



# COINOCULACIÓN DE *Canavalia ensiformis* (L.) D.C. CON *Rhizobium* Y HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN DOS TIPOS DE SUELOS DE CUBA

## Coinoculation of *Canavalia ensiformis* with *Rhizobium* and arbuscular mycorrhizal fungus in two soils from Cuba

Gloria M. Martín<sup>1✉</sup>, Reynerio Reyes<sup>1</sup> y Juan F. Ramírez<sup>2</sup>

**ABSTRACT.** To evaluate the response of jack bean (*Canavalia ensiformis* (L.) D.C.) to the coinoculation with strains of *Rhizobium* and arbuscular mycorrhizal fungus (AMF), it was carried out an experiment under microplots conditions that contained Nitisol soil coming from the Department of Agricultural Services of the INCA, in San José de las Lajas, Mayabeque, and another soil from the Station of Grasses and Forages of Cascajal, Villa Clara (Ferruginous Nodular Gley). Four strains of *Rhizobium* were studied (Can 2, Can 3, Can 4 and Can 5) and two strains of AMF (*Glomus cubense* (INCAM 4) and *Rhizophagus intraradices*) (INCAM 11) for the Nitisol soil and *Glomus cubense* and *Funneliformis mosseae* (INCAM 2) for the Nodular Gley soil more the corresponding controls without inoculation, for a total of 15 treatments for each soil type, which were distributed in a totally randomized design with factorial arrangement (5 x 3) and three repetitions. The mycorrhizic symbiosis indicators and the yield of dry mass were evaluated. The results showed that the jack bean responded to the coinoculation *Rhizobium*-AMF in both types of soil. The best behavior in the strains of *Rhizobium* was obtained with can 3 for the Nitisol soil and Can 3, Can 4 and Can 5 for Nodular Gley soil, and the best strain of AMF were, in that order, *G. cubense* and *F. mosseae* for one and another soil, respectively.

**Key words:** green manures, jack bean, seeds inoculation, nitrogen fixing bacteria, mycorrhizae

**RESUMEN.** Para evaluar la respuesta de la canavalia (*Canavalia ensiformis* (L.) D.C.) a la coinoculación con cepas de *Rhizobium* y de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), se condujo un experimento en condiciones de microparcelas que contenían suelo Ferralítico Rojo Lixiviado procedente del Departamento de Servicios Agrícolas del INCA, en San José de las Lajas, Mayabeque, y suelo Gley Nodular Ferruginoso procedente de la Estación de Pastos y Forrajes de Cascajal, Villa Clara. Se estudiaron cuatro cepas de *Rhizobium* (Can 2, Can 3, Can 4 y Can 5) y tres cepas de HMA: *Glomus cubense* (INCAM 4) y *Rhizophagus intraradices* (INCAM 11) para el suelo Ferralítico Rojo y *Glomus cubense* y *Funneliformis mosseae* (INCAM 2) para el suelo Gley Nodular más los correspondientes testigos sin inoculación, para un total de 15 tratamientos por tipo de suelo, los cuales se distribuyeron en un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial (5 x 3) y tres repeticiones. Se evaluaron los indicadores del funcionamiento de la simbiosis micorrízica y el rendimiento de masa seca. Los resultados mostraron que la canavalia respondió positivamente a la coinoculación *Rhizobium*-HMA en ambos tipos de suelos. El mejor comportamiento de las cepas de *Rhizobium* se obtuvo con Can 3 para el suelo Ferralítico Rojo y Can 3, Can 4 y Can 5 para suelo Gley Nodular Ferruginoso, y las mejores cepas de HMA fueron, en ese orden, *G. cubense* y *F. mosseae* para uno y otro suelo, respectivamente.

**Palabras clave:** abonos verdes, canavalia, inoculación de semillas, bacteria fijadora del nitrógeno, mycorrhizae

## INTRODUCCIÓN

Una forma sostenible de incorporar nitrógeno a los sistemas agrícolas es la inserción dentro de la rotación de cultivos, de plantas en simbiosis con microorganismos capaces de realizar la FBN. Entre

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700.

<sup>2</sup> Estación de Pastos y Forrajes de Cascajal.

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

estos tipos de plantas, las leguminosas empleadas como abono verde reúnen varias ventajas, pues además del aporte considerable de nitrógeno que realizan, son capaces de reciclar otros nutrientes y mejorar algunas propiedades físicas y biológicas de los suelos (1).

En las condiciones de Cuba, una de las especies de abono verde que mejores resultados ha tenido es *Canavalia ensiformis* (L.) D.C., capaz de aportar más de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N y hasta 5 t ha<sup>-1</sup> de masa seca, además de elevar sosteniblemente los rendimientos de cultivos tan diversos como maíz, papa, calabaza, malanga, entre otros (2).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) constituyen una asociación simbiótica que existe entre ciertos hongos del suelo y las raíces de las plantas superiores. En ella, ambos simbioses se benefician mutuamente. Las micorrizas reciben fuentes carbonadas provenientes de la planta, mientras que a través de las estructuras fúngicas se incrementa en las plantas, la capacidad de exploración del suelo, la absorción de nutrientes y el crecimiento y desarrollo (3).

En Cuba se han realizado varios trabajos que permiten afirmar que el tipo de suelo define cuáles son las especies de HMA eficientes para una determinada condición edafoclimática (alta especificidad suelo-cepa de HMA), aunque la efectividad alcanzada por la inoculación depende del manejo dado a la planta y al suelo. Así, se informa que la cepa *Rhizophagus intraradices* (INCAM 11) es la más eficiente en suelos arcillosos de alta fertilidad, *Funneliformis mosseae* (INCAM 2) favorece la colonización en suelos ácidos de baja fertilidad y la especie *Glomus cubense* (INCAM 4) es más efectiva en suelos de fertilidad media a alta (4).

En la coinoculación *Rhizobium*-HMA-leguminosas, se ha informado que las relaciones simbióticas proporcionan un mayor intercambio entre los simbioses y efectos superiores a las plantas, que las relaciones basadas en asociaciones no simbióticas. En este caso la simbiosis *Rhizobium*-leguminosas aporta N<sub>2</sub> y las micorrizas incrementan la absorción de otros elementos, entre ellos P, muy importante para garantizar una adecuada FBN y crecimiento de la planta (4). La doble inoculación *Rhizobium*-HMA produce mayor crecimiento, número, peso seco en los nódulos y mayores contenidos de P y N en la planta.

En función de esto, en los últimos años, en Cuba se han venido desarrollando trabajos encaminados al aislamiento de cepas de *Rhizobium* de la rizosfera de canavalia y la evaluación del efecto de su coinoculación con cepas efectivas de HMA en diferentes tipos de suelos, para lograr un mayor crecimiento de la especie y potenciar su utilización como abono verde o cultivo de cobertura.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó el presente trabajo con el objetivo de evaluar la respuesta de la canavalia a la coinoculación de cuatro cepas de *Rhizobium* y tres cepas de HMA en dos tipos de suelos de Cuba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un experimento en condiciones de microparcelas que contenían suelo Ferralítico Rojo Lixiviado (5) procedente del Departamento de Servicios Agrícolas del INCA, en San José de las Lajas, Mayabeque y suelo Gley Nodular Ferruginoso (5), procedente de la Estación de Pastos y Forrajes de Cascajal, Villa Clara.

Las microparcelas se encuentran ubicadas en áreas del Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), con una dimensión de 0,63 m de ancho por 2,55 m de longitud y 0,70 m de altura, fueron sembradas durante el período julio-octubre de 2012, que coincide con el período óptimo para la siembra de canavalia como abono verde en la región (2).

El suelo se tomó del horizonte superficial (0-20 cm) y se trasladó hacia las microparcelas. Las características iniciales de los suelos empleados en el experimento se observan en la tabla. Las determinaciones químicas se realizaron por: pH H<sub>2</sub>O potenciómetro, materia orgánica por Walkley Black, P Oniani, Cationes NH<sub>4</sub>Ac pH 7, Número de esporas HMA Gerdemann y Nicholson, 1963, modificada por Herrera *et al.* 1995 (6).

Se empleó como especie de abono verde *Canavalia ensiformis* (L.) D.C. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado y tres repeticiones en un arreglo bifactorial (5 x 3). Se estudiaron cinco niveles del factor inoculación de *Rhizobium* (cuatro cepas más un tratamiento sin inoculación) y tres niveles del factor inoculación micorrízica (dos cepas y un testigo sin inoculación), para un total de quince tratamientos para cada suelo.

**Tabla. Algunas características iniciales del horizonte cultivable de los suelos utilizados en el experimento.**

	pH	MO (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )	Ca	Mg (cmol kg <sup>-1</sup> )	K	Na	Número de esporas HMA en 50 g de suelo
Ferralítico Rojo	7,31	3,93	392,13	23,94	14,83	ND	ND	115
Gley Nodular Ferruginoso	4,7	2,45	1,4	4,2	1,8	0,10	0,08	69

ND. No determinado. MO (materia orgánica)

Como inóculo micorrízico se utilizó el producto comercial EcoMic® a base de tres especies: *Glomus cubense*, cepa INCAM 4 (7), *Funneliformis mosseae*, cepa INCAM 2 y *Rhizophagus intraradices*, cepa INCAM 11 (8), de calidad mínima garantizada, 20 esporas g<sup>-1</sup> de inoculante, producto no tóxico y libre de patógenos, producido por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). El producto contenía cada cepa por separado.

Se utilizaron cuatro cepas de *Rhizobium* (Can 2, Can 3, Can 4 y Can 5) pertenecientes a la colección de cepas de *Rhizobium* del Laboratorio de Fisiología del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (10).

La coinoculación de estos biofertilizantes se aplicó en el momento de la siembra, por el método de recubrimiento de las semillas (9), utilizando la dosis correspondiente al 10 % del peso total de las semillas de canavalia a inocular con cada una de las cepas de HMA y 100 g de cada cepa de *Rhizobium*, contenidas en soporte sólido de turba estéril.

Las semillas se humedecieron primero con agua y posteriormente se les aplicó cada cepa de *Rhizobium*, según los tratamientos a estudiar, mediante el recubrimiento manual de las semillas con el inoculante, después se procedió a la inoculación con los hongos micorrizicos arbusculares, se pusieron a secar a la sombra durante 15 minutos y luego se realizó la siembra.

Se empleó un marco de plantación de 0,40 x 0,30 m, con dos surcos en cada microparcela, y una semilla por nido, para 12 plantas por surco y un total de 24 plantas por microparcela. Las atenciones culturales se hicieron según recomendaciones de otros estudios (11). Para la toma de las muestras se seleccionaron 12 plantas, dentro de cada microparcela, a los 70 días después de la germinación. Se muestreó la parte aérea completa de las plantas, raíces y suelo rizosférico.

El conteo de esporas se realizó en muestras de 50 g de suelo rizosférico, según el método de extracción descrito por Gerdeman y Nicolson en 1963, modificado por Herrera *et al.* en 1995 (6), basado en el tamizado y decantado por vía húmeda de los propágulos del hongo.

Para la determinación de la colonización micorrizica se tomaron las raíces de las plantas colectadas hasta una profundidad de 15 cm, se lavaron con agua corriente y se secaron al aire. Se tomaron las raicillas más finas y se desmenuzaron. Para las determinaciones se pesaron aproximadamente 200 mg de raicillas que fueron secadas a 70 °C, para ser teñidas según la metodología descrita por Phillips y Hayman en 1970. La evaluación se realizó por el método de los interceptos, desarrollado por Giovanetti y Mosse (6).

Para determinar la biomasa seca foliar (t ha<sup>-1</sup>), se tomó los órganos aéreos de las plantas (hojas y tallos). Se pesó la masa fresca total de cada órgano por separado en una balanza Sartorius, de ahí, se

tomó una fracción de 100 g de masa fresca y se puso a secar en la estufa a 70 °C hasta alcanzar valores de masa constante, posteriormente se estimó la masa seca y se extrapoló a t ha<sup>-1</sup>.

Para el análisis de los datos del experimento se utilizó el modelo matemático correspondiente al diseño experimental empleado, comprobándose la normalidad de los datos y la homogeneidad de la varianza. Para la determinación de las diferencias entre los tratamientos se utilizó la prueba de comparación de rangos múltiples de Duncan para p≤0,05. Para los análisis se empleó el programa Statgraphics Plus 5.1 para Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

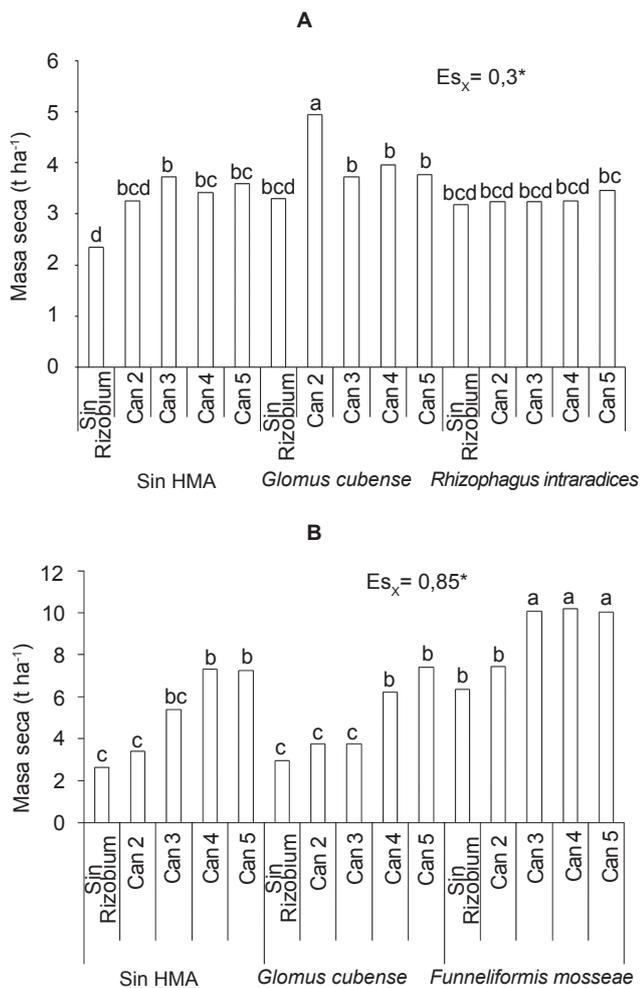
Los resultados del efecto de las variables en estudio sobre la masa seca de la canavalia se aprecian en la Figura 1. Los factores analizados, coinoculación de *Rhizobium* y HMA presentaron interacción entre ellos. Los mayores valores de masa seca se observaron en la combinación de *Glomus cubense* (INCAM 4) y *Rhizobium* (Can 2) en las plantas crecidas en el suelo Ferralítico Rojo. Sin embargo, en el caso del suelo Gley Nodular Ferruginoso, el mejor comportamiento se obtuvo con la coinoculación de *Funneliformis mosseae* (INCAM 2) y las cepas Can 3, Can 4 y Can 5.

Se debe resaltar que para ambos suelos, la canavalia presentó una masa seca que osciló entre 2,5 a 10 t ha<sup>-1</sup>. Este comportamiento es típico de una leguminosa que usualmente se emplea como abono verde y que se siembra en época óptima, en este caso, en condiciones de altas temperaturas y humedad (verano), la hace tener un crecimiento exuberante (2).

Respecto al comportamiento de las cepas de HMA, se ratifican los resultados que informan la alta especificidad cepa de HMA por tipo de suelo (4). Así, la especie *G. cubense* (INCAM 4) es la más efectiva en condiciones de suelos Ferralíticos Rojos, incluso en ambientes de agricultura altamente tecnificada y elevada fertilidad de los suelos (11). En el caso del suelo Gley Nodular Ferruginoso, de marcada acidez, la cepa informada como más efectiva ha sido precisamente *F. mosseae* (INCAM 2) (12).

La efectividad de una cepa de HMA se presenta cuando es capaz de establecer una simbiosis con la planta hospedera, ejercer una positiva influencia sobre el crecimiento y desarrollo de la misma y a la vez, multiplicar sus propágulos en el medio donde se encuentre (13).

Respecto a las cepas de *Rhizobium*, la inoculación de una leguminosa con cepas efectivas, provoca un aumento de la biomasa aérea de las plantas, aunque numerosos informes indican que la canavalia es un género promiscuo que puede establecer simbiosis efectiva con varias cepas de *Rhizobium* (10).



\*Medias con letras distintas difieren entre sí, según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ). A: suelo Ferralítico Rojo. B: suelo Gley Nodular Ferruginoso

**Figura 1. Efecto de la coinoculación con *Rhizobium* y HMA sobre la masa seca de la canavalia.**

Los resultados de este trabajo indican que al parecer existe una relativa eficiencia de las cepas de *Rhizobium* por tipo de suelo, debido a que la cepa inoculada que mayor acumulación de biomasa aérea provocó en la canavalia crecida sobre suelo Ferralítico Rojo (Can 2) no fue la misma que para las condiciones del suelo Gley Nodular Ferruginoso (Can 3, Can 4 y Can 5).

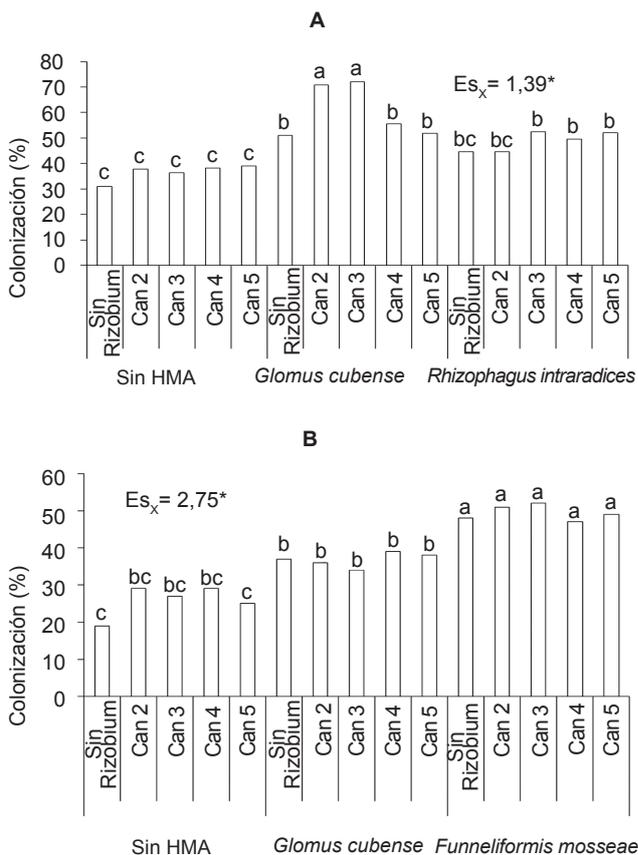
Al respecto, en las condiciones de suelos Pardos Ócricos sin Carbonatos de Tercer Frente en Santiago de Cuba, la cepa Can 3 fue la de mejor desempeño, propiciando incrementos significativos de la altura, masa seca y nodulación de la canavalia y las plantas inoculadas con la cepa Can 5 presentaron un comportamiento similar al testigo sin inocular (14).

Además, la inoculación de la canavalia con las cepas Can 2, Can 3 y Can 5 provoca un marcado incremento en la nodulación y el crecimiento de las plantas crecidas en suelo Ferralítico Rojo (15).

Aunque en el presente estudio no fue posible evaluar las variables relacionadas con la nodulación y su efectividad, todos estos resultados indican la necesidad de proseguir las investigaciones respecto a la eficiencia de las cepas de *Rhizobium* al ser inoculadas en especies de abonos verdes en diferentes tipos de suelos.

En la Figura 2 se observa el efecto de la interacción entre los factores en estudio sobre el porcentaje de colonización micorrízica de la canavalia. Los mayores valores se encontraron, en el caso del suelo Ferralítico Rojo, con los tratamientos que combinaron la inoculación de *G. cubense* con las cepas de *Rhizobium* Can 2 y Can 3.

En el caso del suelo Gley Nodular Ferruginoso, los mayores valores de colonización micorrízica se encontraron en todos los tratamientos con inoculación de *F. mosseae* (INCAM 2), con independencia de la cepa de *Rhizobium* inoculada, lo que ratifica que en condiciones de elevada acidez de estos suelos, esta cepa de HMA es capaz de establecer una simbiosis con cualquier especie de planta micótrifa (12).



\*Medias con letras distintas difieren entre sí, según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ). A: suelo Ferralítico Rojo. B: suelo Gley Nodular Ferruginoso

**Figura 2. Efecto de la coinoculación con *Rhizobium* y HMA sobre el porcentaje de colonización micorrízica de la canavalia.**

No obstante, se observó una marcada tendencia a una colonización superior en aquellos tratamientos inoculados con cepas de HMA con respecto a aquellos sin inoculación micorrízica. En todos los casos los porcentajes de colonización presentaron valores por encima del 20 % y en los tratamientos más destacados, alcanzaron valores incluso superiores al 50 %.

Este resultado indica que a pesar de algunas condiciones limitantes para el desarrollo de la simbiosis, como es el caso de la elevada acidez del suelo de Cascajal, se presentó la simbiosis micorrízica.

Al respecto, se ha demostrado que canavalia es una especie de leguminosa que puede llegar a alcanzar elevados porcentajes de colonización micorrízica y en condiciones de suelos Ferralíticos Rojos la cepa que más se destaca no solo en esta variable sino también en estimular un mayor crecimiento aéreo fue la especie *Glomus hoi like* (16), reclasificada como *G. cubense* (INCAM 4) (7).

En correspondencia con estos resultados, se puede observar el porcentaje de densidad visual en la Figura 3. Nuevamente, los factores en estudio presentaron interacción entre ellos y los mayores valores de esta variable se volvieron a encontrar en las mismas combinaciones más efectivas por tipos de suelo, halladas al analizar el porcentaje de colonización micorrízica.

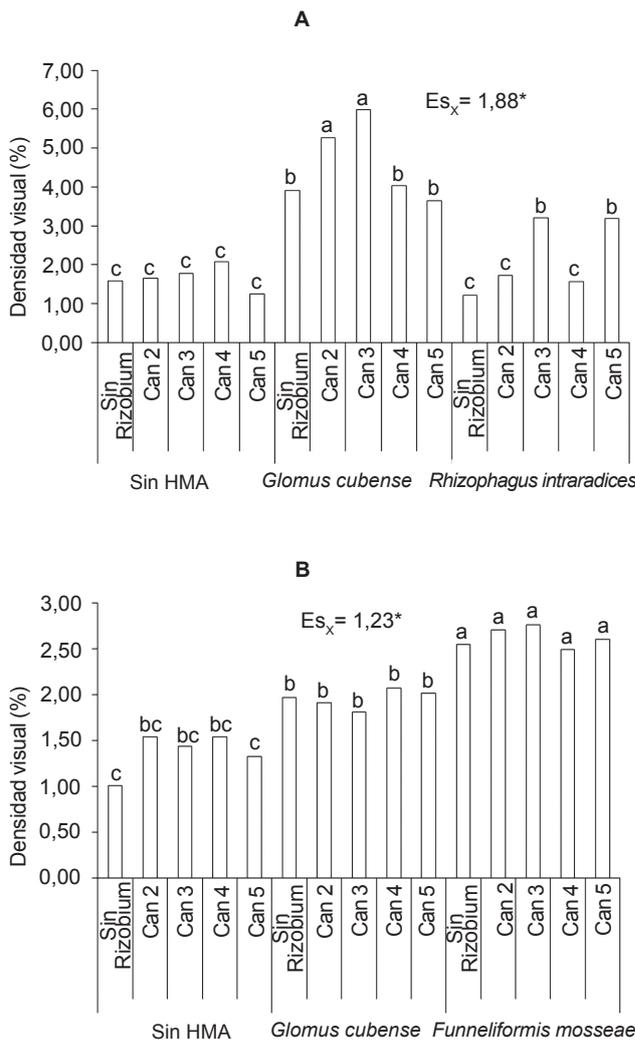
La densidad visual es una variable que describe el grado de intensidad con la que el hongo coloniza la raíz. En este caso, se ratifica el resultado encontrado de que la colonización micorrízica fue efectiva en aquellos tratamientos inoculados con las cepas más eficientes según el tipo de suelo bajo estudio.

Es de señalar que en todos los casos evaluados, se ha puesto de manifiesto la efectividad de la coinoculación *Rhizobium*-HMA, al encontrarse los mayores valores de las variables evaluadas en presencia de la coinoculación, al ser comparadas con aquellos tratamientos que solo inocularon un microorganismo.

Al respecto se plantea que las relaciones simbióticas deben proporcionar un mayor intercambio entre los simbioses y efectos superiores a las plantas, que las relaciones basadas en asociaciones no simbióticas. En este caso la simbiosis *Rhizobium*-leguminosas aporta N<sub>2</sub> y las micorrizas incrementan la absorción de otros elementos, entre ellos P (4).

Por otra parte, en leguminosas micorrizadas puede ser un efecto indirecto y sea probablemente una respuesta del simbionte bacteriano al incremento en vigor y aumento de la demanda de N por las plantas micorrizadas (17).

En la Figura 4 se observa el efecto de la interacción de los factores en estudio sobre la multiplicación de esporas de HMA presentes en la rizosfera de canavalia.

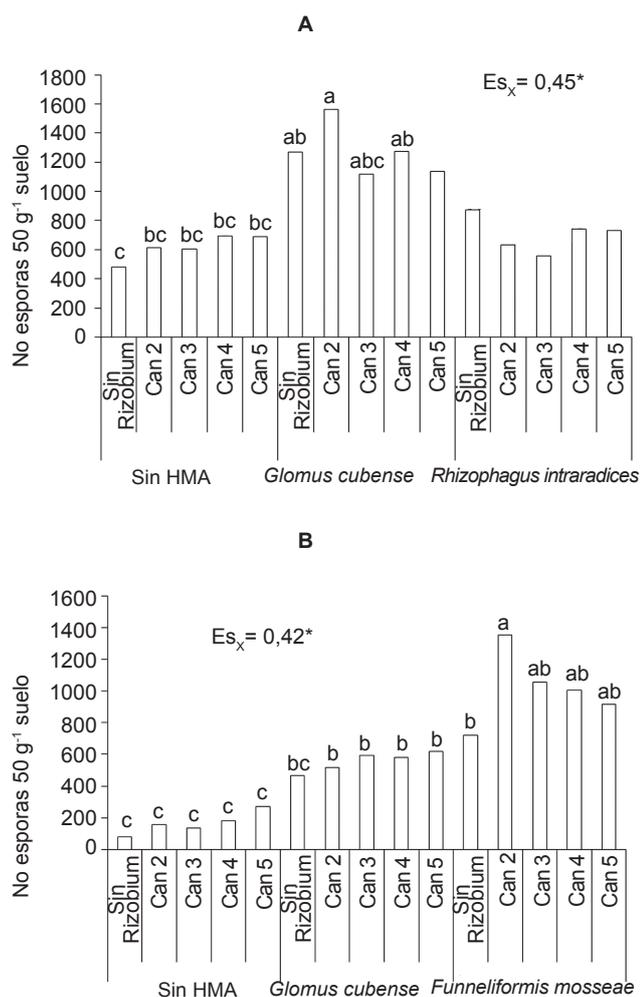


\*Medias con letras distintas difieren entre sí, según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ). A: suelo Ferralítico Rojo. B: suelo Gley Nodular Ferruginoso

**Figura 3. Efecto de la coinoculación con *Rhizobium* y HMA sobre el porcentaje de densidad visual de la canavalia.**

Los mayores números de esporas se encontraron en aquellas plantas que presentaron el mayor crecimiento en biomasa aérea y elevados indicadores de funcionamiento fúngico. Es de destacar los valores encontrados, muy por encima de los contenidos iniciales del número de esporas de HMA (Tabla).

Canavalia es una especie vegetal que entre otras ventajas, para ser empleada como abono verde, tiene la peculiaridad de multiplicar los propágulos de HMA en el suelo, sean nativos o inoculados y propiciar de esta manera la colonización micorrízica del cultivo posterior, todo lo cual le otorga a esta especie un valor agregado como abono verde en los sistemas agrícolas (11).



\*Medias con letras distintas difieren entre sí, según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ). A: suelo Ferralítico Rojo. B: suelo Gley Nodular Ferruginoso

**Figura 4. Efecto de la coinoculación con *Rhizobium* y HMA sobre el número de esporas de HMA presentes en la rizosfera de la canavalia.**

Por otra parte, este resultado es un indicador de las ventajas de la interacción tripartita *Rhizobium*-HMA-leguminosa en la cual todas las partes se potencian y de esta manera pueden expresar su máximo potencial biológico y agronómico, todo lo cual puede repercutir en un mayor impacto de su introducción en los sistemas agrícolas.

Así, los beneficios de la simbiosis tripartita bacteria-HMA-leguminosa, relacionados con el proceso de nodulación de las bacterias nitrofixadoras y el establecimiento de las micorrizas arbusculares, pueden ocurrir simultánea y sinérgicamente. Mientras los hongos movilizan P y otros nutrientes desde el suelo, las bacterias suministran N, no solo a la planta, sino también a los HMA (18).

De esta manera, los HMA y las bacterias nitrofixadoras pueden actuar sinérgicamente, estimulando el crecimiento de las leguminosas mediante una mejor adquisición de nutrientes (19). Además, la colonización de las raíces por los HMA puede afectar a las comunidades bacterianas asociadas a la rizosfera en forma directa o indirecta. Las interacciones directas incluyen el suministro de energía mediante compuestos ricos en carbono, que son transportados desde la planta hospedera hacia la micorrizosfera mediante las hifas del hongo (20). Las interacciones indirectas se refieren a los efectos de las micorrizas en el crecimiento de la planta hospedera, la exudación de sustancias estimuladoras del crecimiento y la mejora de la estructura del suelo (21). Todos estos factores incrementan la actividad de las bacterias nitrofixadoras (22).

De manera integral, las cepas de HMA *G. cubense* (INCAM 4) para el caso del suelo Ferralítico Rojo y *F. mosseae* (INCAM 2) para el suelo Gley Nodular Ferruginoso, resultaron ser las más efectivas, lo que ratificó el efecto de la alta especificidad cepa de HMA-tipo de suelo ya informada en anteriores trabajos.

Por otro lado, se pone de manifiesto la importancia de la inoculación con *Rhizobium* de la leguminosa *Canavalia ensiformis*, al aumentar el crecimiento de la misma y al mismo tiempo facilitar la simbiosis con los hongos micorrizicos, que a su vez le proporcionan los nutrientes necesarios a la planta y al proceso de fijación biológica.

La respuesta de las plantas a la coinoculación con varios tipos de microorganismos puede ser desde sinérgica hasta antagónica, en dependencia de las cepas de hongos y bacterias que se empleen, así como la especie de planta inoculada (23). La coinoculación de *Canavalia ensiformis* con dos tipos de microorganismos benéficos del suelo, en este caso, un hongo y una bacteria, potenció el crecimiento y desarrollo de la planta y al mismo tiempo, los microorganismos no fueron antagónicos entre sí, ratificándose su efecto mutualista, lo que puede ser empleado de manera efectiva con una mayor introducción de estas prácticas dentro de los sistemas agrícolas.

## CONCLUSIONES

- ♦ La canavalia es un abono verde que responde positivamente a la coinoculación *Rhizobium*-HMA en los suelos Ferralíticos Rojos y Gley Nodular Ferruginoso.
- ♦ El mejor comportamiento de las cepas de *Rhizobium* se obtuvo con Can 3 para el suelo Ferralítico Rojo y Can 3, Can 4 y Can 5 para el caso del Gley Nodular Ferruginoso.

- ◆ Las mejores cepa de HMA fueron *Glomus cubense* para el suelo Ferralítico Rojo y *Funneliformis mosseae* para el suelo Gley Nodular Ferruginoso.
- ◆ La coinoculación *Rhizobium*-HMA estimula el comportamiento de las variables indicadoras del funcionamiento de la simbiosis micorrízica.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Martín, G. M. y Rivera, R. Mineralización del nitrógeno incorporado con los abonos verdes y su participación en la nutrición de cultivos de importancia económica. *Cultivos Tropicales*, 2004, vol. 25, no. 3, pp. 89-96. ISSN: 1819-4087.
2. García, M.; Treto, E. y Álvarez, M. Época de siembra más adecuada para especies promisorias de abonos verdes en las condiciones de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 2002, vol. 23, no. 1, pp. 5-14. ISSN: 1819-4087.
3. Veresoglou, S. D.; Chen, B. y Rillig, M. C. Arbuscular mycorrhiza and soil nitrogen cycling. Review. *Soil Biology & Biochemistry*, 2012, vol. 46, pp. 53-62. ISSN: 0038-0717.
4. Rivera, R. y Fernández, K. Bases científico-técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente. En: Rivera, R. y Fernández, K. Eds. Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe. INCA. La Habana. 2003. 166 pp. ISBN: 959-7023-24-5.
5. Hernández, A.; Pérez, J. M.; Bosch, D., *et al.* Nueva Versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana: AGRINFOR, 1999. 64 pp.
6. Mujica, Y.; Medina, N.; de la N Pons, B. Efectividad de la inoculación líquida de HMA en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en suelo Ferralítico. Editorial Académica Española. 2011. 75 pp. ISBN: 978-3-8443-3983-3.
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*, 2011, vol. 118, pp. 337-347. ISSN: 2154-8889.
8. Schußler, A. y Walker, C. 7. Evolution of the 'Plant-Symbiotic' Fungal Phylum, Glomeromycota. En: Evolution of Fungi and Fungal-Like Organisms, The Mycota XIV. Poggeler, S. and Wostemeyer, J. (Eds.). Springer. Verlag Berlin Heidelberg. 2011, pp. 163-185. ISBN: 0186-3231.
9. Fernández, F.; Gómez, R.; Vanegas, L. F.; Martínez, M. A.; de la Noval, B. M. y Rivera, R. Producto inoculante micorrizógeno. Oficina Nacional de Propiedad Industrial. 2000. Cuba, Patente No. 22641.
10. Hernández, I.; Nápoles, M. C. y Hernández, A. Biofertilizante Azofert®. Nuevas aristas y patrones de calidad. En: Congreso Científico del INCA (18: 2012, nov 6-9, Mayabeque) Memorias. CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. ISBN: 978-959-7023-62-3.
11. Martín, G. M.; Rivera, R.; Pérez, A. y Arias, L. Respuesta de la *Canavalia ensiformis* a la inoculación micorrízica con *Glomus cubense* (cepa INCAM-4), su efecto de permanencia en el cultivo del maíz. *Cultivos Tropicales*, 2012, vol. 33, no. 2, pp. 20-28. ISSN: 1819-4087.
12. Ramírez, J. F.; Salazar, X.; González, P. J. y Rivera, R. Validación del uso de hongos micorrizicos arbusculares en la rehabilitación de pastizales. En: Congreso Científico del INCA (18: 2012, nov 6-9, Mayabeque) Memorias. CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. ISBN: 978-959-7023-62-3.
13. Janos, D. P. Plant responsiveness to mycorrhizas differs from dependence upon mycorrhizas. *Mycorrhiza*, 2008, vol. 17, pp. 75-91. ISSN: 0940-6360
14. Bustamante, C.; Pérez, A.; Viñals, R.; Rivera, R.; Pérez, G.; Rodríguez, M. Efecto de la inoculación con cepas de *Rhizobium* sobre indicadores de crecimiento y producción de biomasa por *Canavalia ensiformis* intercalada con café en suelo Pardo de Cuba. En: Congreso Científico del INCA (18: 2012, nov 6-9, Mayabeque) Memorias. CD-ROM. 2012. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. ISBN: 978-959-7023-62-3.
15. Pérez, G.; Nápoles, M. C.; Martín, G. M.; Morales, B. y Reyes, R. Aislamiento, caracterización y selección de aislados de rizobios promisorios para la inoculación de *Canavalia ensiformis*. En: Congreso Científico del INCA (16: 2008, nov 24-28, La Habana). Memorias. CD-ROM. 2008. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. ISBN: 978-959-16-0953-3.
16. Martín, G. M., Arias, L. y Rivera, R. Selección de las cepas de HMA más efectivas para la *Canavalia ensiformis* cultivada en suelo Ferralítico Rojo. *Cultivos Tropicales*, 2010, vol. 31, no. 1, pp. 27-31. ISSN: 1819-4087.
17. Erman, M.; Demir, S.; Ocak, E.; Tüfenkc, S.; Oguza, F. y Akköprüb, A. Effects of *Rhizobium*, arbuscular mycorrhiza and whey applications on some properties in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under irrigated and rainfed conditions. 1-Yield, yield components, nodulation and AMF colonization. *Field Crops Research*, 2011, vol. 122, pp. 14-24. ISSN: 0378-4290.
18. Rabie, G. H.; Aboul-Nasr, M. B.; Al-Humiany, A. Increased salinity tolerance of cowpea plants by dual inoculation of an arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus clarum* and a nitrogen-fixer *Azospirillum brasilense*. *Mycobiology*, 2005, vol. 33, no. 1, pp. 51-60. ISSN: 0568-2517.
19. Sarabia, M.; Madrigal, R.; Martínez, M. y Carreón, Y. Plantas, hongos micorrizicos y bacterias: su compleja red de interacciones. *Biológicas*, 2010, vol. 12, no. 1, pp. 65-71.
20. Bonfante, P.; Anca, I. Plants, mycorrhizal fungi and bacteria: a network of interactions. *Annual Rev. Microbiol.*, 2009, vol. 63, pp. 363-383. ISSN: 1545-3251.
21. Antoun, H. y Prévost, D. Ecology of plant growth promoting rhizobacteria. En: PGPR: Biocontrol and Biofertilization. Ed. Siddiqui, Z. A. The Netherlands. 2005, pp. 1-38. ISBN: 978-1-63321-051-6.

22. González, P. J.; Pérez, G.; Medina, N.; Crespo, G.; Ramírez, J. F. y Arzola, J. Coinoculación de cepas de rizobios y una cepa de hongo micorrízico arbuscular (*Glomus cubense*) y su efecto en kudzú (*Pueraria phaseoloides*). Nota técnica. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 2012, vol. 46, no. 3, pp. 331-334. ISSN: 2079-3472.
23. Weber, J.; Ducouso, M.; Tham, F.Y.; Nourissier-Mountou, S.; Galiana, A.; Prin, Y. y Lee, S. K. Co-inoculation of *Acacia mangium* with *Glomus intraradices* and *Bradyrhizobium* sp. in aeroponic culture. *Biol Fertil Soils.*, 2005, vol. 41, no. 4, pp. 233-239. DOI 10.1007/s00374-005-0833-z.

Recibido: 20 de febrero de 2014

Aceptado: 28 de junio de 2014

#### ¿Cómo citar?

Martín, Gloria M.; Reyes, Reynerio y Ramírez, Juan F. Coinoculación de *Canavalia ensiformis* (L.) D. C. con *Rhizobium* y Hongos micorrizicos arbusculares en dos tipos de suelo de Cuba. [en línea]. *Cultivos Tropicales*, 2015, vol. 36, no. 2, pp. 22-29. ISSN 1819-4087. [Consultado: \_\_\_\_]. Disponible en: <-----/>.