

## RESPUESTA PRELIMINAR DE LA CANAVALIA A LA INOCULACIÓN MICORRÍZICA EN UN AMBIENTE EDÁFICO DE JIBACOA

Yusdel Ferrás-Negrín<sup>1/\*</sup>, Ramón Rivera-Espinosa<sup>2</sup>, Vidalina Pérez-Salina<sup>3</sup>, Ciro Sánchez-Esmori<sup>4</sup>

**Palabras clave:** biofertilizante; *Canavalia ensiformis*; incremento productivo; inoculantes micorrízicos.

**Keywords:** biofertilizer; *Canavalia ensiformis*; productive increase; mycorrhizal inoculants.

**Recibido:** 11/04/23

**Aceptado:** 03/07/23

### RESUMEN

**Introducción.** *Canavalia ensiformis* ampliamente utilizada como abono verde, presenta beneficios comprobados por la inoculación micorrízica. La efectividad de los inoculantes micorrízicos arbusculares utilizados en Cuba dependen de la condición edáfica en que se desarrolla el cultivo; sin embargo, hay pocos resultados experimentales en suelos Cambisol *éutrico* crómico de Jibacoa. **Objetivo.** Evaluar en este suelo la respuesta de la canavalia a la aplicación de 3 inoculantes micorrízicos. **Materiales y métodos.** La investigación se realizó en la Estación Experimental Agro-Forestal de Jibacoa, provincia Villa Clara, Cuba. En un diseño completamente aleatorizado se estudiaron 3 inoculantes formulados con las cepas INCAM-2/*Funneliformis mosseae*, INCAM-4/*Glomus cubense* e INCAM-11/*Rizhophagus irregularis* y un control sin inocular. En el momento que

floreció la canavalia se evaluó: la cantidad de nódulos efectivos; la altura; la masa seca de la raíz, del tallo, de las hojas, la total y se determinó el índice de eficiencia. **Resultados.** La canavalia presentó una respuesta positiva y diferenciada a la inoculación micorrízica. La inoculación con INCAM-2 incrementó significativamente la cantidad de nódulos efectivos (21,9%) con valores superiores al tratamiento control y a la inoculación con INCAM-4, además originó la mayor altura con aumentos del 66,1%, superiores ( $p < 0,05$ ) a las encontradas con los otros inoculantes. INCAM-2 siempre provocó valores superiores de masa seca ( $p < 0,01$ ) en cualquiera de los órganos y la total en relación con el tratamiento control, no obstante, no se diferenciaron ( $p < 0,01$ ) a los obtenidos con los otros inoculantes, los cuales no siempre se diferenciaron del tratamiento control. La respuesta se ordenó de acuerdo con la masa seca total como sigue: INCAM-2 con

\* Autor para correspondencia. Correo electrónico: nutricion2@inafjibacoa.vcl.minag.cu

1 Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, Estación Experimental Agro-Forestal Jibacoa, Manicaragua, Villa Clara, Cuba.

 0000-0001-7897-0128.

2 Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. San José, Mayabeque, Cuba.

 0000-0001-6621-7446.

3 Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, Estación Experimental Agro-Forestal Jibacoa, Manicaragua, Villa Clara, Cuba.

 0009-0003-1348-9685.

4 Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, Estación Experimental Agro-Forestal Jibacoa, Manicaragua, Villa Clara, Cuba

 0000-0001-8532-8678.

71,90% > INCAM-11 con 50,17% > INCAM-4 con 38,29%. **Conclusiones.** La canavalia presentó una respuesta positiva a la inoculación micorrízica en el suelo Cambisol éutrico crómico con incrementos en su nodulación, crecimiento y producción de masa seca. El inoculante INCAM-2 siempre resultó el más efectivo.

## ABSTRACT

**Preliminary response of canavalia to mycorrhizal inoculation in an edaphic environment of Jibacoa. Introduction.** *Canavalia ensiformis*, widely used as green manure, has proven benefits from mycorrhizal inoculation. The effectiveness of the arbuscular mycorrhizal inoculants used in Cuba depend on the edaphic condition in which the crop develops, however there are no experimental results on eutric chromic cambisol soils from Jibacoa. **Objective.** Evaluate in this soil the response of canavalia to the application of 3 mycorrhizal inoculants. **Materials and methods.** The research was carried out at the Jibacoa Agro-Forestry Experimental Station, Villa Clara province, Cuba. In a completely randomized design, 3 inoculants formulated with the strains INCAM-2/*Funneliformis mosseae*, INCAM-4/*Glomus cubense* and INCAM-11/

*Rizhophagus irregularis* and a control without inoculation were studied. At the time that the canavalia flowered, the following were evaluated: the number of effective nodules; the height; the dry mass of the root, stem, leaves, total and the efficiency index was determined. **Results.** Canavalia presented a positive and differentiated response to mycorrhizal inoculation. The inoculation with INCAM-2 significantly increased the number of effective nodules (21.9%) with values higher than the control treatment and the inoculation with INCAM-4, it also caused the greatest height with increases of 66.1%, higher ( $p < 0.05$ ) to those found with the other inoculants. INCAM-2 always caused higher values of dry mass ( $p < 0.01$ ) in any of the organs and total in relation to the control treatment, however, they did not differ ( $p < 0.01$ ) from those obtained with the other inoculants, which did not always differ from the control treatment. The response based on total dry mass was ordered as follows: INCAM-2 with 71.90% > INCAM-11 with 50.17% > INCAM-4 with 38.29%. **Conclusions.** Canavalia presented a positive response to mycorrhizal inoculation in the eutric chromic cambisol soil with increases in its nodulation, growth and dry mass production. The INCAM-2 inoculant was always the most effective.

## INTRODUCCIÓN

El suministro racional de nutrientes en los agroecosistemas es una necesidad para garantizar rendimientos altos y mantener o mejorar la fertilidad del suelo. En Cuba se fertiliza aproximadamente el 20% de las áreas agrícolas, lo que contribuye a los bajos rendimientos e influye negativamente en la fertilidad del suelo (Rodríguez 2023).

El uso de leguminosas en la agricultura posee numerosas ventajas, entre ellas: es una práctica para el control de la erosión y las plantas invasoras, incrementa la retención de la humedad, evita los aumentos de la temperatura del suelo, aporta nitrógeno por la vía de fijación

biológica y el reciclaje de los nutrientes presentes en su biomasa al incorporarse, lo cual mejora la fertilidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Bustamante *et al.* 2022).

La canavalia [*Canavalia ensiformis* (L) D.C)] es una de estas leguminosas. En Cuba ha quedado clara su respuesta positiva a la aplicación de inoculantes micorrízicos con incrementos en biomasa, en las cantidades de macronutrientes extraídos, en la fijación biológica de nitrógeno, así como en los indicadores de funcionamiento micorrízico (García *et al.* 2017, Ferrás *et al.* 2018, Simó *et al.* 2020).

Las micorrizas arbusculares reciben fuentes carbonadas provenientes de la planta, mientras que a través de las estructuras fúngicas se

amplía la capacidad de exploración del suelo, con incrementos en la absorción de nutrientes, agua, mayor crecimiento y desarrollo de las plantas y establecimiento de cooperación con otros microorganismos edáficos (Jansa *et al.* 2019, Ojeda *et al.* 2019). También pueden ocasionar efectos no relacionados directamente con la nutrición, como: disminución del daño ocasionado por patógenos tanto foliares como radicales, mejoras en los agregados del suelo y participación en el ciclo del carbono con incremento de la productividad vegetal, mayor resiliencia del agroecosistema e influye en la dinámica de las comunidades de microorganismos (Rillig *et al.* 2019, Medina 2022).

La integración de la canavalia inoculada con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en los sistemas de suministro de nutrientes de los cultivos, garantiza rendimientos altos con menores dosis de fertilizantes y con mayores beneficios que los ya obtenidos con la simple aplicación de los inoculantes micorrízicos (Rivera *et al.* 2023). La utilización de esta especie inoculada tanto precedente como intercalada resulta una vía para micorrizar de manera eficiente en los cultivos, lo cual disminuye las cantidades de inoculantes y controla la vegetación indeseable (Rivera *et al.* 2020a, Bustamante *et al.* 2022).

Los 3 inoculantes micorrízicos que comúnmente se utilizan en Cuba se formulan con base en cepas de HMA generalistas con las especies vegetales, cuya efectividad responde a la condición edáfica en que se desarrolla el cultivo (Rivera *et al.* 2023). Los suelos Cambisol éutrico crómico (WRB 2014), en el macizo Guamuhaya

donde la actividad cafetalera es fundamental, ocupan 58 750 ha, y son los más representativos con el 36,22% del área (Soto *et al.* 2002); sin embargo, no se dispone de abundante información de la efectividad de estos inoculantes en dicho suelo.

Esta investigación fue parte de las acciones preliminares del programa de trabajo encaminado al desarrollo de sistemas de suministro de nutrientes para el café, basados en bioproductos, abonos verdes y otras fuentes locales de nutrientes, en la región central de Cuba. Por tales razones, el objetivo fue evaluar la respuesta de la canavalia a la aplicación de 3 inoculantes micorrízicos y encontrar cuál de estos resultará más efectivo en condiciones edáficas de Jibacoa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó de agosto a noviembre del 2019 en la Estación Experimental Agro-Forestal de Jibacoa a una altura de 340 msnm y ubicada a los 22° 00' 00.0" N y 79° 50'00.0"O en el municipio Manicaragua, provincia Villa Clara, Cuba. Esta localidad se caracteriza por tener precipitaciones promedio de 2141 mm anuales, una temperatura media 23,2°C, con humedad relativa del 82% (González 2009). El suelo donde se desarrolló el experimento (Tabla 1) corresponde con un suelo cambisol éutrico crómico (WRB 2014), que presentó pH-KCl ligeramente ácidos y bajos contenidos de materia orgánica posiblemente asociados al relieve ondulado en que se encuentra.

Tabla 1. Características físico – químicas del suelo en los primeros 20 cm de profundidad. Octubre 2019.

Tipo de suelo	pH, KCl	MO, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg 100 g <sup>-1</sup> suelo	K <sub>2</sub> O
Cambisol éutrico crómico, WRB (2014)	5,29	2,17	8,87	11,97

Cada valor de la Tabla 1 representa el promedio de 3 muestras de suelo tomadas a una profundidad de 0 a 20 cm. Se hizo uso de los métodos analíticos utilizados por González *et al.* (2017), estos fueron:

- pH por el método potenciométrico en KCl (1 N); relación suelo-solución 1:2,5.
- Materia orgánica (%), Walkley - Black. Colorimetría. Oxidación con dicromato de potasio 1N y ácido sulfúrico concentrado.
- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O por el método de Oniani. Fósforo por Colorimetría y Potasio por fotometría de llama. Extracción con ácido sulfúrico 0,1 N, relación suelo - solución 1:2,5; 3 minutos.

El experimento se desarrolló en macetas. En 4 tratamientos distribuidos en un diseño aleatorizado, se utilizaron por cada uno 30 bolsas de polietileno negro de 7,4 kg con orificios en el fondo.

### Descripción de los tratamientos

- 1- Tratamiento control: siembra de semillas de canavalia sin inoculación de micorriza.
- 2- Siembra de semillas de canavalia con inoculación de *Funneliformis mosseae* [(Schüßler y Walker 2010)/INCAM-2].
- 3- Siembra de semillas de canavalia con inoculación de *Glomus cubense* [(Rodríguez *et al.* 2011)/INCAM-4, DAOM241198].
- 4- Siembra de semillas de canavalia con inoculación de *Rhizoglyphus irregularis* [(Sieverding *et al.* 2014) syn. *Rizhophagus irregularis* /INCAM-11, DAOM711363].

Los inoculantes utilizados pertenecen a la colección del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Han sido evaluados en diferentes cultivos y tipos de suelo (Rivera *et al.* 2020b) y se identificaron con el código del aislado en cuestión (INCAM-2, INCAM-4 e INCAM-11).

$$\text{Efectividad inoculante}_i = \frac{(\text{Biomasa tto inoculado}_i - \text{Biomasa tto control}) \times 100}{\text{Biomasa tto control}}$$

Donde

i = cada uno de los inoculantes evaluados

tto = tratamiento

### Preparación y aplicación de inoculantes

Los inoculantes se prepararon a partir de la aplicación de cada aislado de HMA con un alto grado de pureza, a semillas de *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster y se cultivaron en un sustrato específico (Fernández *et al.* 2000). Transcurridos 4 meses, se cortaron las plantas y se extrajo el sustrato enriquecido con propágulos micorrízicos. Este material se secó a temperatura ambiente a la sombra y se molió en forma de polvo (89% <0,84 mm). Los inoculantes consistían en una mezcla de material del sustrato con los referidos propágulos. El contenido de esporas se encontró entre 30 y 35 esporas.g<sup>-1</sup>, así como cantidades indeterminadas de micelio y raíces infectivas.

La inoculación se realizó vía recubrimiento de las semillas. Para esto se preparó una mezcla de una cantidad de inóculo sólido equivalente al 10% del peso de las semillas y agua en una proporción de 60 mL de agua por cada 100 g de inóculo (Ojeda *et al.* 2018). Las semillas se recubrieron con esta pasta y se dejaron secar a la sombra por 2 horas antes de sembrar, luego se colocaron 2 por cada bolsa y después de la germinación se seleccionó una planta por bolsa.

### Evaluaciones

Se seleccionaron 8 plantas representativas en cada tratamiento y en el momento de la floración (90 días después de la siembra) se realizaron las siguientes evaluaciones:

- 1- Cantidad de nódulos efectivos por planta (U).
- 2- Altura (m).
- 3- Masa seca de la raíz, del tallo y las hojas (g). Se calculó la masa total y se expresó en g.planta<sup>-1</sup>.
- 4- Se determinó la efectividad de los inoculantes (IE) o la respuesta de la canavalia a la inoculación (Rivera *et al.* 2020a) a partir de:

### Análisis estadístico

A los datos se les realizaron las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza. La comparación de las medias se realizó mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan para  $p \leq 0,05$ . El procesamiento estadístico de los datos se realizó con el programa InfoStat versión 1.0.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas de canavalia mostraron una alta nodulación en todos los tratamientos (Figura 1),

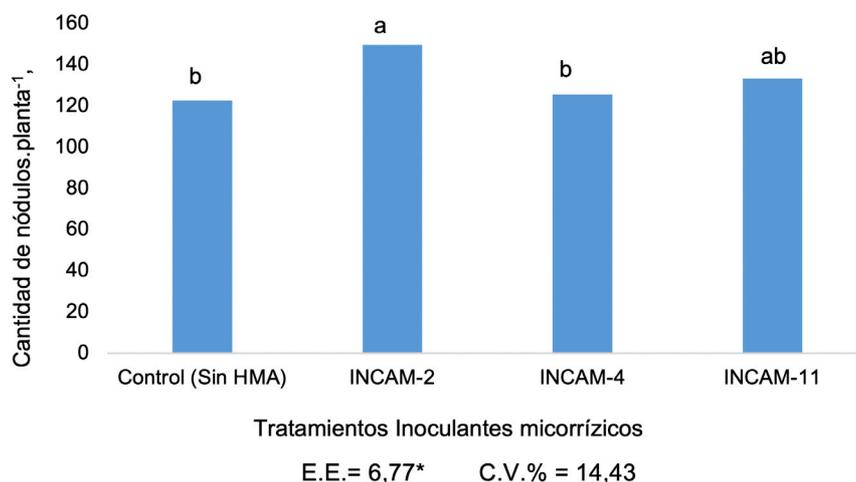


Figura 1. Efecto de los inoculantes micorrízicos en la producción de nódulos de la canavalia en floración (90 días después de la siembra). Suelo Cambisol éutrico crómico (WRB 2014).

\* Letras desiguales conllevan a diferencias significativas entre los efectos de los tratamientos por prueba de Duncan para  $p \leq 0,05$ .

Las plantas de canavalia presentaron una respuesta positiva y significativa en la nodulación cuando las semillas fueron recubiertas con INCAM-2. Este inoculante fue el único que propició diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ), con un incremento del 21,91% en comparación al tratamiento control. En otras investigaciones también se ha reportado que esta leguminosa ha respondido de forma positiva a la inoculación de estos biofertilizantes.

posiblemente relacionado con la baja inespecificidad de esta especie vegetal con los rizobios y su carácter promiscuo (Hernández *et al.* 2012). En este tipo de suelo de igual localidad, pero con una mayor acidez, pH 4,07; se obtuvieron en esta especie de abono verde valores muy bajos de nodulación, entre 7 y 11 nódulos por planta, sin respuesta a la aplicación de inoculantes a base INCAM-4 y de cepas de rizobios, posiblemente asociado a la extremada acidez del suelo (Ferrás *et al.* 2018).

La canavalia cultivada en un suelo Pardo Sialítico Mullido Carbonatado con pH 6,9; reveló los mejores resultados al aplicar INCAM-11 (Tamayo *et al.* 2021). Explicable a los cambios de efectividad de los inoculantes con la reacción del suelo (Rivera *et al.* 2023).

En los cultivos de la soya (*Glycine max* (L) Merr. cv NS-4611) (Faggioli *et al.* 2020) y del frijol (*P. vulgaris* cv. Negro Michigan) (Lara *et al.* 2019) la inoculación micorrízica incrementó

la cantidad de nódulos en un 21,01% y 67,8% respectivamente. Estos resultados indican el efecto beneficioso que causa este biofertilizante sobre la nodulación en las plantas leguminosas.

Incrementos en la colonización micorrízica, optimizan la absorción de fósforo y otros elementos esenciales (Ortas y Rafique 2017), lo cual potencia el crecimiento del cultivo, incrementa las necesidades de nitrógeno de este, a la vez se impulsa la nodulación bacteriana y la correspondiente fijación de nitrógeno (Bulgarelli *et al.* 2017) para que la planta pueda garantizar

estas necesidades. La simbiosis tripartita como expresión de mecanismos complementarios, origina incrementos tanto en el funcionamiento micorrízico como en la fijación biológica del nitrógeno (Yasmeen *et al.* 2012).

Las plantas de canavalia presentaron una respuesta positiva en la altura ( $p \leq 0,05$ ) a la aplicación de cualquiera de los inoculantes. Los mayores incrementos fueron del 66,1% con la aplicación de INCAM-2, los cuales fueron superiores ( $p \leq 0,05$ ) a los obtenidos con los otros 2 inoculantes (Figura 2).

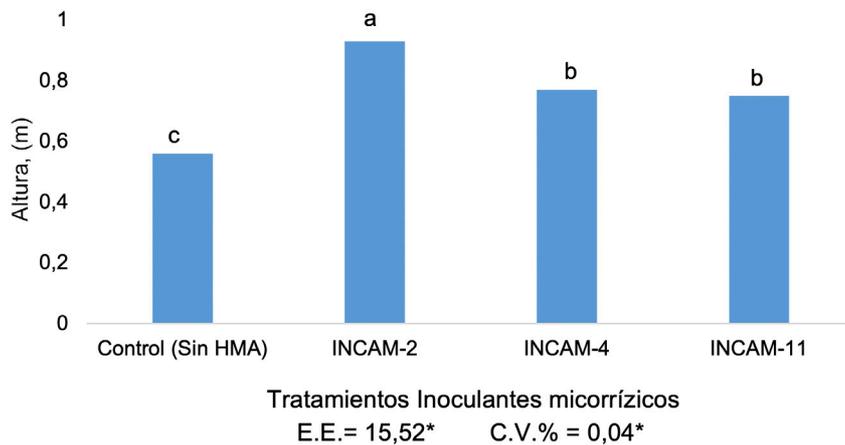


Figura 2. Efectividad de los inoculantes en la altura (cm) de la canavalia en floración (90 días después de la siembra). Suelo Cambisol útrico crómico (WRB 2014).

\* Letras desiguales conllevan a diferencias significativas entre los efectos de los tratamientos por prueba de Duncan para  $p \leq 0,05$ .

Estos resultados una vez más avalan el papel favorecedor de la micorrización en el crecimiento de los cultivos y la necesidad de realizar esta investigación. En relación con este trabajo, Ojeda *et al.* (2018) expresaron que las leguminosas son plantas que responden vigorosamente a la inoculación con HMA. Además, corroboraron que estudios de comparación de inoculantes en Cuba han demostrado la existencia de una alta

especificidad por ambiente edáfico, lo que podría explicar las respuestas diferenciadas encontradas al aplicar uno u otro inoculante.

La producción de masa seca de cualquiera de los órganos y de la masa seca total también mostró respuesta positiva ( $p \leq 0,05$ ) a la inoculación. De forma general los mejores efectos se encontraron con la aplicación de INCAM-2, pues, aunque no se diferenciaron significativamente de

las obtenidas con los otros 2 inoculantes (Tabla 2), siempre fueron superiores a las obtenidas con el tratamiento sin inoculación. Además, el mayor

incremento relativo (71,9%) de la masa seca total se encontró al aplicar INCAM-2 (Tabla 2).

Tabla 2. Respuesta de masa seca e IE de la canavalia a la aplicación de diferentes inoculantes micorrizicos. Suelos Cambisol éutrio crómico (WRB 2014).

Tratamientos	Masa seca, g.planta <sup>-1</sup>				IE*
	Raíz	Tallo	Hoja	Masa seca total	
Control (Sin HMA)	1,50 b	3,08 b	7,20 b	11,78 b	-
INCAM-2	3,34 a	6,53 a	10,38 a	20,25 a	71,90
INCAM-4	3,23 a	4,83 ab	8,23 ab	16,29 a	38,29
INCAM-11	3,20 a	5,06 a	9,43 ab	17,69 a	50,17
C.V., %	16,59	26,77	21,59	19,03	
E.E.	0,17**	0,46**	0,67**	1,11**	

\* Efectividad del inoculante.

\*\* Letras desiguales en una misma columna conllevan a diferencias significativas entre los efectos de los tratamientos por prueba de Duncan para  $p \leq 0,01$ .

Estos resultados coincidieron con los referidos por Ojeda *et al.* (2018), quienes al recubrir la semilla de canavalia con estos 3 inoculantes en un suelo Pardo Grisáceo con pH (H<sub>2</sub>O) 5,68, obtuvieron IE entre 59% y 90,8%. Plantearon, además, que este índice debe ser tomado en cuenta en cualquier análisis de la efectividad hongo/planta hospedera, ya que muestra cómo puede influir la simbiosis sobre el rendimiento, en relación con el tratamiento control.

Resultados reportados por Rivera *et al.* (2020b), establecieron que la canavalia crecida en 8 condiciones edáficas diferentes, siempre presentó una respuesta positiva y significativa a la inoculación micorrízica, expresada en diferentes variables morfológicas, biomasa y contenidos de macronutrientes. El inoculante que provocó los mejores resultados no fue el mismo en todas las condiciones edáficas, lo cual se consideró a este factor determinante para condicionar su eficiencia. Cuando los suelos presentaron valores del pH (H<sub>2</sub>O) entre 4,7 a 5,8, los mayores efectos se alcanzaron al aplicar INCAM-2.

En un suelo Húmico Carbonatado con pH (H<sub>2</sub>O) entre 7,80 a 7,90 la canavalia no presentó respuesta significativa a la inoculación

con INCAM-2; sin embargo, la aplicación de INCAM-11 incrementó significativamente la masa seca aérea en un 83,5% en comparación al tratamiento control (Simó *et al.* 2019); lo cual evidencia la importancia de realizar esta investigación para las condiciones edáficas donde se desarrolló.

En estudios donde se evaluaron las respuestas de 6 leguminosas (*Clitoria ternatea* L., *Calopogonium mucunoides* Desv., *Stylosanthes guianensis* Abul., *Crotalaria juncea* L., *Canavalia ensiformis* L. y *Mucuna pruriens* L.) a la micorrización en un suelo con pH 4,6 sin esterilizar, revelaron índice de respuesta de la masa seca del 71,90; 73,67; 67,17; 38,73; -8 y -13,75% respectivamente (Trejo *et al.* 2021). Estos autores concluyeron que la respuesta de planta a la inoculación micorrízica es independiente del porcentaje de colonización y del inóculo aplicado; esto sugiere, que la respuesta pudiera deberse al tipo de planta o suelo donde se aplique el inóculo.

En el cultivo del *Coffea arabica* L al comparar 12 inoculantes nativos de HMA con un tratamiento control (sin HMA) se obtuvo que con todos se incrementó la altura (desde el 11,1 hasta el 31,5%), la masa seca de la raíz (desde el 38,9

hasta el 163,9%) y el área foliar (desde el 18 hasta el 86,8%), con diferencia significativa entre los tratamientos investigados (Vallejos *et al.* 2019). Estos autores expresaron que esta diferencia se pudo deber a la procedencia de los consorcios micorrícicos y las condiciones particulares del suelo. Por tales motivos resalta la importancia de realizar investigaciones en los lugares donde se desea implementar estas tecnologías beneficiosas con el fin de optimizar los resultados con la selección de la mejor opción.

La información mostrada en esta investigación corrobora lo expuesto por Sisalima *et al.* (2023), cuando se refirieron a que los HMA han sido ampliamente utilizados en la producción agrícola y constituyen un medio importante para la sostenibilidad al aumentar la producción de los cultivos.

## CONCLUSIONES

La canavalia presentó una respuesta positiva a la inoculación micorrízica en el suelo Cambisol éutrico crómico, con incrementos en su nodulación, crecimiento y producción de masa seca. El inoculante INCAM-2 siempre resultó el más efectivo.

## LITERATURA CITADA

- Bulgarelli, RG; Castro MF; Ribeiro, RV; López de Andrade, S. 2017. Mycorrhizae enhance nitrogen fixation and photosynthesis in phosphorus starved soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Environmental and Experimental Botany* 140:26-33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.05.015>
- Bustamante, CA; Ferrás, Y; Hernández, I; Rivera, R. 2022. Beneficios del intercalamiento de canavalia inoculada con hongos micorrícicos y *Rhizobium* en caféto (*Coffea canephora* var. Robusta). *Agronomía Mesoamericana* 33(2):46288. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v33i2.46288>
- Faggioli, VS; Cabello, M; Melchiorre, NM; Covacevich, F. 2020. Contribución de hongos micorrícicos nativos a la nutrición fosforada y su impacto en la partición de fotoasimilados de soja. *Cienc. Suelo (Argentina)* 38(1):81-94. Consultado 16 ene. 2022. Disponible en <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v38n1/v38n1a08.pdf>
- Fernández, F; Gómez, R; Vanegas, LF; Martínez, MA; de la Noval, B; Rivera, R. 2000. Producto Inoculante micorrizógeno. Certificado N°. 22641. Oficina Cubana de la Propiedad Industrial, La Habana, Cuba. s. p.
- Ferrás, Y; Bustamante, CA; Hernández, I; Delgado, I; Viñals, R. 2018. Influencia de la coinoculación de micorriza y cepas de *Rhizobium* en el desarrollo de *Canavalia ensiformis*. *Revista cubana Café y Cacao* 17(2):23-29.
- García, M; Rivera, R; Cruz, Y; Acosta, Y; Cabrera, JR. 2017. Respuesta de *Canavalia ensiformis* (L.) a la inoculación con diferentes cepas de hongo micorrízico arbuscular en un suelo FAREL. *Cultivos Tropicales* 38(1):7-12. Consultado 16 ene. 2022. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v38n1/ctr01117.pdf>
- González, C. 2009. Efectos de la combinación de dolomita y materia orgánica en la producción de posturas de café. Tesis M.Sc. Cuba, Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". 54 p.
- González, C; Ferrás, Y; Meneses, I; Ortiz, N. 2017. Efecto del humus de lombriz en sustratos para la producción de posturas de caféto en suelo Ferralítico Lixiviado ácido. *Café y Cacao* 16(2):27-32.
- Hernández, I; Pérez, G; Nápoles, MC; Rosales, P; Baños, R; Ramirez, JF. 2012. Selección de aislados de rizobios provenientes de nódulos de la leguminosa forrajera *Canavalia ensiformis*. *Cultivos Tropicales* 33(3):27-33. Consultado 16 ene. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193223814004.pdf>
- Jansa, J; Forczek, ST; Rozmoš, M; Püschel, D; Bukovská, P; Hřelová, H. 2019. Arbuscular mycorrhiza and soil organic nitrogen: network of players and interactions. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 6:10. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40538-019-0147-2>
- Lara, L; Hernández, LG; Reyes, JJ; Preciado, P; Zulueta, R. 2019. Respuesta agronómica de *Phaseolus vulgaris* a la biofertilización en campo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10(5):1035-1046. Consultado 16 ene. 2022. Disponible en <https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/1842/1/PUB-ARTICULO-4457.PDF>
- Medina, LR. 2022. Los hongos micorrícicos arbusculares y su rol en los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales* 43(1):e14. Consultado 26 ago. 2023. Disponible en <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/download/1650/3244>
- Ojeda, LJ; González, PJ; Rivera, R; Furrázola, E; de la Rosa, JJ; Hernández, ME; Rodríguez, YI; Hernández, C. 2018. Inoculación de *Canavalia ensiformis* con hongos micorrízico arbusculares en la fase de establecimiento. *Pastos y Forrajes* 41(3):189-195. Consultado 16 ene. 2022. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v41n3/pyf05318.pdf>

- Ojeda, LJ; Rivera, R; González, PJ; de la Rosa, JJ; Arteaga, O; Hernández, C. 2019. Efecto del abono verde de *Canavalia ensiformis* (L.) micorrizada en el cultivo sucesor *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone Cuba CT-169. *Pastos y Forrajes* 42(4):277-284. Consultado 16 ene. 2022. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v42n4/2078-8452-pyf-42-04-277.pdf>
- Ortas, I; Rafique, M. 2017. The Mechanisms of Nutrient Uptake by Arbuscular Mycorrhizae. In Varma, A; Prasad, R; Tuteja, N (eds.). *Mycorrhiza - Nutrient Uptake, Biocontrol, Ecorestoration*. Springer International Publishing AG. p 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68867-1>
- Rillig, MC; Aguilar, CA; Camenzind, T; Cavagnaro, RT; Degruene, F; Hohmann, P; Lammel, DR; Mansour, I; Roy, J; van der Heijden, MGA; Yang, G. 2019. Why farmers should manage the arbuscular mycorrhizal symbiosis? *New Phytologist* 222(3):1171-1175. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.15602>
- Rivera, R; Fernández, F; Ruiz, L; González, PJ; Rodríguez, Y; Pérez, E; Fernández, K; Martín, G; Simó, S; Sánchez, C; Riera, M; de la Noval, B; Ruiz, M; Hernández, A; Hernández, A; Plana, R; Ramírez, J; Bustamante, C; Espinosa, A;... Lara, D. 2020b. Manejo, integración y beneficios del biofertilizante micorrízico EcoMic<sup>®</sup> en la producción agrícola. Mayabeque, Cuba, Ediciones INCA. 151 p. Consultado 04 abr. 2023. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/340223155>
- Rivera, R; González, PJ; Ruiz, L; Martín, G; Cabrera, A. 2023. Strategic Combination of Mycorrhizal Inoculants, Fertilizers and Green Manures Improve Crop Productivity. Review of Cuban Research. In Qiang-Sheng, W; Ying-Ning, Z; Yue-Jun, H; Nong Zhou (eds.). "New Research on Mycorrhizal Fungus". Nova Publishers, USA. p. 55-112. DOI: 10.52305/GLXN2905
- Rivera, R; Martín, GM; Simó, JE; Pentón, G; Garcia, M; Ramírez, J; Gonzáles, PJ; Joao, JP; Ojeda, L; Tamayo, Y; Bustamante, C. 2020a. Benefits of joint management of green manure and mycorrhizal inoculants in crop production. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 23(97):1-18. DOI: <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3294>
- Rodríguez, JL. 2023. La coyuntura internacional y la economía cubana en 2022. Perspectivas de 2023. Parte I. Consultado 24 ago. 2023. Disponible en <https://www.cubaperiodistas.cu/index.php/2023/03/la-coyuntura-internacional-y-la-economia-cubana-en-2022-perspectivas-de-2023/>
- Rodríguez, Y; Dalpé, Y; Séguin, S; Fernández, K; Rivera, R. 2011. *Glomus cubense* sp. nov., an arbuscular mycorrhizal fungus from Cuba. *Mycotaxon* 118:337-347. Doi: <https://doi.org/10.5248/118.337>
- Schüßler, A; Walker, C. 2010. The Glomeromycota: a species list with new families and new genera. Gloucester: The Royal Botanic Garden Edinburgh, The Royal Botanic Garden Kew, Botanische Staatssammlung Munich, and Oregon State University. 58 p. Consultado 24 ago. 2023. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/285775809>
- Sieverding, E; Alves da Silva, G; Berndt, R; Oehl, F. 2014. *Rhizoglossum*, a new genus of the *Glomeraceae*. *Mycotaxon* 129 (2):373- 86. DOI: <https://doi.org/10.5248/129.373>
- Simó, JE; Rivera, R; Ruiz, LA; Díaz, G; Ruiz, M. 2019. Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi inoculated on *Canavalia ensiformis* L. in Calcaric Histosol soils. *Agronomía Mesoamericana* 30(2):395-405. Consultado 16 ene. 2022. Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/33221/37652>
- Simó, J; Rivera, R; Ruiz, L; Martín, G. 2020. The Integration of AMF Inoculants, Green Manure and Organo-Mineral Fertilization, in Banana Plantations on Calcic Haplic Phaeozems. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 23(08):1-15. Consultado 24 ago. 2023. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/340280093\\_the\\_integration\\_of\\_amf\\_inoculants\\_green\\_manure\\_and\\_organomineral\\_fertilization\\_in\\_banana\\_plantations\\_on\\_calcic\\_haplic\\_phaeozems\\_la\\_integracion\\_de\\_inoculantes\\_micorrizicos\\_abonos\\_verdes\\_y\\_abonamiento](https://www.researchgate.net/publication/340280093_the_integration_of_amf_inoculants_green_manure_and_organomineral_fertilization_in_banana_plantations_on_calcic_haplic_phaeozems_la_integracion_de_inoculantes_micorrizicos_abonos_verdes_y_abonamiento)
- Sisalima, L; Ruilova, V; Capa, M. 2023. Efecto de inoculación micorrízica en la etapa productiva del cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en la Amazonía ecuatoriana. *CEDAMAZ* 13(1):17-24. Consultado 27 ago. 2023. Disponible en <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/1742/1261>
- Soto, F; Vantour, A; Hernández, A; Planas, A; Figueroa, A; Fuentes, PO; Tejeda, T; Morales, M; Vázquez, R; Zamora, E; Cutié, F; Vázquez, L; Caro, P. 2002. La zonificación agroecológica del *Coffea arabica* L. en Cuba. Macizos montañosos sierra maestray Guamuha. *Cultivos Tropicales* 23(1):35-44. Consultado 24 ago. 2023. Disponible en <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwizucrIkvuAAxWCQzABHRi2CDAQFnoECBAQAQ&url=https%3A%2F%2Fediciones.inca.edu.cu%2Findex.php%2Fediciones%2Farticle%2Fdownload%2F646%2Fpdf&usq=AOvVaw2vSVYDLjWVm8J2KK2mN79w&opi=89978449>
- Tamayo, Y; Martín, GM; Castañeda, E; Anselmo, C; Ramos, L; Santiago, GM; Rodríguez, Y. 2021. Selección de cepas eficientes de *Rhizobium* y micorrizas en *Canavalia ensiformis* (L.) D.C. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 8(1):13-24. Consultado 16 ene. 2022. Disponible en <https://rmae.voaxaca.tecnm.mx/wp-content/uploads/2020/11/articulo2.pdf>

- Trejo, D; Hernández, E; Baeza, Y; Pérez, G; Morgado, E; Banuelos, J. 2021. Efectividad de los hongos micorrízicos arbusculares introducidos y nativos en seis leguminosas coberteras. SCIENTIAFUNGORUM 51:e1320. Consultado 26 ago. 2023. Disponible en <https://www.scielo.org.mx/pdf/sf/v51/2594-1321-sf-51-e1320.pdf>
- Vallejos, G; Sánchez, T; García, MA; Trigoso, M; Arévalo, LA. 2019. Efecto de hongos formadores de micorrizas arbusculares en clones de café (*Coffea arabica*) variedad Caturra. Acta Agronómica 68(4):278-284. DOI: <https://doi.org/10.15446/acag.v68n4.72117>
- Yasmeen, T; Hameed, S; Tariq, M; Ali, S. 2012. Significance of arbuscular mycorrhizal and bacterial symbionts in a tripartite association with *Vigna radiate*. Acta Physiol Plant. 34(4). DOI: 10.1007/s11738-012-0950-x
- WRB (World Reference Base for Soil Resources). 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, update 2015: World soil resources [Reports 106]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Consultado 24 ago. 2023. Disponible en <https://www.amazon.com/-/es/Food-Agriculture-Organization-United-Nations-ebook/dp/B07BQ9XMCQ>



Agronomía Costarricense. Universidad de Costa Rica. Se encuentra licenciada con Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para mayor información escribir a [rac.cia@ucr.ac.cr](mailto:rac.cia@ucr.ac.cr)