



Aplicación conjunta del consorcio microorganismos benéficos y FitoMas-E[®] incrementan los indicadores agronómicos del frijol

Joint application of beneficial microorganisms consortium and FitoMas-E[®] increases the agricultural indicators of beans

Alexander Calero-Hurtado^{1,2*} ; Yanery Pérez-Díaz² ; Mileidy Rodríguez-Lorenzo² ; Venancio Rodríguez-González² 

¹Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Jaboticabal - São Paulo, Brasil; e-mail: achurtado@uniss.edu.br

²Universidad de Sancti Spiritus "José Martí Pérez". Centro Universitario Municipal de Taguasco. Zaza del Medio - Taguasco, Sancti Spiritus, Cuba; e-mail: yaneryp@uniss.edu.br; mileidyrodrigue@infomed.sld.cu; venancio@uniss.edu.br

*autor de correspondencia: achurtado@uniss.edu.br

Cómo citar: Calero-Hurtado, A.; Pérez-Díaz, Y.; Rodríguez-Lorenzo, M.; Rodríguez-González, V. 2022. Aplicación conjunta del consorcio microorganismos benéficos y FitoMas-E[®] incrementan los indicadores agronómicos del frijol. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 25(1):e2252. <http://doi.org/10.31910/rudca.v25.n1.2022.2252>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

Recibido: julio 26 de 2018

Aceptado: marzo 22 de 2022

Editado por: Helber Adrián Arévalo Maldonado

RESUMEN

El uso de microorganismos benéficos en conjunto con bioestimulantes vegetales puede ser una alternativa eficiente para mejorar la productividad del frijol. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la aplicación individual y combinada entre los bioestimulantes ME-50[®] y FitoMas-E[®] en el incremento agroproductivo del frijol en época de siembra tardía. La investigación, se desarrolló en la Cooperativa de Créditos y Servicios "Mártires de Taguasco", Sancti Spiritus, Cuba. Se realizó un experimento en condiciones de campo con el cultivar "Velazco largo". Los tratamientos, se distribuyeron en bloques al azar, en esquema factorial 2x2, con cinco réplicas, dos niveles ausencia y presencia del consorcio ME-50[®] y su combinación con la no aplicación y aplicación de FitoMas-E. Los efectos de los bioestimulantes se observaron en los parámetros de i) crecimiento: hojas por planta, área foliar y la masa seca y ii) productivos: número de vainas por planta, granos por vaina, masa de 100 granos y el

rendimiento. Los resultados revelaron que la aplicación conjunta de ambos bioestimulantes fue más eficiente en el aumento del crecimiento y la productividad, que la aplicación individual y la no aplicación de bioestimulantes, al incrementar el rendimiento en 10 y 71 %, respectivamente. Los hallazgos de este estudio sugieren que la combinación entre el ME-50[®] y el FitoMas-E[®] constituye una alternativa eficiente, económica y viable, para aumentar la productividad del frijol en época de siembra tardía.

Palabras clave: Aplicación foliar; Bioproductos; Inoculación; *Phaseolus vulgaris* L.; leguminosas.

ABSTRACT

The use beneficial of microorganisms jointly with vegetal biostimulants can be an efficient alternative to improve the productivity of beans. The purpose of this research was to determine the effect of individual and joined application of the biostimulants

ME-50® and FitoMas-E® in the agroproductive increase of the bean in the late sowing season. The research was conducted at the collective farmer “Martires de Taguasco”, Sancti Spiritus, Cuba. An experiment was carried out under field conditions with the cultivar “Velazco Largo”. The treatments were distributed in random blocks, in a 2×2 factorial scheme, with five replications, two levels absence and presence of the ME-50® consortium and its combination with no application and application of FitoMas-E®. The biostimulants effects were observed in i) growth parameters: leaves per plant, leaf area and dry mass; ii) production parameters: number of pods per plant, grains per pod, the mass of 100 grains and yield. The results revealed that the joint application of both biostimulants was more efficient in increasing growth and productivity than the individual application and the non-application of biostimulants, due to the yield increase of 10 and 71 %, respectively. The findings of this study suggest that the joint application between ME-50® and FitoMas-E® constitutes an efficient, economical and viable alternative to increase bean productivity in the late sowing season.

Keywords: Foliar application; Bioproduct; Inoculation; *Phaseolus vulgaris* L.; Fabaceae.

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 (Mwale *et al.* 2020). Los frijoles son las leguminosas de grano más importantes para el consumo humano, porque son una fuente de proteína y ricos en minerales, especialmente, hierro, zinc y vitaminas (Campa *et al.* 2018; Calero Hurtado *et al.* 2020c). La agricultura, se enfrenta a graves problemas de degradación de la tierra (Singh *et al.* 2020); sistemas de cultivo intensivo, así como el desequilibrio en el uso de fertilizantes, son los factores principales que provocan desbalance de nutrientes, disminuyen la fertilidad del suelo, bajan la productividad y reducen la calidad de los alimentos (Francisco *et al.* 2018).

La interacción entre plantas y microbios puede contribuir a la salud y la productividad de los cultivos (Avila *et al.* 2021). Los microorganismos de importancia agrícola representan una estrategia ecológica clave hacia el desarrollo integrado de prácticas, tales como manejo de nutrientes, entre otros, con miras a reducir el uso de productos químicos en la agricultura y mejorar el rendimiento (Nassary *et al.* 2020).

Los microorganismos eficientes - ME es una tecnología descubierta y desarrollada por el profesor Teuro Higa, en Japón (Avila *et al.* 2021), como una alternativa para remplazar los fertilizantes y los plaguicidas sintéticos, popularizados después de la Segunda Guerra Mundial, para la producción de alimentos en el mundo (Calero Hurtado *et al.* 2019a). El profesor encontró que el éxito de su efecto estaba en el cultivo de varios microbios mezclados; desde entonces, esta tecnología se investiga, se desarrolla y se aplica en una multitud de usos agropecuarios y ambientes, y es utilizada en más de 80 países del mundo (Silva *et al.* 2022).

Estos ME, se clasifican en grandes grupos funcionales, como un grupo ácido láctico, bacterias fotosintéticas, grupo de las levaduras, grupo de los actinomicetos y hongos (Avila *et al.* 2021; Silva *et al.* 2022), especialmente, la presencia de *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus bulgaricum* y *Saccharomyces cerevisiae*, además de la presencia de nutrientes minerales, como N, P, K y Ca, que intervienen en procesos biológicos del crecimiento y desarrollo de las plantas (Calero Hurtado *et al.* 2020d).

El principio fundamental de esta tecnología consiste en la introducción de un grupo de microorganismos benéficos para mejorar las condiciones fisicoquímicas del suelo (Avila *et al.* 2021; Silva *et al.* 2022). La utilización de ME es favorable para la agricultura; diversos estudios reportan efectos benéficos, porque su introducción mejora y favorece el crecimiento y el desarrollo de diferentes cultivos, como el pepino, el tomate, la habichuela, el tabaco y frijol (Calero Hurtado *et al.* 2017; Calero-Hurtado *et al.* 2018; Quintero *et al.* 2018; Calero *et al.* 2019; Calero Hurtado *et al.* 2019d; Calero-Hurtado *et al.* 2020a).

Por otra parte, existen una variedad de bioproductos con efectos bioestimulantes, antiestrés y con capacidades para incrementar la productividad de los cultivos (Calero Hurtado *et al.* 2019e). Entre estos bioproductos, se encuentra el FitoMas-E®, un bionutriente derivado de los residuos de la industria azucarera cubana, creado y desarrollado por el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Este bioestimulante está compuesto por una mezcla de sales minerales y sustancias bioquímicas de alta energía (aminoácidos, bases nitrogenadas, sacáridos y polisacáridos biológicamente activos), 150 g L⁻¹ de extracto orgánico, 55,0 g L⁻¹ de Nitrógeno total, 60,0 g L⁻¹ de K₂O y 31,0 g L⁻¹ de P₂O₅, que actúa como bionutriente vegetal, con marcada influencia antiestrés y efecto bioestimulante, porque potencializa el crecimiento y el desarrollo de los cultivos (Calero-Hurtado *et al.* 2019c; Montano *et al.* 2007).

Diferentes estudios demuestran que la aplicación de FitoMas-E® al suelo, a la semilla y sobre las plantas, incrementa el crecimiento y el desarrollo de los cultivos, especialmente, el frijol (Calero Hurtado *et al.* 2017; Calero Hurtado *et al.* 2019e; Quintero *et al.* 2018). La utilización de los biofertilizantes/ bioestimulantes, desde el establecimiento inicial del cultivo, son esenciales para el éxito de la producción; basado en estos criterios, la hipótesis a constatar en este estudio es que la aplicación de los bioproductos de microorganismos benéficos y FitoMas-E®, de forma individualizada, estimulan la producción de frijol común, pero la aplicación conjunta podría incrementar, aún más, la productividad del grano. Consecuentemente, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la aplicación individual y combinada entre el consorcio microbiano ME-50® y FitoMas-E®, en el incremento agroproductivo del frijol común en siembra tardía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y material vegetal. El experimento, se desarrolló en la época de siembra tardía, entre enero y abril del 2019, en la Cooperativa

de Créditos y Servicios “Mártires de Taguasco” (22°6'17.588"N; 79°22'33.544"O), en Sancti Spíritus, Cuba. El cultivar Velazco largo de frijol común fue donado por la Empresa Provincial de Semillas de Sancti Spíritus, con un 96 % de germinación, el cual, se caracteriza por presentar granos de color rojo, un potencial de rendimiento de 2,3 t ha⁻¹, hábito de crecimiento tipo I y un ciclo de 72 a 77 días (MINAG, 2019). La siembra, se realizó de forma manual, a la distancia de 0,60 m entre hileras y 0,05 m entre plantas, para obtener una densidad de plantas, alrededor de 320.000 plantas ha⁻¹.

Condiciones climatológicas generales. Durante desarrollo del experimento, se registraron el promedio de las precipitaciones acumuladas, de 48,40 mm, temperatura media diaria de 22,10 °C y humedad relativa de 74,70 %, en la Estación Municipal de Recursos Hidráulicos de Cabaiguán, Sancti Spíritus, Cuba.

Características del suelo. El suelo es clasificado como Pardo Sialítico Carbonatado (Hernández *et al.* 2015), denominado Cambisol; presenta 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 arcillosos con predominio de arcillas del tipo 2:1 Montmorillonita.

Diseño experimental. Los tratamientos, se distribuyeron en un diseño en bloques al azar, en esquema factorial 2×2, con cinco réplicas. Se estudiaron dos niveles de aplicación (ausencia y presencia

[100 mg L⁻¹]), del consorcio ME-50[®] y su combinación con la no aplicación y aplicación (imbibición de las semillas a 100 mg g⁻¹ y aplicación foliar a 2,0 L ha⁻¹), de FitoMas-E[®], obteniéndose las siguientes combinaciones de tratamientos: -ME+FE: no aplicación de ME y FE; +ME-FE: inoculación al suelo y aplicaciones foliares con ME la concentración de 100 mg L⁻¹ en ausencia de FE; -ME +FE: tratamiento de las semillas a 100 mg g⁻¹ y aplicación foliar con FE a 2,0 L ha⁻¹ en ausencia de ME y +ME+FE: inoculación al suelo con ME (100 mg L⁻¹), tratamiento de las semillas con FE (100 mg g⁻¹) y aplicaciones foliares de ambos bioproductos mezclados ME (100 mg L⁻¹) y FE (2,0 L ha⁻¹). El tamaño de las parcelas fue de 9,60 m², el área efectiva fue de 3,36 m² y el área total del experimento de 0,38 ha. Las concentraciones y las dosis utilizadas de ambos bioproductos para la inoculación al suelo, tratamiento de las semillas y aplicaciones foliares, fueron seleccionadas con base a los resultados obtenidos anteriormente para el cultivo del frijol común (Calero-Hurtado *et al.* 2018; Calero Hurtado *et al.* 2019b; Quintero *et al.* 2018).

El modo de aplicación de los tratamientos está expuesto en la tabla 1 y la inoculación al suelo con ME-50[®], se realizó antes de depositar las semillas y, seguidamente, se procedió a la siembra. Las aspersiones realizadas, tanto al suelo como las foliares, fueron realizadas entre las 4:00 y 5:00 p.m., con una aspersora manual (ECHO MS-21H), de 7,6 L de capacidad.

Manejo agronómico. Las labores del cultivo fueron realizadas según las recomendaciones e instrucciones de la guía técnica para el cultivo (MINAG, 2019), destacándose que no se aplicaron

Tabla 1. Tratamientos y modo de aplicación utilizado en frijol cv. Velazco largo.

Tratamientos	Modo de aplicación				
	Suelo	Vía semilla	Etapa V3	Etapa V4	Etapa R5
-ME-FE	-	-	-	-	-
+ME-FE	100 mg L ⁻¹	-	100 mg L ⁻¹	100 mg L ⁻¹	100 mg L ⁻¹
-ME+FE	-	100 mg g ⁻¹	2,0 L ha ⁻¹	2,0 L ha ⁻¹	2,0 L ha ⁻¹
+ME+FE	100 mg L ⁻¹	100 mg g ⁻¹	100 mg g ⁻¹ +2,0 L ha ⁻¹	100 mg g ⁻¹ +2,0 L ha ⁻¹	100 mg g ⁻¹ +2,0 L ha ⁻¹

fertilizantes minerales u orgánicos en ningún momento del cultivo y las labores de limpieza fueron realizadas de forma manual.

Variables evaluadas. Los muestreos fueron realizados en el área efectiva de las parcelas y evaluadas 50 plantas por tratamientos. Las observaciones de las variables fisiológicas y productivas del cultivo correspondieron con los descriptores recomendados para las etapas de crecimiento y desarrollo de la planta de frijol común (Schoonhoven & Pastor-Corrales, 1987). Los parámetros relacionados con el crecimiento, como el número de hojas por planta (HP, conteo directo), el área foliar (AF, por el método de relación peso/área; se expresó en cm²) y la masa seca de las hojas (MS, separadas y colocadas en bolsas de papel en estufa a 60 C, hasta obtener peso constante y expresada en g planta⁻¹), se cuantificaron en la etapa reproductiva (R6).

Al finalizar el ciclo del cultivo (R9) fueron evaluados los parámetros productivos, como el número de vainas por planta (VP), el número de granos por vaina (SV), la masa de 100 semillas (M100, g), determinada a partir cinco muestras de 100 granos en cada unidad experimental y el rendimiento (RT, t ha⁻¹): tomando la producción obtenida en la parcela útil (kg) y se convirtió a t ha⁻¹.

Análisis estadístico. A los datos de NH, AF, MS, VP, SV, M100 y RT, se les comprobó la distribución normal, mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov, para la bondad de ajuste y la Dócima de Levene, para evaluar la homogeneidad de la varianza. Comprobados los supuestos de normalidad y de homogeneidad, se realizó un análisis de varianza de dos vías (ANOVA) y con una probabilidad del 5 %; cuando se encontraron diferencias significativas, se compararon las medias, por la prueba de Rangos Múltiples de

Tukey ($p < 0,05$). Todos los análisis mencionados, se realizaron en el software estadístico AgroEstat® (R Core Team, 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto sobre los parámetros del crecimiento. El NH, el AF, la relación entre el NH, la AF y la MSH mostraron interacciones significativas ($p < 0,05$) entre los factores ME y FE (Figura 1a, b). El NH fue significativamente ($p < 0,001$) superior en el tratamiento ME-50+FE, en comparación con los demás tratamientos evaluados; los incrementos fueron de ~27 %, con relación a la utilización individual de ambos bioproductos y 84 %, con relación a las plantas sin bioestimulantes (-ME-FE) (Figura 1a).

La MSH exhibió diferencias significativas ($p < 0,001$) entre los tratamientos utilizados (Figura 1b). La MSH fue significativamente ($p < 0,01$) superior en las plantas tratadas con +ME+FE, con

relación a los otros tratamientos evaluados, con incrementos de 20 %, en comparación a la aplicación de individual de ME y FE y de ~81 %, comparado con las plantas sin bioestimulantes (-ME-FE) (Figura 1b). El análisis de correlación entre el NH y el AF involucró a todos los tratamientos combinados y mostró una relación positiva creciente entre ambas variables. Estos resultados indican que, cada vez que se aumente el NH, el AF se incrementa en casi nueve, especialmente, en el tratamiento +ME+FE (Figura 1a, b).

Estos resultados afirman la hipótesis, basada en que los bioestimulantes ME-50® y FitoMas-E® incrementan el crecimiento del frijol cv. Velazco largo y que la aplicación combinada de ambos bioestimulantes incrementa, aún más, el crecimiento (NH, AF y MSH). Este incremento en el crecimiento de las plantas de frijol es debido a la incorporación de nutrientes minerales (N, P, K, Ca y Mg), que favorecen diferentes procesos biológicos y celulares, que originan una mejor estructura de las plantas (Calero-Hurtado

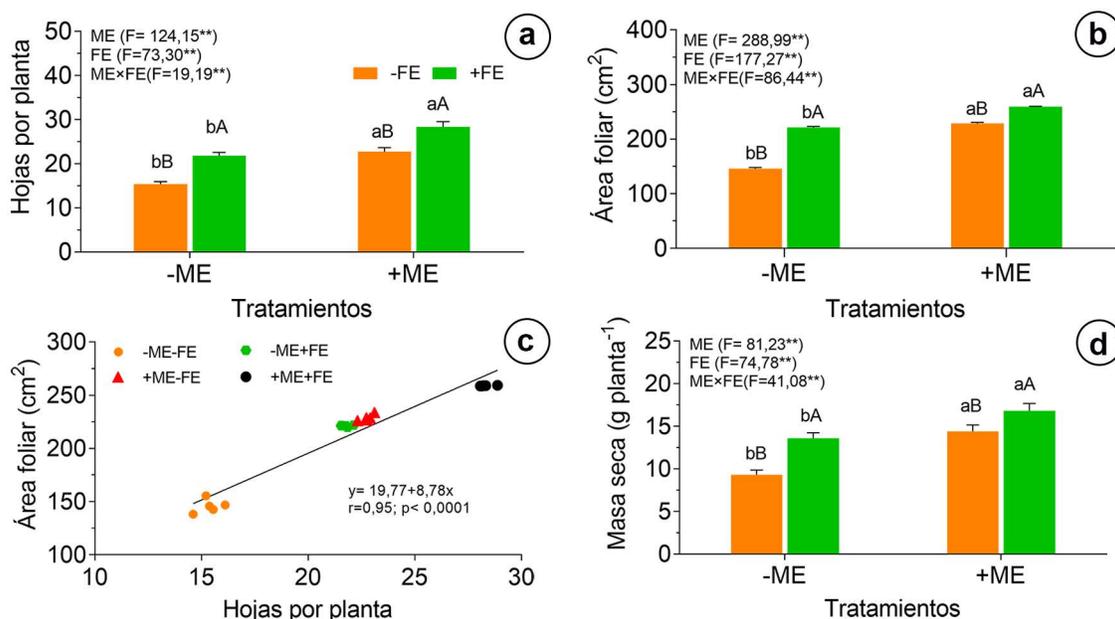


Figura 1. Efecto de los tratamientos en frijol cv. Velazco largo, en función de la aplicación o no de los bioproductos. -ME-FE, +ME-FE, -ME+FE y +ME+FE, en: a) número de hojas por planta; b) área foliar; c) relación número de hojas por planta y área foliar y d) masa seca de las hojas.

Letras minúsculas desiguales indican diferencias significativas entre la ausencia y la presencia de ME, y en el mismo nivel de FE, respectivamente. Letras mayúsculas diferentes muestran diferencias significativas entre los niveles de FE, en el mismo nivel de ME, de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

et al. 2020a; Montano *et al.* 2007). También, este crecimiento puede estar asociado con una mayor elaboración de nutrientes y fotosimilatos (Khatoun *et al.* 2020).

Por otra parte, la introducción de microorganismos, como *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus bulgaricum* y *Saccharomyces cerevisiae*, pudieron ayudar a solubilizar nutrientes minerales y producir sustancias (hormonas), que favorecen el desarrollo de las plantas (Blainiski *et al.* 2018; Kumari *et al.* 2019). Por otra parte, Hassan *et al.* (2019) plantearon que más del 80 % de las bacterias en la rizosfera del suelo son capaces de producir auxinas y sus efectos sobre el

crecimiento de las plantas son notables, porque aumentan el número de ramificaciones, la nutrición de las plantas y la capacidad de crecimiento.

Estos efectos sinérgicos en la estimulación del crecimiento de las plantas de frijol fueron observados anteriormente, con la aplicación combinada o asociada de este consorcio microbiano ME-50® y el bionutriente FitoMas-E® (Calero Hurtado *et al.* 2020d; Calero Hurtado *et al.* 2019e). Estos resultados indican que la inoculación al suelo con el consorcio microbiano ME-50®, el tratamiento a las semillas con FitoMas-E® y la aplicación foliar con

ambos bioestimulantes mezclados son una alternativa eficiente, para incrementar el crecimiento de las plantas de frijol en siembras tardías.

Efecto sobre los parámetros productivos. El ANOVA reveló interacciones significativas ($p < 0,001$) entre los bioestimulantes ME-50[®] y FitoMas-E[®], en la producción de VP, SV, M100 y el RD (Figura 2a-d). El bioestimulante ME-50[®] fue más promisorio en el incremento de parámetros productivos VP, SV, M100 y RD, con

relación a la aplicación del FitoMas-E[®] (Figura 2a-d). El promedio de SV fue significativamente ($p < 0,001$) superior en las plantas tratadas con +ME-50+FE, respecto a los otros tratamientos -ME-FE, +ME-FE y -ME+FE, con incrementos de 55 y ~21 %, respectivamente, pero, al mismo tiempo, la aplicación de +ME-FE y -ME+FE mostraron efectos similares y fueron significativamente ($p < 0,001$) superiores, en 31 %, respecto a las plantas sin bioestimulantes (Figura 2a).

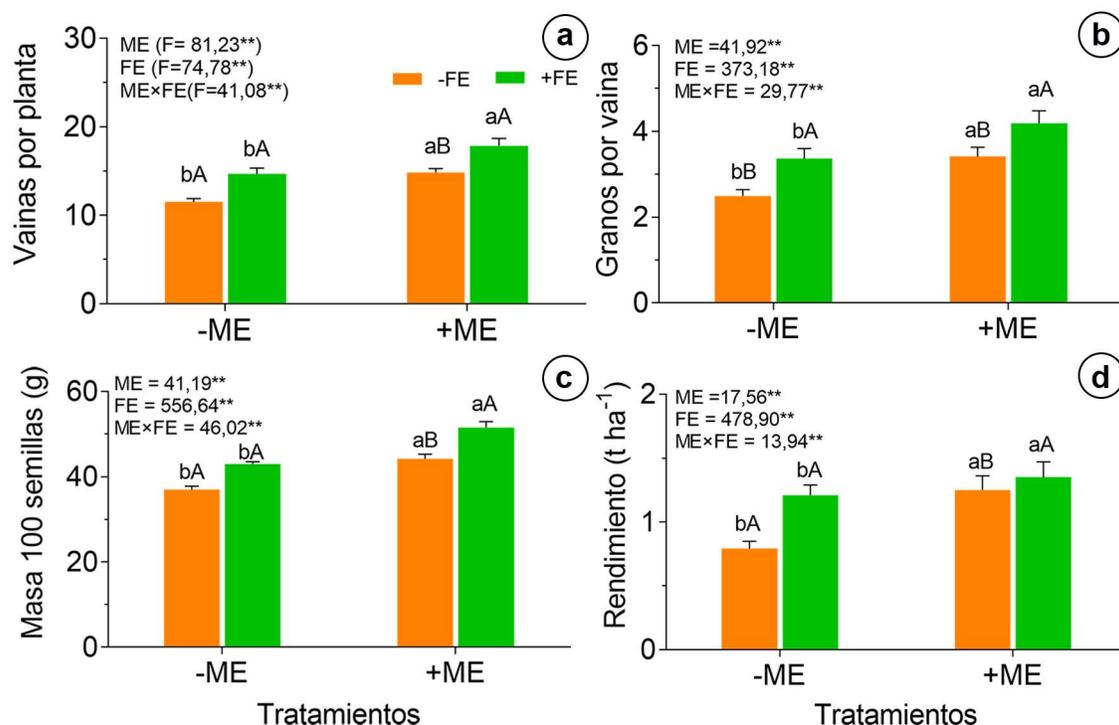


Figura 2. Efecto de los tratamientos en frijol cv. Velazco largo, en función de la aplicación o no de los bioproductos. -ME-FE, +ME-FE, -ME+FE y +ME+FE, en: a) promedio de vainas por planta; b) granos por vaina; c) masa de 100 semillas y d) el rendimiento. Letras minúsculas desiguales indican diferencias significativas entre la ausencia y la presencia de ME, en el mismo nivel de FE, respectivamente. Letras mayúsculas diferentes muestran diferencias significativas entre los niveles de FE, en el mismo nivel de ME, de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

El SV de las plantas de frijol reveló mayores resultados con la aplicación del bioestimulante ME-50[®], con relación al FitoMas-E[®] (Figura 2b). El SV mostró efectos significativos ($p < 0,001$) superiores en el tratamiento +ME+FE, comparado con los otros tratamientos evaluados, lo que significó aumentos de 64 %, respecto a la no utilización de los bioestimulantes (-ME-FE) y de 21 %, con relación a los tratamientos con +ME-FE y -ME+FE, pero, estos últimos, mostraron efectos similares y superaron en 35 % al tratamiento -ME-FE. La masa de 100 granos mostró diferencias significativas ($p < 0,001$) entre los tratamientos en plantas del cv. Velazco largo (Figura 2c). La M100 exhibió resultados superiores con la aplicación del bioestimulante ME-50[®], en comparación con el FitoMas-E[®] ($p < 0,01$). El tratamiento +ME+FE reveló efectos significativos superiores de ~40 %, comparados con el tratamiento -ME-FE y de 18 %, con relación a la aplicación individual de los bioestimulantes (+ME-FE y -ME+FE), pero, estos últimos, al

mismo tiempo, exhibieron una M100 superior a 24 %, comparado con las plantas sin bioestimulantes (-ME-FE) (Figura 2c).

El RD de las plantas de frijol fue significativamente ($p < 0,001$) superior en el bioestimulante ME-50[®], comparado con el tratamiento con FitoMas-E[®] (Figura 2d). El RD mostró efectos superiores en el tratamiento +ME-50+FE, en comparación con los demás tratamientos ($p < 0,001$), con incrementos de 71 %, en comparación con las plantas sin bioestimulantes (-ME-FE) y de ~10, en comparación con los tratamientos +ME-FE y -ME+FE, pero, estos últimos, a la misma vez, mostraron RD superiores, en 21 %, respecto al tratamiento -ME-FE ($p < 0,001$) (Figura 2d).

En este estudio, se observaron efectos positivos en el incremento de los parámetros productivos del frijol en época de siembra tardía, con la aplicación individual y combinada de los bioestimulantes

ME-50® y FitoMas-E®. Las interacciones significativas entre los parámetros productivos sugieren que el cultivar de frijol Velazco largo responde a la aplicación de ambos bioestimulantes y su combinación. Estos resultados indican que un mayor NV, SV, M100 y RD pueden estar relacionados a un mayor crecimiento expresado en el NH, AF y MSH (Figura 1).

El NV, SV, M100 son variables que constituyen un fuerte indicador del rendimiento del grano, porque influye directamente en la reducción o aumento de éste (Calero-Hurtado *et al.* 2020b). Estos resultados benéficos con la aplicación del bioestimulante ME-50®, se pueden deber a la incorporación de varios microorganismos, como *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus bulgaricum* y *Saccharomyces cerevisiae*, que facilitan la solubilización de nutrientes minerales, la incorporación de hormonas y el biocontrol de enfermedades (Keswani *et al.* 2019; Khatoon *et al.* 2020). Por otra parte, la aplicación de FitoMas-E® puede mejorar estos parámetros productivos, debido a la mejora de la nutrición, la floración, el cuajado de los frutos y el número de frutos por planta (Calero Hurtado *et al.* 2019e; Quintero *et al.* 2018).

Los resultados de esta investigación sugieren que la aplicación combinada entre los bioestimulantes ME-50® y FitoMas-E® son superiores a su aplicación individual, correspondiendo con nuestra hipótesis; esto indica, que hubo un efecto sinérgico entre ambos bioestimulantes en el aumento del crecimiento y la productividad del frijol común en época tardía. Resultados similares fueron reportados anteriormente en este cultivo, en otras épocas de siembras, en este mismo agroecosistema (Calero Hurtado *et al.* 2016; Calero Hurtado *et al.* 2019e). Estudios anteriores expresaron que el uso de microorganismos promotores del crecimiento ayuda a aumentar los rendimientos de los cultivos, además de aumentar la protección de las plantas (Paungfoo-Lonhienne *et al.* 2019).

Estudios recientes sugieren que la inoculación al suelo con el consorcio microbiano ME-50® y su aplicación alternada o asociada con el bionutriente FitoMas-E® tienen un efecto sinérgico y potencial, para aumentar el contenido nutricional de la planta y el crecimiento, con el consecuente aumento de la productividad del frijol (Calero-Hurtado *et al.* 2020b; Calero Hurtado *et al.* 2020c; Quintero *et al.* 2018). Los resultados de este estudio evidencian el posible efecto benéfico entre ambos bioestimulantes en el incremento del rendimiento del frijol común en época de siembra tardía, por lo tanto, el uso de microorganismos benéficos con bioestimulantes puede ser una alternativa eficiente para aumentar los rendimientos de este cultivo.

Por otra parte, es bien conocido que varios microorganismos tienen la capacidad de generar reguladores de crecimiento, que aprovechan las plantas para aumentar las raíces y la parte aérea, favoreciendo la productividad (Khatoon *et al.* 2020; Hassan *et al.* 2019). Los resultados de esta investigación sugieren que la inoculación del suelo y la semilla con el consorcio microbiano ME-50® y aplicaciones foliares mezcladas con FitoMas-E®, puede ser una herramienta prometedoras, eficiente y viable en los sistemas integrados de manejo de cultivos.

Finalmente, la hipótesis planteada fue verificada, sugiriendo que la aplicación combinada entre los bioestimulantes ME-50® y FitoMas-E® aumentan el crecimiento y la productividad del frijol en época de siembra tardía. Adicionalmente, estos hallazgos sugieren que la aplicación combinada de ambos bioestimulantes es una alternativa eficiente para aumentar el rendimiento de las plantas, lo que conduce a una producción agroecológica y sostenible de los cultivos.

Agradecimientos. Los autores agradecen a la Sucursal de Labiofam, por ofrecer gratuitamente los bioproductos para el desarrollo de estudio; a la Cooperativa de Créditos y Servicios “Mártires de Taguasco”, por la disponibilidad de recursos para el acompañamiento del trabajo en campo; a los pares evaluadores y a los editores de esta revista, por sus comentarios, que ayudaron a mejorar este trabajo. **Conflicto de intereses:** Los autores realizaron aportes significativos al documento y declaran que no está considerado para su publicación en ninguna otra revista, quienes declaran no tener conflicto de intereses y están de acuerdo con su publicación. **Financiación:** Todos los recursos y gastos de la investigación fueron financiados por la Cooperativa de Créditos y Servicios “Mártires de Taguasco”.

REFERENCIAS

1. AVILA, G.M. DE A.; GABARDO, G.; CLOCK, D.C.; JUNIOR, O.S.L. 2021. Use of efficient microorganisms in agriculture. *Res Soc Dev.* 10(8):e40610817515–e40610817515. <https://doi.org/10.33448/RSD-V10I8.17515>
2. BLAINSKI, J.M.L.; DA ROCHA NETO, A.C.; SCHIMIDT, E.C.; VOLTOLINI, J.A.; ROSSI, M.J.; DI PIERO, R.M. 2018. Exopolysaccharides from *Lactobacillus plantarum* induce biochemical and physiological alterations in tomato plant against bacterial spot. *Appl Microbiol Biotechnol.* 102(11):4741-4753. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-8946-0>
3. CALERO, A.; QUINTERO, E.; PÉREZ, Y.; OLIVERA, D.; PEÑA, K.; CASTRO, I.; JIMÉNEZ, J. 2019. Evaluation of efficient microorganisms in the tomato seedling production (*Solanum lycopersicum* L.). *Rev Cienc Agríc.* 36(1):67-78. <https://doi.org/10.22267/rcia.193601.99>
4. CALERO HURTADO, A.; OLIVERA VICIEDO, D.; PÉREZ DÍAZ, Y.; GONZÁLEZ-PARDO HURTADO, Y.; YÁNEZ SIMÓN, L.A.; PEÑA CALZADA, K. 2020a. Manejo de diferentes densidades de plantación y aplicación de microorganismos eficientes incrementan la productividad del arroz. *Idesia.* 38(2):109-117. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292020000200109>
5. CALERO-HURTADO, A.; PÉREZ-DÍAZ, Y.; GONZÁLEZ-PARDO HURTADO, Y.; OLIVERA-VICIEDO, D.; PEÑA-CALZADA, K.; CASTRO-LIZAZO, I.; MELÉNDREZ-

- RODRÍGUEZ, J.F. 2020b. Complementary application of two bioproducts increasing the productivity on common bean. *Cultiv. Trop.* 41(3):e07.
6. CALERO HURTADO, A.; PÉREZ DÍAZ, Y.; GONZALEZ-PARDO HURTADO, Y.; YANES SIMÓN, L.A.; PEÑA CALZADA, K.; OLIVERA VICIEDO, D.; MELENDREZ RODRÍGUEZ, J.F. 2020c. Respuesta agroproductiva de la habichuela a la aplicación de vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes. *Rev. Fac. Cienc.* 9(1):112-124. <https://doi.org/10.15446/REV.FAC.CIENC.V9N1.82584>
7. CALERO HURTADO, A.; PÉREZ DÍAZ, Y.; OLIVERA VICIEDO, D.; QUINTERO RODRÍGUEZ, E.; PEÑA CALZADA, K.; THEODORE NEDD, L.L.; JIMÉNEZ HERNÁNDEZ, J. 2019a. Effect of different application forms of efficient microorganisms on the agricultural productive of two bean cultivars. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín.* 72(3):8927-8935. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n3.76272>
8. CALERO HURTADO, A.; PÉREZ DÍAZ, Y.; PÉREZ REYES, D. 2016. Efecto de diferentes biopreparados combinado con Fitomas-E en el comportamiento agroproductivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Monfragüe Desarrollo Resiliente.* 7(2):162-176.
9. CALERO-HURTADO, A.; PÉREZ DÍAZ, Y.; QUINTERO RODRÍGUEZ, E.; OLIVERA VICIEDO, D.; PEÑA CALZADA, K. 2019b. Efecto de la aplicación asociada entre *Rhizobium leguminosarum* y microorganismos eficientes sobre la producción del frijol común. *Cienc. Tecnol. Agropecu.* 20(2):309-322. https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num2_art:1460
10. CALERO-HURTADO, A.; QUINTERO-RODRÍGUEZ, E.; OLIVERA-VICIEDO, D.; PEÑA-CALZADA, K.; PÉREZ-DÍAZ, Y. 2019c. Influencia de dos bioestimulantes en el comportamiento agrícola del cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). *Rev. Fac. Cienc.* 8(2):31-44. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v8n1.73546>
11. CALERO-HURTADO, A.; QUINTERO-RODRÍGUEZ, E.; OLIVERA-VICIEDO, D.; PÉREZ-DÍAZ, Y.; CASTRO-LIZAZO, I.; JIMÉNEZ, J.; LÓPEZ-DÁVILA, E. 2018. Respuesta de dos cultivares de frijol común a la aplicación foliar de microorganismos eficientes. *Cultiv. Trop.* 39(3):5-10.
12. CALERO HURTADO, A.; QUINTERO RODRÍGUEZ, E.; PÉREZ DÍAZ, Y. 2017. Utilización de diferentes bioproductos en la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agrotec. Cuba.* 41(1):17-24.
13. CALERO HURTADO, A.; QUINTERO RODRÍGUEZ, E.; PÉREZ DÍAZ, Y.; GONZÁLEZ-PARDO HURTADO, Y.; GONZÁLEZ LORENZO, T.N. 2019d. Microorganismos eficientes y vermicompost lixiviado aumentan la producción de pepino. *Rev. U.D.C.A. Act. & Div. Cient.* 22(2):e1167. <https://doi.org/10.31910/RUDCA.V22.N2.2019.1167>
14. CALERO HURTADO, A.; QUINTERO RODRÍGUEZ, E.; PÉREZ DÍAZ, Y.; JIMÉNEZ HERNÁNDEZ, J.; CASTRO LIZAZO, I. 2020d. Asociación entre AzoFert® y microorganismos eficientes como potenciadores del crecimiento y la productividad del frijol. *Rev. Fac. Agron. (LUZ).* 37(4):387-409. [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v37.n4.04](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v37.n4.04)
15. CALERO HURTADO, A.; QUINTERO RODRÍGUEZ, E.; PÉREZ DÍAZ, Y.; OLIVERA VICIEDO, D.; PEÑA CALZADA, K.; JIMÉNEZ HERNANDEZ, J. 2019e. Efecto entre microorganismos eficientes y fitomas-e en el incremento agroproductivo del frijol. *Rev. Bio. Agro.* 17(1):25-33. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v17n1.1173>
16. CAMPA, A.; MURUBE, E.; FERREIRA, J.J. 2018. Genetic diversity, population structure, and linkage disequilibrium in a spanish common bean diversity panel revealed through genotyping-by-sequencing. *Genes.* 9(11):518. <https://doi.org/10.3390/genes9110518>
17. FRANCISCO, J.G.; MENDES, K.F.; PIMPINATO, R.F.; TORNISIELO, V.L.; GUIMARÃES, A.C.D. 2018. Soil factors effects on the mineralization, extractable residue, and bound residue formation of Aminocyclopyrachlor in three tropical soils. *Agronomy.* 8(1):1. <https://doi.org/10.3390/agronomy8010001>
18. HASSAN, M.K.; MCINROY, J.A.; KLOEPPER, J.W. 2019. The interactions of rhizodeposits with plant growth-promoting rhizobacteria in the rhizosphere: A review. *Agriculture.* 9:142. <https://doi.org/10.3390/agriculture9070142>
19. HERNÁNDEZ, J.A.; PÉREZ, J.J.M.; BOSCH, I.D.; CASTRO, S.N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. Ed. Ediciones INCA (Mayabeque, Cuba). 93p.
20. KESWANI, C.; PRAKASH, O.; BHARTI, N.; VÍLCHEZ, J.I.; SANSINENEA, E.; LALLY, R.D.; BORRIS, R.; SINGH, S.P.; GUPTA, V.K.; FRACETO, L.F.; LIMA, R.; SINGH, H.B. 2019. Re-addressing the biosafety issues of plant growth promoting rhizobacteria. *Sci. Total Environ.* 690:841-852. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.046>
21. KHATOON, Z.; HUANG, S.; RAFIQUE, M.; FAKHAR, A.; AQEEL, M.; SANTOYO, G. 2020. Unlocking the potential of plant growth-promoting rhizobacteria on soil health and the sustainability of agricultural systems. *J. Environ. Manage.* 273(8):111118. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111118>

22. KUMARI, B.; MALLICK, M.A.; SOLANKI, M.K.; HORA, A.; GUO, W. 2019. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Modern prospects for sustainable agriculture. In: Ali Ansari, R.; Mahmood, I. (eds.). Plant health under biotic stress. Springer. p.109-127.
https://doi.org/10.1007/978-981-13-6040-4_6
23. MINISTERIO DE LA AGRICULTURA, MINAG. 2019. Instructivo técnico para la producción de frijol y maíz. MINAG (La Habana, Cuba). 37p.
24. MONTANO, R.; ZUAZNABAR, R.; GARCÍA, A.; VIÑALS, M.; VILLAR, J.C. 2007. Fitomas E: Bionutriente derivado de la industria azucarera. ICIDCA Deriv Caña Azúcar. 41(3):14-21.
25. MWALE, S.E.; SHIMELIS, H.; MAFONGOYA, P.; MASHILO, J. 2020. Breeding tepary bean (*Phaseolus acutifolius*) for drought adaptation: A review. Plant Breed. 139(5):821-833.
<https://doi.org/10.1111/pbr.12806>
26. NASSARY, E.K.; BAIJUKYA, F.; NDAKIDEMI, P.A. 2020. Intensification of common bean and maize production through rotations to improve food security for smallholder farmers. J. Agric. Food Res. 2:100040.
<https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2020.100040>
27. PAUNGFUO-LONHIENNE, C.; REDDING, M.; PRATT, C.; WANG, W. 2019. Plant growth promoting rhizobacteria increase the efficiency of fertilisers while reducing nitrogen loss. J Environ Manage. 233:337-341.
<https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2018.12.052>
28. QUINTERO, E.; CALERO, A.; PÉREZ, Y.; ENRÍQUEZ, L. 2018. Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. Cent Agrícola. 45:73-80.
29. R CORE TEAM. 2019. "R: A language and environment for statistical computing; 2015." Disponible desde Internet en: <http://www.r-project.org>
30. SCHOONHOVEN, A.V.; PASTOR-CORRALES, M.A. 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (Colombia). 56p.
31. SILVA, A.L.DA.; CORDEIRO, R.S.; ROCHA, H.C.R. 2022. Aplicability of Efficient Microorganisms (EM) in agriculture: literature review. Res. Soc. Dev. 11(1):e32311125054–e32311125054.
<https://doi.org/10.33448/RSD-V11I1.25054>
32. SINGH, A.; KARMEGAM, N.; SINGH, G.S.; BHADAURIA, T.; CHANG, S.W.; AWASTHI, M.K.; SUDHAKAR, S.; ARUNACHALAM, K.D.; BIRUNTHA, M.; RAVINDRAN, B. 2020. Earthworms and vermicompost: an eco-friendly approach for repaying nature's debt. Environ. Geochem. Health. 42(6):1617-1642.
<https://doi.org/10.1007/s10653-019-00510-4>