



# SELECCIÓN DE CEPAS EFICIENTES DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES PARA EL PASTO GUINEA (*Megathyrsus maximus* cv. Likoni)

## Selection of arbuscular mycorrhizal fungi efficient strains for guinea grass (*Megathyrsus maximus* cv. Likoni)

Pedro R. Rosales Jenqui<sup>1✉</sup>, Pedro J. González Cañizares<sup>1</sup>,  
Juan F. Ramírez Pedroso<sup>2</sup> y Joan Arzola Batista<sup>3</sup>

**ABSTRACT.** In order to select the most efficient strains of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) to improve the nutritional status and productivity of Guinea grass, the following research was carried out on a Lixiviated Ferralitic Red soil. It was conducted at the Cattle Production Enterprise "Niña Bonita", located in the Bauta municipality, Artemisa province, Cuba. In it *Funneliformis mosseae*, *Glomus cubense* and *Rhizophagus intraradices* AMF strains plus a control without inoculation were evaluated, in a latin square design. A solid mycorrhizal inoculant formulated with each of the strains was used, containing 35 spores per gram of substrate; which were evenly distributed over the freshly cut grass, with a manual backpack sprayer loaded with a suspension of the AMF mycorrhizal inoculant and water at a 1:10 ratio, to reach a dose of 20 kg ha<sup>-1</sup> of inoculum. It was found that the inoculation of *G. cubense* produced a higher frequency and intensity of mycorrhizal colonization, a higher number of spores in the rhizosphere and the tallest plants, higher concentrations of N, P and K in the biomass of the aerial part and the highest yield of pasture. The effect of this strain remained in the pasture up to 270 days after inoculation. It is concluded that *G. cubense* was the most efficient strain to improve the nutritional status and increase the productivity of Guinea grass established on the above-mentioned soil.

**RESUMEN.** Con el objetivo de seleccionar las cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) más eficientes para mejorar el estado nutricional y la productividad del pasto guinea, se llevó a cabo la investigación sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. El mismo se realizó en la Empresa Pecuaria Genética "Niña Bonita", ubicada en el municipio Bauta, provincia Artemisa, Cuba. En él se evaluaron las cepas de HMA *Funneliformis mosseae*, *Glomus cubense* y *Rhizophagus intraradices* más un testigo sin inocular, en un diseño cuadrado latino. Para la aplicación de los HMA se utilizó un inoculante micorrízico sólido formulado con cada una de ellas, que contenían 35 esporas por gramo de sustrato; los cuales se distribuyeron de forma uniforme sobre el pasto recién segado, con una mochila manual cargada con una suspensión de inoculante micorrízico y agua en una relación 1:10, hasta entregar una dosis de 20 kg ha<sup>-1</sup> de inoculante. Se pudo constatar que con la inoculación de *G. cubense* se alcanzó la mayor frecuencia e intensidad de la colonización micorrízica, el mayor número de esporas en la rizosfera; así como la mayor altura de las plantas, las concentraciones más altas de N, P y K en la biomasa de la parte aérea y el mayor rendimiento del pasto. El efecto de esta cepa se mantuvo en el pasto hasta 270 días después de su inoculación. Se concluye que la misma resultó ser la más eficiente para mejorar el estado nutricional e incrementar la productividad del pasto guinea establecido en el suelo anteriormente mencionado.

**Key words:** *glomus*, inoculation, nutrition

**Palabras clave:** *glomus*, inoculación, nutrición

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Gaveta Postal No. 1 San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Avenida Independencia, km 8 ½, Boyeros, La Habana, Cuba

<sup>3</sup>Empresa Pecuaria Genética Niña Bonita. Carretera 43 km 1½ Cangrejas, Bauta, Artemisa, Cuba

✉ [prafael@inca.edu.cu](mailto:prafael@inca.edu.cu)

## INTRODUCCIÓN

La ganadería en Cuba requiere de un desarrollo sostenible, en el cual los incrementos de la producción estén basados en la eficiencia económica y en la sustitución de concentrados y otros alimentos importados, por pastos y forrajes.

Para lograr lo anterior es indispensable obtener elevados volúmenes de biomasa con suficiente calidad y pocas exigencias culturales, para satisfacer así los requerimientos nutricionales de los animales (1, 2).

La baja fertilidad de los suelos dedicados a la ganadería y las dificultades para disponer de suficientes cantidad de fertilizantes para mejorar los rendimientos de estos cultivos, debido a que sus altos precios en el mercado internacional limitan los rendimientos y el valor nutritivo de la biomasa que consume el ganado y en consecuencia se reduce la productividad de estos agroecosistemas (3, 4).

El manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares constituye una vía para mejorar la productividad y el valor nutritivo de la biomasa y a la vez, para reducir el uso de fertilizantes en los pastos. Los beneficios de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en los agroecosistemas de pastizales están estrechamente ligados al aumento del volumen de suelo que pueden explorar las raíces y de hecho, al aumento de la eficiencia de la utilización de los nutrientes (5, 6).

Cuando en los pastizales existen bajas cantidades de propágulos micorrízicos o las poblaciones de HMA residentes no son capaces de establecer una simbiosis efectiva, la inoculación con cepas de HMA puede proporcionar considerables beneficios (7). Sin embargo, por la diversidad de especies pratenses y regímenes de explotación a que se someten estos cultivos; así como por las condiciones edafoclimáticas en que se cultivan los pastos, es necesario realizar estudios en diferentes agroecosistemas con el propósito de seleccionar las cepas más eficientes para estos ambientes. Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente se realizó esta investigación, con el objetivo de seleccionar cepas de HMA más eficientes para mejorar el estado nutricional y el rendimiento del pasto guinea (*Megathyrus maximus* cv. Likoni).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la microestación de Pastos y Forrajes de la Empresa Pecuaria Genética "Niña Bonita", ubicada en el municipio Bauta, provincia Artemisa, sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado (8), cuyas principales características químicas se presentan en la Tabla I.

El pH del suelo era ligeramente ácido, con contenidos medios de materia orgánica y potasio intercambiable; muy bajos contenido de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y sodio ( $\text{Na}^+$ ) intercambiables, así como bajo contenido de fósforo asimilable ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) y magnesio intercambiable ( $\text{Mg}^{2+}$ ). La capacidad de intercambio de bases (CCB) también fue baja<sup>A</sup>. Para los análisis del suelo se utilizaron los métodos establecidos en el laboratorio de suelos y tejido vegetal del Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) (9).

En un diseño cuadrado latino se evaluaron cuatro tratamientos: un control y la inoculación de tres cepas de HMA INCAM-2: *Funneliformis mosseae* (Nicol. & Gerd.) Walker & Schüßler (10); INCAM-4: *Glomus cubense* (Y. Rodr. & Dalpé) (11) e INCAM-11: *Rhizogloium intraradices* (Schenck & Smith) Walker & Schüßler (10). Las parcelas constituyeron la unidad experimental y tenían una superficie total de 21 m<sup>2</sup>.

El experimento se llevó a cabo desde junio de 2011 hasta febrero de 2012, en un área de pastoreo con una superficie de 1 ha sembrada de guinea Likoni durante los últimos cinco años, en condiciones de secano. Para la aplicación de los tratamientos se utilizó un inoculante sólido producido en el INCA, con una concentración de 35 esporas g<sup>-1</sup> de sustrato; después de efectuarse un pastoreo y la descompactación de la superficie del suelo con un tridente, para garantizar el descenso de las esporas y su mayor contacto con el sistema radical de las plantas. Este se aplicó a razón de 20 kg ha<sup>-1</sup>. Para ello se preparó una suspensión de inoculante micorrízico sólido y agua en una relación 1:10, la cual se aplicó con una mochila manual y se distribuyó sobre el pasto al comienzo del experimento, época que coincidió con el inicio del período lluvioso. No se aplicaron fertilizantes.

Se realizaron dos cortes, uno a los 70 y el otro a los 270 días después de aplicados los tratamientos, coincidiendo con el período lluvioso y poco lluvioso, respectivamente. La altura de las plantas se midió en el momento de cada corte, para lo cual se tomaron diez individuos dentro del área de cálculo de cada parcela.

<sup>A</sup> Paneque, V. M. y Calaña, J. M. "La fertilización de los cultivos. Aspectos teórico-prácticos para su recomendación". En: *Curso de postgrado*, Ed. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, La Habana, 2001, p. 29

**Tabla I. Características químicas de los suelos (profundidad: 0-20 cm)**

pH H <sub>2</sub> O	MO (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg 100 g <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	CCB
6,4	3,34	2,0	8,9	2,1	0,19	0,35	11,54
(0,2)	(0,33)	(0,6)	(0,8)	(0,3)	(0,02)	(0,03)	(0,76)

MO: materia orgánica, CCB: capacidad de intercambio de bases  
Valores entre paréntesis indican intervalos de confianza ( $\alpha=0,05$ )

Se cosechó la masa verde (MV) de la parte aérea de todas las plantas que ocupaban las parcelas. Posteriormente se pesó y se tomó una muestra de 200 g, para determinar el porcentaje de masa seca (MS) y las concentraciones de N, P y K de la biomasa aérea. El rendimiento de MS se calculó a partir del rendimiento de MV y el por ciento de MS (9).

En el corte, de cada una de las parcela se tomaron cinco submuestras de raíces y de suelo de la rizosfera a una profundidad de 0-20 cm, mediante el empleo de un cilindro metálico de 5 cm de diámetro y 20 cm de altura, siguiendo el protocolo utilizado para la determinación de las estructuras micorrízicas en pastizales (12). Estas se homogenizaron para formar una muestra compuesta por parcela, de las cuales se extrajo 1 g de raicillas para su tinción y clarificación (13). Los indicadores que se evaluaron fueron los siguientes: frecuencia de la colonización micorrízica, densidad visual o intensidad de la colonización según la metodología descrita en el Manual de Procedimientos (14) y el número de esporas en la rizosfera (15), modificado por otros autores<sup>B</sup>.

Se determinó además el índice de eficiencia (IE) de las cepas de HMA inoculadas y el grado de participación de las mismas en la nutrición de los pastos. El IE se calculó mediante la fórmula siguiente (16):

$$IE = \frac{\text{Rend. MS tto inoculado} - \text{Rend. MS testigo}}{\text{Rend. MS testigo}} \times 100$$

donde:

Rend. MS tto inoculado = rendimiento MS (t ha<sup>-1</sup>) del tratamiento inoculado

Rend. MS testigo = rendimiento MS (t ha<sup>-1</sup>) del testigo

Para calcular la participación de las cepas de HMA en la nutrición de los pastos se utilizó la siguiente fórmula (17).

$$\text{Participación (\%)} = \frac{\text{Conc. N, P, K biom aérea tto inoc.} - \text{Conc. N, P, K biom aérea testigo}}{\text{Conc. N, P, K biom. aérea testigo}} \times 100$$

donde:

Conc. N, P, K biom. Aérea tto inoc. = concentración de N, P o K (%) de la biomasa aérea del tratamiento inoculado

Conc. N, P, K biom. Aérea tto inoc. = concentración de N, P o K (%) en la biomasa aérea del tratamiento testigo.

Los datos se procesaron mediante el análisis de varianza según el diseño experimental utilizado,

<sup>B</sup> Herrera, R. A.; Ferrer, R. L. y Furralzola, E. *Estrategia de funcionamiento de las micorrizas VA en un bosque tropical. Biodiversidad en Iberoamérica: Ecosistemas, evolución y procesos sociales.* (ed. Monasterio M.), Programa Iberoamericano de Ciencia y tecnología para el desarrollo. Subprograma XII, Diversidad Biológica, 1995, Mérida, México

y las medias fueron comparadas mediante la dócima de Duncan a  $p < 0,05$  (18) o el intervalo de confianza a  $\alpha = 0,05$  (19), después de verificarse que cumplían con el ajuste de distribución normal y de homogeneidad de varianzas. Se utilizó el programa estadístico SPSS® versión 11,5 para Microsoft® Windows® (20).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla II muestra la influencia de la inoculación de las cepas de HMA sobre la altura y el rendimiento de la biomasa (t MS ha<sup>-1</sup>), así como el índice de eficiencia de las cepas, el cual expresa, en términos porcentuales, su efecto en el incremento de la productividad del pasto con respecto al tratamiento sin inocular (testigo). A los 70 días después de aplicados los tratamientos (fecha que se corresponde con el período lluvioso), todas las cepas de HMA aumentaron la altura y el rendimiento de la biomasa en relación con el testigo que no fue inoculado; sin embargo, el mayor efecto se obtuvo con *G. cubense*, el cual difirió significativamente del resto de los tratamientos. Esta cepa también mostró el mayor índice de eficiencia.

A los 270 días, (período poco lluvioso), no se encontró efecto de *F. mosseae* y *R. intraradices* en el crecimiento ni en la productividad del pasto, ya que la altura y el rendimiento de la biomasa que se obtuvieron con la inoculación de ambas cepas fueron similares a las observadas en el testigo sin inocular, y esto también se reflejó en los bajos índices de eficiencia que alcanzaron ambas cepas. Solo con *G. cubense* se observaron incrementos en ambas variables y un índice de eficiencia más alto, demostrando no solo su mayor efectividad, sino también una mayor permanencia en el pasto.

**Tabla II. Efecto de los tratamientos en la altura y el rendimiento de la biomasa del pasto e índices de eficiencia de las cepas de HMA**

Tratamientos	70 días			270 días		
	Altura (cm)	MS (t ha <sup>-1</sup> )	IE (%)	Altura (cm)	MS (t ha <sup>-1</sup> )	IE (%)
Testigo	71,3 c	2,53 c	-	34,5 b	1,75 b	-
<i>G. cubense</i>	112,5 a	3,95 a	56,1	53,9 a	2,51 a	43,4
<i>F. mosseae</i>	89,7 b	3,19 b	26,1	35,1 b	1,79 b	2,3
<i>R. intraradices</i>	91,2 b	3,13 b	23,7	34,7 b	1,82 b	4,0
ES	3,5**	0,43**	-	2,3**	0,28**	-

Cepas de HMA: *Glomus cubense*, *Funneliformis mosseae*, *Rhizophagus intraradices*

70 días: época lluviosa, 270 días: época poco lluviosa. Índice de eficiencia (IE), masa seca (MS), error estándar (ES)

\*\*Medias con letras distintas en la misma columna difieren entre sí, según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ )

En todos los tratamientos, los valores absolutos de las variables medidas fueron mayores a los 70 días, con respecto al muestreo posterior.

El efecto de los tratamientos en las estructuras micorrízicas, se evaluó a través de los indicadores colonización micorrízica y densidad visual, los cuales reflejan el nivel de ocupación de la raíz de la planta hospedera por el hongo micorrízico y la intensidad de la colonización, respectivamente, así como por el número de esporas en 50 g de suelo. Como puede apreciarse en la Figura 1, a los 70 días de aplicados los tratamientos todas las cepas de HMA incrementaron los niveles de colonización, densidad visual y número de esporas en la rizosfera; aunque los mayores valores de estas variables se alcanzaron con *G. cubense*, los cuales difirieron significativamente del resto. Este comportamiento fue muy similar al observado en la evaluación de la altura y el rendimiento de la biomasa.

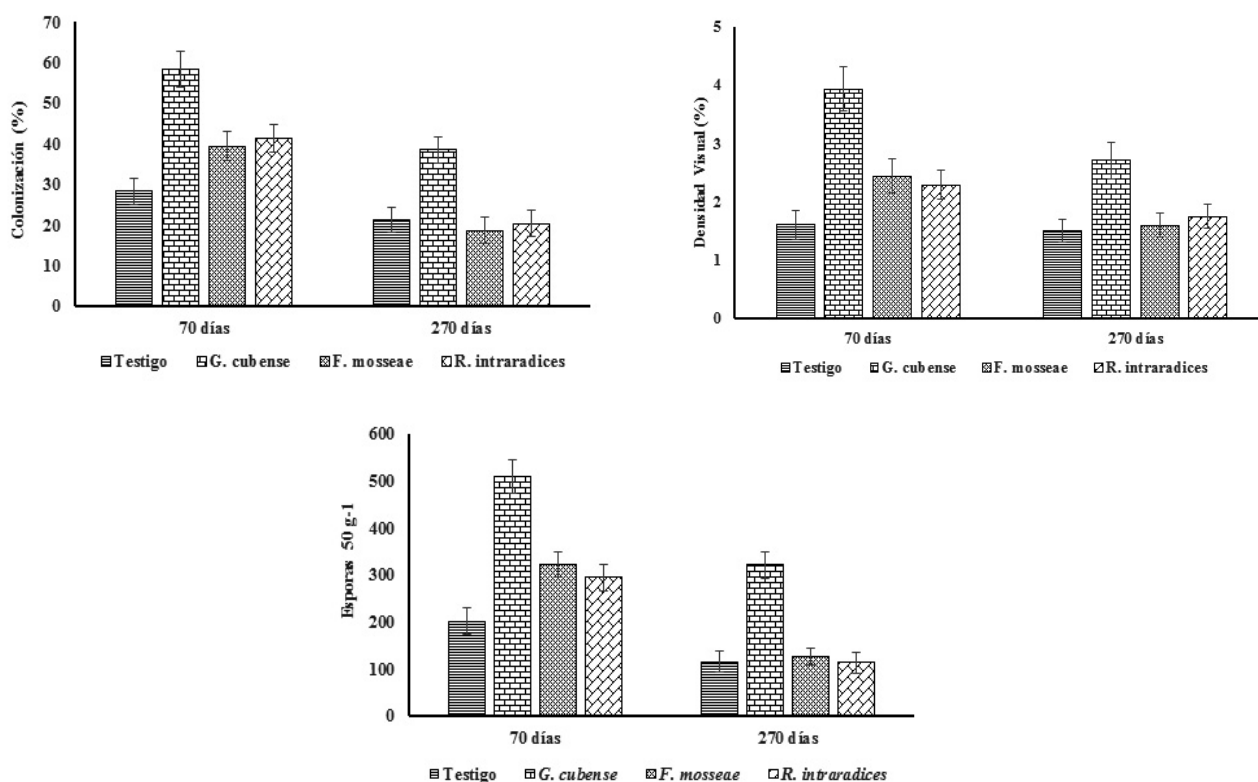
A los 270 días, tanto *F. mosseae* como *R. intraradices* mostraron porcentajes de colonización, densidad visual y número de esporas similares a los observados en el tratamiento testigo, el cual reflejó el nivel de ocupación radical de los HMA residentes, indicando la desaparición del efecto de la inoculación de ambas cepas en las estructuras micorrízicas del pasto.

A pesar de que la influencia de *G. cubense* perduró hasta esta fecha, los valores de dichas variables fueron significativamente menores que los alcanzados a los 70 días, aunque continuaron siendo más altos que en el resto de los tratamientos.

El efecto de las cepas de HMA en las concentraciones de los macronutrientes primarios en la biomasa aérea del pasto se presentan en la Tabla III. A los 70 días posteriores a la inoculación se observó que todas las cepas incrementaron las concentraciones de N, P y K; sin embargo, los mayores valores de estos nutrientes se alcanzaron con la cepa *G. cubense*.

Las cepas de HMA también tuvieron un comportamiento diferenciado en el tiempo, pues al igual que en el rendimiento de la biomasa y en las variables micorrízicas, a los 270 días después de aplicados los tratamientos sólo con la inoculación de *G. cubense*, se logró un incremento significativo de las concentraciones de estos nutrientes en la biomasa.

De igual modo, *G. cubense* tuvo una mayor contribución en la nutrición nitrogenada, fosfórica y potásica del pasto (Figura 2). Tanto a los 70 como a los 270 días, esta cepa produjo los mayores incrementos en las concentraciones de esos nutrientes en la biomasa con relación al testigo sin inocular; los mismos oscilaron entre 27 y 33 %.



Las barras verticales muestran el intervalo de confianza de la media. Intervalos de confianza que se solapan entre si no difieren significativamente ( $\alpha = 0,05$ ). Cepas de HMA: *Glomus cubense*, *Funneliformis mosseae*, *Rhizophagus intraradices*

**Figura 1. Efecto de la inoculación de las cepas de HMA en las variables fúngicas del pasto**



**Tabla III. Efecto de la inoculación de las cepas de HMA en las concentraciones (%) de macronutrientes primarios en la biomasa aérea del pasto**

Tratamientos	70 días			270 días		
	N	P	K	N	P	K
Testigo	1,07 c	0,16 c	1,10 c	1,19 b	0,18 b	1,21 b
<i>G. cubense</i>	1,41 a	0,22 a	1,47 a	1,52 a	0,23 a	1,56 a
<i>F. mosseae</i>	1,29 b	0,19 b	1,29 b	1,21 b	0,17 b	1,23 b
<i>R. intraradices</i>	1,31 b	0,19 b	1,31 b	1,20 b	0,18 b	1,25 b
ES	0,04**	0,01**	0,03**	0,03**	0,01**	0,02**

Cepas de HMA: *Glomus cubense*, *Funneliformis mosseae*, *Rhizophagus intraradices*, error estándar (ES)

\*\*Medias con letras distintas en la misma columna difieren entre sí, según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ )

Mientras que *F. mosseae* y *R. intraradices* solo lograron aumentar los tenores de N, P y K entre 17 y 21 % a los 70 días y ya a los 270 días, prácticamente no tuvieron incidencia en la nutrición del pasto.

Al analizar de forma integral los resultados obtenidos en este experimento, se observó que la respuesta del pasto a la inoculación de HMA dependió de la efectividad de la cepa; al igual que a la existencia de diferentes grados de compatibilidad funcional entre la planta hospedera y el hongo; hecho que concuerda con lo observado por otros investigadores al evaluar el efecto de la introducción de especies de HMA en gramíneas forrajeras (21, 22).

En este sentido se ha planteado que aunque no existe evidencia de una especificidad estricta hongo-planta, no todas las especies de HMA colonizan con la misma intensidad y eficiencia las distintas especies vegetales.

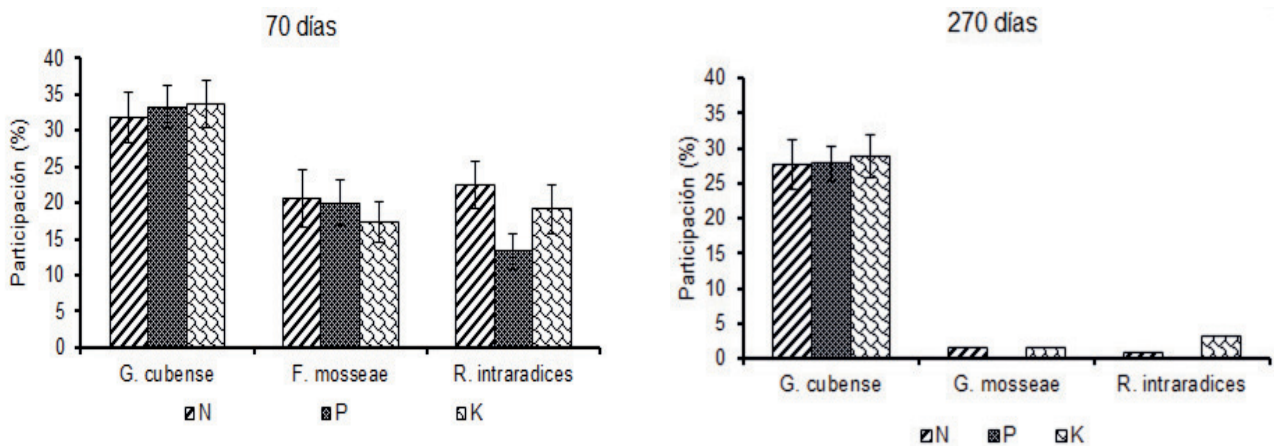
Quedando demostrada la existencia de distintos grados de compatibilidad funcional en la simbiosis como resultado de las influencias del ambiente sobre la expresión genotípica de ambos simbioses (23, 24).

Asimismo, tampoco puede descartarse la influencia del suelo en la efectividad de la inoculación, ya que los estudios realizados en Cuba en diferentes cultivos y condiciones edáficas, han demostrado la existencia de una alta compatibilidad entre tipo de suelo-cepa eficiente de HMA, así como una baja especificidad de esta última con la planta hospedera, en la respuesta de los cultivos a la aplicación de estos microorganismos (25).

En un estudio realizado sobre la influencia de la inoculación con cepas de HMA en pastos del género *Brachiaria* cultivados en un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado, se obtuvieron resultados similares a los de este experimento<sup>c</sup>; ya que se demostró que *G. cubense* fue la más eficiente para mejorar el rendimiento y el estado nutricional de los pastos, corroborando además la existencia de la alta compatibilidad cepa eficiente-tipo de suelo mencionada anteriormente.

El efecto de *G. cubense* en el incremento del rendimiento de la biomasa del pasto estuvo relacionado con la mejora de su estado nutricional. Ello se hizo evidente tanto por la mayor concentración de N, P y K en la biomasa aérea que se obtuvo como resultado de su inoculación; así como, por su mayor participación en el incremento de estos elementos, en relación con el resto de las cepas evaluadas (26, 27).

<sup>c</sup> González, P. J. Manejo efectivo de la simbiosis micorrizica arbuscular vía inoculación y la fertilización mineral en pastos del género *Brachiaria*. Tesis de Doctorado, Universidad Agraria de La Habana-Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2014, Mayabeque, Cuba, 98 p.



Las barras verticales muestran el intervalo de confianza de la media. Intervalos de confianza que se solapan entre si no difieren significativamente ( $\alpha = 0,05$ ). Cepas de HMA: *Glomus cubense*, *Funneliformis mosseae*, *Rhizophagus intraradices*

**Figura 2. Participación de las cepas de HMA en el incremento de las concentraciones de N, P y K en la biomasa aérea del pasto**

En relación con la participación de las cepas de HMA en la nutrición del pasto, se observó que tanto a los 70 como a los 270 días después de la inoculación, *G. cubense* contribuyó de manera muy similar, en términos cuantitativos, al incremento en las concentraciones de N, P y K en la biomasa de la parte aérea del pasto. Este comportamiento parece estar estrechamente relacionado con el efecto de la cepa en el aumento del aprovechamiento de los nutrientes del suelo, y con las propias necesidades del pasto, pues este se cultivó en un suelo con bajos tenores de P asimilable y K intercambiable, así como con tenores de N que a juzgar por su contenido de materia orgánica, resultan insuficientes para las gramíneas forrajeras (28, 29).

En este sentido, se ha planteado que la simbiosis micorrízica más que favorecer la absorción de uno u otro elemento, se comporta como un mecanismo que permite a las plantas obtener sus requerimientos nutricionales, en dependencia de sus propias necesidades y de la disponibilidad de los mismos en el suelo (30, 31).

## CONCLUSIONES

*G. cubense* resultó ser la cepa de HMA más eficiente para incrementar las estructuras micorrízicas, el rendimiento y las concentraciones de nutrientes en la biomasa de la parte aérea del pasto guinea Likoni. Su efecto en el pasto se mantuvo al menos hasta los 270 días después de su inoculación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Casanova, E.; Carranza, A.; Caballero, C.; Novoa, R. y Valera, R. "Efecto de la inclusión de morera (*Morus alba*) en la producción de leche". En: *Morera, un nuevo forraje para la alimentación del ganado*, Ed. Estación Experimental de Pastos y Forrajes «Indio Hatuey», Matanzas, Cuba, 2011, pp. 386-392, ISBN 978-959-7138-03-7.
- González, P. J.; Rivera, R.; Arzola, J.; Morgan, O. y Ramírez, J. F. "Efecto de la inoculación de la cepa de hongo micorrízico arbuscular *Glomus hoi*-like en la respuesta de *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II (CIAT 36087) a la fertilización orgánica y nitrogenada". *Cultivos Tropicales*, vol. 32, no. 4, 2011, pp. 05-12, ISSN 0258-5936.
- Ram, S. N. y Trivedi, B. K. "Response of guinea grass (*Panicum maximum* Jack.) to nitrogen, farm yard manure and harvest intervals". *Forage Research*, vol. 38, no. 1, 2012, pp. 49-52, ISSN 0972-7183.
- Merlin, A.; He, Z. L. y Rosolem, C. A. "Ruzigrass affecting soil-phosphorus availability". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 48, no. 12, 2013, pp. 1583-1588, ISSN 0100-204X, DOI 10.1590/S0100-204X2013001200007.
- Leigh, J.; Hodge, A. y Fitter, A. H. "Arbuscular mycorrhizal fungi can transfer substantial amounts of nitrogen to their host plant from organic material". *New Phytologist*, vol. 181, no. 1, 2009, pp. 199-207, ISSN 0028-646X, 1469-8137, DOI 10.1111/j.1469-8137.2008.02630.x.
- Yang, C.; Ellouze, W.; Navarro-Borrell, A.; Taheri, A. E.; Klabi, R.; Dai, M.; Kabir, Z. y Hamel, C. "Management of the Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis in Sustainable Crop Production" [en línea]. En: eds. Solaiman Z. M., Abbott L. K., y Varma A., *Mycorrhizal Fungi: Use in Sustainable Agriculture and Land Restoration*, (ser. Soil Biology, no. ser. 41), Ed. Springer, Heidelberg, Berlin, 2014, pp. 89-118, ISBN 978-3-662-45369-8, DOI 10.1007/978-3-662-45370-4\_7, [Consultado: 18 de noviembre de 2016], Disponible en: <[http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-45370-4\\_7](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-45370-4_7)>.
- Priyadharsini, P. y Muthukumar, T. "Insight into the Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Sustainable Agriculture" [en línea]. En: eds. Thangavel P. y Sridevi G., *Environmental Sustainability*, Ed. Springer, New Delhi, India, 2015, pp. 3-37, ISBN 978-81-322-2055-8, [Consultado: 18 de noviembre de 2016], Disponible en: <[http://link.springer.com/10.1007/978-81-322-2056-5\\_1](http://link.springer.com/10.1007/978-81-322-2056-5_1)>.
- Hernández, J. A.; Pérez, J. M.; Bosch, D.; Rivero, L.; Camacho, E.; Ruíz, J.; Salgado, E. J.; Marsán, R.; Obregón, A.; Torres, J. M.; Gonzáles, J. E.; Orellana, R.; Paneque, J.; Ruiz, J. M.; Mesa, A.; Fuentes, E.; Durán, J. L.; Pena, J.; Cid, G.; Ponce de León, D.; Hernández, M.; Frómata, E.; Fernández, L.; Garcés, N.; Morales, M.; Suárez, E. y Martínez, E. *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*. Ed. AGROINFOR, 1999, La Habana, Cuba, 64 p., ISBN 959-246-022-1.
- Paneque, P. V. M.; Calaña, N. J. M.; Calderón, V. M.; Borges, B. Y.; Hernández, G. T. C. y Caruncho, C. M. *Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos* [en línea]. Ed. Ediciones INCA, 2010, La Habana, Cuba, 157 p., ISBN 978-959-7023-51-7, [Consultado: 27 de enero de 2016], Disponible en: <<http://mst.ama.cu/578/>>.
- Schüßler, A. y Walker, C. "Evolution of the «Plant-Symbiotic» Fungal Phylum, Glomeromycota" [en línea]. En: eds. Pöggeler S. y Wöstemeyer J., *Evolution of Fungi and Fungal-Like Organisms*, Ed. Springer, Heidelberg, Berlin, 2011, pp. 163-185, ISBN 978-3-642-19973-8, [Consultado: 18 de noviembre de 2016], Disponible en: <[http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-19974-5\\_7](http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-19974-5_7)>.
- Rodríguez, Y.; Dalpé, Y.; Séguin, S.; Fernández, K.; Fernández, F. y Rivera, R. A. "*Glomus cubense* sp. nov., an arbuscular mycorrhizal fungus from Cuba". *Mycotaxon*, vol. 118, no. 1, 2011, pp. 337-347, ISSN 0093-4666, 2154-8889, DOI 10.5248/118.337.
- Johnson, N. C.; Rowland, D. L.; Corkidi, L.; Egerton-Warburton, L. M. y Allen, E. B. "Nitrogen enrichment alters mycorrhizal allocation at five mesic to semiarid grasslands". *Ecology*, vol. 84, no. 7, 2003, pp. 1895-1908, ISSN 0012-9658, DOI 10.1890/0012-9658(2003)084[1895:NEAMAA]2.0.CO;2.
- Rodríguez, Y. Y.; Arias, P. L.; Medina, C. A.; Mujica, P. Y.; Medina, G. L. R.; Fernández, S. K. y Mena, E. A. "Alternative staining technique to determine mycorrhizal colonization". *Cultivos Tropicales*, vol. 36, no. 2, 2015, pp. 18-21, ISSN 1819-4087.

14. Trouvelot, A.; Kough, J. y Gianinazzi-Pearson, V. "Mesure du Taux de Mycorhization VA d'un Systeme Radiculaire. Recherche de Methodes d'Estimation ayant une Signification Fonctionnelle". En: eds. Gianinazzi-Pearson V. y Gianinazzi S., *Physiological and genetical aspects of mycorrhizae: proceedings of the 1st European Symposium on Mycorrhizae*, Ed. Institut national de la recherche agronomique, Paris, 1986, pp. 217-222, ISBN 978-2-85340-774-8.
15. Gerdemann, J. W. y Nicolson, T. H. "Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting". *Transactions of the British Mycological Society*, vol. 46, no. 2, 1963, pp. 235-244, ISSN 0007-1536, DOI 10.1016/S0007-1536(63)80079-0.
16. Siqueira, J. O. *Biotechnologia do solo: fundamentos e perspectivas* [en línea]. Ed. Ministerio da Educacao e Cultura, 1988, Brasilia, 235 p., [Consultado: 18 de noviembre de 2016], Disponible en: <<https://books.google.com/cu/books?id=9eZoygAACAAJ>>.
17. Rivera, E. R. A. y Fernández, S. K. "Bases científico-técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados" [en línea]. En: *El manejo eficiente de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible: estudio de caso: el Caribe*, Ed. Universitaria, La Habana, Cuba, 2003, pp. 49-94, ISBN 978-959-7023-24-1, [Consultado: 18 de noviembre de 2016], Disponible en: <<http://alltitles.ebrary.com/Doc?id=10175009>>.
18. Duncan, D. B. "Multiple Range and Multiple F Tests". *Biometrics*, vol. 11, no. 1, 1 de marzo de 1955, pp. 1-42, ISSN 0006-341X, DOI 10.2307/3001478.
19. Payton, M. E.; Miller, A. E. y Raun, W. R. "Testing statistical hypotheses using standard error bars and confidence intervals". *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, vol. 31, no. 5-6, 2000, pp. 547-551, ISSN 0010-3624, 1532-2416, DOI 10.1080/00103620009370458.
20. IBM Corporation. *IBM SPSS Statistics* [en línea]. versión 11.5.1, [Windows], Ed. IBM Corporation, 2003, U.S, Disponible en: <<http://www.ibm.com>>.
21. Ramírez, J. F.; Salazar, X.; González, P. J. y Rivera, R. "Validación del uso de hongos micorrízicos arbusculares en la rehabilitación de pastizales". En: *XVIII Congreso Científico Internacional de Ciencias Agrícolas*, Ed. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 2012, ISBN 978-958-723-62-3.
22. González, C. P. J.; Ramírez, P. J. F.; Morgan, R. O.; Rivera, E. R. y Plana, L. R. "Contribución de la inoculación micorrízica arbuscular a la reducción de la fertilización fosfórica en *Brachiaria decumbens*". *Cultivos Tropicales*, vol. 36, no. 1, 2015, pp. 135-142, ISSN 0258-5936.
23. Smith, S. E. y Smith, F. A. "Roles of Arbuscular Mycorrhizas in Plant Nutrition and Growth: New Paradigms from Cellular to Ecosystem Scales". *Annual Review of Plant Biology*, vol. 62, no. 1, 2011, pp. 227-250, ISSN 1543-5008, 1545-2123, DOI 10.1146/annurev-arplant-042110-103846.
24. Solaiman, Z. M.; Abbott, L. K. y Varma, A. *Mycorrhizal Fungi: Use in Sustainable Agriculture and Land Restoration* [en línea]. (ser. Soil Biology), vol. 41, Ed. Springer, 2014, Heidelberg, Berlin, 407 p., ISBN 978-3-662-45369-8, [Consultado: 18 de noviembre de 2016], Disponible en: <<http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-45370-4>>.
25. Rivera, R.; Fernández, F.; Fernández, K.; Ruiz, L.; Sánchez, C. y Riera, M. "Advances in the Management of Effective Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis in Tropical Ecosystems". En: Hamel C. y Plenchette C., *Mycorrhizae in crop production*, Ed. Haworth Food & Agricultural Products Press, Binghamton, N.Y., 2007, pp. 151-195, ISBN 978-1-56022-306-1.
26. Beltrano, J.; Ruscitti, M.; Arango, M. C. y Ronco, M. "Effects of arbuscular mycorrhiza inoculation on plant growth, biological and physiological parameters and mineral nutrition in pepper grown under different salinity and p levels". *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, vol. 13, no. 1, 2013, ISSN 0718-9516, DOI 10.4067/S0718-95162013005000012, [Consultado: 18 de noviembre de 2016], Disponible en: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-95162013005000012&lng=en&nrm=iso&tng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-95162013005000012&lng=en&nrm=iso&tng=en)>.
27. Bainard, L. D.; Bainard, J. D.; Hamel, C. y Gan, Y. "Spatial and temporal structuring of arbuscular mycorrhizal communities is differentially influenced by abiotic factors and host crop in a semi-arid prairie agroecosystem". *FEMS Microbiology Ecology*, vol. 88, no. 2, 2014, pp. 333-344, ISSN 0168-6496, DOI 10.1111/1574-6941.12300.
28. Castillo, C.; Morales, A.; Rubio, R.; Barea, J. M. y Borie, F. "Interactions between native arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing fungi and their effect to improve plant development and fruit production by *Capsicum annum* L.". *African Journal of Microbiology Research*, vol. 7, no. 26, 2013, pp. 3331-3340, ISSN 1996-0808, DOI 10.5897/AJMR2012.2363.
29. Ngwene, B.; Gabriel, E. y George, E. "Influence of different mineral nitrogen sources (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N vs. NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) on arbuscular mycorrhiza development and N transfer in a *Glomus intraradices*-cowpea symbiosis". *Mycorrhiza*, vol. 23, no. 2, 2013, pp. 107-117, ISSN 0940-6360, 1432-1890, DOI 10.1007/s00572-012-0453-z.
30. Al-Karaki, G. N. "The Role of Mycorrhiza in the Reclamation of Degraded Lands in Arid Environments" [en línea]. En: eds. Shahid S. A., Taha F. K., y Abdelfattah M. A., *Developments in Soil Classification, Land Use Planning and Policy Implications*, Ed. Springer Netherlands, Dordrecht, 2013, pp. 823-836, ISBN 978-94-007-5331-0, [Consultado: 18 de noviembre de 2016], Disponible en: <[http://link.springer.com/10.1007/978-94-007-5332-7\\_48](http://link.springer.com/10.1007/978-94-007-5332-7_48)>.
31. Thangavel, P. y Sridevi, G. *Environmental sustainability: role of green technologies* [en línea]. Ed. Springer, 2015, New Delhi, India, 324 p., ISBN 978-81-322-2056-5, [Consultado: 18 de noviembre de 2016], Disponible en: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=888754>>.

Recibido: 3 de diciembre de 2015

Aceptado: 9 de junio de 2016

