






Bioproductos en el crecimiento y rendimiento de *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364

Bioproducts in the growth and yield of *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364

Yonger Tamayo-Aguilar¹ , Porfirio Juárez-López^{1†} , Wendy Capdevila-Bueno² ,
José Lescaille-Acosta³  y Elein Terry-Alfonso⁴ 

¹ Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Avenida Universidad 1001. 62210 Cuernavaca, Morelos, México.

[†] Autor para correspondencia / Corresponding author (porfiriojlopez@yahoo.com; porfirio.juarez@uaem.mx)

² Instituto de Suelos. Unidad de Ciencia y Tecnología de Base (UCTB). Guantánamo. 95100 Guantánamo, Cuba.

³ Facultad Agroforestal, Universidad de Guantánamo. Carretera km 6.5, El Salvador. 95100 El Salvador, Guantánamo, Cuba.

⁴ Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Carretera a Tapaste km 3.5. 32700 San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN

Los actuales sistemas de producción de alimentos requieren el empleo de alternativas con enfoques ecológicos y asequibles, entre los que se destaca el uso de los bioproductos generados por la acción de microorganismos que actúan en la nutrición, crecimiento y desarrollo de las plantas. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364 a la aplicación de bioproductos (hongos micorrícicos arbusculares y Spiruvinas) en macetas de plástico con volumen de 44 L de capacidad. En el presente experimento se utilizó el bioproducto Azofert. El experimento se realizó en el municipio El Salvador, provincia Guantánamo, Cuba. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar: (T1) Azofert sin HMA (testigo); (T2) Azofert sin HMA + 2 L ha⁻¹ de Spiruvinas; (T3) Azofert + *Rhizophagus irregularis*; (T4) Azofert + *Glomus cubense*; (T5) Azofert + *Funneliformis mosseae*; (T6) Azofert + *Rhizophagus irregularis* + 2 L ha⁻¹ de Spiruvinas; (T7) Azofert + *Glomus cubense* + 2 L ha⁻¹ de Spiruvinas; (T8) Azofert + *Funneliformis mosseae* + 2 L ha⁻¹ de Spiruvinas. Se evaluó: altura de las plantas, diámetro del tallo, número de vainas, número de granos por vainas, peso de 100 granos y rendimiento. Además, se evaluó el funcionamiento micorrícico mediante la colonización micorrícica y la densidad visual. Los resultados mostraron que la aplicación de bioproductos (hongos

SUMMARY

Current food production systems require the use of alternatives with ecological and affordable approaches, among which the use of bioproducts generated by the action of microorganisms that act on plant nutrition, growth and development stands out. The objective of this work was to evaluate the response of *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364 to the application of bioproducts (arbuscular mycorrhizal fungi and Spiruvins) in plastic pots with a volume of 44 L capacity. The bioproduct Azofert was used in this experiment. The experiment was conducted in the municipality of El Salvador, Guantánamo province, Cuba. The treatments were distributed in a completely randomized design: (T1) Azofert without AMF (control group); (T2) Azofert without AMF + 2 L ha⁻¹ of Spiruvins; (T3) Azofert + *Rhizophagus irregularis*; (T4) Azofert + *Glomus cubense*; (T5) Azofert + *Funneliformis mosseae*; (T6) Azofert + *Rhizophagus irregularis* + 2 L ha⁻¹ of Spiruvins; (T7) Azofert + *Glomus cubense* + 2 L ha⁻¹ of Spiruvins; (T8) Azofert + *Funneliformis mosseae* + 2 L ha⁻¹ of Spiruvins. Plant height, stem diameter, number of pods, number of grains per pod, weight of 100 grains and yield were evaluated. In addition, mycorrhizal functioning was evaluated by mycorrhizal colonization and visual density. The results obtained showed that the application of bioproducts (arbuscular mycorrhizal fungi and Spiruvins) increased the growth and yield

Cita recomendada / Recommended citation:

Tamayo-Aguilar, Y., P. Juárez-López, W. Capdevila-Bueno, J. Lescaille-Acosta y E. Terry-Alfonso. 2020. Bioproductos en el crecimiento y rendimiento de *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364. Terra Latinoamericana Número Especial 38-3: 667-678.
DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.672>

Recibido / Received: octubre / October 27, 2019.

Aceptado / Accepted: enero / January 06, 2020.

Publicado en / Published in Terra Latinoamericana 38: 667-678.

micorrícicos arbusculares y Spiruvinas) incrementaron el crecimiento y el rendimiento del cultivo de frijol var. Delicia 364; asimismo, con la combinación Azofert + *Rhizophagus irregularis* + Spiruvinas se obtuvo el mayor rendimiento con 2.11 Mg ha⁻¹, lo que representa 37.9% más que el promedio nacional.

Palabras clave: biofertilizantes, inoculación, rendimiento Spiruvinas.

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), es la especie del género *Phaseolus* más cultivada en los trópicos y subtropicos de América Latina, el Caribe y África, principalmente por ser fuente de proteínas, vitaminas y minerales, que lo ubican entre los cinco cultivos con mayor superficie dedicada a la agricultura en los países latinoamericanos (Romero, 2016; Colás *et al.* 2018).

En Cuba, el Ministerio de la Agricultura ha priorizado la siembra de frijol debido a la alta demanda de consumo y por sus propiedades nutritivas (Pérez *et al.*, 2006). Sin embargo, la producción nacional no satisface las demandas de la población, pues existe necesidad de importar anualmente 14 400 toneladas de éste grano (Hernández, 2016; ONEI, 2018).

En este contexto, uno de los principales retos de la agricultura actual es la producción de alimentos de forma ecológica y asequibles para la población (Marín *et al.*, 2013). Entre las alternativas para el manejo sustentable en la nutrición de cultivos se encuentran los bioproductos de origen biológico con efectos benéficos como biofertilizantes y bioestimulantes que permiten el desarrollo de una agricultura rentable y ecológica. Entre los biofertilizantes se encuentran los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) y los rizobios, que se asocian de manera simbiótica con la planta y generan un intercambio positivo de nutrimentos, en el cual la planta suministra carbohidratos a los simbioses, y éstos a su vez, favorecen la absorción y traslocación de agua y nutrimentos; entre ellos, fósforo, cinc y cobre, la fijación biológica del nitrógeno, protección contra patógenos de las raíces, tolerancia de las plantas a diversos estreses bióticos y abióticos (Angulo *et al.*, 2018; Wilches-Ortiz *et al.*, 2019).

Otro de los productos biológicos que se usan en la agricultura son las Spiruvinas que actúan como bioestimulantes del crecimiento vegetal, que se obtienen a partir de la biomasa húmeda de Spirulinas

of the bean crop var. Delicia 364; in addition, with the combination Azofert + *Rhizophagus irregularis* + Spiruvins the highest yield was obtained with 2.11 Mg ha⁻¹, which represents 37.9% more than the national average.

Index words: biofertilizers, inoculation, yield Spiruvins.

INTRODUCTION

The bean (*Phaseolus vulgaris* L.), species of the genus *Phaseolus*, is the most cultivated in the tropics and subtropics of Latin America, the Caribbean, and Africa. It is placed among the five cultivations with greater surface dedicated to agriculture in Latin American countries, mainly because it is a source of proteins, vitamins, and minerals (Romero, 2016; Colás *et al.* 2018).

In Cuba, the Ministry of Agriculture has prioritized bean sowing because of the high consumption demand and its nutritional properties (Pérez *et al.*, 2006). However, the national production does not satisfy the population demand because of the need of importing 14 400 t of this grain annually (Hernández, 2016; ONEI, 2018).

In this context, one of the main challenges of agriculture nowadays is ecological and attainable food production for the population (Marín *et al.*, 2013). Bioproducts with beneficial effects, such as biofertilizers and biostimulants that allow developing a feasible and ecological agriculture are among the alternatives for cultivation management of sustainable nutrition. Those that stand out are arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and rhizobia, which have a symbiotic association with the plant and generate a positive nutrient exchange. In this exchange, the plants supply carbohydrates to the symbionts and they, in turn, favor nutrient and water absorption and translocation, for example, phosphorus, zinc, and copper, biological nitrogen fixation, protection against pathogens in roots, plant tolerance to different biotic and abiotic stresses (Angulo *et al.*, 2018; Wilches-Ortiz *et al.*, 2019).

Other biological products used in agriculture are Spiruvins that act as plant growth biostimulants, which are obtained from spirulina and vinasse, humid biomass with active compounds that intervene on plant physiology and promote flowering and fruit development (Tamayo-Aguilar *et al.*, 2019).

y vinaza, con compuestos activos que intervienen sobre la fisiología de las plantas y que promueven la floración y el desarrollo de los frutos (Tamayo-Aguilar *et al.*, 2019).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de bioproductos (hongos micorrícicos arbusculares y Spiruvinas) en el crecimiento y rendimiento del cultivo de *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la unidad experimental de la Universidad de Guantánamo, ubicada a 20° 17' 44.515" N y 75° 21' 17.218" O, municipio El Salvador, provincia Guantánamo, Cuba. Se usaron macetas de plástico con volumen de 44 L de capacidad, durante el periodo de marzo a junio de 2017. Se utilizó suelo de tipo Pardo Sialítico Mullido Carbonatado (Hernández *et al.*, 2015) equivalente a los Cambisols de la World Reference Base (IUSS Working Group WRB, 2015), y estiércol vacuno como fuente de materia orgánica en una proporción suelo - materia orgánica de 3:1.

Se determinaron las propiedades químicas del suelo (Cuadro 1), a partir de las Normas Cubanas (NC) establecidas: pH, por el método potenciométrico (ONN-NC-ISO 10390, 1999); materia orgánica (MO), por el método de Walkley-Black (ONN-NC-51, 1999); determinación de P, por el método de Machiguín (ONN-NC-52, 1999); cationes intercambiables, con acetato de amonio 1 M y pH 7 en relación suelo:solución de 1:5 (ONN-NC-65, 2000).

El suelo presentó pH ligeramente alcalino, valores medio de MO y de fósforo disponible. En relación con los cationes intercambiables, el Ca²⁺ mostró valores altos, mientras que el Mg²⁺ y el K⁺ y Na⁺ presentaron intervalos permisibles para el cultivo y la actividad microbiana, de acuerdo con Rivera *et al.* (2015).

Therefore, the objective of this study was to assess the effect of bioproducts (arbuscular mycorrhizal fungi and Spiruvins) in crop growth and yield of *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364.

MATERIALS AND METHODS

This research was developed in the experimental unit of Universidad de Guantánamo, located at 20° 17' 44.515" N and 75° 21' 17.218" W, in the Municipality El Salvador, Guantánamo Province, Cuba. From March to June 2017; 44 L plastic pots were used with carbonated loose

Sialitic Cambisol soil type (Hernández *et al.*), equivalent to the Cambisols of the World Reference Base (IUSS Working Group WRB, 2015), and cattle manure as organic matter source in a ratio of soil-organic matter 3:1.

Soil chemical properties (Table 1) were determined based on the Cuban Norms (NC) established: pH, by the potentiometric method (ONN-NC-ISO 10390, 1999); organic matter (MO), Walkley-Black (ONN-NC-51, 1999) method; P determination, by the method of Machiguín (ONN-NC-52, 1999); exchangeable cations, with ammonium acetate 1 M and pH 7 in the ratio soil:1:5 (ONN-NC-65, 2000) solution.

The soil showed a slightly alkaline pH, average MO values, and available phosphorus. With respect to exchangeable cations, Ca²⁺ showed high values while Mg²⁺ and K⁺ and Na⁺ showed permissible intervals for the crop and the microbial activity according to Rivera *et al.* (2015).

Treatments and Crop Establishment

A completely randomized design was used with eight treatments and three replicates to evaluate the arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) strains and Spiruvins leaf bioproducts. Bean seeds (n=10) inoculated

Cuadro 1. Análisis químico del suelo utilizado en la evaluación de bioproductos en *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364. Guantánamo, Cuba.

Table 1. Soil chemical analysis used in *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364 bioproduct evaluation in Guantánamo, Cuba.

pH	MO / OM	P ₂ O ₅	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
KCl	%	mg kg ⁻¹	- - - - - mol kg ⁻¹ - - - - -			
7.03	3.05	22.16	0.56	0.61	40	3.2

MO = materia orgánica; OM = organic matter.

Tratamientos y Establecimiento del Cultivo

Se empleó un diseño completamente al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones. Se evaluaron las cepas de HMA y el bioproducto foliar Spiruvinas. Se sembraron 10 semillas de frijol inoculadas con rizobios (Azofert[®], Mayabeque, Cuba) y HMA por maceta, para un total de 720 plantas en 72 macetas. Se estudiaron las cepas de HMA (*Rhizopogon irregularis*, *Glomus cubense* y *Funneliformis mosseae*) y Spiruvinas con dosis de 2 L ha⁻¹ compuesta por siete aminoácidos, 11 tipos de vitaminas y oligopéptidos; además, un tratamiento testigo con aplicación de Azofert como lo indican las normas técnicas del cultivo de frijol en Cuba.

Los tratamientos fueron: (T1) Azofert sin HMA (testigo); (T2) Azofert sin HMA + 2 L ha⁻¹ de Spiruvinas; (T3) Azofert + *Rhizopogon irregularis*; (T4) Azofert + *Glomus cubense*; (T5) Azofert + *Funneliformis mosseae*; (T6) Azofert + *Rhizopogon irregularis* + 2 L ha⁻¹ de Spiruvinas; (T7) Azofert + *Glomus cubense* + 2 L ha⁻¹ de Spiruvinas; (T8) Azofert + *Funneliformis mosseae* + 2 L ha⁻¹ de Spiruvinas.

Las cepas de HMA utilizadas se obtuvieron de la colección de hongos micorrízicos arbusculares del Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), el cual es base del producto certificado EcoMic[®] (Mayabeque, Cuba), con 40 esporas por gramo de inoculante y 50% de colonización radical, no tóxico y libre de patógenos. También se utilizó el inoculante Azofert con concentración de $1 \times 10^7 - 1 \times 10^8$ UFC mL⁻¹ que contiene especies nativas de rizobios, que inducen en las bacterias altas concentraciones de factores de nodulación lo que favorece la fijación biológica de nitrógeno. Azofert pertenece a la colección de bioproductos del Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del INCA, ubicado en Mayabeque, Cuba.

La inoculación de biofertilizantes (rizobio y HMA), y el uso combinado de cepas de HMA con el bioestimulante foliar (Spiruvina) se describen a continuación: los biofertilizantes se aplicaron previo a la siembra, por el método de recubrimiento de las semillas (Fernández *et al.*, 2000). Se utilizó la dosis de 0.045 kg ha⁻¹ de EcoMic[®], equivalente al 10% del peso de las semillas. Primero, se embebieron las semillas con el inóculo bacteriano (Azofert) durante tres min; después, se procedió al recubrimiento completo de

with rhizobia (Azofert[®], Mayabeque, CU) and AMF per pot were sown for a total of 720 plants in 72 pots. The AMF strains (*Rhizopogon irregularis*, *Glomus cubense* and *Funneliformis mosseae*) and Spiruvins were studied with a dose of 2 L ha⁻¹ composed of seven amino acids, 11 types of vitamins and oligopeptides besides a control group with the application of Azofert as indicated by the technical norms of bean cultivation in Cuba.

The treatments were (T1) Azofert without AMF (control group); (T2) Azofert without AMF + 2 L ha⁻¹ of Spiruvins; (T3) Azofert + *Rhizopogon irregularis*; (T4) Azofert + *Glomus cubense*; (T5) Azofert + *Funneliformis mosseae*; (T6) Azofert + *Rhizopogon irregularis* + 2 L ha⁻¹ of Spiruvins; (T7) Azofert + *Glomus cubense* + 2 L ha⁻¹ of Spiruvins; (T8) Azofert + *Funneliformis mosseae* + 2 L ha⁻¹ of Spiruvins.

The AMF strains were obtained from the Arbuscular Mycorrhizal Fungus collection of the Plant Biofertilizer and Nutrition Department of the Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), based on the certified EcoMic[®] (Mayabeque, CU) product, with 40 spores/g of inoculant and 50% of non-toxic and pathogen-free radicle colonization. Additionally, the inoculant Azofert (Mayabeque, CU) was used with a concentration of $1 \times 10^7 - 1 \times 10^8$ UFC mL⁻¹, containing native rhizobium species that induce high concentrations of nodulation factors in bacteria, favoring BNF. Azofert (Mayabeque, CU) belongs to the Collection of Bioproducts of the Plant Biochemistry and Physiology Department at INCA.

The biofertilizer inoculation (rhizobia and AMF) and the combined use of the AMF strains with the leaf biostimulant (Spiruvina) are described as follows. The biofertilizers were applied previous to sowing following the cover crop seeding method (Fernández *et al.*, 2000). A dose of 0.045 kg ha⁻¹ of EcoMic[®] (Mayabeque, CU), equivalent to 10% of seed weight was used. Firstly, the seeds were soaked with the bacterial (Azofert, Mayabeque, CU) inoculant for three min; after that, the seeds were covered completely with the AMF strains, dried at the shade for five min, and subsequently proceeded to sowing. As mentioned previously, the Spiruvina biostimulant originates from the humid biomass of Spirulins and vinasse, which are natural products; through their bioactive compounds, they stimulate the assimilation of the macro-elements provided to the soil (by the radicle), as well as to the plant natural

las semillas con las cepas de HMA, se secaron a la sombra durante 5 min, y posteriormente se llevó a cabo la siembra. Cabe mencionar que el bioestimulante Spiruvinas, es originado de la biomasa húmeda de Spirulinas y vinaza de origen natural que a través de los compuestos bioactivos que la integran estimulan la asimilación de los macro - elementos aportados al suelo (vía radical), así como la capacidad natural de las plantas para producir sus propias hormonas, enzimas y otros productos basados en los aminoácidos, se aplicó de manera foliar a los 15 y 30 días después de la siembra del cultivo y en el momento de la floración a dosis de 2 L ha⁻¹ con un spray modelo Battle 730061UNID (Barcelona, España) de 400 mL que garantizó la uniformidad de la aplicación en todas las plantas.

Variables Evaluadas

Se seleccionaron 15 plantas por tratamiento, en las que se midieron variables de crecimiento: altura de la planta y diámetro de tallo (cm) a los 15, 30 y 45 días después de la siembra (dds). Los componentes del rendimiento fueron: número de vainas, número de granos por vainas, peso de 100 granos (g) y rendimiento (Mg ha⁻¹), los cuales se determinaron al momento de la cosecha. Además, se evaluaron variables de funcionamiento micorrízico: colonización micorrízica y densidad visual expresadas en %. De las raíces muestreadas, se pesaron 200 mg que se tiñeron por el método de Phillips and Hayman (1970). El porcentaje de colonización micorrízica se cuantificó con el método de los interceptos (Giovannetti y Mosse, 1980). La densidad visual se determinó mediante la metodología descrita por Trouvelot *et al.* (1986).

Análisis Estadístico

Los datos se sometieron a análisis de varianza. Cuando existieron diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó la prueba de medias de Tukey para $P \leq 0.05$, con el programa estadístico Statgraphics Centurión XVI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de Planta

La altura de las plantas se incrementó con la inoculación de las cepas de HMA aplicadas vía

capacity to produce its own hormones, enzymes, and other products based on amino acids. Then, at 15 and 30 days after sowing (DAS) and the flowering stage, a dose of 2 L ha⁻¹ was applied to the leaves with a spray model Battle 730061 UNID (Barcelona, ES) of 400 mL, which guaranteed application evenness on all the plants.

Variables Assessed

A total of 15 plants per treatment were selected, and plant growth variables were measured as follows: plant height and stem diameter (cm) at 15, 30 and 45 DAS. The yield components were number of pods and number of grains per pod, weight of 100 grains (g) and yield (Mg ha⁻¹), which were determined at the moment of harvesting. Additionally, the mycorrhizal function variables, colonization and visual density expressed in %, were assessed. From the roots sampled, 200 mg were weighed and stained following the method of Phillips and Hayman (1970). The mycorrhizal colonization percentage was quantified with the intercept method (Giovannetti and Mosse, 1980). Visual density was determined following the methodology described by Trouvelot *et al.* (1986).

Statistical Analysis

The data were subjected to an analysis of variance (ANOVA). When significant differences occurred among treatments, Tukey's ($P \leq 0.05$) range test was performed with Statgraphics Centurión XVI statistical program.

RESULTS AND DISCUSSION

Plant Height

Plant height increased with the inoculation of the AMF strains, which were applied by covering the seeds; likewise, height increased with the combined AMF and Spiruvin treatments at 30 and 45 das ($P \leq 0.05$), highlighting the combination of the *Rhizophagus irregularis* (Table 2). This response could have been attributed to the effect of the bioproducts, which increased the metabolic functions related with plant growth and development. This positive effect could have been related to AMF and the biostimulants with bioactive compounds that promote

recubrimiento en las semillas, asimismo, la altura aumentó con los tratamientos combinados de HMA y Spiruvinas a los 30 y 45 días de desarrollo ($P \leq 0.05$), donde resalta la combinación con la cepa *Rhizophagus irregularis* (Cuadro 2). Esta respuesta puede atribuirse al efecto de los bioproductos, los cuales incrementan las funciones metabólicas relacionadas con el crecimiento y desarrollo de las plantas. Este efecto positivo puede deberse a que los HMA y los bioestimulantes con compuestos bioactivos promueven los mecanismos de absorción y traslocación de nutrimentos en las plantas (Abdel-Fattah *et al.*, 2016; Martínez-Sánchez *et al.*, 2017).

Relacionado a lo anterior, Colás-Sánchez *et al.* (2018) reportaron un efecto similar a los encontrados en el presente estudio, ya que con la inoculación de hongos micorrícicos arbusculares y rizobios sobre el follaje de frijol a los 21 dds, tuvieron incrementos en altura de las plantas superiores al 50% respecto al testigo. Asimismo, Pérez-Peralta *et al.* (2019) indican que la inoculación previa de rizobios en semillas de frijol incrementan la biomasa aérea de las plantas. Por su parte, Rivera *et al.* (2015) obtuvieron un aumento significativo en el crecimiento de frijol con inoculaciones de HMA +Azofert.

mechanisms of nutrient absorption and translocation in plants (Abdel-Fattah *et al.*, 2016; Martínez-Sánchez *et al.*, 2017).

With respect to the previous information, Colás-Sánchez *et al.* (2018) reported a similar effect to that in this study since the bean plants with arbuscular mycorrhizal fungus and rhizobium inoculation had a height increase over 50% at 21 das compared with the control group. Likewise, Pérez-Peralta *et al.* (2019) indicated that the previous rhizobium inoculation in bean seeds increased the plant aerial biomass. On the other hand, Rivera *et al.* (2015) obtained a significant increase in bean plant growth with AMF + Azofert inoculation.

Stem Diameter

In stem diameter (Table 3), differences ($P \leq 0.05$) were observed in the combined treatments (AMF with Spiruvins). A greater efficiency was observed with the *Rhizophagus irregularis* strain at 15, 30 and 45 DAS. The positive results in the combined treatments could be inferred to the effect of the biodproducts on the plant physiological processes and to a greater nutrient absorption by plant roots (Tamayo-Aguilar *et al.*, 2019).

Cuadro 2. Efecto de bioproductos en la altura de *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364. Guantánamo, Cuba.
Table 2. Effect of bioproducts on *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364 height in Guantánamo, Cuba.

Tratamiento / Treatment	Altura de planta / Plant height		
	Días / Days		
	15	30	45
	----- cm -----		
Azofert sin HMA (testigo) / Azofert without AMF (control)	4.16 f†	6.11 g	8.76 e
Azofert sin HMA + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert without AMF + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvins	5.13 de	7.28 e	9.97 d
Azofert + <i>Rhizophagus irregularis</i>	5.51 cd	7.70 d	10.87 c
Azofert + <i>Glomus cubense</i>	4.91 e	7.06 ef	10.18 d
Azofert + <i>Funneliformis mosseae</i>	5.10 de	6.80 f	9.93 d
Azofert + <i>Rhizophagus irregularis</i> + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert + <i>Rhizophagus irregularis</i> + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvins	6.41 a	9.67 a	14.91 a
Azofert + <i>Glomus cubense</i> + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert + <i>Glomus cubense</i> + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvins	6.03 ab	9.03 b	14.10 b
Azofert + <i>Funneliformis mosseae</i> + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert + <i>Funneliformis mosseae</i> + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvins	5.75 bc	8.39 c	14.00 b
Es χ	0.15*	0.12*	0.09*

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05$). HMA= hongos micorrícicos arbusculares. Es χ = error estándar de la media.

† Different letters in the same column indicate significant differences according to Tukey's ($P \leq 0.05$) multiple range test. AMF = arbuscular mycorrhizal fungi. Es χ = standard error of the media.

Diámetro de Tallo

En el diámetro del tallo (Cuadro 3), se observaron diferencias ($P \leq 0.05$) en los tratamientos combinados (HMA con Spiruvinas). Hubo mayor efectividad con la cepa *Rhizophagus irregularis* a los 15, 30 y 45 dds. Se infiere que los resultados positivos en los tratamientos combinados pueden deberse al efecto de los bioproductos en procesos fisiológicos de las plantas y a una mayor absorción de nutrimentos por las raíces de las plantas (Tamayo-Aguilar *et al.*, 2019).

Los resultados del presente estudio coinciden con los de Aguirre-Medina *et al.* (2019), quienes reportaron diferencias significativas en el diámetro del tallo de *Tabebuia donnell-smithii* con el uso combinado de cepas de HMA y estiércol bovino en condiciones de vivero. Sin embargo, no encontraron diferencias estadísticas por efecto de hongos micorrízicos sin estiércol bovino en los primeros estadios de las plantas. Por su parte, Mujica *et al.* (2017) al evaluar el efecto de HMA y bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo de *Arachis hypogaea*, reportaron que el diámetro del tallo se incrementó con el uso combinado de los biofertilizantes, en comparación con el testigo.

The results of this study agree with those of Aguirre-Medina *et al.* (2019), who reported significant differences in stem diameter of *Tabebuia donnell-smithii* by combining AMF strains and cattle manure in greenhouse conditions. Nevertheless, they did not find statistical differences by the effect of mycorrhizal fungi without cattle manure in the first plant stages. On the other hand, Mujica *et al.* (2017) reported an increase in stem diameter in the crop of *Arachis hypogaea* with the combined use of biofertilizers compared with the control group when they assessed the effect of AMF and plant growth promoter bacteria.

Yield Components

Differences ($P \leq 0.05$) were observed in the yield components, number of pods and number of grains per pod and weight of 1000 grains with the combination of the bioproducts (Table 4). These results agree with those reported by Calero *et al.* (2019) who also found differences in the yield components of bean crop with the combined application of efficient microorganisms and *Rhizobium*.

Cuadro 3. Efecto de bioproductos en el diámetro de tallo de *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364. Guantánamo, Cuba.
Table 3. Effect of bioproducts on *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364 stem diameter, in Guantánamo, Cuba.

Tratamiento / Treatment	Altura de planta / Plant height		
	Días / Days		
	15	30	45
	----- cm -----		
Azofert sin HMA (testigo) / Azofert without AMF (control)	0.31 e †	0.95 g	2.65 g
Azofert sin HMA + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert without AMF + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvinas	1.00 d	1.14 ef	2.86 f
Azofert + <i>Rhizophagus irregularis</i>	1.00 d	1.52 d	3.27 d
Azofert + <i>Glomus cubense</i>	1.00 d	1.20 e	3.11 e
Azofert + <i>Funneliformis mosseae</i>	0.85 d	1.11 f	3.08 e
Azofert + <i>Rhizophagus irregularis</i> + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert + <i>Rhizophagus irregularis</i> + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvinas	2.00 a	2.64 a	4.78 a
Azofert + <i>Glomus cubense</i> + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert + <i>Glomus cubense</i> + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvinas	1.71 b	2.52 b	4.48 b
Azofert + <i>Funneliformis mosseae</i> + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert + <i>Funneliformis mosseae</i> + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvinas	1.44 c	2.33 c	4.17 c
Es χ	0.07*	0.02*	0.04*

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05$). HMA= hongos micorrízicos arbusculares. Es χ = error estándar de la media.

† Different letters in the same column indicate significant differences according to Tukey's ($P \leq 0.05$) multiple range test. AMF = arbuscular mycorrhizal fungi; Es χ = standard error of the media.

Componentes del Rendimiento

Se observaron diferencias ($P \leq 0.05$) en los componentes del rendimiento: número de vainas, granos por vainas y peso de 100 granos con las combinaciones de los bioproductos (Cuadro 4). Estos resultados coinciden con los reportados por Calero *et al.* (2019) quienes también encontraron diferencias en los componentes del rendimiento del cultivo de frijol con la aplicación combinada de microorganismos eficientes y *Rhizobium*.

En adición a lo anterior, Tamayo-Aguilar *et al.* (2019) reportaron que el uso combinado de bioproductos en el cultivo de *Vigna unguiculata* (L.) se incrementaron respecto a los tratamientos que se aplicaron de forma individual. Colás-Sánchez *et al.* (2018), al evaluar el efecto de la biofertilización con la inoculación previa de hongos micorrícicos arbusculares y cepas de rizobios en el cultivo de frijol encontraron que los valores los componentes del rendimiento aumentaron, en comparación al testigo.

Rendimiento de Frijol

Hubo diferencias ($P \leq 0.05$) en el rendimiento (Cuadro 5). Se observó que las combinaciones de

In addition to the previous information, Tamayo-Aguilar *et al.* (2019) reported that the combined use of bioproducts in *Vigna unguiculata* (L.) cultivation increased with respect to the treatments applied individually. Colás-Sánchez *et al.* (2018) found that the yield components increased compared with the control group when they evaluated the effect of biofertilization with the previous inoculation of arbuscular mycorrhizal fungus and rhizobium strains.

Bean Yield

Differences ($P \leq 0.05$) were observed in yield (Table 5). The combinations of the bioproducts AMF + Spiruvins increased bean yield. The greatest yield was 2.11 Mg ha⁻¹, obtained with *R. irregularis* combined with Spiruvin leaf bioproduct. This response may have been attributed to the specificity of this strain with the type of soil used, which favored the efficiency of the mycorrhizal inoculation. It is worth to highlight that the yield previously mentioned, obtained with the combination Azofert + *R. irregularis* + Spiruvinas, represented 37.9%, which was more than the national yield. These results showed that *R. irregularis* was the ideal AMF strain to increase growth and yield in the conditions of this study.

Cuadro 4. Efecto de bioproductos en componentes del rendimiento de *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364. Guantánamo, Cuba. Table 4. Effect of bioproducts on *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364 yield components, in Guantánamo, Cuba.

Tratamiento / Treatment	Vainas por planta / Pods per plant	Granos por vaina / Grains per pod	Peso de 100 granos / Weight of 100 grains
			g
Azofert sin HMA (testigo) / Azofert without AMF (control)	23.01 g [†]	3.33 f	11.26 f
Azofert sin HMA + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert without AMF + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvins	28.04 f	4.33 e	13.62 e
Azofert + <i>Rhizophagus irregularis</i>	32.05 d	5.33 d	19.96 c
Azofert + <i>Glomus cubense</i>	30.33 de	5.53 d	17.59 d
Azofert + <i>Funneliformis mosseae</i>	30.0 de	5.04 d	19.21 c
Azofert + <i>Rhizophagus irregularis</i> + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert + <i>Rhizophagus irregularis</i> + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvins	51.33 a	8.22 a	27.23 a
Azofert + <i>Glomus cubense</i> + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert + <i>Glomus cubense</i> + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvins	44.5 b	6.99 b	26.48 ab
Azofert + <i>Funneliformis mosseae</i> + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert + <i>Funneliformis mosseae</i> + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvins	41.0 c	6.28 c	25.77 b
Es χ	0.97*	0.21*	0.44*

[†] Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05$). HMA= hongos micorrícicos arbusculares. Es χ = error estándar de la media.

[†] Different letters in the same column indicate significant differences according to Tukey's ($P \leq 0.05$) multiple range test. AMF = arbuscular mycorrhizal fungi. Es χ = standard error of the media.

los bioproductos HMA + Spiruvinas incrementaron el rendimiento de frijol. El mayor rendimiento fue 2.11 Mg ha⁻¹, el cual se obtuvo con *R. irregularis* combinado con el bioproducto foliar Spiruvina. Esta respuesta puede atribuirse a la especificidad de esta cepa con el tipo de suelo utilizado que favoreció la efectividad de la inoculación micorrícica. Cabe resaltar que el rendimiento mencionado, que se obtuvo con la combinación Azofert + *R. irregularis* + Spiruvinas, representa 37.9% más que el rendimiento nacional. Estos resultados muestran que *R. irregularis* fue la cepa de HMA más idónea para incrementar el crecimiento y el rendimiento en las condiciones de estudio.

Con los resultados obtenidos se infiere que se presenta cierta compatibilidad funcional entre la planta, sustrato, bioestimulante y el HMA lo que favoreció el crecimiento y rendimiento. En este sentido, Tamayo y Bernal (2018), reportaron aumento en el rendimiento del frijol con las inoculaciones combinadas de hongos micorrícicos y de rizobios, asimismo, concluyen que las acciones combinadas de los bioproductos tienen un efecto sinérgico en el crecimiento vegetal. Los resultados del presente estudio coinciden con lo indicado por Llanes *et al.* (2019) con relación al uso de bioproductos y sus beneficios en la agricultura cubana, ya que la mayoría de los productores utilizan los bioestimulantes y los biofertilizantes conjuntamente con el estiércol vacuno para la nutrición de los cultivos.

With the results obtained, a certain functional compatibility may be inferred among the plant, substrate, biostimulant, and AMF, which favored growth and yield. In this sense, Tamayo and Bernal (2018) reported bean yield increase with the combined inoculations of mycorrhizal fungi and rhizobia; likewise, they concluded that the combined actions of the bioproducts had a synergic effect in plant growth. The results of this study agree with that indicated by Llanes *et al.* (2019) with respect to the use of bioproducts and their benefits in Cuban agriculture since the majority of the producers use biostimulants and biofertilizers jointly with cattle manure for crop nutrition.

Fungal Function

The mycorrhizal function in bean cultivation was observed in mycorrhizal colonization and visual density (Table 6). The mycorrhizal activity increased in the combined treatments with AMF and Spiruvin with differences ($P \leq 0.05$) among them. The *R. irregularis* strain was again more efficient than the other commercial strains. These results might have been due to the plant response to assimilate efficiently the combined bioproducts related to the mycorrhizal symbiotic process (Tamayo-Aguilar *et al.*, 2019). It is worth to point out that the presence of visual density

Cuadro 5. Efecto de bioproductos en el rendimiento de *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364. Guantánamo, Cuba.
Table 5. Effect of bioproducts on *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364 crop yield, in Guantánamo, Cuba.

Tratamiento / Treatment	Rendimiento / Yield
	Mg ha ⁻¹
Azofert sin HMA (testigo) / Azofert without AMF (control)	0.89 f †
Azofert sin HMA + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert without AMF + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvinas	0.98 e
Azofert + <i>Rhizophagus irregularis</i>	1.12 d
Azofert + <i>Glomus cubense</i>	1.09 d
Azofert + <i>Funneliformis mosseae</i>	1.08 d
Azofert + <i>Rhizophagus irregularis</i> + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert + <i>Rhizophagus irregularis</i> + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvinas	2.11 a
Azofert + <i>Glomus cubense</i> + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert + <i>Glomus cubense</i> + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvinas	1.57 b
Azofert + <i>Funneliformis mosseae</i> + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert + <i>Funneliformis mosseae</i> + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvinas	1.45 c
Es χ	0.01*

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05$). HMA= hongos micorrícicos arbusculares. Es χ = error estándar de la media.

† Different letters in the same column indicate significant differences according to Tukey's ($P \leq 0.05$) multiple range test. AMF = arbuscular mycorrhizal fungi. Es χ = standard error of the media.

Funcionamiento Fúngico

El funcionamiento micorrícico en el cultivo de frijol se observó en la colonización micorrícica y densidad visual (Cuadro 6). La actividad micorrícica aumentó en los tratamientos combinados con HMA y Spiruvina, con diferencias ($P \leq 0.05$) entre ellos. La cepa *R. irregularis* nuevamente fue más eficiente que las demás cepas comerciales. Estos resultados podrían deberse a la respuesta de las plantas para asimilar eficientemente los bioproductos combinados relacionada el proceso de la simbiosis micorrícica (Tamayo-Aguilar *et al.*, 2019). Cabe señalar La presencia de colonización y densidad visual encontrado en los tratamientos sin HMA, puede ser la expresión de algunas especies de HMA residentes en el suelo que se utilizó para el llenado de las macetas; sin embargo, su efecto micorrícico fue menor respecto a las cepas comerciales estudiadas.

De acuerdo con Williams *et al.* (2017), el establecimiento de la simbiosis micorrícica depende de la interacción de factores bióticos y abióticos y se deben considerar en el manejo agronómico de cultivos, que implique el uso combinado de biofertilizantes y bioestimulantes con la finalidad de fortalecer

and colonization found in the treatments without AMF could be the expression of some AMF residents in the soil used to fill the pots; however, its mycorrhizal effect was less than with the commercial strains studied.

According to Williams *et al.* (2017) the establishment of mycorrhizal symbiosis depended on the interaction of biotic and abiotic factors, which should be considered in the agronomic cultivation that imply the combined use of biofertilizers and biostimulants with the purpose of strengthening the benefits of their interaction with plants. On the other hand, Vital-Vilchis *et al.* (2018) found that in mycorrhizal symbiosis in sunflower cultivation in pot conditions at 20 DAS, mycorrhizal colonization was not established and no plant growth effect was observed; however, starting from 30 DAS, plant growth was favored because of the symbiotic interaction effect between the fungi and plant.

In comparison with the plant treatment inoculated only with the AMF consortium in this study, Chiquito-Contreras *et al.* (2018) found significant differences ($P \leq 0.05$) in the increase of the mycorrhizal colonization percentage and number of spores per gram of soil (35 and 66%, respectively) when they evaluated AMF consortium co-inoculated with the marine bacterium *Stenotrophomonas rhizophila* in basil plants.

Cuadro 6. Indicadores fúngicos de bioproductos en raíces de *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364. Guantánamo, Cuba.
Table 6. Fungal bioproduct indicators in *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364 roots, in Guantánamo, Cuba.

Tratamiento / Treatment	Colonización micorrícica / Mycorrhizal colonization	Densidad visual / Visual density
	- - - - - % - - - - -	
Azofert sin HMA (testigo) / Azofert without AMF (control)	45.56 e †	2.52 e
Azofert sin HMA + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert without AMF + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvins	48.91 d	2.72 e
Azofert + <i>Rhizophagus irregularis</i>	53.02 c	3.93 bc
Azofert + <i>Glomus cubense</i>	52.85 c	3.76 c
Azofert + <i>Funneliformis mosseae</i>	50.41 d	3.24 d
Azofert + <i>Rhizophagus irregularis</i> + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert + <i>Rhizophagus irregularis</i> + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvins	62.29 a	5.17 a
Azofert + <i>Glomus cubense</i> + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert + <i>Glomus cubense</i> + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvins	58.51 b	4.16 b
Azofert + <i>Funneliformis mosseae</i> + 2 L ha ⁻¹ de Spiruvinas / Azofert + <i>Funneliformis mosseae</i> + 2 L ha ⁻¹ of Spiruvins	58.32 b	3.86 bc
Es χ	0.71*	0.11*

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05$). HMA= hongos micorrícicos arbusculares. Es χ = error estándar de la media.

† Different letters in the same column indicate significant differences according to Tukey's ($P \leq 0.05$) multiple range test. AMF = arbuscular mycorrhizal fungi. Es χ = standard error of the media.

los beneficios de su interacción con las plantas. Por su parte, Vital-Vilchis *et al.* (2018) encontraron que la simbiosis micorrícica a los 20 dds en el cultivo de girasol en condiciones de macetas, no se estableció la colonización micorrícica y no hubo efecto en el crecimiento de las plantas; sin embargo, a partir de los 30 dds se favoreció el crecimiento de las plantas, debido al efecto de la interacción simbiótica entre el hongo y la planta.

Aunado a lo anterior, Chiquito-Contreras *et al.* (2018) al evaluar consorcios de HMA coinoculados con la bacteria marina *Stenotrophomonas rhizophila* en plantas de albahaca encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) en el aumento de porcentaje de colonización micorrícica y el número de esporas por g de suelo (35 y 66 %, respectivamente), en comparación al tratamiento de plantas inoculadas solo con el consorcio de HMA.

CONCLUSIONES

La aplicación de bioproductos (hongos micorrícicos arbusculares y Spiruvina) incrementaron el crecimiento y el rendimiento del cultivo de frijol var. Delicia 364. Asimismo, con la combinación Azofert + *Rhizophagus irregularis* + Spiruvinas se obtuvo el mayor rendimiento, 2.11 Mg ha⁻¹, lo que representa 37.9% más que el promedio nacional.

-Fin de la versión en español-

REFERENCIAS / REFERENCES

- Abdel-Fattah, G. M., W. M. Shukry, M. M. B. Shokr, and M. A. Ahmed. 2016. Application of mycorrhizal technology for improving yield production of common bean plants. *Int. J. Appl. Sci. Biotechnol.* 4: 191-197. doi: <https://doi.org/10.3126/ijasbt.v4i2.15103>.
- Aguirre-Medina, J. F., L. Yeekón-Méndez y S. Espinosa-Zaragoza. 2019. Influencia de hongos endomicorrízicos en el crecimiento de (*Tabebuia donnell-smithii* Rose). *Ecosist. Recur. Agropec.* 6: 11-21. doi: <http://dx.doi.org/10.19136/era.a6n16.1538>.
- Angulo, A., R. Ferrera, A. Alarcón, J. J. Almaraz, J. Delgadillo, M. Jiménez y O. García. 2018. Crecimiento y eficiencia fotoquímica del fotosistema ii en plántulas de 2 variedades de *Capsicum annuum* L. inoculadas con rizobacterias u hongos micorrícicos arbusculares. *Rev. Argent. Microbiol.* 50: 178-188. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.03.011>.

CONCLUSIONS

The application of bioproducts (arbuscular mycorrhizal fungi and Spiruvin) increased plant growth and yield of bean var. Delicia 364. Likewise, the combination of Azofert + *Rhizophagus irregularis* + Spiruvins obtained the greatest yield, 2.11 Mg ha⁻¹, which represented 37.9% more than the national average.

-End of english version-

- Calero, A., Y. Pérez, E. Quintero, D. Olivera y K. Peña. 2019. Efecto de la aplicación asociada entre *Rhizobium leguminosarum* y microorganismos eficientes sobre la producción del frijol común. *Cienc. Tecnol. Agropec.* 20: 295-308. doi: https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num2_art:1460.
- Chiquito-Contreras, R. G., R. Solís-Palacios, J. J. Reyes-Pérez, B. Murillo-Amador, J. Alejandro-Rosas, and L. G. Hernández-Montiel. 2018. Growth promotion of sweet basil by arbuscular mycorrhizal fungi and a marine bacterium. *Acta Univ.* 28: 1-9. doi: <http://dx.doi.org/10.15174/au.2018.2086>.
- Colás-Sánchez, A., B. Díaz-Pérez, A. Rodríguez-Urrutia, S. Gatorno-Muñoz y O. Rodríguez López. 2018. Efecto de la biofertilización en la morfo fisiología y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ctro. Agríc.* 45: 34-42.
- Fernández, F., R. Gómez, L. F. Vanegas, M. A. Martínez, B. M. de la Noval y R. Rivera. 2000. Patent No. 22641. Producto biofertilizante micorrizógeno. Oficina Nacional de Propiedad Industrial. La Habana, Cuba.
- Giovannetti, M. and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.* 84: 489-500. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x>.
- Hernández, A., J. M. Pérez, D. Bosch y N. Castro. 2015. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Ediciones INCA. Mayabeque, Cuba. ISBN: 978-959-7023-77-7.
- Hernández, A. 2016. La cadena de valor del frijol común en Cuba. Estudio de su situación en siete municipios de las provincias Sancti Spíritus y Villa Clara. *Agrocadenas*. La Habana, Cuba. ISBN: 978-959-296-045-9
- Llanes, V., E. González, D. Mederos y H. Rodríguez. 2019. Percepción de los productores de *Phaseolus vulgaris* L. acerca de las necesidades de capacitación sobre las plagas. *Rev. Protec. Veg.* 34: 1-7.
- Marín B., M., J. Mena Campos, P. Chaveli Chávez, R. Morán Valdivia y E. Pimentel Vázquez. 2013. Interacción de *Tsukamurella paurometabola* C-924 con *Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli CFH en el cultivo de frijol. *Acta Agron.* 62: 52-58.

- Martínez-Sánchez, A., G. M. Ortega-Arias-Carbajal, G. González-Pardo, S. Armenteros-Galarraga, M. A. Peña-Martínez, S. Legrá-Mora, E. Carrera-Bocourt, Antonio Bell-García y G. Delgado-Arieta. 2017. Estudio de estabilidad del inóculo LB-1 del bioproducto Lebame. ICIDCA 51: 17-20.
- Mujica P., Y., A. Medina C. y E. Rodríguez G. 2017. Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares y bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.). Cult. Trop. 38: 15-21.
- ONN-NC-ISO 10390. (Oficina Nacional de Normalización). 1999. Calidad del suelo. Determinación de pH. Comité Técnico de Normalización. No. 3. La Habana, Cuba.
- ONN-NC-51 (Oficina Nacional de Normalización). 1999. Calidad del suelo. Análisis químico. Determinación del por ciento de materia orgánica. Comité Técnico de Normalización. No. 3. La Habana, Cuba.
- ONN-NC-52 (Oficina Nacional de Normalización). 1999. Calidad del suelo. Análisis químico. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio. Comité Técnico de Normalización. No. 3. La Habana, Cuba.
- ONN-NC-65 (Oficina Nacional de Normalización). 2000. Calidad del suelo. Análisis químico. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y de los cationes intercambiables del suelo. Comité Técnico de Normalización. No. 3. La Habana, Cuba.
- ONEI (Oficina Nacional de Estadística e Información). 2018. Anuario Estadístico de Cuba 2017. pp. 6-32. In: Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. La Habana, Cuba. <http://www.onei.cu/aec2017/09%20Agricultura%20Ganaderia%20Silvicultura%20Pesca.pdf> (Consulta: abril 18, 2019).
- Pérez, M. C., H. Carroza, M. Socorro, A. Casanova y P. Álvarez. 2006. Las investigaciones agropecuarias en Cuba, cien años después. Científico Técnica. Cuba. ISBN: 959-05-0394-2.
- Pérez-Peralta, P. J., R. Ferrera-Cerrato, A. Alarcón, L. I. Trejo-Téllez, R. Cruz-Ortega, and H. V. Silva-Rojas. 2019. Responses of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and *Rhizobium tropici* CIAT899 symbiosystem to induced allelopathy by *Ipomoea purpurea* L. Roth. Rev. Argent. Microbiol. 51: 47-55. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2018.01.006>.
- Phillips, J. M. and D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Br. Mycol. Soc. 55: 158-161. doi: [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3).
- Rivera, R., L. Ruiz M., M. García, M. Ruiz, J. S. González, A. Falcón, A. Pérez Díaz, A. Epinosa, A. Hernández, G. M. Martín Alonso, E. Pérez, Y. Rodríguez, E. Terry, P. J. González, J. Ramírez, Y. Cruz, Y. Otero Llnes, K. Fernández y M. C. Nápoles García. 2015. Manejo conjunto e impacto de biofertilizantes micorrízicos y otros bioproductos en la producción agrícola de diferentes cultivos. Tech. Report 29: doi: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2416.3605>.
- Romero, A. 2016. Evaluación agronómica de siete cultivares de frijol (*Phaseolus Vulgaris*, L.) en la CCS "Frank País García" del Municipio Jesús Menéndez. Invest. Tecnol. 22: 1-10.
- Tamayo-Aguilar, Y., M. C. Riera, E. Terry, P. Juárez y Y. Rodríguez. 2019. Respuesta de *Vigna unguiculata* (L) Walp ante la aplicación de bioproductos en condiciones de huertos intensivos. Acta Agron. 68: 41-46. doi: <https://doi.org/10.15446/acag.v68n1.72797>.
- Tamayo-Vélez, A. and J. A. Bernal Estrada. 2018. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield response to chemical and biological fertilization in different localities of Colombia. Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín 71: 8573-8579. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/rfnam.v71n3.72392>.
- Trouvelot, A., J. L. Kough, and V. Gianinazzi-Pearson. 1986. Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. pp. 217-221. In: V. Gianinazzi-Pearson and S. Gianinazzi (eds.). Physiological and genetical aspects of mycorrhizae. INTA. Paris, Francia.
- Vital-Vilchis, I., E. E. Quiñones-Aguilar, L. G. Hernández-Montiel y G. Rincón Enriquez 2018. Viabilidad de esporas de hongos micorrízicos arbusculares y semillas de girasol para el establecimiento de la simbiosis micorrízica. Biotecnol. Sust. 3: 15-25.
- Wilches Ortiz, W. A., M. M. Ramírez Gómez, U. A. Pérez Moncada, D. P. Serralde-Ordoñez, A. M. Peñaranda Rolon and L. Ramírez. 2019. Association of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) with sugarcane plants (*Saccharum officinarum*) for panela production in Colombia. Terra Latinoamericana 37: 175-184. doi: <https://doi.org/10.28940/terra.v37i2.481>.
- Williams, A., L. Manoharan, N. P. Rosenstock, P. A. Olsson, and K. Hedlund. 2017. Long-term agricultural fertilization alters arbuscular mycorrhizal fungal community composition and barley (*Hordeum vulgare*) mycorrhizal carbon and phosphorus exchange. New Phytol. 213: 874-885. doi: <https://doi.org/10.1111/nph.14196>.
- IUSS Working Group WRB (International Union of Soil Sciences-World Reference Base for Soil Resources). 2015. World WRB Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.