentro de una misma columna presentan diferencias según la prueba de Tukey ($P\leq 0,05$). A: arena.

Cab: contenido de clorofila a y b. Ca: contenido de clorofila a. Cb: contenido de clorofila b. Cc: contenido de carotenoides.

La AP, el AF, el IAF, Ca, Cb, Cab y Cc aumentaron directamente con el crecimiento y el desarrollo de las plantas de lechosa Maradol Roja, las cuales habrían convertido el dióxido de carbono en biomasa a través de la fotosíntesis (Revilla y Zarra, 2013). El crecimiento y el desarrollo se vieron favorecidos con la asociación HMA-planta hospedera mediante la estimulación de la actividad fotosintética para la captura de carbono, que compensa la transferencia continua que el micosimbionte demanda de su hospedero, así como, con la mejora de la disponibilidad de los nutrientes para la planta, al incrementar la captación de agua y de nutrimentos como P, N, K y Ca (Barrer, 2009).

Los resultados obtenidos en esta investigación del efecto de los tratamientos con los HMA *S. fulgida*, *F. mosseae* y *G. manihotis* y con el estiércol de ovino sobre el desarrollo vegetativo inicial de la lechosa var. Maradol Roja, durante la fase inicial, representaron una gran contribución para esta especie en Venezuela, en virtud de que no se dispone de este tipo de información, y además, sientan las bases para posteriores investigaciones.

CONCLUSIONES

Los tratamientos con los hongos micorrízicos arbusculares *S. fulgida*, *F. mosseae* y *G. manihotis*, y con estiércol de ovino lavado influyeron en el desarrollo inicial y los contenidos

de clorofilas y carotenoides en plantas de lechosa var. Maradol Roja.

La inoculación del sustrato con *F. mosseae* permitió el mayor porcentaje de colonización por hongos micorrízicos arbusculares.

S. fulgida, *F. mosseae*, *G. manihotis* y con estiércol de ovino lavado permitieron el mayor contenido de clorofila a. El estiércol de ovino presentó las máximas cantidades de clorofila ab, clorofila b y carotenoides.

LITERATURA CITADA

1. Barea, J., M. Azcón, C. Aguilar, J. Ocampo y R. Azcón. 1991. Morfología, anatomía y citología de las micorrizas versículo-arbusculares. Cap. 17. Fijación y movilización biológica de nutrientes. Madrid. Edit. Consejo Superior de Investigaciones Científicas 2. pp. 150-171.
2. Barrer, S. 2009. El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 2: 120-126.
3. Bergamo, B. 2013. Efecto de *Funneliformis mosseae* y *Diversispora spurca* sobre el crecimiento y desarrollo de plantas de parchita *Passiflora edulis* Sims. bajo condiciones de vivero. Tesis de Grado. Universidad de

- Oriente. Venezuela. 56 p.
4. Bonilla, I. 2013. Introducción a la nutrición mineral de las plantas. Los elementos minerales. In: J. Azcón y M. Talón (eds.). Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill Interamericana de España. Madrid. pp. 103-121.
 5. Constantino, M., R. Gómez, J. Álvarez, J. Pat y G. Espín. 2010. Efecto de la biofertilización y los biorreguladores en la germinación y el crecimiento de *Carica papaya* L. Revista Colombiana Biotecnológica 12(2): 103-115.
 6. Díaz, A., M. Alvarado, F. Ortiz y O. Grageda. 2013. Nutrición de la planta y calidad de fruto de pimentón asociado con micorriza arbuscular en invernadero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4(2): 52-63.
 7. FEDEAGRO. 2016. Estadísticas Agropecuarias. Confederaciones de Asociaciones de Productores Agropecuarios. <http://www.fedeagro.org>. (Consulta 15/08/2016).
 8. Fernández, J., M. García y J. Maldonado 2013. Absorción y transporte de nutrientes minerales. In: J. Azcón y M. Talón (eds.). Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill. Madrid. pp. 123-141.
 9. Herrera, E., M. Lozano, F. Santamaría, J. Cristóbal, A. Cabrera y N. Marbán. 2014. Arbuscular mycorrhizal for the control of *Rotylenchulus reniformis* (Tylenchida: Hoplolaimidae) in *Carica papaya* cv. Maradol. Nematropica 44(2):218-227.
 10. Hoyos, J. 1999. Frutales en Venezuela. Monografía 36. Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Venezuela. Pp. 84-86.
 11. Huber, O. y M. Oliveira. 2010. Ambientes Terrestres de Venezuela. In: J. Rodríguez, F. Rojas y D. Giraldo (eds.). Libro rojo de los Ecosistemas Terrestres en Venezuela. Provita, Shell de Venezuela, Lenovo. Venezuela. Caracas. pp. 29-89 p.
 12. Jiménez, I. 2015. Efecto de micorrizas arbusculares en el crecimiento inicial del ají misterioso (*Capsicum frutescens* L. var. Misterioso). Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. 39 p.
 13. Khade, S. y B. Rodrigues. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with varieties of *Carica papaya* L. in tropical agro-based ecosystem of Goa, India. Tropical and Subtropical Agroecosystems 10(3): 369-381.
 14. López, H., R. Ferrera, J. Farias, S. Aguilar, M. Bello y J. López. 2005. Micorriza arbuscular, *Bacillus* y sustrato enriquecido con vermicomposta en el desarrollo de plantas de papayo. Terra Latinoamericana 23(4): 523-531.
 15. Pérez, A., C. Céspedes y P. Núñez. 2008. Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 8 (4): 10-29.
 16. Phillips, J. y D. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society 55: 158-161.
 17. Quiñones, E., L. López y G. Rincón. 2014a. Dinámica del crecimiento de papaya por efecto de la inoculación micorrízica y fertilización con fósforo. Revista Chapingo Serie Horticultura 20(2): 223-237.
 18. Quiñones, E., L. López, E. Hernández, R. Ferrera y G. Rincón. 2014b. Simbiosis micorrízica arbuscular y fuentes de materia orgánica en el crecimiento de *Carica papaya* L. Interciencia 39(3): 198-204.
 19. Revilla, G. e I. Zarra. 2013. Fisiología vegetal. Introducción a las células de las plantas: membranas y pared. In: J. Azcón y M. Talón (eds.). Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill. Madrid. pp. 3-22.
 20. Rivas, J. 2013. La luz y el aparato fotosintético. In: J. Azcón y M. Talón (eds.). Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill. Madrid. pp. 165-189.
 21. Rivera, R., V. Martín, A. Calderón y A. Torrez. 2011. Utilización de cepas eficientes de hongos micorrícicos arbusculares en el desarrollo de portainjertos de aguacate en un sustrato suelo-cachaza. Cultivos Tropicales 32(2): 172-183.
 22. Rojas, L. 2010. Respuesta del cultivo de pimentón (*Capsicum annuum*) a la inoculación con *Glomus manihotis* y *Acaulospora lacunosa*. Tesis de Maestría. Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del

- Zulia. Venezuela. 55 p.
23. Salamanca, C. y C. Cano. 2005. Efecto de las micorrizas y el sustrato en el crecimiento vegetativo y nutrición de cuatro especies frutales y una forestal, en la fase de vivero, en el municipio de Restrepo-Meta. Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Materia Orgánica y Microorganismos en la Agricultura Colombiana. Sociedad Colombiana de las Ciencias del Suelo, Medellín. 8 p.
24. Vázquez, C., J. García, E. Salazar, J. López, R. Valdez, I. Castillo, M. Gallegos y P. Preciado. 2011. Aplicación de estiércol solarizado al suelo y la producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Revista Chapingo Serie Horticultura 17(Esp.1): 69-74.
25. Wellburn, A. R. 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. Journal of Plant Physiology 144 (3): 307-313.
26. Zulueta, R., L. Hernández, B. Murillo, M. Córdoba, L. Lara y I. Alemán. 2015. Survival and growth of *Jacaratia mexicana* seedlings inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi in a tropical dry forest. Madera y Bosques 21(3): 161-167.