

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Efecto de la biofertilización en la morfo fisiología y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

Effect of biofertilization in the morpho physiology and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Ariany Colás – Sánchez^{1*}, Beatriz Díaz – Pérez², Alianny Rodríguez-Urrutia¹, Sirley Gatorno-Muñoz¹, Oralia Rodríguez López¹

¹Centro de Investigaciones Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, carretera a Camajuani km 5½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, CP 54830

²Departamento de Agronomía, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, carretera a Camajuani km 5½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, CP 54830

E-mail: arianycol@uclv.edu.cu

RESUMEN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es ampliamente cultivado en Cuba principalmente en pequeñas áreas de productores privados, debido a su papel como componente principal de la dieta diaria. El uso de rizobios nativos efectivos como biofertilizantes naturales contribuirá positivamente a la producción de este grano. Con el objetivo de evaluar el efecto de la inoculación simple *Rhizobium pisi* y EcoMic® sobre variables morfofisiológicas y el rendimiento del frijol común, se desarrolló la presente investigación en la época de siembra intermedia de la campaña 2015-2016 (noviembre – enero), sobre un suelo Pardo mullido carbonatado, en áreas de la CCS "Lino del Rio", municipio Placetas, provincia Villa Clara. En el estudio se utilizó el genotipo local Delicia-364 y fueron evaluados los parámetros de nodulación, la biomasa radicular y del follaje, rendimiento agrícola y sus componentes. Todas las variantes de inoculación incrementaron la nodulación y por consiguiente la biomasa seca. Los valores máximos en el número de nódulos se lograron con la inoculación de la cepa *R. pisi* 40983. Los componentes del rendimiento agrícola y el rendimiento agrícola fueron positivamente estimulados con la inoculación de *R. pisi* 40983 (362 kg ha⁻¹) y 40982 (357 kg ha⁻¹).

Palabras Clave: *Rhizobium pisi*, frijol común, EcoMic®, cepas nativas

ABSTRACT

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is widely cultivated in Cuba principally in small farm areas because its role as a principal component of the daily diet. The use of effective native rhizobia as natural biofertilizer will positive contributes to the production of this grain. In order to evaluate the effect of single *Rhizobium pisi* and EcoMic® inoculation on morphological parameters and yield of common bean, was performed the present research at the intermediate sowing season of the 2015-2016 (November - January). The study was developed in farm's areas of CCS "Lino del Rio" under an Inceptisol soil in the municipality of Placetas in Villa Clara province. In the study, the genotype Delicia-364 was used and the parameters of nodulation, root and shoot biomass and yield were

evaluated, as well as the possible mechanisms of plant growth promotion of the strains used. All the inoculation variants increased the nodulation and, consequently, the dry biomass. The maximum values in the number of nodules were observed with the inoculation of *R. pisi* 40983. The yield and its components were positively stimulated with the inoculation of *R. pisi* 40983 (362 kg ha⁻¹) and 40982 (357 kg ha⁻¹).

Keywords: *Rhizobium pisi*, common bean, EcoMic®, native strains

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la especie más trascendental del género *Phaseolus*, cultivada en gran parte del mundo (Beebe, 2012). Dicha leguminosa es una fuente importante de proteínas, vitaminas y minerales para más de 500 millones de personas en Latinoamérica, África y el Caribe (Cortés *et al.*, 2013), especialmente en Cuba, donde es la fuente principal de proteínas.

Mediante la formación de nódulos en las raíces de dicha planta como toda leguminosa, se lleva a cabo la Fijación Simbiótica del Nitrógeno (FSN), en asociación con rizobacterias denominadas colectivamente rizobios. Este proceso entre el frijol común y bacterias fijadoras de nitrógeno es crucial en la producción de otros cultivos agrícolas por su aporte de nitrógeno en el agroecosistema. Los mayores beneficios de la interacción simbiótica, leguminosa – rizobios son: la reducción en la aplicación de fertilizantes nitrogenados y las mejoras en el crecimiento y salud de las plantas.

La Fijación Biológica del Nitrógeno (FBN) ha sido extensamente utilizada en lugar de los fertilizantes nitrogenados en la producción de leguminosas por su eficiencia económica en los agroecosistemas sostenibles (Ouma *et al.*, 2016). El uso de cepas nativas de *Rhizobium* como biofertilizantes contribuye al mantenimiento de la biodiversidad del suelo, mediante la disminución de los efectos negativos de los fertilizantes minerales (Nkot *et al.*, 2015).

Sin embargo, en la provincia de Villa Clara, aún es insuficiente el uso de variantes de biofertilización que contribuyan al incremento de los parámetros del rendimiento del cultivo del frijol en diferentes condiciones edafoclimáticas. Teniendo en cuenta esta problemática, la presente investigación fue encaminada a determinar el efecto de diferentes variantes de biofertilización sobre la nodulación, variables morfofisiológicas y el rendimiento del frijol común en condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y caracterización de la zona de estudio

El estudio se llevó a cabo en condiciones de campo y el experimento fue conducido en un área perteneciente a un campesino privado de la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) “Lino del Río”, municipio Placetas (22°18'42" N 79°39'15" O), provincia Villa Clara. En el período comprendido entre noviembre del 2015 y enero del 2016, correspondiente a la época de siembra intermedia (noviembre – enero).

Caracterización de las propiedades del suelo

El suelo del área de estudio se clasifica como Pardo mullido carbonatado (Hernández *et al.*, 2015). En el estudio fueron determinados los principales indicadores químicos de la fertilidad de suelo. Las muestras de suelo fueron tomadas antes de la siembra a 20 cm de profundidad, a partir de una diagonal imaginaria trazada en el campo, de la cual se tomaron 12 submuestras que se reagruparon en cuatro muestras. Todas las muestras fueron secadas al aire y tamizadas a 0,5 mm para los análisis químicos que incluyeron el pH (pH (H₂O), pH (KCl)); método potenciométrico con una relación suelo-solución 1:2,5, materia orgánica (MO), método Walkey y Black, P - Olsen y K₂O; Oniani (Tabla 1).

Montaje del experimento y condiciones de crecimiento

La variedad de frijol empleada en el estudio fue Delicia-364 (testa roja), teniendo en cuenta que es la más generalizada en la región por su adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas y resistencia a plagas. Los tratamientos evaluados, fueron distribuidos en un diseño experimental en bloques al azar con cuatro réplicas, para un total de 16 parcelas de 5 m² (2,5 x 2 m). Conformadas por siete surcos de 5 m de largo y una distancia entre estos de 0,70 m, separados cada uno por un

Tabla 1 - Propiedades químicas del suelo tomadas a la profundidad de 20 cm en el área del experimento

Placetas (Miller)	pH		MO	P ₂ O ₅	K ₂ O
	(H ₂ O)	(KCl)	(%)	(mg 100g ⁻¹)	
	6,16	6,60	3,49	3,70 A	27,5
	N*	N	M		MA

Leyenda: *- categoría de evaluación, N- neutro, M- mediana, A- alto, MA- muy alto

pasillo de 1 m. Se realizó la preparación de suelo tradicional, con tracción animal. Las labores agrotécnicas fueron conducidas durante el ciclo biológico del cultivo e incluyeron, dos pases de guataquea con una diferencia aproximada de 38 días uno de otro, comenzando a los 15 días después de la germinación. Se tomaron, a los 21, 42 y 87 días después de la siembra (DDS), 5 plantas por parcelas (en los 5 surcos centrales).

Tratamientos:

1. *R. pisi* (40983)
2. *R. pisi* (40982)
3. *EcoMic*®
4. Control (plantas no inoculadas)

Preparación del inóculo e inoculación

Las especies de *Rhizobium pisi* (40982 y 40983) fueron aisladas de nódulos de frijol común *Phaseolus vulgaris* L. en Cuba y seleccionadas teniendo en cuenta los resultados positivos obtenidos en investigaciones precedentes (Colás Sánchez, 2014). Para la elaboración del inóculo estas fueron crecidas a 30 °C en medio YEM (extracto de levadura manitol) sólido/líquido, el pH fue ajustado a 7 adicionando HCl (1 M).

Para preparar el inóculo, 10 mL crecidos durante 24 h a 30 °C fueron transferidos a Erlenmeyer que contenían 250 mL del medio líquido e incubados a igual temperatura durante 24 h en incubadora zaranda (Gerhardt, THO-500, Alemania). La titulación arrojó un mínimo de 109 unidades formadoras de colonias por ml (UFC ml⁻¹) para ambas cepas de *Rhizobium pisi*. Posteriormente 100 mL del cultivo fueron mezclados con 115 g de humus, resultando en el inóculo final.

Las semillas fueron recubiertas con almidón 8 % mezcladas con el humus inoculado y secadas al aire. Las bolsas con las semillas inoculadas fueron almacenadas a temperatura ambiente durante 24 h, hasta el momento de la siembra que fue realizada de forma manual.

EcoMic®: las semillas fueron peletizadas en el momento de la siembra con este inoculante sólido que contiene propágulos de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), producido en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Se utilizó el 10 % del peso total de la semilla mezclado con agua, hasta que la mezcla alcanzó una consistencia pastosa.

Evaluaciones

Las evaluaciones fueron realizadas a los 21, 42 y 87 días después de la siembra (DDS), un total de cinco plantas por parcela fueron removidas por cada tratamiento.

A los 21 (DDS), fue determinado el peso seco de la raíz (PSR, g) y el follaje (PSF, g) los cuales fueron medidos después de mantener las plantas 72 h a 65°C en la estufa, posteriormente fueron pesadas en una balanza (Kern PRS 3203). Durante la fase reproductiva 42 DDS, fueron determinados el número de nódulos (NN), peso seco de los nódulos (PSN, g), peso seco de la raíz (PSR, g), peso seco del follaje (PSF, g).

En el momento de la cosecha aproximadamente a los 87 DDS las evaluaciones incluyeron: Número de plantas por parcela (NPP), Peso de 100 semillas (P100, g), número de frutos por planta (NFP), número de semillas por planta (NSP), peso seco de los frutos (PSF, g), peso seco de las semillas por planta (PSSP, g), peso seco de las plantas (PSP, g) y el peso seco de las semillas por parcela (PSSP, kg). El rendimiento agrícola fue estimado siguiendo la metodología propuesta por Remans *et al.* (2008).

Procesamiento estadístico

Se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion XV.2.14 sobre el sistema operativo Windows 7. Las diferencias estadísticas entre los tratamientos, se determinaron mediante el análisis de varianza simple con nivel de significación $p < 0,05$, empleando la prueba de comparación de medias paramétrica TukeyHSD, verificando la normalidad y la homogeneidad

de varianza. Se establecieron las correlaciones de Pearson entre todas las variables y se realizó análisis de regresión simple.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de las diferentes variantes de inoculación sobre la biomasa seca de la raíz y del follaje a los 21 días después de la siembra (DDS)

El efecto de los tratamientos sobre la biomasa seca de la raíz y el follaje a los 21 días después de la siembra (DDS) fue significativamente superior respecto al control (Tabla 2).

En el caso específico del peso seco de la raíz (PSR) en todos los tratamientos se observaron diferencias significativas desde el punto de vista estadístico y numérico respecto al control. Lográndose los mayores incrementos en los tratamientos donde fueron inoculadas las semillas con *EcoMic*® y *R. pisi* 40982 respectivamente y en ambos casos superiores al 50 % con respecto al tratamiento control.

La respuesta en la estimulación de la raíz ocasionada por el *EcoMic*® pudiera estar asociada al efecto que ejercen los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) sobre la raíz de la planta (Abdel-Fattah *et al.*, 2016). Los mayores resultados obtenidos en la biomasa del follaje estuvieron asociados a la inoculación de la cepa *R. pisi* 40982 y sin diferencias significativas con la cepa 40983, alcanzando estos, valores superiores con diferencias respecto al resto de las variantes de inoculación.

Efecto de las diferentes variantes de inoculación sobre la nodulación, la biomasa radicular y del follaje a los 42 DDS

La respuesta del genotipo al número de nódulos mediante la inoculación de las diferentes variantes a los 42 días DDS (Figura 1), demuestra el efecto positivo de los tratamientos con respecto al control. La presencia de nódulos en el tratamiento control indica la existencia de cepas nativas de *Rhizobium* spp. en la zona de estudio, aunque en menor cantidad y masa seca, lo que indica que se requiere la selección de cepas eficientes para conseguir la maximización de la FBN en el cultivo de frijol. La mayoría de los nódulos radiculares mostraron coloración rosada, lo que indica la presencia de la proteína que contiene hierro, necesaria para la fijación efectiva de nitrógeno. La presencia de la coloración rosada en los nódulos es un indicio de la presencia y expresión activa de los genes *nifH* que codifican la síntesis de enzimas nitrogenasas responsables de la reducción de N a NH₃ (Rondon *et al.*, 2007).

En todos los casos en que fueron inoculadas las semillas con los diferentes tratamientos se observaron los mayores incrementos en el número de nódulos, mostrando siempre los mejores resultados estadísticos, resultados que coinciden con los obtenidos en el peso seco de los nódulos (Tabla 3), parámetro que ha sido declarado como indicador de la efectividad en la interacción y que además correlaciona con el nivel de nitrógeno fijado por la planta (Tahir *et al.*, 2009). Los incrementos en la biomasa

Tabla 2 - Efecto de las diferentes variantes de inoculación sobre la biomasa radicular y del follaje a los 21 DDS

Tratamiento	PSR	PSF
	g	
R. pisi 40983	0,069 b	0,39 a
R. pisi 40982	0,077 a	0,40 a
EcoMic®	0,087a	0,31 b
Control	0,042 c	0,24 c
EE (±)	0,04	0,02

Los valores representan el promedio de 20 plantas

Medias con letras no comunes para una misma columna, difieren por Tukey a (P<0,05)

PSR: Peso seco de la raíz; PSF; Peso seco del follaje

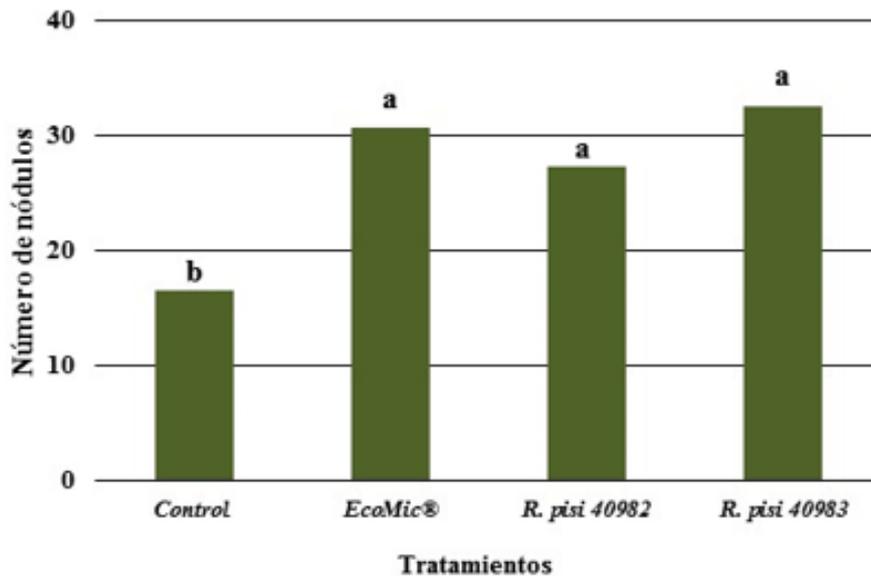


Figura 1 - Efecto de la inoculación sobre el número de nódulos (NN) y el peso seco de los nódulos (PSN) a los 42 DDS
a, b: medias con letras no comunes difieren por Tukey-LSD a ($P < 0.05$)

nodular reflejan mayor eficiencia de la FBN que resulta en un aumento de la biomasa del follaje.

La relación positiva existente entre la estimulación de los parámetros de nodulación, la biomasa radicular y del follaje han sido vinculados con los mecanismos directos que realizan las sustancias excretadas por las bacterias sobre el sistema radicular y de modo indirecto sobre el follaje de las plantas, además del incremento de las tasas de N fijado

al follaje como resultado de la eficiencia de la interacción.

En esta etapa del ciclo del cultivo fue evaluado también el PSR sin diferencias significativas entre los tratamientos y el PSF (Tabla 3) en el que los mayores incrementos se lograron con la inoculación de la cepa *Rhizobium* 40982.

El efecto positivo de este tratamiento sobre el follaje pudiera estar atribuido a los aportes de la inoculación de la cepa en el contenido de N

Tabla 3 - Efecto de las diferentes variantes de inoculación sobre la biomasa nodular, radicular y del follaje a los 42 DDS

Tratamientos	PSN	PSR	PSF
	g		
R. pisi 40983	0,112 a	0,60 a	3,21 b
R. pisi 40982	0,108 a	0,63 a	4,39 a
EcoMic®	0,067 b	0,66 a	3,24 b
Control	0,033 c	0,66 a	3,79 b
EE (±)	0,0011	0,027	0,232

Los valores representan el promedio de 20 plantas

Medias con letras no comunes para una misma columna, difieren por Tukey a ($P < 0,05$)

PSN: peso de los nódulos, PSR: Peso seco de la raíz, PSF: Peso seco del follaje

transferido a través de los nódulos y al resto de la planta (Groppa *et al.*, 1998).

Efecto de las diferentes variantes de inoculación sobre algunos componentes del rendimiento

Al evaluar el efecto de los tratamientos sobre algunos componentes del rendimiento (Tabla 4) en el genotipo estudiado a los 87 días de sembrado el experimento, fueron observados incrementos significativos en todos los tratamientos respecto al control, aunque en algunos casos sin diferencias estadísticas significativas.

Todos los componentes evaluados fueron notablemente estimulados con la inoculación de la cepa 40983. Los incrementos con respecto al control fueron de 51 % en el número de frutos por planta (NFP), 68 % en el número de semillas por planta (NSP), 53 % en el peso seco de semillas por plantas (PSSP) y 78 % en el peso seco de los frutos por planta (PSF). Es importante destacar el efecto positivo obtenido con la aplicación de EcoMic® en todos los indicadores evaluados, con resultados muy similares a los obtenidos cuando se inocula la cepa 40983 en la mayoría de los tratamientos.

El efecto beneficioso de los HMA ha sido asociado al efecto que estos ejercen en la rizosfera sobre las cepas de *Rhizobium* en este caso las nativas, específicamente en cuanto a la disponibilidad de P y otros nutrientes necesarios por las bacterias (Smith, 2002). Resultados

similares fueron obtenidos por Abdel – Fattah *et al.* (2016) quienes reportaron incrementos significativos en componentes del rendimiento agrícola como el número de legumbre, largo de la legumbre, peso de 100 semillas y peso de semillas por plantas con la inoculación de HMA.

El efecto de los tratamientos sobre el peso de semillas por parcela (PPS/PP) y peso de 100 semillas (PSS/100), evidencia que las diferencias entre los tratamientos no fueron tan marcadas comparadas con otros indicadores. Para el caso específico del PPS/PP (peso seco de las semillas por parcelas) no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, excepto con el control; mientras que para el PPS/100 (peso de cien semillas) no existieron diferencias significativas. No obstante, los mejores incrementos en ambos indicadores coinciden con aquellas plantas que fueron inoculadas con la cepa *R. pisi* 40983. El efecto positivo de esta cepa pudiera estar asociado a su eficiencia en la interacción con el genotipo objeto de estudio.

En concordancia con este estudio resultados superiores en el peso de 100 semillas fueron obtenidos por Martins *et al.* (2017) en plantas inoculadas con aislados de *Rhizobium*, demostrando además que con la inoculación se obtuvieron valores similares en este indicador a los de las plantas en que se aplicó fertilizante nitrogenado, a razón de 80 kg ha⁻¹, como ocurre en el estudio al compararlo con el EcoMic®.

Tabla 4. Efecto de las diferentes variantes de inoculación sobre algunos componentes del rendimiento agrícola en el frijol

Tratamientos	NFP	NSP	PSSP	PSF
g				
R. pisi 40983	9,75 a	48,50 a	10,60 a	3,15 a
R. pisi 40982	8,25 b	39,85 a	9,17 b	2,35 b
EcoMic®	9,60 ab	44,65 a	8,96 b	2,68 b
Control	6,45 c	28,85 b	6,89 c	1,76 c
EE (±)	0,40	2,36	0,24	0,06

Los valores representan el promedio de 20 plantas

Medias con letras no comunes para una misma columna, difieren por Tukey a (P<0,05)

NFP: Número de frutos por planta, NSP: número de semillas por planta, PSSP: Peso seco de semillas por planta, PSF: Peso seco de los frutos por planta

Efecto de las diferentes variantes de inoculación sobre el rendimiento agrícola

Coincidentemente el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento agrícola fue superior al control en todas las variantes de inoculación y sin diferencias estadísticas entre ellas (Figura 2). Los mejores resultados fueron alcanzados en las plantas inoculadas con las cepas de *R. pisi* 40983 y 40982 respectivamente.

Los resultados coinciden con los obtenidos por Garduño *et al.* (2009) estudio, en el que fueron detectadas diferencias estadísticas significativas, entre las variables del crecimiento y el rendimiento agrícola del frijol. En un estudio realizado por Morad *et al.* (2013), fue demostrado el efecto positivo de la inoculación en el rendimiento de granos y el número de legumbres de frijol comparado con las plantas no inoculadas, lo cual está en concordancia con los resultados del presente estudio.

El incremento positivo en el rendimiento agrícola con la inoculación de las especies de *Rhizobium* sugiere que pueden ser usadas como estimulantes del rendimiento agrícola, bajo condiciones similares a las del estudio y sobre todo en una agricultura sostenible. En sentido general los resultados obtenidos con la inoculación de cepas nativas de *Rhizobium* demuestran su eficiencia cuando son usadas en regiones agroclimáticas similares (Meghvansi *et al.*, 2010). Además de su interacción positiva con las bacterias existentes en el suelo de forma natural, lo cual, según Tena *et*

al. (2016) resulta en el mejoramiento de la calidad del suelo, la disponibilidad de nutrientes y el rendimiento de los cultivos.

Correlación entre los parámetros evaluados durante el ciclo del cultivo

El análisis de los coeficientes de correlación de Pearson entre el rendimiento agrícola y los parámetros evaluados durante el ciclo del cultivo mostró la relación existente entre los parámetros evaluados, tanto en la fase temprana de crecimiento como en el momento de la cosecha (Tabla 5).

Como puede observarse el número de nódulos correlacionó significativamente con la mayoría de los indicadores y generalmente mostró los mejores coeficientes, todos superiores a 0,5, mostrándose la alta relación lineal de este y su influencia sobre la producción de biomasa y el rendimiento agrícola, lo cual de forma indirecta pone de manifiesto su efecto sobre la fijación de nitrógeno.

Es de destacar que la correlación entre el rendimiento y el PSN ($R^2 = 0,046$, $p = 0,0038$) fue significativa, coincidiendo con la correlación positiva entre el NN con el PSF y PSP. La correlación significativa existente el NN y el PSF confirma la dependencia de la biomasa de la planta en la nodulación y por consiguiente en la fijación del nitrógeno (Kawaka *et al.*, 2014).

En este sentido, fue observado una estrecha relación entre la nodulación y la acumulación de nitrógeno en la planta (Delić *et al.*, 2010) y coincidentemente con lo reportado por Unkovich

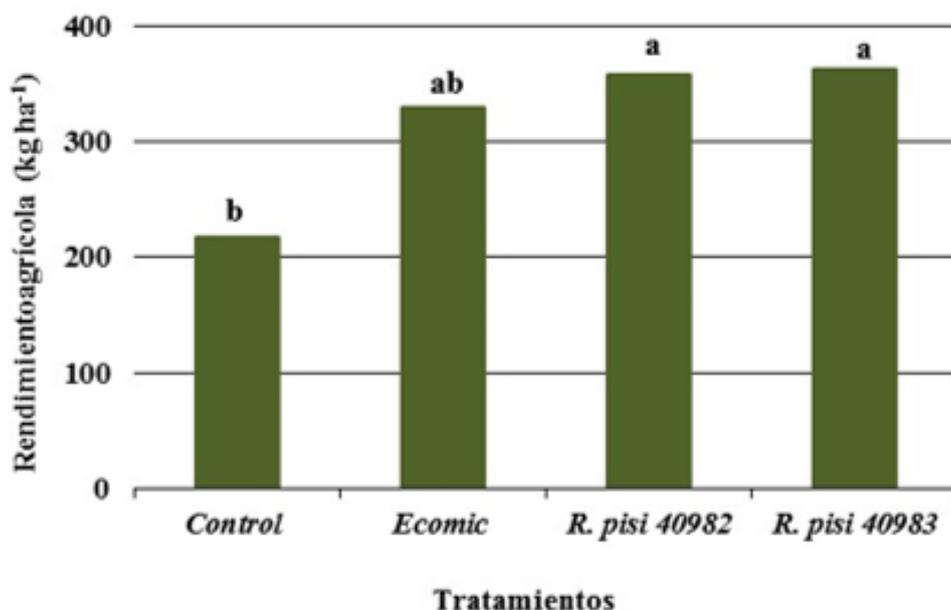


Fig. 2 - Rendimiento agrícola al momento de la cosecha
a, b: medias con letras no comunes para una misma barra, difieren por Tukey a ($p < 0,05$)

Tabla 5 - Coeficientes de correlación de Pearson entre los diferentes parámetros evaluados durante el ciclo del cultivo

Parámetro	PSS/PP (kg)	PSS/100 (g)	Rdto (kg ha^{-1})	NN	PSN (g)	PSR (g)	PSF (g)
PSS/PP (kg)							
PSS/100 (g)	0,2595						
Rdto (kg ha^{-1})	0,2744	0,2744					
NN	0,6400**	-0,0140	0,3571				
PSN (g)	0,6187*	0,2099	0,6798**	0,5453*			
PSR (g)	0,3678	0,0588	0,2260	0,6414**	0,4561		
PSF (g)	0,6534**	-0,1272	0,1812	0,8593***	0,4826	0,6160*	
PSP (g)	0,6252**	-0,1646	0,2178	0,8499***	0,5199*	0,7379**	0,8589***

Nivel de significación: * 0,05 > P > 0,01, ** 0,01 > P > 0,001, *** P < 0,001

Leyenda: PSS/PP: peso seco de semillas por parcela, PSS/100: peso seco de cien semillas, Rdto: Rendimiento agrícola, NN: número de nódulos, PSN: peso seco de los nódulos, PSR: peso seco de la raíz, PSF: peso seco del follaje, PSP: peso seco de la planta

et al. (2010) una fuerte relación entre la biomasa seca y el nitrógeno acumulado en la planta.

CONCLUSIONES

Todas las variantes de biofertilización incrementaron la nodulación de 47,5 a 48,4 %, los componentes del rendimiento de 21,8 – 44,1 % y el rendimiento agrícola de 34,4 – 43,2 %, especialmente con la inoculación de las cepas de *R. pisi* se observaron los mayores valores, demostrando su potencialidad como posible biofertilizante en la variedad Delicia 364.

BIBLIOGRAFÍA

- ABDEL-FATTAH, G. M., WAFAA, M., SHUKRY, M., SHOKR, M.B. y MAI, A.A. 2016. Application of mycorrhizal technology for improving yield production of common bean plants. *Int J Appl Sci Biotechnol*, 4 (2): 191-197.
- BEEBE, S.E. 2012. Common bean breeding in the tropics. *Plant Breed*, 36: 357-426.
- COLÁS-SÁNCHEZ, A., TORRES GUTIÉRREZ, R., CUPULL-SANTANA, R., RODRÍGUEZ URRUTIA, A., *et al.* 2014. Effects of co-inoculation of native *Rhizobium* and *Pseudomonas* strains on growth parameters and yield of two contrasting *Phaseolus vulgaris* L. genotypes under Cuban soil conditions. *European Journal of Soil Biology*, 62: 105-112.
- CORTÉS, A.J., MONSERRATE, F.A., RAMÍREZ-VILLEGAS, J., MADRIÑÁN, S., y BLAIR, M. 2013. Drought tolerance in wild plant populations: the case of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *PLoSOne*, 8 (5).
- DELIĆ, D., STAJKOVIĆ, O., RASULIĆ, N., KUZMANOVIĆ, D., JOŠIĆ, D., y MILIĆIĆ, B. 2010. Nodulation and N₂ fixation effectiveness of Bradyrhizobium strains in symbiosis with adzuki bean, *Vigna angularis*. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 53: 293-299.
- GARDUÑO, J. G., MORALES-ROSALES, E. J., GUADARRAMA-VALENTÍN, S., ESCALANTE-ESTRADA, J. A. 2009. Biomasa y rendimiento de frijol con potencial ejotero en unicultivo y asociado con girasol. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15 (1): 33-39.

- GROPPIA, M.D., ZAWOZNIK, M.S., y TOMARO, M.L. 1998. Effect of co-inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense* on soybean plants. *Eur. J. Soil Biol.*, 34: 75-80.
- HERNÁNDEZ, J. A., PÉREZ, J. J. M., BOSCH, I. D. y CASTRO, S. N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA, 93 p., ISBN: 978-959-7023-77-7.
- KAWAKA, F., DIDA, M. M., OPALA, P. A., OMBORI, O., MAINGI, J., OSORO, N., et al. 2014. Symbiotic efficiency of native rhizobia nodulating common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in soils of Western Kenya. *Int. Sch. Res. Notices*, pp. 1-8.
- MARTINS, F., AKIO, A., RODRIGUES, O. 2017. New Native Rhizobia Strains for Inoculation of Common Bean in the Brazilian Savanna. *Rev Bras Cienc Solo*. 2017, p. 41.
- MEGHVANSI, M. K., PRASAD, K. y MAHNA, S. K. 2010. Symbiotic potential, competitiveness and compatibility of native *Bradyrhizobium japonicum* isolates to three soybean genotypes of two distinct agro-climatic regions of Rajasthan, India. *Saudi J. Biol. Sci.*, 17: 303-310.
- MORAD, M., SARA, S., ALIREZA, E., y CHAICHI, M. R. 2013. Effects of seed inoculation by *Rhizobium* strains on yield and yield components in common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *Int. J. Biosci.*, 3: 134-141.
- NKOT, L. N., FANKEM, H., ADAMOU, S., NGAKOU, A., et al. 2015. Abundance of legume nodulating bacteria in soils of diverse land use systems in Cameroon. *Universal J. Plant Sci.*, 3: 97-108.
- OUMA, E. W., ASANGO, A. M., MAINGI, J., and NJERU, E. M. 2016. Elucidating the potential of native rhizobial isolates to improve biological nitrogen fixation and growth of common bean and soybean in smallholder farming systems of Kenya. *Int. J. Agron*, pp. 1-7.
- REMANS, R., RAMAEKERS, L., SCHELKENS, S., et al. 2008. Effect of *Rhizobium-Azospirillum* coinoculation on nitrogen fixation and yield of two contrasting *Phaseolus vulgaris* L. genotypes cultivated across different environments in Cuba. *Plant Soil*, 312: 25-37.
- RONDON, M. A., LEHMANN, J., RAMÍREZ, J. y HURTADO, M. 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. *Biol. Fertil. Soils*, 43: 699-708.
- SMITH, S.E. 2002. Soil microbes and plants-raising interest, mutual gains. *New Phytol.*, 156: 142-144.
- TAHIR, M.M., ABBASI, M.K., RAHIM, N., KHALIQ, A., y KAZMI, M.H. 2009. Effect of *Rhizobium* inoculation and NP fertilization on growth, yield and nodulation of soybean (*Glycine max* L.) in the subhumid hilly region of Rawalakot Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. *African Journal of Biotechnology*, 8 (22): 6191-6200.
- TENA, W., WOLDE-MESKEL, E., y WALLEY, F. 2016. Symbiotic efficiency of native and exotic *Rhizobium* strains nodulating lentil (*Lens culinaris* Medik.) in soils of Southern Ethiopia. *Agronomy*, 6: 1-11.
- UNKOVICH, M. J., BALDOCK, J., y PEOPLES, M. B. 2010. Prospects and problems of simple linear models for estimating symbiotic N₂ fixation by crop and pasture legumes. *Plant Soil*, 329: 75-89.

Recibido el 22 de enero de 2018 y aceptado el 13 de julio de 2018