





## Asociación entre AzoFert® y microorganismos eficientes como potenciadores del crecimiento y la productividad del frijol

Association between AzoFert® and efficient microorganism potentiates the growth and productivity of beans

Associação entre AzoFert® e microorganismos eficientes como potenciadores do crescimento e produtividade do feijão

Alexander Calero Hurtado<sup>1\*</sup>, Elieni Quintero Rodríguez<sup>2</sup>, Yanery Pérez Díaz<sup>3</sup>, Janet Jiménez Hernández<sup>3</sup>, Iván Castro Lizazo<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, CP 14884-900, Jaboticabal, Sao Paulo, Brasil. Correo electrónico: alexcalero34@gmail.com, . <sup>2</sup> Empresa Agropecuaria Agroindustrial “Melanio Hernández”. Carretera a Tuinucú, CP62300. Taguasco, Sancti Spíritus, Cuba. Correo electrónico: elieni.quintero@gmail.com, . <sup>3</sup> Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”. Ave de los Mártires #360. CP 60100. Sancti Spíritus, Cuba. Correos electrónicos: (YP) yaneryemily@gmail.com, ; (JJ) janet@uniss.edu.cu, <sup>4</sup> Universidad Agraria de la Habana “Fructuoso Rodríguez”. Autopista Nacional Km 23 ½. CP 32700 San José de Las Lajas. Mayabeque. Cuba. Correo electrónico: ivanc@unah.edu.cu, .

### Resumen

Con el objetivo de evaluar la asociación entre AzoFert® y microorganismos eficientes (ME) en la respuesta morfológica y productiva del frijol en tres épocas de siembras, se desarrollaron tres experimentos en la Cooperativa de Créditos y Servicios “Mártires de Taguasco”, Sancti Spíritus, Cuba, de septiembre de 2014 a abril de 2015. Los tratamientos evaluados fueron la utilización de un Control absoluto: sin inocular y sin fertilizar, aplicaciones foliares de ME (100 mg.L<sup>-1</sup>), inoculación a las semillas con AzoFert® (10<sup>8</sup> ufc.g<sup>-1</sup>) y la asociación entre AzoFert®

Recibido el 02-05-2020 • Aceptado el 05-06-2020.

\*Autor de correspondencia. Correo electrónico: alexcalero34@gmail.com

+ ME. Los indicadores evaluados fueron: la altura de las plantas (cm), el número de hojas por planta, legumbres por planta, granos por planta, masa de 100 granos (g) y el rendimiento (t.ha<sup>-1</sup>). Los resultados mostraron que los tratamientos con ME, AzoFert® y la asociación entre AzoFert®+ME alcanzaron mayores respuestas de los indicadores morfológicos y productivos en época de siembra intermedia (EI) en relación a la temprana (ET) y la tardía (EA). La asociación de AzoFert®+ME mostró un mejor desempeño comparado con aplicación de ME y AzoFert® individual e incrementó los indicadores evaluados y el rendimiento fue superior en ~102% en la época temprana, ~113% en la intermedia y 111 % en la tardía en relación al control absoluto. Los hallazgos establecieron la potencialidad de la asociación de AzoFert®+ME como una alternativa eficiente para incrementar la productividad del frijol y podría conducir a un aumento sostenible en el rendimiento de los cultivos.

**Palabras claves:** aplicación foliar, biofertilizantes, inoculación a la semilla, *Phaseolus vulgaris*, rendimiento de cultivos, *Rhizobium*.

### Abstract

To evaluate the association between AzoFert® and efficient microorganisms (EM) in the morphological and productive response of common bean in three sowing season, three experiments were developed at the Collective farmer “Mártires de Taguasco”, Sancti Spiritus, Cuba, from September 2014 to April 2015. The treatments evaluated were the absolute Control: without inoculating and without fertilizing, foliar applications of EM (100 mg.L<sup>-1</sup>), inoculation of the seeds with AzoFert® (10<sup>8</sup> cfu.g<sup>-1</sup>) and the associate between AzoFert® + EM. The indicators evaluated were: the height of the plants (cm), the number of leaves per plant, legumes per plant, grains per plant, mass of 100 grains (g) and yield (t.ha<sup>-1</sup>). The results showed that the treatments with EM, AzoFert® and the association between AzoFert® + EM achieved higher responses of the morphological and productive indicators on the intermediate sowing period (EI) in comparison to early (ET) and late season (EA). The AzoFert® + EM association treatments showed better performance compared with the individual application of EM and AzoFert® also increase the indicators evaluated and the yield was higher ~102% in early season, ~113% in the intermediate and 111 % in the late season in relationship to absolute control. The findings established the potentiality of the association of AzoFert® + ME as an efficient alternative to increase bean productivity and could potentially lead to sustained increase in crop yield.

**Keywords:** crop yields, foliar application, *Phaseolus vulgaris*, biofertilizers, *Rhizobium*, seed inoculation.

### Resumo

Com o objetivo de avaliar a associação entre AzoFert® e microrganismos eficientes (EM) na resposta morfológica e produtiva do feijão em três épocas de

plántio, foram realizados três experimentos na Cooperativa de Serviços “Mártires de Taguasco”, Sancti Spiritus, Cuba, de setembro de 2014 a abril de 2015. Os tratamentos avaliados foram o uso de um controle absoluto: sem inoculação e sem adubação, aplicações foliares de ME (100 mg.L<sup>-1</sup>), inoculação das sementes com AzoFert® (108 ufc.g<sup>-1</sup>) e a associação entre AzoFert® + ME. Os indicadores avaliados foram: altura das plantas (cm), número de folhas por planta, leguminosas por planta, grãos por planta, massa de 100 grãos (g) e produtividade (t.ha<sup>-1</sup>). Os resultados mostraram que os tratamentos com ME, AzoFert® e a associação entre AzoFert® + ME obtiveram maiores respostas dos indicadores morfológicos e produtivos na estação intermediária de plántio (EI) em relação ao início (ET) e ao final (EA). A associação AzoFert® + ME apresentou melhor desempenho em relação à aplicação de EM e AzoFert® individual e aumentou os indicadores avaliados; o desempenho foi superior em ~ 102 % no período inicial, ~ 113 % no intermediário e 111 % no tarde em relação ao controle absoluto. As descobertas estabeleceram o potencial da associação do AzoFert® + ME como uma alternativa eficiente para aumentar a produtividade do feijão e pode levar a um aumento sustentável no rendimento das culturas.

**Palavras-chave:** aplicação foliar, biofertilizantes, inoculação de sementes, *Phaseolus vulgaris*, rendimento de culturas, *Rhizobium*.

## Introducción

Una población humana en aumento, unida a la privación de recursos y al cambio climático, sugiere que, satisfacer la futura demanda mundial de alimentos será un desafío (Duhamel y Vandenkoornhuyse, 2013). Los frijoles son las leguminosas de grano más importantes para el consumo humano directo en el mundo. En términos nutricionales, estos granos son una gran fuente de proteína, vitaminas y minerales (especialmente hierro y zinc) (García-Fraile *et al.*, 2012). El frijol común puede sembrarse en Cuba desde septiembre hasta febrero y este período se divide en tres épocas de siembra, las tempranas (ET, 01 de septiembre a 15 de octubre), las óptimas o intermedias (EI, 16 de octubre a 30

## Introduction

A growing human population, attached with resource deprivation and climate changes, suggests that satisfy the food world demand in future will be a challenge. (Duhamel and Vandenkoornhuyse, 2013). Beans are the most important grain legumes for direct human consumption in the world. In nutritional terms, these grains are a great source of protein, vitamins, and minerals (especially iron and zinc) (García-Fraile *et al.*, 2012). Common beans can be planted in Cuba from September to February, this period is divided in three planting seasons, the early (ET, September 1 to October 15), the optimal or intermediate (EI, October 16 to November 30) and the late ones (EA, December 1 to February 10). The first

de noviembre) y las tardías (EA, 01 de diciembre a 10 de febrero). La primera se caracteriza por abundantes lluvias y altas temperaturas, la segunda favorecida por las precipitaciones en las primeras etapas y temperaturas adecuadas para la fructificación y llenado del grano, y la última con temperaturas relativamente bajas y utilización de la irrigación, para cada una existen regulaciones con el uso de las variedades o cultivares (Faure *et al.*, 2014).

La degradación de la tierra causa la línea de diversidad microbiana e influye en la sostenibilidad ambiental, social y económica (Araújo *et al.*, 2014; Nunes *et al.*, 2012). El desafío principal en las ciencias agrícolas es desarrollar tecnologías que no solo aumenten el rendimiento de los cultivos, sino que también otorguen seguridad nutricional y sostenibilidad a la agricultura, especialmente en entornos restringidos (Gepstein y Glick, 2013; Hamilton *et al.*, 2016). Se han emprendido numerosas estrategias de investigación a largo plazo para resolver este problema, que van desde aumentar los valores nutricionales de los cultivos hasta aumentar la fertilidad del suelo (Tilman *et al.*, 2011).

El papel de los microorganismos en la mejora de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, es una estrategia importante y relacionada con las prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (Hamilton *et al.*, 2016; Pereg y McMillan, 2015). Interacciones benéficas se han reportado entre las plantas y los microorganismos en el medio ambiente y las funciones de los

season is characterized by abundant rains and high temperatures, the second season is favored by rainfall in the early stages and adequate temperatures for the fruiting and filling of the grain, and the late season with relatively low temperatures and the use of irrigation, for each one exist regulations with the use of varieties or cultivars (Faure *et al.*, 2014).

Land degradation causes the microbial diversity line and influences environmental, social and economic sustainability (Araújo *et al.*, 2014; Nunes *et al.*, 2012). The core challenge in the agricultural sciences is to develop technologies that not only increase crop yields but provide nutritional security and sustainability to agriculture, especially in restricted environments (Gepstein and Glick, 2013; Hamilton *et al.*, 2016). Numerous long-term research strategies have been undertaken to solve this problem, since increasing the nutritional values of crops to increasing soil fertility (Tilman *et al.*, 2011).

The role of microorganisms improving the availability of nutrients for plants is an important strategy and related with smart-climate agricultural practices (Hamilton *et al.*, 2016; Pereg and McMillan, 2015). Beneficial interactions have been reported between plants and microorganisms in the environment and derived ecosystem functions (Rashid *et al.*, 2016; Singh *et al.*, 2016).

The role of ME, a technology developed by professor and researcher Teuro Higa, from Japan (Higa and Parr, 1994), who found that the success of its effect, was in the

ecosistemas derivados (Rashid *et al.*, 2016; Singh *et al.*, 2016).

El rol de los ME, una tecnología desarrollada por el profesor e investigador Teuro Higa, de Japón (Higa y Parr, 1994), quien encontró que el éxito de su efecto, estaba en la mezcla de varios microorganismos. Desde entonces, esta tecnología ha sido investigada, desarrollada y aplicada en una multitud de usos agropecuarios y ambientales y actualmente es utilizada en más de 80 países (Calero *et al.*, 2019a). Autores como Calero *et al.* (2019e) refieren que el principio fundamental de esta tecnología consiste en la introducción de un grupo de microorganismos benéficos que mejoran las condiciones físicas y químicas del suelo. La utilización de los ME ha resultado favorable para la agricultura. Diversos estudios han reportados los efectos benéficos, porque su introducción a favorecido y beneficiado a los agricultores (Luna y Mesa, 2016) y la producción de varios cultivos, como el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (Calero *et al.*, 2016; Calero *et al.*, 2020, 2017), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Olivera *et al.*, 2015), rábano (*Raphanus sativus* L.) (Calero *et al.*, 2019b), pepino (*Cucumis sativus* L.) (Calero *et al.*, 2019c), maíz (*Zea mays* L.) (Peña *et al.*, 2016) y fresa (*Fragaria* sp.) (Álvarez *et al.*, 2018).

Por otra parte, los rizobios son los promotores del crecimiento vegetal más estudiados, por el potencial de fijar el nitrógeno atmosférico e incluyen varios géneros y especies, particularmente el *Rizobium leguminosarum* (Calero *et al.*, 2019e; García-Fraile *et al.*, 2012), ya que esta

mixture of various microorganisms. Thence, this technology has been researched, developed and applied in a multitude of agricultural and environmental uses, currently is used in more than 80 countries (Calero *et al.*, 2019a). Authors like Calero *et al.* (2019e) define that the fundamental principle of this technology is the introduction of a group of beneficial microorganisms that improve the physical and chemical conditions of the soil. The use of ME's has been favorable for agriculture. Various studies have reported the beneficial effects, because its introduction has favored and benefited farmers (Luna and Mesa, 2016) and the production of various crops, such as beans (*Phaseolus vulgaris* L.) (Calero *et al.*, 2016; Calero *et al.*, 2020, 2017), tomato (*Solanum lycopersicum* L.) (Olivera *et al.*, 2015), radish (*Raphanus sativus* L.) (Calero *et al.*, 2019b), cucumber (*Cucumis sativus* L.) (Calero *et al.*, 2019c), corn (*Zea mays* L.) (Peña *et al.*, 2016) and strawberry (*Fragaria* sp.) (Álvarez *et al.*, 2018).

On the other hand, rhizobia are the most studied promoters of plant growth, because of the potential to set atmospheric nitrogen and includes some genera and species, particularly *Rizobium leguminosarum* (Calero *et al.*, 2019e; García-Fraile *et al.*, 2012), since this species is found around the world in the nodules of several legumes. Numerous studies have shown that inoculation with some plant growth promoting bacteria (PGPB) increases growth and yield in many plants, including legumes (Yadegari *et al.*, 2010). According to

especie se encuentra en todo el mundo en los nódulos de varias leguminosas. Numerosos estudios han demostrado que la inoculación con algunas bacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPB) aumenta el crecimiento y el rendimiento en un gran número de plantas, incluidas las leguminosas (Yadegari *et al.*, 2010). Según lo expuesto, el objetivo de este estudio fue evaluar la asociación entre AzoFert® y microorganismos eficientes en la repuesta morfológica y productiva del frijol común en tres épocas de siembra (ET, EI y EP).

## Materiales y métodos

Localización del experimento y material vegetal

La investigación se desarrolló en las áreas de la Cooperativa de Créditos y Servicios fortalecida Mártires de Taguasco" (22°6 17.588" N; 79°22 33.544" O), localizada en el municipio de Cabaiguán, provincia de Sancti Spíritus, Cuba, durante los meses de septiembre de 2014 a abril de 2015. La siembra del frijol [*Phaseolus vulgaris* (L.), cultivar 'Velazco largo'] se realizó a la distancia de 0,50 m entre hileras y 0,05 m entre plantas. Este cultivar de frijol presenta granos de color rojo, de tamaño medio, con un potencial de rendimiento de 2,3 t.ha<sup>-1</sup>, hábito de crecimiento tipo I y un ciclo de 72 a 77 días. El manejo de la siembra, fertilización, control fitosanitario y otras labores agrotécnicas se realizaron según las orientaciones expuestas en la guía tecnológica para el cultivo (Faure *et al.*, 2014).

the before exposed, the objective of this study was to evaluate the association between AzoFert® and efficient microorganisms in the morphological and productive response of common beans in three sowing seasons (ET, EI and EP).

## Materials and methods

Study site and vegetal material:

The research was developed in the facilities of Cooperativa de Créditos y Servicios "Mártires de Taguasco," (22° 6 17.588" N; 79 ° 22 33.544" W), located in the municipality of Cabaiguán, province of Sancti Spíritus, Cuba, from September 2014 to April 2015. The bean [*Phaseolus vulgaris* (L.), cultivar 'Velazco largo'] planting distance used was of 0.50 m between rows and 0.05 m between plants. This bean cultivar presents red, medium-sized grains with a yield potential of 2.3 t.ha<sup>-1</sup>, a growth habit Type I and a cycle of 72 to 77 days. The handling of the sowing, fertilization, phytosanitary control and other agrotechnical labors were carried out according to the guidelines set forth in the technological guide for cultivation (Faure *et al.*, 2014).

General experimental weather conditions

The research was started during the last months of the rainy season (September, October and November) and the dry season (December and from January to April) of the sowing and harvest period of 2014-2015. The characteristics of the monthly averages of rainfall, temperature and relative humidity are showed in figure 1. The agroecosystem is characterized



Condiciones climatológicas experimentales generales

La investigación se inició durante los últimos meses de la época lluviosa (Septiembre, Octubre y Noviembre) y poco lluviosa (Diciembre y de Enero a Abril) del periodo de siembra y cosecha de 2014-2015, las características de las medias mensuales de las precipitaciones, temperatura y humedad relativa están representadas en la figura 1. El agroecosistema se caracteriza por ser llano (90 msnm), con predominio de los vientos alisios, con dirección predominante de norte-sur, condiciones que favorecen el desarrollo del cultivo del frijol común.

Tipo de suelo y principales características

El tipo de suelo donde fue desarrollado el experimento se clasificó por Hernández *et al.* (2015) como Pardo Sialítico Carbonatado, identificado como Cambisol (WRB, 2015). Este tipo de suelo con perfil ABC, de mediana a poca profundidad, de color pardo a pardo oscuro y en ocasiones colores verde azules cuando existen condiciones de oxidación en el medio, por el mal drenaje o compactación. Son suelos arcillosos con predominio de arcillas del tipo 2:1 Montmorillonita. Representa estadios jóvenes de formación del suelo y entre sus mayores limitantes agroproductivas se encuentra la poca profundidad efectiva y la susceptibilidad a la compactación, cuando no son manejados adecuadamente.

by being flat (90 msnm), with a predominance of trade winds and a predominantly north-south direction, conditions that favor the development of common bean cultivation.

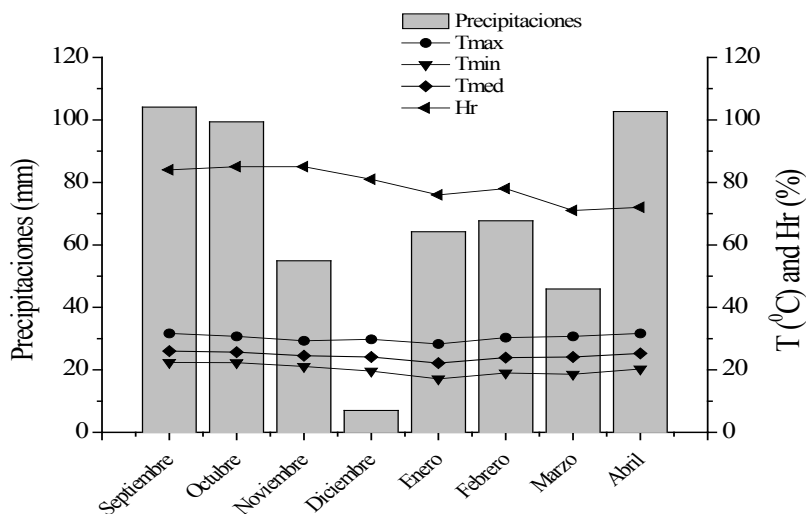
Type of soil and main features

The soil where the experiment was developed was classified by Hernández *et al.* (2015) as Carbonated Sialitic Brown, identified as Cambisol (WRB, 2015). This type of soil with ABC profile, from medium to shallow; brown to dark brown color and sometimes blue-green colors when there are oxidation conditions in the environment, due to poor drainage or compaction. They are clayey soils with a predominance of 2:1 Montmorillonite clays. It represents young stages of soil formation and its major agroproductive limitations are the shallow effective depth and the susceptibility to compaction, when not correctly managed.

Experimental design and treatments

In the three experiments a randomized block designs were used with four treatments and five repetitions. The first experiment was developed since September until December 2014, the second from October 2014 to January 2015 and the third from January to May 2015. The treatments performed were as follows:

1. Absolute control: without inoculating or fertilizing.
2. ME: foliar applications at the concentration of 100 mg.L<sup>-1</sup>.
3. AzoFert®: seed inoculation at 10<sup>8</sup> cfu.g<sup>-1</sup>.
4. AzoFert® + ME: seed inoculation at 10<sup>8</sup> cfu.g<sup>-1</sup> and foliar applications of



**Figura 1. Histograma de los promedios mensuales de las variables climatológicas.**

P: precipitaciones. T<sub>max</sub>: temperatura máxima. T<sub>min</sub>: temperatura mínima. T<sub>med</sub>: temperatura media. Hr: humedad relativa. Datos proporcionados por el Centro Meteorológico Provincial (CMP) de Sancti Spiritus-CITMA. 2015. Fuente: elaboración propia.

**Figure 1. Histogram of the monthly averages of the climatological variables.**

P: rainfall. T<sub>max</sub>: maximum temperature. T<sub>min</sub>: minimum temperature. T<sub>med</sub>: average temperature. Hr: relative humidity. Data provided by the Provincial Meteorological Center (CMP) of Sancti Spiritus-CITMA. 2015. Source: Elaborated by the authors.

Diseño experimental y tratamientos

En los tres experimentos fueron utilizados diseños en bloques al azar, con cuatro tratamientos y cinco replicas. El primer experimento fue desarrollado entre los meses de Septiembre a Diciembre de 2014, el segundo de Octubre de 2014 a Enero de 2015 y el tercero de Enero a Mayo de 2015. Los tratamientos fueron los siguientes:

ME at the concentration of 100 mg.L<sup>-1</sup>.

Foliar applications with ME were carried out weekly, since 10 days after emergence (V2, vegetative stage) until the start of flowering (R6, reproductive stage).

#### Products features

The AzoFert® bioproduct, made with the *Rhizobium leguminosarum* CF1 strain, at a concentration of 5.4 x 10<sup>8</sup> colony forming units (ufc.mL<sup>-1</sup>), was purchased through the National Institute of Agricultural Sciences



1. Control absoluto: sin inocular y sin fertilizar.

2. ME: aplicaciones foliares a la concentración de 100 mg.L<sup>-1</sup>.

3. AzoFert®: inoculación a las semillas a 10<sup>8</sup> ufc.g<sup>-1</sup>.

4. AzoFert®+ME: inoculación a las semillas a 10<sup>8</sup> ufc.g<sup>-1</sup> más aplicaciones foliares de ME a la concentración de 100 mg.L<sup>-1</sup>.

Las aplicaciones foliares con ME, se realizaron semanalmente, a partir de los 10 días después de la emergencia (V2, etapa vegetativa) hasta el inicio de la floración (R6, etapa reproductiva).

#### Características de los productos

El bioproducto AzoFert®, elaborado con la cepa de *Rhizobium leguminosarum* CF1, a una concentración de 5,4 x 10<sup>8</sup> unidades formadoras de colonias (ufc.mL<sup>-1</sup>), fue adquirido a través del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). El inóculo de ME compuesto por *Bacillus subtilis* B/23-45-10 Nato (5,4 x 10<sup>4</sup> ufc.mL<sup>-1</sup>), *Lactobacillus bulgaricum* B/103-4-1 (3,6 x 10<sup>4</sup> ufc.mL<sup>-1</sup>), y *Saccharomyces cerevisiae* L-25-7-12 (22,3 x 10<sup>5</sup> ufc.mL<sup>-1</sup>), con certificado de calidad emitido por ICIDCA, código R-ID-B-Prot-01-01, fue adquirido en la Sucursal de Labiofam de Sancti Spiritus, realizado según la metodología propuesta por Olivera *et al.* (2014) y caracterizado por López *et al.* (2017), con las siguientes características: materia seca 17,0 g.L<sup>-1</sup>, materia orgánica 11,0 g.L<sup>-1</sup>, pH 3,16, nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) 0,03 mg.L<sup>-1</sup>, potasio (K<sup>+</sup>) 0,80 mg.L<sup>-1</sup>, fósforo (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) 0,83 mg.L<sup>-1</sup>, calcio (Ca<sup>2+</sup>) 24, 05 mg.L<sup>-1</sup> y magnesio (Mg<sup>2+</sup>) 4,86 mg.L<sup>-1</sup>.

(INCA). The ME inoculum composed of *Bacillus subtilis* B/23-45-10 Nato (5.4 x 10<sup>4</sup> cfu.mL<sup>-1</sup>), *Lactobacillus bulgaricum* B/103-4-1 (3.6 x 10<sup>4</sup> cfu.mL<sup>-1</sup>), and *Saccharomyces cerevisiae* L-25-7-12 (22.3 x 10<sup>5</sup> ucf.mL<sup>-1</sup>), with a quality certificate issued by ICIDCA, code R-ID-B-Prot-01-01, was acquired at the Labiofam Branch in Sancti Spiritus. Was realized according to the methodology proposed by Olivera *et al.* (2014) and characterized by López *et al.* (2017), with the following characteristics: dry matter 17.0 g.L<sup>-1</sup>, organic matter 11.0 g.L<sup>-1</sup>, pH 3.16, ammoniacal nitrogen (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) 0.03 mg.L<sup>-1</sup>, potassium (K<sup>+</sup>) 0.80 mg.L<sup>-1</sup>, phosphorus (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) 0.83 mg.L<sup>-1</sup>, calcium (Ca<sup>2+</sup>) 24.05 mg.L<sup>-1</sup> and magnesium (Mg<sup>2+</sup>) 4.86 mg.L<sup>-1</sup>.

Morphological and productive parameters evaluated

The observations of the evaluated variables corresponded to the criteria exposed by descriptors recommended in the growth and development stages of the crop (Fernández *et al.*, 1986). The samplings were carried out in the plants corresponding to one square meter. The morphological indicators determined were: the height of the plants (cm) (AP), number of leaves per plant (NHP), legumes per plant (LP), grains per plant (GP), mass of 100 grains (g) (M100) and yield (t.ha<sup>-1</sup>) (RD).

#### Statistical analysis

The data obtained were subjected to a descriptive analysis of continuous and quantitative variables, for a normal distribution, using Kolmogórov-Smirnov test (Allen, 1976) and a simple and joint analysis

Parámetros morfológicos y productivos evaluados

Las observaciones de las variables evaluadas correspondieron a los criterios expuestos por descriptores recomendados en las etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo (Fernández *et al.*, 1986). Los muestreos se realizaron en las plantas correspondientes a un metro cuadrado. Los indicadores morfológicos determinados fueron: la altura de las plantas (cm) (AP), número de hojas de por planta (NHP), legumbres por planta (LP), granos por planta (GP), masa de 100 granos (g) (M100) y el rendimiento ( $t \cdot ha^{-1}$ ) (RD).

#### Análisis estadísticos

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis descriptivo para variables continuas y cuantitativas, para distribución normal, al test de Kolmogórov-Smirnov (Allen, 1976) y sometidas a análisis de variancia simple y conjunta para los tres experimentos, la significancia de la variancia fue comprobada por la prueba F y las medias fueron comparadas a través de la prueba de Rangos Múltiples de Tukey a un 5 % de probabilidad, los datos fueron procesados en el programa estadístico AgroEstat® (Barbosa y Maldonado Junior, 2015).

## Resultados y discusión

La altura de las plantas reveló diferencias altamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos en las épocas de siembras estudiadas (figura 2). La AP de frijol mostró un incremento en la EI comparada con la

of variance for the three experiments; the significance of the variance was checked through the F-test and the measurements were compared through Tukey's Multiple Ranges test with 5 % probability. The data were processed in the AgroEstat® statistical program (Barbosa and Maldonado Junior, 2015).

## Results and discussion

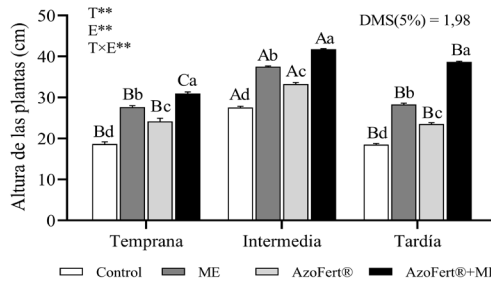
The results for AP showed significant differences ( $p < 0.05$ ) between the treatments at the planting season studied (figure 2). The AP of beans showed an increase in EI compared to ET and EA. Besides, these increases in AP were higher with the AzoFert® + ME association in the three planting periods ( $p < 0.05$ ), compared to the ME and AzoFert® treatments and increases in relation to the absolute control of 101 % in ET, ~ 113 % in IE, and ~ 11 % in EA.

In this research, the results evidenced the effects of the AzoFert® + ME association to the increasing of the foliar architecture of bean plants. These beneficial effects were previously reported with the inoculation of Azofert® (Calero *et al.*, 2019e; Martínez *et al.*, 2016) and with the exclusive application of the bioproduct ME (Calero *et al.*, 2017). On the other hand, different studies showed that the combination of ME with other bioproducts favored the growth of the aerial part of the bean in relation to plants treated with ME alone or untreated plants (Calero *et al.*, 2019e; Calero *et al.*, 2019d, 2016). However, was previously

ET y la EA. Además, quedó evidenciado que estos incrementos en la AP fueron superiores con la asociación AzoFert®+ME en los tres periodos de siembra ( $p < 0,05$ ) comparado con los tratamientos con ME y AzoFert® e incrementos en relación al control absoluto de 101% en la ET, ~113% en la EI y ~11% en la EA.

demonstrated that the application of AzoFert® combined with other bioproducts increased the aerial structure of bean plants (Estrada *et al.*, 2017).

The number of leaves per plant showed significant differences ( $p < 0.05$ ) between the variants evaluated in the three planting



**Figura 2. Efecto de los tratamientos en el comportamiento de la altura de las plantas del cv. Velazco largo en las diferentes épocas de siembras evaluadas. Valores representados por las medias  $\pm$  DE ( $n = 5$ ). Letras mayúsculas diferente entre tratamientos para las épocas de siembra y letras minúsculas difieren entre tratamientos dentro de cada época, según Tukey ( $p < 0,05$ ). \*\* significativo al 99 % de confiabilidad. Fuente: elaboración propia.**

**Figure 2. Effect of treatments on the behavior of the height of the plants of cv. Velazco largo at the different sowing seasons evaluated. Values represented by means  $\pm$  SD ( $n = 5$ ). Different capital letters between treatments for sowing seasons and lower-case letters differ between treatments within each season, according to Tukey ( $p < 0.05$ ). \*\* significant at 99 % reliability. Source: Elaborated by the authors.**

En este estudio los resultados evidenciaron por primera vez los efectos de la asociación AzoFert®+ME en el incremento la arquitectura foliar de las plantas de frijol. Estos efectos benéficos en el aumento de la AP de frijol fueron reportados anteriormente con la inoculación del Azofert® (Calero *et al.*, 2019e; Martínez *et al.*, 2016) y con la aplicación exclusiva del bioproducto ME (Calero *et al.*, 2017).

seasons of cv. Velazco largo (figure 3). The EP showed the greatest effects of treatments in the increase of NHP in relation to ET and EA. In the three periods evaluated, the association of AzoFert® + ME achieved a higher performance than the treatments with individual ME and AzoFert® and reached increases in relation to control of ~ 53% ET, 47 % EI and ~ 49 % EA.

Por otra parte, diferentes estudios demostraron que la combinación de ME con otros bioproductos favorecieron el crecimiento de la parte aérea del frijol en relación a las plantas tratadas con ME solo o las no tratadas (Calero *et al.*, 2019e; Calero *et al.*, 2019d, 2016). Sin embargo, fue demostrado anteriormente que la aplicación de AzoFert® combinada con otros bioproductos incrementó la estructura aérea de las plantas de frijol (Estrada *et al.*, 2017).

El número de hojas por plantas mostró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las variantes evaluadas en las tres épocas de siembra del cv. Velasco largo (figura 3). La EP mostró los mayores efectos de los tratamientos en el incremento del NHP en relación a la ET y EA. En los tres periodos evaluados, la asociación de AzoFert®+ME logró un desempeño superior a los tratamientos con ME y AzoFert® individuales y alcanzó incrementos en relación al control de ~53 % en la ET, 47 % en la EI y en la EA de ~49 %.

Este trabajo se ha demostrado los efectos de la inoculación y la asociación de AzoFert®+ME sobre el NHP. La aplicación de ME mediante aspersiones foliares, mejoraron el crecimiento del follaje (22 %) y de esta manera aumentan el área fotosintética, lo que se traduce en una mayor elaboración de nutrimentos para la planta y por ende en un incremento de su productividad (Calero *et al.*, 2018). Estos resultados fueron similares a los reportados previamente por Calero *et al.* (2017) quienes incrementaron el NHP con la

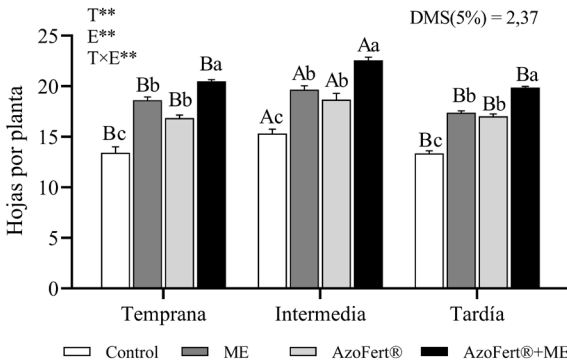
This study has showed the effects of inoculation and the association of AzoFert® + ME on NHP. The application of ME through foliar sprays, improved the growth of the foliage (22 %). Therefore, increases the photosynthetic area, which enforce into a greater elaboration of nutrients for the plant and increases of its productivity (Calero *et al.*, 2018). These results were like those previously reported by Calero *et al.* (2017) who increased the NHP with the application of ME in relation to the control without applying. On the other hand, Calero *et al.* (2016) observed that the combined application of ME with FitoMas-E and Lebame increased the NHP in 10 % and 19 %, respectively, compared to untreated plants.

The number of legumes per plant showed significant differences ( $p < 0,05$ ) between treatments and between planting seasons (figure 4). All treatments were significantly superior in EI compared to ET and EP. The association AzoFert® + ME significantly increased the NLP ( $p < 0,05$ ) in the three sowing seasons compared to the individual application of ME and AzoFert® and presented increases of 133% EP, 103% IE and ~112% EA in relation to absolute control.

This study showed that the association AzoFert® + ME increased the components of bean yield. Similar results were reported by Estrada *et al.* (2017) who observed an increase in the NLP in bean plants with the inoculation of seeds with Biobras-16® and AzoFert®. These results are consistent with the findings of

aplicación de ME en relación al control sin aplicar. Por otro lado, Calero *et al.* (2016) observaron que la aplicación combinada de ME con FitoMas-E y Lebame incrementó el NHP en 10 % y 19 %, respectivamente, comparado con las plantas no tratadas.

previous studies in peanuts (*Arachis hypogaea* L.) by Martínez *et al.* (2017), who indicated that inoculation with the association of *Glomus cubense* with AzoFert® to the seeds leads to increases in the NLP a 111 % in relation to the absolute control.



**Figura 3. Efecto de los tratamientos en el comportamiento del número de hojas por plantas en el cv. Velazco largo en las diferentes épocas de siembras evaluadas.** Valores representados por las medias ± desviación estándar (DE) (n = 5). Letras mayúsculas diferente entre tratamientos para las épocas de siembra y letras minúsculas difieren entre tratamientos dentro de cada época, según Tukey (p<0,05). \*\* significativo al 99% de confiabilidad. Fuente: elaboración propia.

**Figure 3. Effect of treatments on the behavior of the number of leaves per plant in cv. Velazco largo for different sowing seasons evaluated.** Values represented by means ± standard deviation (SD) (n = 5). Different capital letters between treatments for sowing seasons and lower-case letters differ between treatments within each season, according to Tukey (p<0.05). \*\* significant at 99 % reliability. Source: Elaborated by the authors.

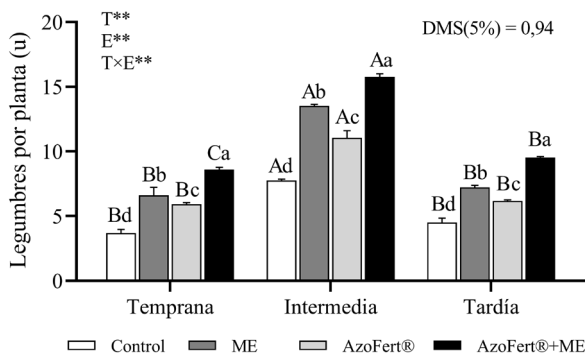
El número de legumbres por planta mostró diferencias significativas (p<0,05) entre los tratamientos y entre las épocas de siembras (figura 4). Todos los tratamientos fueron significativamente superiores en la EI en relación a la ET y la EP. La asociación AzoFert®+ME aumentó significativamente (p<0,05) el NLP en

Beneficial results were previously reported by Ayala *et al.* (2013) who obtained an increase of 31 % with the inoculation of AzoFert® and 135% with the associated application of AzoFert® + EcoMic + Pectimorf in relation to the control plants.

The present study demonstrated beneficial effects of the individual

las tres épocas de siembra comparado con la aplicación individual de ME y AzoFert® y mostró incrementos de 133 % en EP, 103 % en la EI y en la EA de ~ 112 % en relación al control absoluto.

use of AzoFert® and ME bioproducts. Previous studies showed that inoculation of bean seeds with AzoFert® increased NLP (Ayala *et al.*, 2013; Estrada *et al.*, 2017). Similar results were previously



**Figura 4. Efecto de los tratamientos en la producción de legumbre por plantas en el cv. Velazco largo en las diferentes épocas de siembras evaluadas.** Valores representados por las medias  $\pm$  DE (n = 5). Letras mayúsculas diferentes difieren entre tratamientos para las épocas de siembra y letras minúsculas difieren entre tratamientos dentro de cada época, según de Tukey ( $p < 0,05$ ). \*\* significativo al 99 % de confiabilidad. Fuente: elaboración propia.

**Figure 4. Effect of treatments on legume production by plants in cv. Velazco largo at the different sowing evaluated.** Values represented by means  $\pm$  SD (n = 5). Different capital letters differ between treatments for sowing seasons and lower-case letters differ between treatments within each season, according to de Tukey ( $p < 0.05$ ). \*\* significant at 99 % reliability. Source: Elaborated by the authors.

En el estudio actual evidenció que la asociación AzoFert®+ME incrementó los componentes del rendimiento del frijol. Resultados similares fueron reportados por Estrada *et al.* (2017) quienes observaron un incremento en el NLP en plantas de frijol con la inoculación de las semillas con Biobras-16® y AzoFert®. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de estudios previos en maní (*Arachis hypogaea* L.) por Martínez

reported by Ayala *et al.* (2013) who indicated that the application of AzoFert® increased NGP a 31 % compared to untreated plants. However, these effects of the use of ME's on the increase in NLP were reported in beans (Calero *et al.*, 2019b, 2019d; Calero *et al.*, 2017) and in kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.) (Calero *et al.*, 2020). Furthermore, these results are consistent with the results reported in beans by Calero



*et al.* (2017), quienes indicaron que la inoculación con la asociación de *Glomus cubense* con AzoFert® a las semillas de propició incrementos del NLP de 111 % en relación al testigo absoluto. Resultados benéficos fueron reportados anteriormente por Ayala *et al.* (2013) quienes obtuvieron un incremento de 31 % con la inoculación del AzoFert® y de 135 % con la aplicación asociada de AzoFert® + EcoMic + Pectimorf en relación a las plantas control.

Por otro parte, en el presente estudio se demostró los efectos benéficos del empleo individual de los bioproductos AzoFert® y ME. Estudios previos demostraron que la inoculación de las semillas de frijol con AzoFert® incrementó el NLP (Ayala *et al.*, 2013; Estrada *et al.*, 2017). Resultados similares fueron reportados previamente por Ayala *et al.* (2013) quienes indicaron que la aplicación del AzoFert® incrementó el NGP en 31 % comparado con las plantas sin tratar. Sin embargo, estos efectos benéficos del uso de los ME en el aumento del NLP fueron reportados anteriormente en frijol (Calero *et al.*, 2019b, 2019d; Calero *et al.*, 2017) y en la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) (Calero *et al.*, 2020). Además, estos resultados son consistentes con los hallazgos reportados anteriormente en frijol por Calero *et al.* (2016), quienes incrementaron el NLP con la utilización combinada de ME con el bioproducto Lebame.

El número de granos por planta fue superior y significativo ( $p < 0,05$ ) en todos los tratamientos comparados con el control (figura 5). Todas las variantes evaluadas fueron superiores

*et al.* (2016), who increased the NLP with the combined use of ME with the Lebame bioproduct.

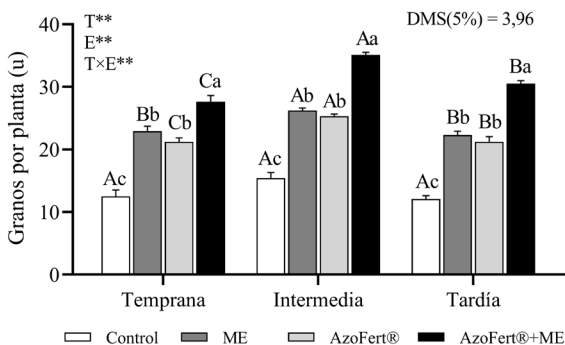
The number of grains per plant was higher and significant ( $p < 0.05$ ) in all the treatments compared to the control (figure 5). All the variants evaluated were superior in EI compared to ET and EP. The association AzoFert® + ME achieved a better performance in the increase of the NGP in the three sowing periods evaluated in relation to the absolute control a 121 % ET, 128 % IE and for the EA the supremacy was 153 %.

The results found in this study coincide with those reported by Ayala *et al.* (2013) who increased the number of NGP with inoculation of soybeans [*Glycine max* (L.) Merr] with AzoFert® and its association with EcoMic and Pectimorf, compared to absolute control. Positive results with the use of AzoFert® were achieved by Estrada *et al.* (2017) who increased the NGP in two bean cultivars. Besides, the results were consistent with those previously reported by Calero *et al.* (2016) who increased the NGP to 71% with the association of ME with FitoMas-E or Lebame. Furthermore, it was demonstrated in a previous study, Calero *et al.* (2019e) who observed that inoculation with *Rhizobium* to bean seeds combined with foliar applications of ME in plants increased NGP a 111 % in relation to control plants.

The application of the treatments favored the increase in the mass of 100 bean grains cv. Velazco largo ( $p < 0.05$ ) (figure 6). The M100 was higher in all EI treatments in relation to EA and ET. The treatment that achieved

en la EI en relación a la ET y la EP. La asociación AzoFert®+ME logró un mejor desempeño en el incremento del NGP en los tres periodos de siembra evaluados en relación al control absoluto en 121% en la ET, 128% en la EI, mientras que, en la EA la supremacía fue de 153%.

the highest mass of 100 grains was the AzoFert® + ME association with significant increases ( $p < 0.05$ ) over the individual variants with ME and AzoFert® and to the control treatment in all the evaluated planting seasons. These increased a 33 % ET, 35 % EI and a 40 % of EP compared to



**Figura 5. Efecto de los tratamientos en la producción de granos por plantas en el cv. Velazco largo en las diferentes épocas de siembras evaluadas.** Valores representados por las medias  $\pm$  DE ( $n = 5$ ). Letras mayúsculas diferente entre tratamientos para las épocas de siembra y letras minúsculas difieren entre tratamientos dentro de cada época, según Tukey ( $p < 0,05$ ). \*\* significativo al 99% de confiabilidad. Fuente: elaboración propia.

**Figure 5. Effect of treatments on grain production by plants in cv. Velazco largo at the different sowing seasons evaluated.** Values represented by means  $\pm$  SD ( $n = 5$ ). Different capital letters between treatments for planting seasons and lower-case letters differ between treatments within each season, according to Tukey ( $p < 0.05$ ). \*\* significant at 99% reliability. Source: Elaborated by the authors.

Los resultados obtenidos en este estudio, coinciden con los reportados por Ayala *et al.* (2013) quienes incrementaron el número de NGP con la inoculación a las semillas de soya [*Glycine max* (L.) Merr] con AzoFert® y la asociación de este con EcoMic y Pectimorf, comparado con el control absoluto. Resultados positivos con la utilización de AzoFert® fueron logrados por Estrada *et al.* (2017)

treatment without inoculation and application.

In this research, the M100 was stimulated by the application of the bioproducts used, with emphasis on the AzoFert® + ME association. Similar increases in M100 bean grains were reported by Calero *et al.* (2019e) with the combined application of *Rizobium* and ME. These beneficial effects in the increased of M100 with the association

quienes incrementaron el NGP en dos cultivares de frijol. Por otro lado, los resultados obtenidos en este estudio son consistentes con los reportados anteriormente por Calero *et al.* (2016) quienes incrementaron el NGP en 71 % con la asociación de ME con FitoMas-E o con Lebame. Además, fue demostrado en un estudio previo, Calero *et al.* (2019e) quienes observaron que la inoculación con *Rhizobium* a las semillas de frijol combinada con aplicaciones foliares de ME en plantas incrementaron el NGP en 111 % en relación a las plantas controles.

La aplicación de los tratamientos favoreció el incremento de la masa de 100 granos de frijol cv. Velazco largo ( $p < 0,05$ ) (figura 6). La M100 fue superior en todos los tratamientos en EI en relación a la EA y la ET. El tratamiento que mayor masa de 100 granos alcanzó fue la asociación AzoFert®+ME con incrementos significativos ( $p < 0,05$ ) sobre las variantes individuales con ME y AzoFert® y al tratamiento control en todos los periodos de siembra evaluados. Estos aumentos fueron de 33% en la ET, 35% en la EI y en la EP de 40% comparados con el tratamiento sin inoculación y aplicación.

En este estudio quedó evidenciado que la M100 fue estimulada por la aplicación de los bioproductos utilizados, con destaque para la asociación AzoFert®+ME. Similares incrementos en la M100 granos de frijol, fueron reportados anteriormente por Calero *et al.* (2019e) con la aplicación combinada de *Rizobium* y ME. Estos efectos benéficos en el aumento de

of ME with other bioproducts were observed in beans (Calero *et al.*, 2016; Calero *et al.*, 2019d) and in kidney beans (Calero *et al.*, 2020).

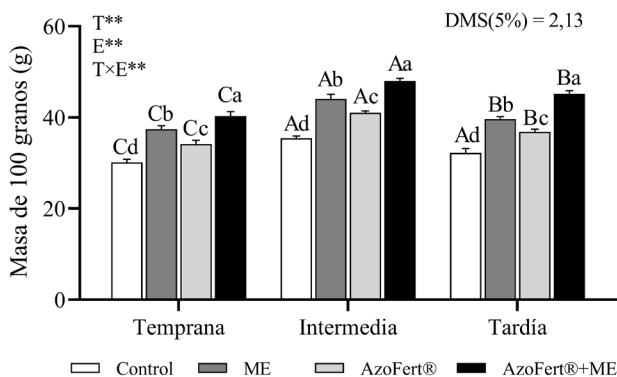
The results obtained with the individual inoculation of the ME bioproduct are consistent with the findings reported in bean plants (Calero *et al.*, 2017; Quintero *et al.*, 2018), as a consequence, these results are in agreement with a previous study which shows that the M100 seeds was increased in two bean cultivars (Estrada *et al.*, 2017). Similar results were reported in the peanut crop by Mujica *et al.* (2017), with individual inoculation with AzoFert® and co-inoculation (*Glomus cubense* + AzoFert®).

The grain yield of cv. Velazco largo was significant ( $p < 0,05$ ) in the treatments for the different planting seasons (figure 7). The most favorable results for bean production with the treatments used were found in the intermediate period compared to the early and late one. The best results were achieved when used the association of AzoFert® + ME by increasing the yields in relation to the use of AzoFert® and ME individually and doubling the average values of this indicator in relation to the control, with increases of ~ 102 % ET, 112 % EI, and ~ 111 % EA.

The results exposed that the application of the bioproducts increased the productivity of the bean plants, principally the treatment with the association of AzoFert® + ME. These positive effects in increasing yield with the

la M100 con la asociación de ME con otros bioproductos fueron observados previamente en frijol (Calero *et al.*, 2016; Calero *et al.*, 2019d) y en la habichuela (Calero *et al.*, 2020).

application of the ME bioproduct combined or associated with other bioproducts were reported in beans (Calero *et al.*, 2019e, 2016; Calero *et al.*, 2019d). However, a previous



**Figura 6. Efecto de los tratamientos en la masa de 100 granos en el cv. Velazco largo en las diferentes épocas de siembras evaluadas.** Valores representados por las medias  $\pm$  DE ( $n = 5$ ). Letras mayúsculas diferente entre tratamientos para las épocas de siembra y letras minúsculas difieren entre tratamientos dentro de cada época, según Tukey ( $p < 0,05$ ). \*\* significativo al 99 % de confiabilidad. Fuente: elaboración propia.

**Figure 6. Effect of treatments on the mass of 100 grains in cv. Velazco largo at the different sowing seasons evaluated.** Values represented by means  $\pm$  SD ( $n = 5$ ). Different capital letters between treatments for sowing seasons and lower-case letters differ between treatments within each season, according to Tukey ( $p < 0.05$ ). \*\* significant at 99 % reliability. Source: Elaborated by the authors.

Por otro lado, los resultados obtenidos en este estudio con la inoculación individual con el bioproducto ME son consistentes con los hallazgos reportados anteriormente en plantas de frijol (Calero *et al.*, 2017; Quintero *et al.*, 2018). En consecuencia, estos resultados están de acuerdo con un estudio previo que demuestra que la M100 semillas fue incrementada en dos cultivares de frijol (Estrada *et al.*, 2017). Resultados similares fueron reportados en el cultivo del

study showed that the combination between AzoFert® and EcoMic increased soy yield a 22% (Ayala *et al.*, 2013), while co-inoculation (*Glomus cubense* + AzoFert®) increased a 94 % the peanut yield (Mujica *et al.*, 2017).

In this study, also was shown that the individual application of ME and AzoFert® bioproducts benefited bean productivity. Consequently, inoculation with *Rhizobium* to bean plants reached 1.34 t.ha<sup>-1</sup> more than

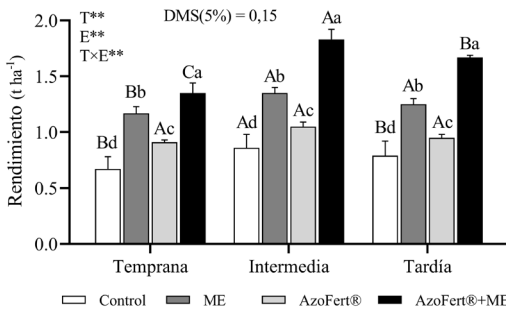
maní por Mujica *et al.* (2017), con la inoculación individual con AzoFert® y la coinoculación (*Glomus cubense* + AzoFert®).

El rendimiento de los granos del cv. Velazco largo fue significativo ( $p < 0,05$ ) en los tratamientos para las diferentes épocas de siembras (figura 7). Lo resultados más favorables para la producción de frijol, con la utilización de estos tratamientos fue el periodo intermedio comprado con el temprano y el tardío. Los mejores resultados fueron alcanzados cuando se utilizó la asociación de AzoFert®+ME al incrementar los rendimientos en relación a la utilización de AzoFert® e ME de forma individual y duplicar los valores promedios de este indicador en relación al control, con incrementos de ~102% en ET, 112 % en la EI y de ~111 % en la EA.

plants without inoculation (Liriano *et al.*, 2012). Similar results were reported with inoculation with AzoFert® by Estrada *et al.* (2017) who increased the yield of two bean cultivars. On the other hand, positive results with the use of ME were observed in bean plants (Calero *et al.*, 2018, 2017; Quintero *et al.*, 2018), corn (Peña *et al.*, 2016), strawberry (Álvarez *et al.*, 2018) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) (Calero *et al.*, 2019c).

### Conclusions

The treatments with efficient microorganisms, AzoFert® and the association between AzoFert® + ME achieved greater and better responses of the morphological and productive indicators in the



**Figura 7. Efecto de los tratamientos en el rendimiento de frijol común cv. Velazco largo en las diferentes épocas de siembras evaluadas.** Valores representados por las medias ± DE (n = 5). Letras mayúsculas diferente entre tratamientos para las épocas de siembra y letras minúsculas difieren entre tratamientos dentro de cada época, según Tukey ( $p < 0,05$ ). \*\* significativo al 99% de confiabilidad. Fuente: elaboración propia.

**Figure 7. Effect of the treatments on the yield of common beans cv. Velazco largo at the different sowing seasons evaluated.** Values represented by means ± SD (n = 5). Different capital letters between treatments for sowing seasons and lower-case letters differ between treatments within each season, according to Tukey ( $p < 0,05$ ). \*\* significant at 99% reliability. Source: Elaborated by the authors.

Los resultados obtenidos en este estudio indicaron que la aplicación de los bioproductos incrementó la productividad de las plantas de frijol, en particular el tratamiento con la asociación de AzoFert®+ME. Estos efectos positivos en el aumento del rendimiento con la aplicación del bioproducto ME combinado o asociado con otros bioproductos fueron reportados en frijol (Calero *et al.*, 2019e, 2016; Calero *et al.*, 2019d). Sin embargo, un estudio previo demostró que la combinación entre AzoFert® y EcoMic incrementó un 22 % el rendimiento de la soya (Ayala *et al.*, 2013), mientras que, la coinoculación (*Glomus cubense* + AzoFert®) incrementó un 94 % el rendimiento del maní (Mujica *et al.*, 2017).

En el presente estudio fue demostrado también que la aplicación individual de los bioproductos ME y AzoFert® beneficiaron la productividad del frijol. En consecuencia, la inoculación con *Rhizobium* a las plantas de frijol alcanzaron 1,34 t.ha<sup>-1</sup> más que las plantas sin inoculación (Liriano *et al.*, 2012). Similares resultados fueron reportados con la inoculación con AzoFert® por Estrada *et al.* (2017) quienes incrementaron en el rendimiento de dos cultivares de frijol. Por otro parte, resultados positivos con la utilización de ME fueron observados anteriormente en plantas de frijol (Calero *et al.*, 2018, 2017; Quintero *et al.*, 2018), maíz (Peña *et al.*, 2016), fresa (Álvarez *et al.*, 2018) y pepino (*Cucumis sativus* L.) (Calero *et al.*, 2019c).

intermediate sowing season in relation to the early and late one.

The highest results in the production of common beans in the three sowing seasons were achieved with the association of AzoFert® + ME compared to the individual ME and AzoFert® treatments and the control treatment by increasing the morphological and productive indicators, as well as, the yield, which was 101% higher in the early season, 113 % in the intermediate and 111% in the late compared to absolute control. The results suggest that the association of AzoFert® + ME constitutes an efficient alternative to increase bean productivity and could lead to a sustainable increase in crop productivity.

---

### *End of English Version*

---

## Conclusiones

Los resultados mostraron que los tratamientos con microorganismos eficientes, AzoFert® y la asociación entre AzoFert®+ME alcanzaron mayores y mejores respuestas de los indicadores morfológicos y productivos en la época de siembra intermedia en relación a la temprana y la tardía.

Los mayores resultados en la producción de frijol común en las tres épocas de siembra fueron logrados con la asociación de AzoFert®+ME comparados con los tratamientos ME y AzoFert® individuales y el tratamiento control al incrementar los indicadores



morfológicos y productivos, así como, el rendimiento, que fue superior en la época temprana en 101%, 113% en la intermedia y 111% en la tardía en relación al control absoluto. Los resultados sugieren que la asociación de AzoFert®+ME constituye una alternativa eficiente para incrementar la productividad del frijol y podría conducir a un aumento sostenible en la productividad de los cultivos.

## Literatura citada

- Álvarez, M., Tucta, F., Quispe, E. y V.Meza. 2018. Incidencia de la inoculación de microorganismos benéficos en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.). Sci. Agropecu. 9(1):33-42. Disponible en: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.04>.
- Allen, M. E. 1976. Kolmogorov-Smirnov test for discrete distributions. Doctoral dissertation, Master Thesis, Naval Postgraduate School, Monterey, California, 93 p. Disponible en: <http://calhoun.nps.edu/handle/10945/17830>.
- Araújo, A.S.F., C.D. Borges, S.M.Tsai, S. Cesarz y N.Eisenhauer, 2014. Soil bacterial diversity in degraded and restored lands of northeast Brazil. Int. J. Gen. Mol. Microbiol. 106:891-899. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10482-014-0258-5>.
- Ayala, P., N. Tornés y I. Reynaldo. 2013. Efecto de biofertilizantes y Pectimorf en la producción de soya (*Glycine max* L.) en condiciones de secano. Rev. Granma Cienc. 17(2):1-10.
- Barbosa, J.C. y W. Maldonado Junior. 2015. AgroEstat®. Sistema de análise estatísticos para ensaios agronômicos.
- Calero, A., Y. Pérez, Y.G.P. Hurtado, L.A.Y. Simón, K. Peña, D. Olivera y J.F.M. Meléndrez. 2020. Respuesta agroproductiva de la habichuela a la aplicación de vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes. Rev. la Fac. Cienc. 9(1):112-124. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n3.76272>.
- Calero, A., Y. Pérez, D. Olivera, E. Quintero, K. Peña, L.L. Nedd y J. Jiménez. 2019a. Effect of different application forms of efficient microorganisms on the agricultural productive of two bean cultivars. Rev. Fac. Agron. (Medellín). 72(3):8927-8935. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n3.76272>.
- Calero, A., Y. Pérez, K. Peña, E. Quintero y D. Olivera. 2019b. Efecto de tres biostimulantes en el comportamiento morfológico y productivo del cultivo del rábano (*Raphanus sativus* L.). Rev. la Fac. Agron. (LUZ). 36(1):54-73.
- Calero, A., E. Quintero, Y. Pérez, Y. González-Pardo y T.N. Lorenzo. 2019c. Microorganismos eficientes y vermicompost lixiviado aumentan la producción de pepino. Rev. U.D.C.A Actual. Divulg. Científ. 22(2):1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.31910/RUDCA.V22.N2.2019.1167>.
- Calero, A., E. Quintero, Y. Pérez, D. Olivera, K. Peña y J. Jiménez. 2019d. Efecto entre microorganismos eficientes y fitomas-e en el incremento agroproductivo del frijol. Biotecnol. Sect. Agropecu. Agroindust. 17(1):25-33. Disponible en: <https://doi.org/10.18684/bsaa.v17n1.1173>.
- Calero, A, Y. Pérez, E. Quintero, D. Olivera y K. Peña. 2019e. Effect of the associated application between *Rhizobium leguminosarum* and efficient microorganisms on common bean production. Cienc. Tecnol. Agropecu. 20(2):309-322. Disponible en: [https://doi.org/10.21930/rcta.vol20\\_num2\\_art:1460](https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num2_art:1460).
- Calero, A., E. Quintero, D. Olivera, Y. Pérez, I. Castro, J. Jiménez y E. López. 2018. Respuesta de dos cultivares de frijol común a la aplicación foliar de microorganismos eficientes. Cultiv. Trop. 39(3):5-10. Disponible en: <https://doi.org/10.1234/ct.v39i3.1459>.
- Calero, A., E. Quintero y Y. Pérez, 2017. Utilización de diferentes bioproductos

en la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agrotec. Cuba*. 41(1):17-24.

- Calero, A., Pérez, Y., Pérez, D. 2016. Efecto de diferentes biopreparados combinado con FitoMas-E en el comportamiento agroproductivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Monfrágüe Desarro. Resiliente*. 7(2):161-176.
- Duhamel, M. y P. Vandenkoornhuysen. 2013. Sustainable agriculture: Possible trajectories from mutualistic symbiosis and plant neodomestication. *Trends Plant Sci*. 18(11):597-600. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.08.010>.
- Estrada, W., L. Chávez, E. Jerez, M.C. Nápoles, A. Sosa y F. Celeiro. 2017. Efecto del Azofert® en el rendimiento de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de déficit hídrico. *Cent. Agrícola*. 44(3):36-42.
- Faure, B., R. Benítez, E. Rodríguez, O. Grande, M. Torres y P. Pérez. 2014. Guía técnica para la producción de frijol común y maíz, 1ra ed. La Habana, La Habana, Cuba. 22 p.
- Fernández, F., P. Gepts y M. López., 1986. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), 1ra ed. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 44 p.
- García-Fraile, P., L. Carro, M. Robledo, M.H. Ramírez-Bahena, J.D. Flores-Félix, M.T. Fernández, P.F. Mateos, R. Rivas, J.M. Igual, E. Martínez-Molina, A. Peix E. Velázquez. 2012. *Rhizobium* promotes non-legumes growth and quality in several production steps: Towards a biofertilization of edible raw vegetables healthy for humans. *PLoS One*. 7(5):1-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038122>.
- Gepstein, S. and B.R. Glick, 2013. Strategies to ameliorate abiotic stress-induced plant senescence. *Plant Mol. Biol*. 82(6):623-633. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11103-013-0038-z>.
- Hamilton, C.E., J.D. Bever, J. Labbé, X. Yang y H. Yin. 2016. Mitigating climate change through managing constructed-microbial communities in agriculture. *Agric. Ecosyst. Environ*. 216:304–308. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.10.006>.
- Hernández, A., J.J. Pérez, D. Bosch y N. Castro 2015. Clasificación de los suelos de Cuba, 1st ed. Ediciones INCA, La Habana, Cuba. 93 p.
- Higa, T. and J. Parr. 1994. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment, 1st ed. International Nature Farming Research Center, Japan. 16 p.
- Liriano, R., D.B. Núñez y R. Barceló, 2012. Efecto de la aplicación de *Rhizobium* y *Mycorriza* en el crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad CC-25-9 negro. *Cent. Agrícola*. 39(4):17-20.
- López, E., A. Calero, Y. Gómez, Z. Gil, D. Henderson y J. Jiménez. 2017. Efecto agronómico del biosólido en cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*): control biológico de *Rhizoctonia solani*. *Cultiv. Trop*. 38(1):13-23. Disponible en: <https://doi.org/10.1234/ct.v38i1.1330>.
- Luna, M., y J. Mesa. 2016. Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Agroecosistemas*. 4(2):31-40.
- Martínez, L., L. Maqueira, M.C. Nápoles y M. Núñez, 2017. Efecto de bioestimulantes en el rendimiento de dos cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) biofertilizados. *Cultiv. Trop*. 38(2):113–118.
- Martínez, L., Y. Reyes, A. Falcón, M.C. García y M. de la C. Núñez. 2016. Efecto de productos bioactivos en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) biofertilizadas. *Cultiv. Trop*. 37(3):165–171. Disponible en: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1077.0165>.
- Mujica, Y., A. Medina y E. Rodríguez. 2017. Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares y bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.). *Cultiv. Trop*. 38(2):15-21.

- Nunes, J.S., A.S. Araujo, L.A. Nunes, L.M. Lima, R.F. Carneiro, A.A. Salviano y S.M. Tsai, 2012. Impact of land degradation on soil microbial biomass and activity in northeast Brazil. *Pedosphere*. 22(1):88-95. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(11\)60194-X](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(11)60194-X).
- Olivera, D., J. Ayala, A. Calero, M. Santana y A. Hernández. 2014. Prácticas agroecológicas en la provincia de Sancti Spiritus, Cuba. *Microorganismos eficientes (EM), una tecnología apropiada sobre bases agroecológicas*. Cienc. Tecnol. Soc. Construcción Agroecol. 7(1):77-83.
- Olivera, D., L. Leiva, A. Calero y J.F. Meléndrez. 2015. Empleo de microorganismos nativos multipropósitos (MNM) en el comportamiento agro-productivo de cultivos hortícolas. *Agrotec. Cuba*. 39(7):34-42.
- Peña, K., J.C. Rodríguez, D. Olivera, P.F. Fuentes y J.F. Meléndrez., 2016. Prácticas agrícolas sostenibles que incrementan los rendimientos de diferentes cultivos en Sancti Spiritus, Cuba. *Agron. Costarric.* 40(2):117-127. Disponible en: <https://doi.org/10.15517/rac.v40i2.27391>.
- Pereg, L. y M. McMillan. 2015. Scoping the potential uses of beneficial microorganisms for increasing productivity in cotton cropping systems. *Soil Biol. Biochem.* 80:349-358. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.10.020>.
- Quintero, E., A. Calero, Y. Pérez y L. Enríquez. 2018. Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. *Cent. Agrícola*. 45(3):73-80.
- Rashid, M.I., L.H. Mujawar, T. Shahzad, T. Almeelbi, I.M.I. Ismail and M. Oves. 2016. Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. *Microbiol. Res.* 183:26-41. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.11.007>.
- Singh, J.S., A. Kumar, A.N. Rai, D.P. Singh. 2016. Cyanobacteria: A precious bio-resource in agriculture, ecosystem, and environmental sustainability. *Front. Microbiol.* 7:1-19. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00529>.
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., Befort, B.L. 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 108(50):20260-20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>.
- WRB. 2015. World 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*, (106). Rome, Italia. 101 p.
- Yadegari, M., H. Asadi Rahmani, G. Noormohammadi and A. Ayneband. 2010. Plant growth promoting rhizobacteria increase growth, yield and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris*. *J. Plant Nutr.* 33(12):1733-1743. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/01904167.2010.503776>.