



## Bioproductos y fertilización NPK en el frijol cultivado sobre suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados

### Bioproducts and NPK fertilization in beans grown on Eutric Nitisols soils

 Ramón Rivera Espinosa\*,  Adriano Cabrera Rodríguez,  
 Gloria M. Martín Alonso,  Luis Roberto Fundora Sánchez

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

**RESUMEN:** El frijol es un alimento importante en la dieta del cubano y su producción se encuentra limitada por un deficiente suministro de nutrientes, derivado de la difícil situación económica. En el país se han desarrollado diferentes bioproductos los cuales aportan nutrientes y/o incrementan la eficiencia en la utilización de estos. Este trabajo se realizó con el objetivo de establecer criterios para el manejo efectivo de bioproductos y su relación con las dosis de fertilizantes requeridas. Se ejecutaron cinco experimentos en áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, con el cultivar CC-25-9N en suelos Nitisoles éutricos, durante el periodo 2013-2016. Se estudiaron en bloques al azar diversas combinaciones de los bioproductos EcoMic®, Fitomas-E®, Azofert-f®, Biobras-16®, Quitomax® y Pectimorf®, desde la aplicación de dos hasta los seis y varias dosis de fertilizante NPK. Se encontró una respuesta beneficiosa a la aplicación conjunta de bioproductos, dependiente de la dosis de fertilizante aplicada y del rendimiento máximo obtenido. Para niveles de rendimientos entre 1.96 y 2.05 t ha<sup>-1</sup> fue necesario aplicar dosis de 36-39-51 kg ha<sup>-1</sup> que descendieron a 36-26-34 para rendimientos entre 1.6 y 1.8 t ha<sup>-1</sup>. La aplicación de Quitomax® y Biobras-16® de conjunto con EcoMic®, Fitomas-E® y Azofert-f® resultó efectiva e incrementó los rendimientos ( $p \leq 0.1$ ) en comparación a cuando se adicionó solo uno de los dos. La inclusión del Pectimorf® no fue eficiente. La aplicación conjunta al frijol de los bioproductos EcoMic®, Fitomas-E®, Azofert-f®, Biobras-16® y Quitomax® resultó efectiva aún en presencia de dosis bajas de fertilizantes NPK.

**Palabras clave:** inoculante micorrízico, quitosano, análogo brasinoesteroide, rizobio.

**ABSTRACT:** Beans are an important food in the Cuban diet and their production is limited by a deficient supply of nutrients, due to the difficult economic situation. Different bioproducts have been developed in the country that provide nutrients and increase the efficiency of nutrient utilization. This work was carried out to establish criteria for effectively managing bioproducts and their relationship with the required fertilizer doses. Five experiments were carried out in experimental areas of the National Institute of Agricultural Sciences, with the cultivar CC-25-9N in Eutric Nitisols soils, from 2013 to 2016. Various combinations of the bioproducts EcoMic®, Fitomas-E®, Azofert-f®, Biobras-16®, Quitomax®, and Pectimorf® were studied in randomized blocks, from the application of two to six and various doses of NPK fertilizer. A beneficial response to the combined application of bioproducts was found, depending on the dose of fertilizer applied and the maximum yield obtained. For yield levels between 1.96 and 2.05 t ha<sup>-1</sup>, it was necessary to apply doses of 36-39-51 kg ha<sup>-1</sup> which decreased to 36-26-34 for yields between 1.6 and 1.8 t ha<sup>-1</sup>. The application of Quitomax® and Biobras-16® together with EcoMic®, Fitomas-E®, and Azofert-f® was effective and increased yields ( $p \leq 0.1$ ) compared to when only one of the two was added. The inclusion of Pectimorf® was not efficient. The combined application of the bioproducts EcoMic®, Fitomas-E®, Azofert-f®, Biobras-16®, and Quitomax® to beans was effective even in the presence of low NPK fertilizer doses.

**Key words:** mycorrhizal inoculant, chitosan, brassinosteroid analogue, rhizobia.

\*Autor para correspondencia: [rrivera03941@gmail.com](mailto:rrivera03941@gmail.com)

Recibido: 11/11/2024

Aceptado: 23/01/2025

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

**Contribución de los autores:** **Conceptualización:** Ramón Rivera. **Investigación:** Ramón Rivera, Luis Roberto Fundora Sánchez.

**Metodología:** Ramón Rivera, Gloria Martín Alonso. **Procesamiento de los datos y Escritura del borrador inicial:** Ramón Rivera y Luis Roberto Sánchez Fundora. **Escritura y edición final:** Ramón Rivera, Adriano Cabrera Rodríguez.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



## INTRODUCCIÓN

El cultivo del frijol es importante en la dieta de una gran parte de la población en diversas regiones de mundo, especialmente en los países en desarrollo (1). Es uno de los alimentos fundamentales en la dieta del cubano y se considera que el per cápita anual puede alcanzar hasta 23 kg (2); sin embargo, en el año 2021 solo se sembraron 70 000 ha, alcanzando un rendimiento promedio bajo de 0,86 t ha<sup>-1</sup> (3), bien lejos de los potenciales de rendimientos de los cultivares comerciales entre 2,5 y 3 t ha<sup>-1</sup> (4) e incluso de los obtenidos en el 2018, previo a la pandemia de COVID y al recrudescimiento del bloqueo, de 147560 ha sembradas y rendimientos de 1,09 t ha<sup>-1</sup> (5).

En Cuba las tecnologías de producción de los cultivos comúnmente se han basado en garantizar los requerimientos nutricionales a través de los fertilizantes sintéticos. La situación económica del país y los precios crecientes de los mismos han disminuido la capacidad de adquisición de estos desde fines del siglo pasado, limitando el rendimiento de los cultivos (6), no obstante, el frijol se mantuvo como cultivo priorizado en el periodo 2011- 2018, recibiendo un paquete de 200 a 300 kg ha<sup>-1</sup> de 9-13-15 y de 50 kg ha<sup>-1</sup> de 46-0-0. Con posterioridad estas aplicaciones no se pudieron mantener y la baja disponibilidad de fertilizantes ha sido una de las causas de la caída actual de los rendimientos.

Por otra parte, el replanteamiento del papel de los fertilizantes en los sistemas de suministro de nutrientes (7), incluyendo la aplicación conjunta con microorganismos edáficos benéficos (8,9) los cuales mejoran el estado nutricional de las plantas y disminuyen los requerimientos de fertilizantes, ha potenciado en el país el desarrollo de bioproductos basados en hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y rizobios (10,11). Asimismo, se han desarrollado otros bioproductos como el Quitomax®, el Biobras-16®, el Fitomas® y el Pectimorf® basados en compuestos con propiedades bioactivas (Departamento de Suelos y Fertilizantes (12), que incrementan rendimientos y eficiencia de los insumos aplicados.

En función de los resultados obtenidos con la aplicación de los bioproductos y de la situación económica del país, se decidió implementar en el país una Política de Bioproductos (13) que indicó incrementar la producción y utilización de los mismos. Como casi todos estos bioproductos poseen mecanismos de acción diferentes (12) que parecen ser complementarios, se fundamenta la evaluación de la efectividad de las aplicaciones conjuntas. Si bien en el frijol existe información sobre los efectos beneficiosos de la aplicación de biofertilizantes micorrízicos y de rizobios (4), la potencialidad del manejo conjunto debe incluir otros bioproductos con resultados positivos en las aplicaciones simples a los cultivos.

Las extracciones de los macronutrientes en el frijol se estiman en 102, 10,5 y 73,5 kg t<sup>-1</sup> de N, P y K respectivamente (14). Con excepción de los inoculantes a base de rizobios con los cuales la fijación biológica del nitrógeno (FBN) puede ascender hasta 40 % (15) o quizás 60 % de las necesidades de este cultivo, el resto de los bioproductos

referidos no originan aportes de nutrientes al sistema y aunque promueven una absorción o un uso más eficiente de estos por las plantas, el manejo sostenible de los bioproductos requiere su integración con otras fuentes de nutrientes para de conjunto con los elementos disponibles del suelo garantizar los nutrientes al cultivo (16).

Una temática muy poco estudiada en el país ha sido la integración del manejo conjunto de diferentes bioproductos con las dosis de fertilizantes necesarias para alcanzar los rendimientos máximos de los cultivares. Los rendimientos máximos experimentales alcanzados en condiciones de suministro satisfactorio de nutrientes dependen no solo del potencial de rendimiento del cultivar para una condición dada, sino de las condiciones climáticas específicas existentes, del manejo agronómico empleado, del suministro de agua y la efectividad del control de plagas, entre otros (17). De forma tal que con un mismo cultivar se pueden obtener incluso en una misma localidad, diferentes rendimientos máximos experimentales con diferentes requerimientos de nutrientes (4).

Por tanto, los objetivos de este trabajo consistieron en establecer para el frijol criterios para el manejo conjunto de los bioproductos, su relación con las dosis de fertilizantes requeridas y con los niveles de rendimiento máximo alcanzado. Lo anterior permitirá aprovechar más eficientemente las producciones nacionales de bioproductos, así como las importaciones o producciones nacionales de fertilizantes y de esta forma a través del incremento de los rendimientos mejorar la disponibilidad de frijol para la población.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se ejecutaron cinco experimentos durante los años 2013-2016, con uno de los cultivares comerciales de frijol más extendidos en el país (CC-25-9 N). Los experimentos se desarrollaron en el área experimental del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), ubicada en el municipio San José de las Lajas, en la provincia de Mayabeque, Cuba y localizada a los 22°59' Latitud Norte y -82°08' Longitud Oeste, a 138 m s.n.m. sobre suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (18) equivalentes a los Nitisoles éutricos de acuerdo con el referencial mundial de suelos WRB (19).

### Condiciones edáficas

Los suelos presentaron pH-H<sub>2</sub>O neutros, con contenidos adecuados de Ca y de Mg del orden de 11,9 y 2,4 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> respectivamente y resultaron típicos para estos suelos, con una relación Ca/Mg de 4,95. Los contenidos de materia orgánica si bien fueron medios, indicaron un buen estado de conservación para este tipo de suelo, sometido a cultivo continuo y situado a baja altitud. Los contenidos de fósforo disponible fueron elevados y relacionados con aplicaciones previas de fertilizantes minerales. Los contenidos de potasio fueron bajos tanto absolutos como relativos (< 2 % con relación a bases intercambiables) e indicativos de la necesidad de atender su suministro a los cultivos para garantizar rendimientos satisfactorios. Los contenidos de esporas residentes de HMA fueron bajos.

**Tabla 1.** Características químicas de los suelos al inicio de los experimentos y cantidad de esporas de HMA residentes (0-20 cm de profundidad). INCA, San José de las Lajas, periodo 2013-2016

Tipo de suelo	pH-H <sub>2</sub> O	MO g kg <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg 100 g <sup>-1</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>+</sup>	Cantidad Esporas 50 g <sup>-1</sup>
				cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>				
Nitisol éutrico	6,7	32	144	0,10	0,24	11,5	2,4	65
IC±	0,12	1,1	5,2	0,02	0,03	0,35	0,25	10

IC±: Intervalo de confianza a P=0,95. Valores promedios de los diferentes experimentos. En cada experimento se tomaron 4 muestras compuestas de suelo. Determinaciones químicas: pH-H<sub>2</sub>O potenciómetro, MO (materia orgánica) Walkley Black, P extracción con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.05 M, Cationes intercambiables por extracción con solución NH<sub>4</sub>Ac 1 M, pH 7, (20). Cantidad de esporas micorrízicas, por el método decantado húmedo modificado (21)

### Condiciones Climáticas

La localidad se caracteriza por una precipitación anual promedio de 1579 mm (serie histórica 1968-2020). El periodo lluvioso se extiende de mayo a octubre con el 77,2 % de las precipitaciones y el resto en el poco lluvioso. Los años experimentales se caracterizaron por precipitaciones anuales que oscilaron entre el 85 % y 105 % de la precipitación promedio anual, con solo un año inferior a 1400 mm. El régimen de temperatura tanto el promedio anual como las medias por periodo fueron relativamente similares en los cuatro años, con valores cercanos a la media histórica anual de 24,2 °C. En el periodo lluvioso las temperaturas promedio mensuales fueron del orden de 25,8 °C superiores en 3,2 °C a las del poco lluvioso.

### Experimentos, tratamientos y diseño experimental

**Experimento 1.** Se evaluaron 13 tratamientos (Tabla 2) en un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas. Se estudió la respuesta a diferentes combinaciones de los bioproductos EcoMic® (inoculante micorrízico a base de la cepa INCAM-4/ *Glomus cubense*), Azofert-f® (inoculante a base de rizobios) y Biobras-16® (bioestimulante a base de análogos de brasinoesteroides) en presencia de tres dosis de fertilizantes (36-26-34, 36-39-51 y 36-52-68 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente). Se evaluaron también el tratamiento con la dosis 100-72-84, recomendada por el Instructivo Técnico (22) y el control absoluto (0-0-0). El bioproducto Fitomas-E® se aplicó de fondo a los tratamientos fertilizados, a partir de su uso generalizado en el país, con excepción del que recibió la dosis del Instructivo. La fecha de siembra fue de 16/1/2013.

Cada tratamiento evaluado e identificado por un número, resultó de la combinación de la fila (establece la dosis) con la columna (aplicación de bioproductos) en cuestión. La columna sin adición significa que los tratamientos no

recibieron bioproductos y se corresponden con la aplicación sola de las dosis de fertilizantes de cada fila. Ft: Fitomas®; Eco: EcoMic®; Az: Azofert-f®; Bb: Biobras-16®.

**Experimento 2.** Con objetivos, bioproductos, dosis de fertilizantes y diseño experimental similares al anterior, pero con solo 11 tratamientos (Tabla 2). En este experimento el efecto aditivo de los diferentes bioproductos se estudió en las dosis 36-26-34 y 36-39-51 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O. Asimismo el efecto combinado de los tres bioproductos se evaluó también en presencia de la dosis de 36-52-68. Se incluyó también el tratamiento control absoluto. La fecha de siembra fue de 29/11/2013.

**Experimento 3.** Se evaluaron 13 tratamientos (Tabla 3) con objetivos, dosis de fertilizantes y diseño experimental similares a los experimentos anteriores. En este caso se sustituyó el bioestimulante Biobras-16®, por el Quitomax® (bioestimulante a base de hidrolizados de quitosanos). El efecto aditivo de los diferentes bioproductos se estudió en las dosis 36-26-34 y 36-39-51 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente. Asimismo, se incluyó un tratamiento que recibió todos los bioproductos en presencia de mayores dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O (36-52-68), así como algunos otros tratamientos de referencia con diferentes dosis de fertilizantes y el testigo absoluto. La fecha de siembra fue de 26/11/2014.

Cada tratamiento evaluado e identificado por un número, resultó de la combinación de la fila (establece la dosis) con la columna en cuestión. La columna sin adición significa que los tratamientos se corresponden con la información que se presentan en la fila. Ft: Fitomas®; Eco: EcoMic®; Az: Azofert-f®; Qx: Quitomax®.

**Experimentos 4 y 5.** Ambos experimentos se ejecutaron con los mismos nueve tratamientos (Tabla 4). Todos los tratamientos recibieron como fondo común la dosis de 36-26-34 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente,

**Tabla 2.** Tratamientos estudiados en experimentos 1 y 2. Suelo Nitisol éutrico. San José de las Lajas, Mayabeque. Años 2013-2014

Dosis de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y K <sub>2</sub> O kg ha <sup>-1</sup>	Experimento 1				Experimento 2			
	Sin Adición	Eco	Eco+Az	Eco+Az+Bb	Sin Adición	Eco	Eco+Az	Eco+Az+Bb
0-0-0	1				1			
36-26-34+ Ft	2			3	2	3	4	5
36-39-51+ Ft	4	5	6	7	6	7	8	9
36-52-68+ Ft	8	9	10	11	10			11
59-52-68+Ft	12							
100-72-84	13							

**Tabla 3.** Tratamientos estudiados en experimento 3. Suelo Nitisol éutrico San José de las Lajas, Mayabeque. Años 2014-2015

Dosis de fertilizantes N, P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> y K <sub>2</sub> O kg ha <sup>-1</sup>	Experimento 3			
	Sin Adición	Eco	Eco+Az	Eco+Az+Qx
0-0-0	1			
36-26-34	2			
36-26-34 + Ft	3	4	5	6
36-39-51 + Ft	7	8	9	10
36-52-68 + Ft	11			12
100-72-84	13			

de conjunto con la aplicación de Fitomas-E®. Se estudió la respuesta a la aplicación combinada de EcoMic® y Azofert-f®. Asimismo, se estudiaron las aplicaciones simples y combinadas de los bioproductos Biobras-16®, Quitomax® y Pectimorf® (bioestimulante a base de oligogalacturónidos) en presencia además de la aplicación de EcoMic® y Azofert-f®. El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro réplicas. El experimento 4 se sembró el 26/11/2014 y el experimento 5 el 26/12/2015.

**Tabla 4.** Tratamientos estudiados en experimentos 4 y 5. Suelos Nitisol éutrico. San José de las Lajas, Mayabeque. Años 2014-2016

Tratamientos
36-26-34 + Ft
36-26-34 + Ft + Eco+Az
36-26-34 + Ft + Eco+Az+Bb
36-26-34 + Ft + Eco+Az+Pc
36-26-34 + Ft + Eco+Az+Qx
36-26-34 + Ft + Eco + Az+ Bb+Pc
36-26-34 + Ft + Eco+Az+Bb+Qx
36-26-34 + Ft + Eco+Az+Pc+Qx
36-26-34 + Ft + Eco+Az+Bb+Pc+Qx

36-26-34: dosis de fertilizantes kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente. Ft: Fitomas®; Eco: EcoMic®; Az: Azofert-f®; Bb: Biobras-16®; Pc: Pectimorf®; Qx: Quitomax®

## Aspectos generales

El marco de plantación utilizado en todos los experimentos fue de 0.7 m entre calles y 0.07 m entre plantas, para una densidad de 200 000 plantas ha<sup>-1</sup> y 14 plantas por metro lineal. Las parcelas experimentales estaban compuestas por 7 surcos de 5 metros de largo. El área de cálculo fue de 14 m<sup>2</sup>, a partir de evaluar los 5 surcos centrales y en los mismos solo utilizar las plantas correspondientes a 4 m, sin incluir 0.5 m al inicio y al final de cada surco.

## Bioproductos y formas de aplicar

**Inoculante micorrízico.** Se utilizó el inoculante comercial EcoMic® a base de *Glomus cubense* (Y. Rodr. & Dalpé) / INCAM-4, DAOM241198/, con un mínimo de 20 esporas g<sup>-1</sup> y cantidades no determinadas de raicillas y micelio. Se aplicó vía recubrimiento de las semillas, previamente humedecidas con agua, en cantidades de 4 kg de EcoMic® cada 50 kg de semilla (10). Este inoculante es efectivo para cultivos sobre suelos en rango de pH-H<sub>2</sub>O entre 5.8 y 7.2 (16).

**Inoculante a base rizobios.** Se utilizó el inoculante Azofert-f® formulado líquido a base de la cepa CF1/ *Rhizobium leguminosarum* con un título de 10<sup>8</sup> UFC en cantidades de 240 ml por cada 50g de semilla (12). Se aplicó de conjunto con el EcoMic® vía recubrimiento de las semillas, de forma tal que parte del humedecimiento de la semilla se realizó con este inoculante (10).

**Bioestimulante Pectimorf®.** En formulación líquida. Se aplicó mediante imbibición de semillas en una solución de 10 mg L<sup>-1</sup> durante 30 minutos. (12), antes de recubrir estas con el EcoMic® y el Azofert-f®.

**Bioestimulante Fitomas®.** Se aplicó vía aspersión foliar en dos momentos. En cada uno con dosis 1 L ha<sup>-1</sup> asperjado a los 25 y a los 45 días después de la siembra (dds) en aplicaciones de alto volumen, equivalentes a 200 L ha<sup>-1</sup> (12).

**Bioestimulante Biobras-16®.** A base de análogos de brasinoesteroides en formulación líquida. Se aplicó vía aspersión foliar en dos momentos a los 25 y 45 días de sembrado el frijol (dds). En cada momento se aplicó el equivalente a 20 mg ha<sup>-1</sup> (12), disueltos en agua para aplicaciones de alto volumen.

**Bioestimulante Quitomax®.** A base de quitosanos en formulación líquida. Se aplicó vía aspersión foliar (Qxf), en dos momentos a los 25 y 45 días, con dosis de 100 mg (12) disueltas en 200 L de agua y aplicados a una hectárea (alto volumen).

En función de los tratamientos los bioproductos que se aplicaron vía foliar se hicieron de conjunto en la misma aspersión.

## Fertilizantes y atenciones culturales

Las diferentes dosis de fertilizantes se conformaron a partir de aplicar el fósforo y el potasio por la utilización de la fórmula (9-13-17) y las cantidades de nitrógeno complementando con urea (46-0-0). Las cantidades de fórmula completa se aplicaron en el fondo del surco previo a la siembra y la urea se aplicó a los 30 dds al suelo alrededor de las plantas e incorporándose con este. En el grueso de los tratamientos se mantuvieron las cantidades de nitrógeno similares del orden de 36 kg ha<sup>-1</sup> de N teniendo en cuenta la aplicación de inoculantes a base de rizobios, de forma tal que se variaron las cantidades de fósforo y potasio que recibió el frijol. La aplicación 100-72-84 que responde a la recomendación de fertilizantes NPK para el frijol en ausencia de inoculación con rizobios, así como las atenciones culturales incluyendo el riego se realizaron de acuerdo con el Instructivo Técnico del cultivo (12).



## Evaluaciones

**Análisis de suelos.** Al inicio de cada experimento y en cada replica se tomaron dos muestras compuestas, cada una de 10 submuestras tomadas aleatoriamente en la profundidad de 0-20 cm. En cada muestra se realizaron las determinaciones planteadas en la [tabla 1](#).

**Cosecha.** En todos los experimentos la cosecha se realizó entre los 105 y 110 dds, en el área de cálculo de cada parcela. Las vainas totales se procesaron y el rendimiento se expresó en  $t\ ha^{-1}$  de granos al 14 % de humedad.

**Análisis estadísticos.** En cada experimento se comprobó la normalidad de los datos y la homogeneidad de la varianza. Con posterioridad se realizaron los ANOVA correspondientes y los rendimientos se docimaron de acuerdo con el test de Duncan a  $p \leq 0.1$ .

## RESULTADOS

### Experimento 1

En presencia de la aplicación común de Fitomas-E® se presentó una respuesta positiva ( $p \leq 0.1$ ) a la fertilización mineral ([Figura 1](#)) y se encontraron los mayores rendimientos del orden de  $2.0\ t\ ha^{-1}$  con la aplicación de la dosis de  $59-52-68\ kg\ ha^{-1}$ , que no difirieron significativamente ( $p \leq 0.1$ ) con los  $2.15\ t\ ha^{-1}$  alcanzados al aplicar la superior dosis del Instructivo ( $100-72-94$ ). Se observó asimismo que, en presencia de cantidades similares de fertilizante nitrogenado, la utilización de cantidades de fertilizantes fosfóricos y potásicos de 39 y  $51\ kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  y  $K_2O$  respectivamente, originaron rendimientos superiores a los que recibieron 26 y  $34\ kg\ ha^{-1}$ ; cantidades superiores de  $P_2O_5$  y  $K_2O$  no ocasionaron incrementos significativos en el rendimiento.

La respuesta a la aplicación combinada de los cuatro bioproductos fue positiva ( $p \leq 0.1$ ) aunque dependiente de la dosis de fertilizante aplicada. La aplicación en presencia de la menor dosis de fertilizante estudiada (36-26-34) originó rendimientos inferiores y con la aplicación de la dosis de 36-39-51 ya se alcanzaron rendimientos superiores ( $p \leq 0.1$ ) del orden de  $2\ t\ ha^{-1}$ , que no difirieron de los

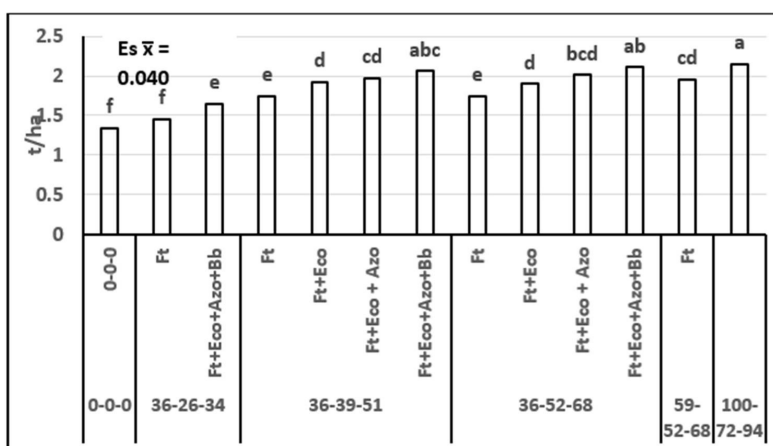
mayores obtenidos, bien sean con la aplicación combinada de los bioproductos en presencia de la dosis superior de 36-52-68 o con la sola aplicación de fertilizantes en la dosis de 100-72-94, recomendada por el Instructivo Técnico en ausencia de biofertilizantes.

En las dos dosis en que se estudió el efecto de incrementar la cantidad de bioproductos aplicados (36-39-51 y 36-52-68), se lograron rendimientos superiores de forma tal que la adición de EcoMic® siempre fue superior ( $p \leq 0.1$ ) a la aplicación de Fitomas-E®. La aplicación adicional de Azofert-f® si bien alcanzó un rendimiento mayor, no difirió significativamente del rendimiento al aplicar EcoMic® + Fitomas-E®. La aplicación adicional de Biobras-16® se diferenció significativamente de los rendimientos obtenidos al utilizar EcoMic® + Fitomas-E® y aunque no superó significativamente ( $p \leq 0.1$  %) la aplicación de los tres bioproductos, fue con la única combinación que se lograron rendimientos similares al rendimiento máximo alcanzado. No se encontraron diferencias entre estas dosis de fertilizantes.

### Experimento 2

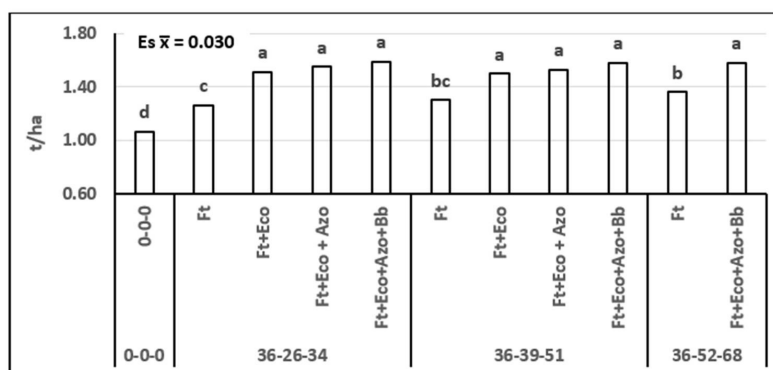
En este experimento los rendimientos máximos alcanzados de  $1.6\ t\ ha^{-1}$  fueron menores a los obtenidos en el experimento 1 ([Figura 2](#)). Se encontró también una respuesta positiva ( $p \leq 0.1$ ) a las aplicaciones crecientes de fertilizantes en presencia de la aplicación de Fitomas-E®, no obstante, los mayores rendimientos obtenidos con la mayor dosis de fertilizantes estudiada fueron inferiores a los obtenidos con la aplicación combinada de los bioproductos en presencia de la menor dosis estudiada (36-26-34).

En cada dosis de fertilizantes en que se valoró la aplicación del EcoMic® se encontró una respuesta positiva ( $p \leq 0.1$ ) a esta, alcanzando los rendimientos máximos del orden de  $1.6\ t\ ha^{-1}$  ya en presencia de la dosis menor de fertilizante valorada (36-26-34). Las adiciones posteriores de los otros bioproductos y de las dosis de fertilizante no incrementaron los rendimientos y en todos los casos se mantuvieron en el orden de  $1.6\ t\ ha^{-1}$ .



Fecha de siembra 10/12/2012. Ft: Fitomas-E®; Eco: EcoMic®, Az: Azofert-f®, Bb: Biobras-16®. Letras diferentes corresponden a diferencias significativas a  $p \leq 0.1$  por Test de Duncan

**Figura 1.** Experimento 1. Efecto de las aplicaciones de bioproductos y dosis de fertilizantes (NPK) en el frijol, "CC25-9N". Suelo Nitisol éutrico, San José de las Lajas, Mayabeque



Fecha de siembra 12/2013. Ft: Fitomas-E®; Eco: EcoMic®; Az: Azofert-f®; Bb: Biobras-16®. Letras diferentes corresponden a diferencias significativas a  $p \leq 0.1$  por Test de Duncan

**Figura 2.** Experimento 2. Efecto de las aplicaciones de bioproductos y dosis de fertilización (NPK) en el frijol, “CC25-9N”. Suelo Nitisol éutrico, San Jose de las Lajas, Mayabeque

### Experimento 3

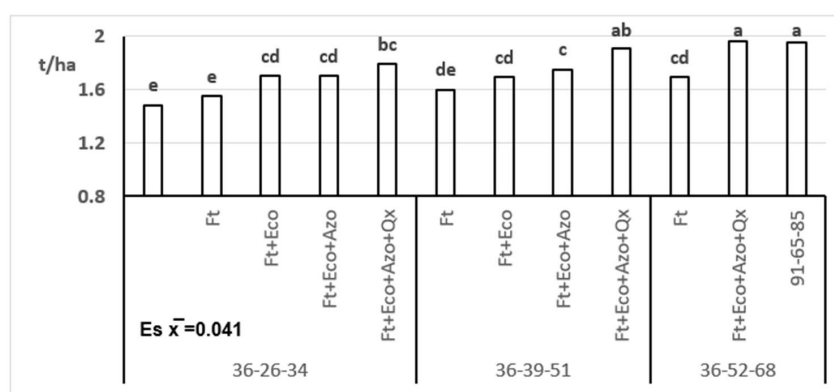
En ausencia de la aplicación de bioproductos se encontró también una respuesta positiva a la aplicación creciente de los fertilizantes (Figura 3) y los rendimientos máximos del orden de 1.95 t ha<sup>-1</sup> fueron alcanzados con la aplicación de la mayor dosis de fertilizante utilizada (91-65-85). Este rendimiento máximo fue ligeramente inferior al obtenido en el experimento 1, pero superior al obtenido en el experimento 2.

En este experimento se sustituyó el Biobras-16® por el Quitomax®, ambos bioestimulantes. Se encontró una respuesta significativa ( $p \leq 0.1$ ) a las aplicaciones de los bioproductos, con los mayores rendimientos con la aplicación de los cuatro bioproductos, aunque dependiente de la dosis de fertilizantes. Los rendimientos obtenidos en presencia de la dosis de 36-39-51 fueron similares ( $p \leq 0.1$ ) a los máximos experimentales alcanzados con la dosis superior de fertilizante y sin bioproductos. En presencia de la dosis 36-39-51 se establecieron diferencias más nítidas entre las adiciones sucesivas de los bioproductos, que en presencia de la dosis 36-26-34, además la aplicación de los cuatro

bioproductos en presencia de 36-26-34 originó rendimientos inferiores a los máximos obtenidos. Aplicaciones de los bioproductos con dosis superiores a 36-39-51 no incrementaron significativamente los rendimientos.

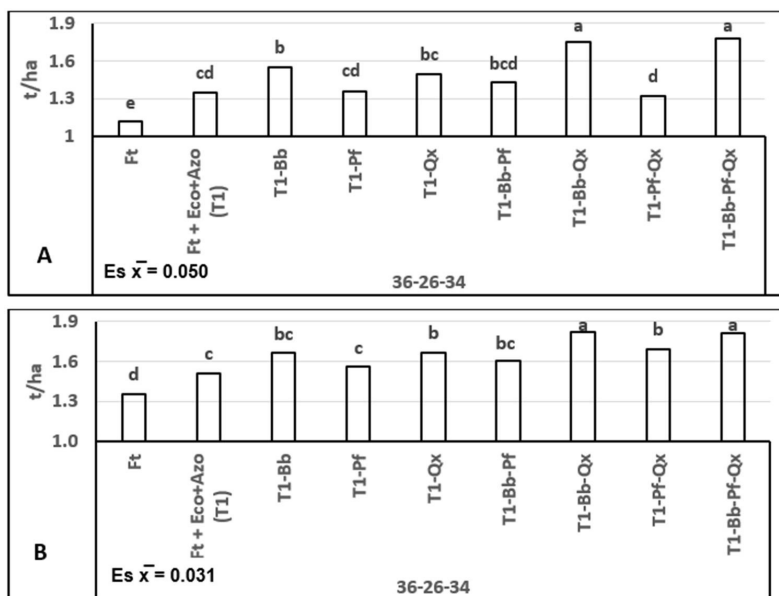
### Experimentos 4 y 5

Los resultados en ambos experimentos fueron similares (Figura 4 A y B). En presencia de la dosis de 36-26-39, la aplicación combinada de EcoMic® + Azofert-® + Fitomas-E® incrementó los rendimientos ( $p \leq 0.1$ ) en comparación con la aplicación de Fitomas-E®. Las adiciones simples y combinadas de Biobras-16®, Quitomax® y Pectimorf® sobre el fondo común de los anteriores tres bioproductos, presentaron un comportamiento diferenciado. Los mayores efectos asociados al aplicar los bioproductos Biobras-16® y Quitomax® y sobre todo al combinar estos, alcanzando rendimientos superiores ( $p \leq 0.1$ ) al resto de los tratamientos los que se encontraron entre 1.75 y 1.82 t ha<sup>-1</sup>. La aplicación adicional de Pectimorf® fue inferior, no incrementando los rendimientos en cualquiera de las combinaciones en que se estudió.



Fecha de siembra 12/2014. Ft: Fitomas-E®; Eco: EcoMic®; Az: Azofert-f®; Qx : Quitomax®. Letras diferentes corresponden a diferencias significativas a  $p \leq 0.1$  por Test de Duncan

**Figura 3.** Experimento 3. Efecto de las aplicaciones de bioproductos y dosis de fertilización (NPK) en el frijol, “CC25-9N”. Suelo Nitisol éutrico, San José de las Lajas, Mayabeque



4 A: Experimento 4, 4 B: Experimento 5. Fechas de siembra 12/2014 y 12/2015 respectivamente. Ft: Fitomas-E<sup>®</sup>; Eco: EcoMic<sup>®</sup>; Az: Azofert-f<sup>®</sup>; Bb: Biobras-16<sup>®</sup>; Qx: Quitomax<sup>®</sup>; Pf: Pectimorf<sup>®</sup>. Letras diferentes corresponden a diferencias significativas a  $p \leq 0.1$  por Test de Duncan

**Figura 4.** Efecto de diferentes combinaciones de bioproductos en presencia de la dosis de fertilización 36-26-34 en el frijol "CC25-9N". Suelos Nitisol éutrico, San José de las Lajas, Mayabeque

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los diferentes experimentos fueron bastantes reproducibles. En dos de los tres experimentos en que se estudiaron dosis de fertilizantes y la aplicación de hasta cuatro bioproductos (Fitomas<sup>®</sup>-EcoMic<sup>®</sup>-Azofert<sup>®</sup>-Biobras16<sup>®</sup> o Quitomax<sup>®</sup>), los rendimientos máximos oscilaron entre 1.95 y 2.15 t ha<sup>-1</sup> y la utilización efectiva de los cuatro bioproductos requirió la dosis de 36-39-51. En el restante experimento cuando el rendimiento máximo alcanzado fue menor (1.6 t ha<sup>-1</sup>) la dosis necesaria disminuyó a 36-26-34, así como solo fue suficiente la aplicación combinada de EcoMic<sup>®</sup> + Fitomas-E<sup>®</sup>.

En los dos experimentos en que se aplicaron hasta seis bioproductos, la aplicación conjunta de Fitomas-E<sup>®</sup> - EcoMic<sup>®</sup>-Azofert<sup>®</sup>-Biobras16<sup>®</sup>-Quitomax<sup>®</sup> fue la más efectiva y permitió rendimientos superiores. La utilización del Pectimorf<sup>®</sup> no resultó efectiva en las combinaciones estudiadas. La información parece sugerir que el rendimiento de 1.6 t ha<sup>-1</sup> alcanzado consistentemente con la dosis de 36-26-34 y cuatro bioproductos (Fitomas-E<sup>®</sup>-EcoMic<sup>®</sup>-Azofert<sup>®</sup>-Biobras16<sup>®</sup> o Quitomax<sup>®</sup>), puede incrementarse hasta 1.75 - 1.82 t ha<sup>-1</sup> al aplicar de forma conjunta estos cinco bioproductos.

## DISCUSIÓN

El frijol respondió positivamente a la aplicación de los inoculantes micorrízicos y su combinación con inoculantes a base de rizobios, lo cual había sido obtenido anteriormente por otras investigaciones en Cuba, tanto en frijol (4) como en otras leguminosas (23-25), corroborando los planteamientos generales sobre la efectividad de la simbiosis tripartita rizobios y micorrizas en leguminosas (26,27).

La adición de diferentes bioestimulantes a la aplicación de EcoMic<sup>®</sup> y rizobios fue positiva demostrando la hipótesis seguida de que el manejo combinado de estos bioproductos con mecanismos de acción complementarios debe presentar resultados satisfactorios. No obstante, la efectividad de la aplicación combinada de varios bioproductos dependerá del rendimiento máximo experimental obtenido, del suministro de nutrientes y por supuesto de las bioproductos aplicados.

Si la aplicación de los nutrientes fuera menor de la necesaria, la efectividad de la aplicación combinada de varios bioproductos (más de dos) estará limitada, ya que al disminuir los rendimientos solo con los beneficios obtenidos con la aplicación en este caso de dos bioproductos (EcoMic<sup>®</sup> y Fitomas<sup>®</sup>) se garantizan estos requerimientos. Un resultado similar se obtiene si en presencia de un suministro adecuado de nutrientes las condiciones experimentales limitan la obtención de rendimientos altos, entonces además de requerirse menores cantidades de nutrientes, tampoco serán necesarios los beneficios de la aplicación combinada de todos los bioproductos.

Si las condiciones experimentales permiten la expresión de mayores rendimientos, se incrementa la efectividad de los bioproductos, se pueden aplicar un mayor número de estos y si bien se pueden requerir mayores cantidades de fertilizantes, esas cantidades siempre serán menores que las necesarias para alcanzar esos rendimientos en ausencia de la aplicación de los bioproductos. Una dependencia similar se ha encontrado para la efectividad de los inoculantes micorrízicos relacionado en ese caso con los potenciales de rendimiento y época de plantación de diferentes cultivares de boniato (28) de forma tal que en la época en que se presentan los mayores rendimientos con mayor nitidez se establecen las diferencias entre los rendimientos ocasionados por los diferentes inoculantes.

La aplicación combinada de diferentes bioproductos con los inoculantes micorrízicos y dosis de fertilizantes se ha evaluado satisfactoriamente en diferentes cultivos como posturas de cafeto (29) y de cacao (30), soya (31), maíz (32), y gramíneas forrajeras (33) y en todos los casos han conducido a garantizar rendimientos altos con menores dosis de fertilizantes, aunque en dichos trabajos generalmente se combinaron solo dos bioproductos. En ninguno de estos trabajos se evaluaron la relación entre los niveles de rendimientos máximos experimentales y la efectividad de los bioproductos.

Si bien la presencia de los inoculantes micorrízicos en los bioproductos aplicados fundamenta el incremento de la eficiencia en la toma de nutrientes por los cultivos (16), se estableció además una relación directa entre los niveles de rendimiento máximo alcanzado y las dosis de fertilizantes fosfórico - potásico, explicable en los mayores requerimientos de nutrientes al incrementar los rendimientos. Los mayores requerimientos de nitrógeno asociados a los mayores rendimientos parecen garantizarse por la fijación biológica del nitrógeno (FBN) asociado a los rizobios y al efecto sinérgico sobre la FBN que tiene el manejo conjunto de rizobios e inoculantes micorrízicos (26,27).

Resulta interesante como la aplicación combinada de los bioestimulantes Quitomax® y Biobras-16® de conjunto con EcoMic®, Azofert® y Fitomas-E®, hasta llegar a cinco bioproductos, incrementa significativamente y de forma consistente los rendimientos alcanzados con la aplicación de la dosis 36-26-34 kg ha<sup>-1</sup> y de cuatro bioproductos (EcoMic®, Azofert®, Fitomas-E® y Biobras-16® o Quitomax®) lo cual parece indicar que estos dos bioestimulantes no solo presentan mecanismos complementarios sino la efectividad satisfactoria de su aplicación conjunta, con incrementos en los rendimientos y por ende en la eficiencia agronómica del fertilizante aplicado, mejorando los beneficios y el tope de rendimientos alcanzados con esa dosis incluso cuando estaban presentes cuatro de estos bioproductos.

Producto de los esquemas experimentales seguidos no se logró evaluar el efecto de la aplicación de estos cinco bioproductos en presencia de la dosis superior de 36-39-51 kg ha<sup>-1</sup> y conocer si en esas condiciones también resultaba efectiva y superaba los resultados y rendimientos alcanzados con la aplicación de los cuatro bioproductos (Fitomas®-EcoMic®-Azofert®-Biobras16® o Quitomax®). Lo anterior se debe evaluar en experimentos posteriores.

No obstante, los resultados también son indicativos de la factibilidad de aplicar estos cinco bioproductos para la producción del frijol, incluso en presencia de las dosis bajas de fertilizantes que comúnmente han estado aplicando los agricultores (36-26-34 kg ha<sup>-1</sup>). Este resultado presenta una alta repercusión práctica ya que fundamenta el manejo conjunto de estos bioproductos en la producción del frijol y avala que al menos estos cinco bioproductos presentan mecanismos complementarios, cuyos efectos se logran expresar nitidamente, contribuyendo a aprovechar mejor el rendimiento potencial de los cultivos.

La inclusión del bioestimulante Pectimorf® no presentó efectos positivos cuando se aplicó combinado en el paquete

de bioproductos no obstante, otros autores (34,35) han reportado efectos favorables cuando se aplica solo o combinado con rizobios (Azofert-f®) en el cultivo del frijol. Es decir, no es que el Pectimorf® no sea un producto efectivo, sino que parece que sus efectos en el frijol ya han sido logrados previamente con la combinación EcoMic®+Azofert® +Fitomas-E® y por tanto su aplicación no conlleva beneficios adicionales. Situación diferente a la ya discutida al aplicar Quitomax® y Biobras-16®.

## CONCLUSIONES

La aplicación conjunta al frijol de diferentes bioproductos como EcoMic®, Fitomas-E®, Azofert-f®, Biobras-16® y Quitomax® resulta beneficiosa, incrementa rendimientos y requiere siempre menores cantidades de fertilizantes (NPK) que cuando no se aplican los bioproductos. En presencia de la aplicación de cuatro bioproductos (EcoMic®-Fitomas-E®-Azofert-f® y Biobras-16® o Quitomax®) los niveles de rendimiento máximo del orden de 2 a 2.15 t ha<sup>-1</sup> demandan una mayor cantidad de fertilizantes que cuando se alcanzan rendimientos máximos experimentales de 1.6 t ha<sup>-1</sup>, para los cuales resulta suficiente la aplicación de la dosis de 36-26-34. La aplicación conjunta de Quitomax® y Biobras-16® para un total de cinco bioproductos resulta efectiva y mejora el rendimiento obtenido con la aplicación de cuatro bioproductos en presencia de la menor dosis de 36-26-34. La inclusión del Pectimorf® en el paquete de bioproductos no resulta efectiva.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Suárez-Martínez SE, Ferriz-Martínez RA, Campos-Vega R, Elton-Puente JE, de la Torre-Carbot K, García-Gasca T. Bean seeds: leading nutraceutical source for human health. *CyTA- Journal of Food*. 2016; 14(1): 131-7. <http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2015.1063548>
2. Programa Naciones Unidas para el Desarrollo (Ed). La cadena de valor del frijol común en Cuba. Estudio de su situación en siete municipios de las provincias Santi Espíritus y Villa Clara. Proyecto Agrocadenas. 2017.
3. Oficina Nacional de Estadísticas e Información (Ed.). Anuario Estadístico de Cuba 2021. Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca (Capítulo 9). Oficina Nacional de Estadísticas e Información. 2022.
4. Delgado Álvarez A. Coinoculación de rizobios y hongos micorrízicos arbusculares en cuatro cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) sembrados en un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. Tesis de Maestría en Nutrición y Biofertilización de las Plantas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 2022.
5. Oficina Nacional de Estadísticas e Información (Ed.). Anuario Estadístico de Cuba 2018. Oficina Nacional de Estadísticas e Información. 2019.
6. Ruiz L, Simó J, Rodríguez S, Rivera R. Las micorrizas en cultivos tropicales. Una contribución a la sostenibilidad agroalimentaria. Editorial Académica Española. 2012.
7. Gram G, Roobroeck D, Pypers P, Six J, Merckx R, Vanlauwe B. Combining organic and mineral fertilizers as a climate-



- smart integrated soil fertility management practice in sub-Saharan Africa: A meta-analysis. PLoS ONE. 2020; 15(9): e0239552. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239552>
8. Chejara S, Malik K, Rani M, Bhardwaj A K. Integrated Nutrient Management: Concept, Constraints, and Advantages for A Sustainable Agriculture. **Journal of Natural Resource Conservation and Management**. 2021; 2(2): 85-94. <https://doi.org/10.51396/ANRCM.2.2.2021.85-94>
  9. Antil R S, Raj D. Integrated nutrient management for sustainable crop production and improving soil health. In R. S. Meena (Ed.), Nutrient dynamics for sustainable crop production 2020: 67-101. Springer Nature Singapore Pte Ltd. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-8660-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-13-8660-2_3)
  10. Rivera R, Fernández Martín F, Ruiz Martínez L, González Cañizares P J, Rodríguez Yon Y, Pérez Ortega E, Fernández Suarez K, Martín Alonso G M, Simó González J, Sánchez Esmoris C, Riera Nelson M, de la Noval Pons B, Ruiz Sánchez M, Hernández Zardón A, Hernández Jiménez A, Plana Llerena R, Ramírez Pedroso J, Bustamante González C, Espinosa Cuellar A, Lara Franqui D. Manejo, integración y beneficios del biofertilizante micorrízico EcoMic® en la producción agrícola. Ediciones Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba; 2020. Recuperado a partir de [https://ediciones.inca.edu.cu/files/libros/beneficiosdel\\_biofertilizante\\_micorrizico.pdf](https://ediciones.inca.edu.cu/files/libros/beneficiosdel_biofertilizante_micorrizico.pdf)
  11. Morales-Mena B, Hernández-Forte I, Nápoles-García M C. Estabilidad microbiológica de los biofertilizantes Azofert®-F y Azofert®-S. Cultivos Tropicales. 2023; 44(3). <https://cu-id.com/2050/v44n3e03>. Recuperado a partir de <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1734>
  12. Departamento de Suelos y Fertilizantes. Manual práctico para uso de bioproductos y fertilizantes líquidos. Ministerio de Agricultura. 2020.
  13. Gaceta Oficial de la República de Cuba. Decretoley 64 "De la producción, desarrollo y uso de los biofertilizantes, bioestimulantes y bioplaguicidas de uso agrícola". GOC-2023-515-O53. <https://www.gaceta-oficial.gob.cu/es/gaceta-oficial-no-53-ordinaria-de-2023>.
  14. Bertsch F. Absorción de nutrimentos por los cultivos. 1 era edición, San José, C.R. ACCS; 2003.
  15. Reinprecht Y, Schram L, Marsolais F, Smith T H, Hill B, Pauls K P. Effects of Nitrogen Application on Nitrogen Fixation in Common Bean Production. Front. Plant Sci. 2020; 11:1172. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01172>
  16. Rivera R, González P J, Ruiz-Martínez L, Martín G, Cabrera A. Strategic Combination of Mycorrhizal Inoculants, Fertilizers, and Green Manures Improve Crop Productivity. Review of Cuban Research. In Qiang-Sheng Wu, Ying-Ning Zou, Yue-Jun He, Nong Zhou, editors. "New Research on Mycorrhizal Fungus". Nova Publishers, USA. 2023. (eBook). Doi:10.52305/GLXN2905.
  17. Witt C, Buresh R J, Peng S, Balasubramanian V, Doberman A. Nutrient Management. In: T. Fairhurst; C. Witt; R. Buresh, A. Doberman, editors. Rice: A practical guide to nutrient management. 2<sup>nd</sup> Ed. International Rice Research Institute, International Plant Nutrition Institute, and International Potash Institute. 2007.
  18. Hernández A, Pérez J, Bosch D, Castro N. Clasificación de los suelos de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba: Ediciones INCA. 2015. Available from: <https://isbn.cloud/9789597023777/clasificacion-de-los-suelos-de-cuba-2015/>
  19. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria. 2022.
  20. Paneque V M, Calaña J M, Calderón M, Borges Y, Hernández T C, Caruncho C M. Manual de Técnicas analíticas para Análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos Ediciones Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Mayabeque, Cuba. 2010. [https://ediciones.inca.edu.cu/files/folleto/folleto\\_suelos.pdf](https://ediciones.inca.edu.cu/files/folleto/folleto_suelos.pdf)
  21. Herrera-Peraza R A, Furrázola E, Ferrer R L, Fernández R, Torres Y. Functional strategies of root hairs and arbuscular mycorrhizae in an evergreen tropical forest, Sierra del Rosario, Cuba. Revista CENIC Ciencias Biológicas. 2004; 35(2):113-123. <https://revista.cnic.cu/index.php/RevBiol/article/view/119,9>
  22. Faure B, Benitez R, Rodriguez E, Grande O, Torres M, Pérez P. Guía Técnica para la producción de frijol común y maíz. 1<sup>ra</sup> ed. La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. 2014.
  23. Corbera-Gorotiza J, Nápoles-García M C. Evaluación del efecto de rizobios y de un HMA en soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Cultivos Tropicales. 2023; 44(2). <https://cu-id.com/2050/v44n2e02>. Recuperado a partir de <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1723>
  24. Crespo-Flores G, Ramírez J F, González P J, Hernández I. Coinoculación de cepas de rizobios y del hongo micorrízico arbuscular en *Stylosanthes guianensis* vc. CIAT-184. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 2014; 48(3):297-300. Recuperado a partir de Revista cubana de ciencia agrícola (unam.mx)
  25. Crespo-Flores G, Ramírez-Tobías H M, Vallejo-Pérez M R, Méndez-Cortés H, González-Cañizares P J. Inoculación con rizobios y hongos micorrízicos arbusculares en plantas de *Leucaena leucocephala* en etapa de vivero y en sustrato con pH neutro. Tropical Grasslands Forrajes Tropicales. 2022; 10(2): 98-108. [https://doi.org/10.17138/tgft\(10\)98-108](https://doi.org/10.17138/tgft(10)98-108)
  26. Freire J M, Faria S M, Zilli J E, Saggin Júnior O J, Camargo I S, Rouws J R C, Jesus E C. Symbiotic efficiency of inoculation with nitrogen-fixing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi in *Tachigali vulgaris* seedlings. Revista Árvore. 2020; 44: e4424. <https://dx.doi.org/10.1590/1806-908820200000024>
  27. Kasanke S A, Cheeke T E, Moran J J, Roley S S. Tripartite interactions among free-living, N-fixing bacteria, arbuscular mycorrhizal fungi, and plants: Mutualistic benefits and community response to co-inoculation. Soil Science Society

- of America Journal. 2024; 88: 1000-13. <https://doi.org/10.1002/saj2.20679>
28. Espinosa A, Rivera R, Varela M, Perez A. Mycorrhizal inoculants on sweet potato (*Ipomoea batata*) in Eutric Cambisol soils of Cuba. Agronomía Mesoamericana. 2023; 34(3): 53725. <https://doi.org/10.15517/am.2023.53725>
29. Rivera R, Fernández F, Sánchez C, Bustamante C, Herrera R, Ochoa M. Efecto de la inoculación con hongos micorrizógenos (VA) y bacterias rizosféricas sobre el crecimiento de las posturas de cafeto. Cultivos Tropicales. 1997; 18(3): 15-23.
30. Pérez-Díaz A, Aranda-Azaharez R, Rivera R, Bustamante-González C A, Perez-Suarez Y. Indicadores de calidad para posturas microinjertadas de *Theobroma cacao* inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares. Agronomía Mesoamericana. 2023; 34(2): 51102, <https://doi.org/10.15517/am.v34i2.51102>
31. Corbera J G, Nápoles M C. Efecto de la inoculación conjunta *Bradyrhizobium elkanii*-Hongos MA y la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal en soya (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivar INCASOY-27. Cultivos Tropicales. 2013; 34(2): 5-11. Recuperado a partir de <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/418>
32. Morejón-Pereda M, Herrera-Altuve J A, Ayra-Pardo C, González-Cañizares P J, Rivera-Espinosa R, Fernández-Parla Y, Peña-Ramírez E, Rodríguez P, Rodríguez-de la Noval C, de la Noval-Pons B. Alternatives in the nutrition of transgenic maize FR-Bt1 (*Zea mays* L.): response in growth, development, and production. Cultivos Tropicales. 2017; 38(4), 146-55. Recuperado a partir de <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1414>
33. Gonzalez-Cañizares P J, Ramirez-Pedroso J, Rosseaux R, Rivera R. Biofertilización con *Gluconacetobacter diazotrophicus* y *Funneliformis mosseae* en pasto guinea (*Megathyrsus maximus* vc. Likoni). Nota técnica. Cuban Journal of Agricultural Science. 2022; 56(3): 201-6. Recuperado a partir de Revista cubana de ciencia agrícola (unam.mx)
34. Dell Amico J, Morales D, Jerez E, Rodríguez P, Álvarez I, Martín R, Días Y. Efecto de dos variantes de riego y aplicaciones foliares de Pectimorf® en el desarrollo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cultivos Tropicales. 2017; 38(3): 129-34. Recuperado a partir de <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/18>
35. Lara-Acosta D, Ramírez-Yañez M, Leija-Salas A, Hernández-Delgado G, Nápoles-García M C, Falcón-Rodríguez A B. Oligogalacturónidos como alternativa para incrementar la nutrición nitrogenada y el crecimiento en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Agronomía Mesoamericana. 2023; 34(3): 53817, <https://doi.org/10.15517/am.2023.53817>