



Cultivos Tropicales

ISSN: 1819-4087

Ediciones INCA

Corbera-Gorotiza, Jorge; Nápoles-García, María C.
Estudio de cepas de *Bradyrhizobium* y la aplicación de micorriza en soya (*Glycine max* (L.) Merrill)
Cultivos Tropicales, vol. 43, núm. 3, 2022, pp. 1-8
Ediciones INCA

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193275342003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEH [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto



Estudio de cepas de *Bradyrhizobium* y la aplicación de micorriza en soya (*Glycine max* (L.) Merrill)

Study of *Bradyrhizobium* strains and mycorrhizal application on soybean (*Glycine max* (L.) Merrill)

Jorge Corbera-Gorotiza*, María C. Nápoles-García

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: Sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado, ubicado en las áreas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba, se realizó un experimento en condiciones de campo, con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes cepas de *Bradyrhizobium* y una cepa de micorriza arbuscular, en el crecimiento y rendimiento del cultivar de soya INCAsoy-27, sembrado en época de verano. Para ello se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones por tratamiento, los cuales consistieron en la inoculación de los microorganismos, en sus formas simples y la combinación de cada cepa de *Bradyrhizobium* con la micorriza empleada. Además, se evaluaron tratamientos controles, absoluto y con fertilización mineral. Los resultados mostraron un efecto positivo del empleo de las diferentes cepas de *Bradyrhizobium* en el crecimiento y el desarrollo del cultivar evaluado, con resultados muy similares entre ellas e incrementos del rendimiento con relación al control absoluto entre 25,14 y 26,26 %, incrementos que fueron superiores cuando se utilizó la inoculación conjunta de ambos biofertilizantes, sin diferencias significativas entre los tratamientos, independientemente de la cepa de *Bradyrhizobium* evaluada (entre 40,22 y 44,13 % contra el control absoluto y entre 11,06 % y 14,16 % contra el control fertilizado), lo que demostró los efectos sinérgicos y beneficiosos de la coinoculación *Bradyrhizobium*-micorrizas arbusculares en este cultivo.

Palabras clave: bioestimulantes, inoculación, leguminosa, rendimiento.

ABSTRACT: On a Leached Red Ferrallitic soil, located in the National Institute of Agricultural Sciences of Cuba areas, an experiment was carried out under field conditions, with the objective of evaluating the effect of different *Bradyrhizobium* strains and a strain of arbuscular mycorrhiza, on the growth and yield of the soybean cultivar INCAsoy-27, sown in summer season. A randomized block design with four replicates per treatment was used, which consisted of the inoculation of microorganisms in their simple forms and the combination of each *Bradyrhizobium* strain with the mycorrhiza used. In addition, control treatments, absolute and with mineral fertilization, were evaluated. The results showed a positive effect of the different use of *Bradyrhizobium* strains on the growth and development of the cultivar evaluated, with very similar results among them and yield increases in relation to the absolute control between 25.14 and 26.26 %. Increases that were higher when the joint inoculation of both biofertilizers was used, without significant differences between treatments, regardless of the *Bradyrhizobium* strain evaluated (between 40.22 - 44.13 % against the absolute control and between 11.06 - 14.16 % against the fertilized control). It demonstrated the synergistic and beneficial effects of *Bradyrhizobium*-arbuscular mycorrhizae co-inoculation on this crop.

Key words: biostimulants, inoculation, legume, yield, legumes.

*Autor para correspondencia: jcorbera@inca.edu.cu

Recibido: 20/01/2021

Aceptado: 19/11/2021

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

La Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO) estiman un crecimiento de la población mundial del 13 % en el año 2030 y del 30 % en el 2050, por lo que será necesario un incremento del 70 % en la producción agrícola para solucionar los problemas de desnutrición y garantizar la seguridad alimentaria (1).

La soja (*Glycine max* (L.) Merrill) se encuentra entre los diez cultivos de mayor importancia en el mundo, se siembra en más de 90,2 millones de hectáreas, cuya producción mundial supera los 345,96 millones de toneladas, lo cual representa un aumento de 10,52 % en la producción mundial de los últimos años (2), es uno de los cultivos estratégicos en la seguridad alimentaria de todo el mundo, ocupando una posición privilegiada como la principal oleaginosa para la alimentación animal y humana, por el alto valor nutritivo que tienen sus semillas. Contiene 20 % de aceite y 40 % de proteína (3). Su consumo se incrementa cada día, debido a la necesidad de utilizar el grano como materia prima en la elaboración de alimentos concentrados para animales y para el consumo humano, granos que son considerados muy versátiles, ya que pueden ser consumidos como semillas, brotes, y pueden ser procesados para obtener derivados como leche de soja, tofu, salsa de soja y harina (4, 5).

En los procesos de producción agrícola sostenible se ha dado especial interés al uso de microorganismos benéficos del suelo, que mediante la actividad simbiótica inducen a mejorar la nutrición de las plantas, coadyuvan a tolerar condiciones adversas de producción y consecuentemente promueven el crecimiento y la producción de los cultivos. Por estas razones los microorganismos benéficos han sido considerados como agentes de fertilización biológica o biofertilizantes. Dentro de estos microorganismos se encuentran las bacterias del grupo de los rizobios y los hongos micorrízicos arbusculares, promotores del crecimiento vegetal, que ejercen efectos benéficos en el suelo y las plantas y tienen una influencia positiva en el rendimiento de la soja (6-8).

Numerosos autores han demostrado que la inoculación combinada de rizobios-hongos micorrízicos arbusculares (HMA) permite incrementar la fijación biológica del nitrógeno (FBN) y el desarrollo de las plantas, en mayor medida que la inoculación de cada uno de estos microorganismos por separado. Los efectos beneficiosos de su combinación pueden abastecer la enorme demanda de fósforo requerida por la nitrógenasa en el proceso de FBN, aliviar las carencias asociadas a ciertas condiciones

de estrés ambiental y reducir la incidencia de patógenos (9,10).

Los resultados de estas investigaciones en Cuba y a nivel mundial, con el empleo de inoculaciones combinadas de rizobios y hongos micorrízicos en el cultivo de la soja, han proporcionado incrementos en el crecimiento y rendimiento de las plantas, destacándose la importancia de esta práctica conjunta en la producción de este importante renglón alimentario.

Tomando en cuenta estos antecedentes se realizó este estudio, con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes cepas de *Bradyrhizobium* y una cepa de HMA, en el crecimiento y rendimiento del cultivar de soja INCAsoy 27, sembrado en época de verano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el verano de 2017, en condiciones de campo, en el área central del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, ubicado en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba y sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado (11) (Tabla 1).

Se utilizó el cultivar de soja INCAsoy-27, sembrado en octubre de 2017, en un área experimental de alrededor de 0,11 ha, con 52 parcelas de 14 m² (4 surcos x 5 m de largo) y 7 m² de área de cálculo (dos surcos centrales), empleándose 20 plantas por metro lineal y una distancia entre surcos de 0,70 m.

Se evaluaron los siguientes bioproductos:

1. *Bradyrhizobium*: Cepa 1 (ICA 8001), Cepa 2 (6134), Cepa 3 (BJE-109), Cepa 4 (S-5079) y Cepa 5 (S-5080). (Procedentes de diferentes países y caracterizadas en el Laboratorio de Microbiología del Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del INCA, inóculos certificados en soporte líquido con una concentración celular de 5×10^8 UFC mL⁻¹).
2. Micorriza arbuscular (MA): especie *Glomus cubense*, cepa INCA-M-4, procedente de la planta de producción de inóculo micorrízico comercial, en soporte sólido, del Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, del INCA, con una composición mínima garantizada de 20 esporas por gramo de inoculante y 50 % de colonización radical.

Los biofertilizantes fueron aplicados a través de la Tecnología de Recubrimiento de Semillas (12), a razón de 4 mL kg⁻¹ de semilla (200 mL ha⁻¹) para la bacteria y del 10 % del peso de la semilla para la micorriza (5 kg ha⁻¹).

Tabla 1. Algunos componentes de la fertilidad química inicial del suelo (0-20 cm).

Tipo de Suelo	pH	P ₂ O ₅	MO	cmol(+) Kg ⁻¹			
	(H ₂ O)	(mg 100g ⁻¹)	(%)	Na	K	Ca	Mg
Ferralítico Rojo Lixiviado	7,80	42,65	2,96	0,03	0,65	12,88	2,50

pH (H₂O): método potenciométrico. Relación suelo-disolución 1:2,5. MO (%): Walkley-Black. P asimilable (mg 100 g⁻¹): Oniani (extracción con H₂SO₄, 0.1N). K asimilable (cmol(+) kg⁻¹): Oniani (extracción con H₂SO₄, 0.1N). Cationes intercambiables (cmol(+) kg⁻¹): Maslova (Acetato de Amonio 1N, pH 7), determinación por complexometría (Ca y Mg) y por fotometría de llama (Na y K)

Se empleó un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento, evaluándose los resultados a través de un análisis de varianza (paquete estadístico IBM-SPSS Statistics 19 para Windows), donde se utilizó la prueba de rangos múltiples de Duncan para la comparación de las medias.

Se realizaron las siguientes evaluaciones:

- Etapa de floración (a los 48 días después de la siembra (dds), tomando 10 plantas por tratamiento):

Altura (cm), masa seca aérea y raíz (g), % de N, P y K en trifoliolos, nodulación (número, masa seca (g) y efectividad (%) de los nódulos totales, según la coloración en el interior de los nódulos a través del corte transversal). Variables fúngicas empleando la técnica de tinción de raíces (13), se evaluó: frecuencia micorrízica (%) e intensidad de la colonización (%), según las metodologías descritas (14, 15).

- Etapa de cosecha (a los 97 días después de la siembra (dds) tomando 10 plantas por tratamiento):

Altura de las plantas (cm), número de vainas por planta, masa de 1000 granos (g) y el rendimiento de granos ($t\ ha^{-1}$) en base al área de cálculo de la parcela.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la [Tabla 2](#) se muestra el comportamiento de la altura de las plantas en las etapas de floración y de cosecha, donde se manifiestan respuestas significativas entre los tratamientos, con respuestas positivas para los tratamientos biofertilizados y diferencias de los mismos con relación al control absoluto. Todas las cepas de *Bradyrhizobium* evaluadas fueron efectivas. Se destacan aquellos tratamientos donde se realizó la inoculación conjunta de los biofertilizantes.

Para la etapa de cosecha, los tratamientos con aplicación de la coinoculación, mostraron diferencias significativas, incluso, con el tratamiento de fertilización mineral NPK,

donde todas las cepas de *Bradyrhizobium* en combinación con la MA fueron efectivas. Resultados similares, en relación a la aplicación conjunta de ambos biofertilizantes, han sido informados por otros autores (8, 16).

Para el caso de la masa seca de la raíz y de la parte aérea de las plantas ([Tabla 3](#)) se observaron resultados similares al del indicador anteriormente mencionado; aunque la respuesta de la aplicación conjunta de ambos biofertilizantes fue muy superior; pero sin diferencias significativas con el tratamiento fertilizado con NPK. Las cepas de *Bradyrhizobium* empleadas fueron superiores al control absoluto, principalmente en la masa seca aérea.

Por otra parte, teniendo en consideración el efecto de los tratamientos en la nodulación, evaluada a partir de las variables número de nódulos, masa seca nodular y efectividad nodular ([Tabla 4](#)), se pudo observar respuestas significativas especialmente con la aplicación de *Bradyrhizobium* para las mencionadas variables, destacándose aquellos donde se aplicó la coinoculación *Bradyrhizobium*-MA, fundamentalmente, en sus efectos en la masa de los nódulos y su efectividad para fijar nitrógeno.

Los valores más bajos fueron encontrados para los controles (absoluto y fertilizado) y el tratamiento donde se inoculó solo la MA, lo que demuestra la baja presencia de *Bradyrhizobium* nativo y además que los mismos fueron poco efectivos. La mayor efectividad de los nódulos estuvo relacionada con los tratamientos donde se aplicó *Bradyrhizobium*, ya sean las cepas independientes o combinadas con la MA. Resultados similares han sido informados por otros autores, en cuanto a mejores respuestas con la aplicación conjunta de ambos biofertilizantes (16,17).

En la [Tabla 5](#) se aprecian los resultados para las variables micorrízicas donde se encontró un efecto significativo de la inoculación en los diferentes indicadores del funcionamiento fúngico evaluados, con un mayor efecto de los tratamientos donde se empleó la inoculación conjunta de los bioproductos, independientemente de la cepa de *Bradyrhizobium* evaluada.

Tabla 2. Efecto de los tratamientos en la altura de las plantas (cm)

No.	Tratamientos	Floración	Cosecha
1	Control absoluto	33,35 c	44,45 c
2	Control fertilizado	36,02 bc	49,03 d
3	Cepa 1	36,81 abc	50,95 bcd
4	Cepa 2	37,88 abc	52,28 abcd
5	Cepa 3	38,71 ab	53,30 abc
6	Cepa 4	38,76 ab	51,13 abcd
7	Cepa 5	38,76 ab	50,73 cd
8	MA	37,62 abc	50,58 cd
9	Cepa 1 + MA	39,16 ab	54,73 ab
10	Cepa 2 + MA	38,50 ab	54,48 ab
11	Cepa 3 + MA	40,44 ab	54,67 ab
12	Cepa 4 + MA	41,07 a	54,73 ab
13	Cepa 5 + MA	40,64 a	54,83 a
	Media general	38,28*	52,06*
	Error estándar	1,90	1,64

Medias con letras iguales no difieren entre sí (Prueba de Rangos Múltiples de Duncan, $p \leq 0,05$)

Tabla 3. Efecto de los tratamientos en la masa seca (g planta⁻¹)

No.	Tratamientos	Masa seca raíz	Masa seca aérea
1	Control absoluto	0,41 f	5,28 e
2	Control fertilizado	0,53 abc	7,71 abc
3	Cepa 1	0,45 ef	6,78 d
4	Cepa 2	0,46 ef	6,99 cd
5	Cepa 3	0,47 de	7,18 bcd
6	Cepa 4	0,47 de	7,72 abc
7	Cepa 5	0,47 de	7,87 abc
8	MA	0,49 bcde	7,66 abc
9	Cepa 1 + MA	0,52 abcd	7,95 ab
10	Cepa 2 + MA	0,53 ab	8,31 a
11	Cepa 3 + MA	0,54 a	8,49 a
12	Cepa 4 + MA	0,55 a	8,21 a
13	Cepa 5 + MA	0,55 a	8,23 a
	Media general	0,49*	7,57*
	Error estándar	0,02	0,40

Medias con letras iguales no difieren entre sí (Prueba de Rangos Múltiples de Duncan, $p \leq 0,05$)

Tabla 4. Efecto de los tratamientos en la nodulación

No.	Tratamientos	No. Nódulos por planta	Masa seca nodular (g)	Efectividad nodular (%)
1	Control absoluto	5,15 bc	0,033 ef	31,42 c
2	Control fertilizado	2,73 c	0,015 f	26,22 d
3	Cepa 1	14,55 a	0,070 cd	93,17 ab
4	Cepa 2	15,63 a	0,070 cd	93,71 ab
5	Cepa 3	16,12 a	0,073 cd	97,56 a
6	Cepa 4	15,29 a	0,060 de	94,11 ab
7	Cepa 5	15,84 a	0,078 bcd	97,35 a
8	HMA	7,03 b	0,038 ef	91,21 b
9	MA	17,22 a	0,090 abc	94,68 ab
10	Cepa 1 + MA	17,56 a	0,095 abc	94,33 ab
11	Cepa 2 + MA	18,09 a	0,110 a	97,75 a
12	Cepa 3 + MA	17,70 a	0,103 bc	94,32 ab
13	Cepa 4 + MA	17,70 a	0,098 abc	97,29 a
	Media general	13,89	0,070	84,85
	Error estándar	1,50 *	013 *	2,16 *

Medias con letras iguales no difieren entre sí (Prueba de Rangos Múltiples de Duncan, $p \leq 0,05$)

Todos los tratamientos inoculados, ya sea en su forma simple o combinados, mostraron índices superiores a los controles absoluto y al de fertilización mineral. Se apreció una baja actividad de la micorriza nativa en las condiciones en las que se desarrolló el estudio, dado por los valores encontrados en las variables evaluadas para los tratamientos en los que no fue aplicado el producto a base de MA, fundamentalmente, en los tratamientos controles.

Los contenidos foliares de nitrógeno, fósforo y potasio (N, P y K), como reflejo del estado nutricional de las plantas (Tabla 6), de manera general mostraron diferencias significativas solo con el control absoluto.

Los tratamientos biofertilizados, en ninguna de sus formas de evaluación, mostraron diferencias entre ellos ni con el control fertilizado para el N y el P. Sin embargo, para el K foliar, aquellos tratamientos donde se aplicó la combinación de los biofertilizantes resultaron con los mayores valores y diferencias significativas.

Se encontraron valores de los elementos que se corresponden con los informados por la literatura internacional como suficientes para el cultivo, excepto para el nitrógeno donde los porcentajes mostrados estuvieron por debajo del rango de suficiencia establecido. No obstante, los valores para todos los elementos se corresponden con los que se han obtenido en condiciones similares en Cuba para este cultivo (16,17).

En la Tabla 7 se observan los resultados del rendimiento de granos y sus componentes, donde el número de vainas por planta mostró diferencias significativas entre los tratamientos, con valores superiores al control absoluto de los tratamientos biofertilizados. Los tratamientos donde se coinocularon las semillas con ambos biofertilizantes mostraron los mayores valores, similares al control fertilizado.

Para la masa de 1000 granos solo se observaron diferencias significativas con el control absoluto de los

Tabla 5. Efecto de los tratamientos en las variables fúngicas

No.	Tratamientos	Colonización micorrízica (%)	Densidad Visual (%)
1	Control absoluto	12,00 f	0,12 f
2	Control fertilizado	15,00 ef	0,15 f
3	Cepa 1	23,00 cd	0,25 de
4	Cepa 2	21,00 de	0,22 e
5	Cepa 3	28,00 c	0,30 c
6	Cepa 4	26,00 cd	0,26 de
7	Cepa 5	22,00 cd	0,24 de
8	MA	36,00 b	0,36 bc
9	Cepa 1 + MA	39,97 ab	0,41 ab
10	Cepa 2 + MA	40,03 ab	0,42 ab
11	Cepa 3 + MA	42,33 ab	0,42 ab
12	Cepa 4 + MA	45,13 a	0,45 a
13	Cepa 5 + MA	42,00 ab	0,42 ab
	Media general	30,19	0,31
	Error estándar	3,01*	0,03*

Medias con letras iguales no difieren entre sí (Prueba de Rangos Múltiples de Duncan, $p \leq 0,05$)

Tabla 6. Efecto de los tratamientos en los porcentajes de N, P y K foliares

No.	Tratamientos	(%)		
		N	P	K
1	Control absoluto	2,44 b	0,37 b	1,37 e
2	Control fertilizado	3,34 a	0,52 a	1,42 de
3	Cepa 1	2,97 a	0,50 a	1,44 de
4	Cepa 2	3,00 a	0,52 a	1,46 cde
5	Cepa 3	3,26 a	0,53 a	1,49 bcd
6	Cepa 4	3,13 a	0,52 a	1,46 cde
7	Cepa 5	3,14 a	0,52 a	1,46 cde
8	MA	3,01 a	0,52 a	1,52 abcd
9	Cepa 1 + MA	3,13 a	0,53 a	1,49 bcd
10	Cepa 2 + MA	3,35 a	0,53 a	1,60 a
11	Cepa 3 + MA	3,40 a	0,53 a	1,63 a
12	Cepa 4 + MA	3,19 a	0,53 a	1,58 ab
13	Cepa 5 + MA	3,20 a	0,53 a	1,56 abc
	Media general	3,12	0,51	1,50
	Error estándar	0,19 *	0,03 *	0,05 *

Medias con letras iguales no difieren entre sí (Prueba de Rangos Múltiples de Duncan, $p \leq 0,05$)

tratamientos coinoculados. Los tratamientos con aplicación de bioproductos, en sus formas simples, no se diferenciaron entre sí, ni con los controles empleados, lo que pudiera indicar, que esta variable en el cultivo es poco influenciada por la aplicación de dichos productos.

El rendimiento de granos como resultado del crecimiento y desarrollo del cultivo, también mostró diferencias significativas entre tratamientos, destacándose de igual manera, aquellos donde se inocularon de manera conjunta las cepas de *Bradyrhizobium* y la micorriza arbuscular *Glomus cubense*, los que presentaron incrementos en los rendimientos para el cultivar estudiado, entre 40,22 % y 44,13 % en relación al control absoluto y entre 11,06 % y 14,16 % en relación con el control con fertilización mineral.

Es de destacar que las diferentes cepas de *Bradyrhizobium* estudiadas, en sus formas simples, mostraron resultados positivos, similares al control

fertilizado y superiores al control absoluto, con incrementos del rendimiento entre 25,14 % y 26,26 %, de acuerdo a la cepa empleada, lo que evidencia la efectividad de cada una de las cepas. Resultados positivos con el empleo de cepas de rizobios en el crecimiento y rendimiento de leguminosas han sido señalados por diversos autores (18-21). El tratamiento con solo aplicación de la cepa de HMA también fue superior al control absoluto, con un incremento del rendimiento de 21,79 %.

La aplicación de los biofertilizantes mostró respuestas positivas para las condiciones de estudio y el cultivar evaluado, expresadas en los incrementos del rendimiento de granos como variable fundamental, destacándose el manejo conjunto de estos productos para el desarrollo del cultivo de la soya en condiciones edafoclimáticas similares a las del estudio. Resultados similares en el cultivo de la soya han sido señalados por diversos autores

Tabla 7. Efecto de los tratamientos en el rendimiento de granos y sus componentes

No.	Tratamientos	No. vainas por planta	Masa de 1000 granos (g)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	% de incremento con relación a los controles:	
					Absoluto	Fertilizado
1	Control absoluto	43,90 d	146,00 b	1,79 c	-	-
2	Control fertilizado	52,00 abc	148,00 ab	2,26 b	26,26	-
3	Cepa 1	49,93 bc	150,00 ab	2,25 b	25,70	-
4	Cepa 2	49,63 bc	154,25 ab	2,26 b	26,26	-
5	Cepa 3	49,93 bc	149,25 ab	2,25 b	25,70	-
6	Cepa 4	49,73 bc	152,00 ab	2,24 b	25,14	-
7	Cepa 5	49,75 bc	150,50 ab	2,25 b	25,70	-
8	MA	48,70 c	149,75 ab	2,18 b	21,79	-
9	Cepa 1 + MA	54,48 ab	156,00 a	2,57 a	43,57	13,72
10	Cepa 2 + MA	54,88 a	155,50 a	2,55 a	42,46	12,83
11	Cepa 3 + MA	55,57 a	156,33 a	2,58 a	44,13	14,16
12	Cepa 4 + MA	55,45 a	155,50 a	2,53 a	41,34	11,95
13	Cepa 5 + MA	54,07 ab	156,00 a	2,51 a	40,22	11,06
	Media general	51,38	152,38	2,33	-	-
	Error estándar	2,16 *	3,70 *	0,05 *	-	-

Medias con letras iguales no difieren entre sí (Prueba de Rangos Múltiples de Duncan, $p \leq 0,05$)

(9,16,17,22-25), así como en otros cultivos como la alfalfa (26), que corroboran los beneficios de la simbiosis tripartita rizobios-micorrizas-leguminosas.

CONCLUSIONES

- La aplicación de los productos biofertilizantes influyeron positivamente en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la soya, cultivar INCASoy-27, tanto en sus formas simples como combinadas.
- La aplicación conjunta de las diferentes cepas de *Bradyrhizobium* y la cepa de MA *Glomus cubense* produjo los mejores resultados, lográndose incrementos de los rendimientos de 40,22 % - 44,13 % y de 11,06 % - 14,16 %, en relación a los controles absoluto y fertilizado, respectivamente.
- El empleo, en sus formas simples, de los diferentes bioproductos, mostró resultados superiores al control absoluto, con incrementos del rendimiento entre 25,14 % y 26,26 % para los *Bradyrhizobium* y de 21,79 % para la micorriza.

BIBLIOGRAFÍA

- FAO. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo - 2019 | FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [Internet]. 2019 [cited 23/01/2022]. Available from: <https://www.fao.org/publications/sofi/2019/es/>
- FAO. Estadísticas mundiales de soya [Internet]. Blog Agricultura. [cited 23/01/2022]. Available from: <https://blogagricultura.com/estadisticas-soya-produccion/>
- Díaz Franco A, Magallanes Estala A, Aguado Santacruz A, Hernández Mendoza JL. Respuesta de la soya a inoculantes microbianos en el norte de Tamaulipas, México. Revista mexicana de ciencias agrícolas [Internet]. 2015;6(2):227-38. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342015000200001&script=sci_abstract&tlng=pt
- FAOSTAT. No Title [Internet]. 2018 [cited 23/01/2022]. Available from: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- Moreano ICF, Falquez NPT, Gutiérrez MCM, Bermúdez FLL. Evaluación agronómica de materiales de soya (*Glycine max* (L) Merrill) de hiliu claro. RECIAMUC [Internet]. 2017;1(4):850-60. Available from: <https://www.reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/210>
- Barroso Frómata L, Abad Michel M, Rodríguez Hernández P, Jerez Mompí E. Aplicación de FitoMas-E y EcoMic® para la reducción del consumo de fertilizante mineral en la producción de posturas de cafeto. Cultivos Tropicales [Internet]. 2015;36(4):158-67. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362015000400021&script=sci_arttext&tlng=pt
- Juge C, Prévost D, Bertrand A, Bipfubusa M, Chalifour F-P. Growth and biochemical responses of soybean to double and triple microbial associations with *Bradyrhizobium*, *Azospirillum* and arbuscular mycorrhizae. Applied Soil Ecology [Internet]. 2012;61:147-57. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139312001345>
- Hernández AF. La coinoculación *Glomus hoi* like-*Bradyrhizobium japonicum* en la producción de soya (*Glycine max*) variedad Verónica para semilla. Cultivos tropicales [Internet]. 2008;29(4):41-5. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362008000400006
- Abd-Alla MH, El-Enany A-WE, Nafady NA, Khalaf DM, Morsy FM. Synergistic interaction of *Rhizobium*

- leguminosarum* bv. *viciae* and arbuscular mycorrhizal fungi as a plant growth promoting biofertilizers for faba bean (*Vicia faba* L.) in alkaline soil. Microbiological research [Internet]. 2014;169(1):49-58. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944501313001171>
10. Ibiang YB, Mitsumoto H, Sakamoto K. Bradyrhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi modulate manganese, iron, phosphorus, and polyphenols in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under excess zinc. Environmental and Experimental Botany [Internet]. 2017;137:1-13. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847217300242>
11. Hernández Jiménez A, Bosch Infante D, Pérez Jiménez JM, Castro Speck N. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Libro [Internet]. 1st ed. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba: Ediciones INCA; 2015 [cited 23/01/2022]. Available from: <https://isbn.cloud/9789597023777/clasificacion-de-los-suelos-de-cuba-2015/>
12. Fernández F, Gómez R, Vanegas LF, Noval BM de la, Martínez MA. CU22641 Producto inoculante micorrizógeno. Patente No. 22641 [Internet]. 2000 [cited 23/01/2022]. Available from: https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?jsessionid=ED1D72BCCE74B2DBD801D4D94327D0B1.wapp2nA?docId=CU4401498&recNum=98&office=&queryString=&prevFilter=%26fq%3DOF%3ACU%26fq%3DICF_M%3A%22A01N%22&sortOption=Pub+Date+Desc&maxRec=135
13. Rodríguez Yon Jy, Arias Pérez L, Medina Carmona A, Mujica Pérez Y, Medina García LR, Fernández Suárez K, et al. Alternativa de la técnica de tinción para determinar la colonización micorrízica. Cultivos Tropicales [Internet]. 2015;36(2):18-21. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000200003
14. Trouvelot A, Kough JL, Gianinazzi-Pearson V. Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthode d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: Physiological and genetical aspects of mycorrhizae: proceedings of the 1st european symposium on mycorrhizae, Dijon, 1-5 July 1985 [Internet]. 1986. p. 217-21. Available from: <https://www.semanticscholar.org/paper/Mesure-du-taux-de-mycorrhization-VA-d%27un-systeme-de-Trouvelot/5482eab5f682dd814ac986ccce94b30e7e7ffb0e>
15. Herrera-Peraza RA, Furrázola E, Ferrer RL, Valle RF, Arias YT. Functional strategies of root hairs and arbuscular mycorrhizae in an evergreen tropical forest, Sierra del Rosario, Cuba. Revista CENIC. Ciencias Biológicas [Internet]. 2004;35(2):113-23. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181226079010.pdf>
16. Corbera Gorotiza J, Nápoles García MC. 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 [Internet]. 2013;34(2):05-11. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362013000200001&script=sci_arttext&tlng=en
17. Corbera J, Nápoles MC. Evaluación de la inoculación conjunta *Bradyrhizobium japonicum*-hongos MA y la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal en soya, cultivada en época de primavera. Cultivos Tropicales [Internet]. 2011;32(4):13-9. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362011000400002&script=sci_arttext&tlng=pt
18. Granda-Mora KI, Alvarado-Capó Y, Torres-Gutiérrez R. Efecto en campo de la cepa nativa COL6 de *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* sobre frijol común cv. Percal en Ecuador. Centro Agrícola [Internet]. 2017;44(2):5-13. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852017000200001&script=sci_arttext&tlng=en
19. Díaz Pérez B. Influencia de diferentes variantes de biofertilización sobre variables morfofisiológicas y el rendimiento del frijol común (*Rhizobium leguminosarum* L.) [Internet]. Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ciencias ...; 2017. 38 p. Available from: <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/7933>
20. Chipana V, Clavijo C, Medina P, Castillo D. Inoculación de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) con diferentes concentraciones de *Rhizobium elii* y su influencia sobre el rendimiento del cultivo. Ecología aplicada [Internet]. 2017;16(2):91-8. Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162017000200003
21. Segura HC, Joaquín AH, Davila DEZ. Efectividad simbiótica de dos cepas de *Rhizobium* sp. en cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Perú. Idesia [Internet]. 2019;37(4):73-81. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7438339>
22. González JES, Cuéllar AE, Espinosa RR. Manejo, integración y beneficios del biofertilizante micorrizico EcoMic® en la producción agrícola. Agricultura Tropical [Internet]. 2021;6(3). Available from: https://www.researchgate.net/publication/340223155_Manejo_integracion_y_beneficios_el_biofertilizante_micorrizico_EcoMicR_en_la_produccion_agricola
23. Hernández A, Hernández AN. Efecto de la interacción *Rhizobium*-MA en el cultivo de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill). Cultivos Tropicales. 1996;17(1):5-7.
24. Delgado Moreno HO. Análisis de la combinación de microorganismos bioestimulantes (Micorrizas y *Rhizobium*) en el cultivo de soya (*Glycine max*) [Internet]. Babahoyo: UTB, 2019; 2019. 27 p. Available from: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6129>

25. Sauvu-Jonasse C, Nápoles-García MC, Falcón-Rodríguez AB, Lamz-Piedra A, Ruiz-Sánchez M. Bioestimulantes en el crecimiento y rendimiento de soya (*Glycine max* (L.) Merrill). Cultivos Tropicales [Internet]. 2020;41(3). Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000300002
26. Tovar-Franco J. Incremento en invernadero de la calidad y cantidad del follaje de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Florida 77 causado por la combinación de fertilización biológica y química en un suelo de la serie bermeo de la sabana de Bogotá. Universitas Scientiarum [Internet]. 2006;11(Esp):61-71. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/499/49909905.pdf>