






Aplicación del biofertilizante EcoMic® en el cultivo de la habichuela en dos sistemas de producción

EcoMic® biofertilizer application in the cultivation of bean in two production systems

 Roselys Rodríguez-Pérez¹,  Yaumara Muñoz-Hernández²,
 Guillermo S. Díaz López¹,  Michel Ruiz-Sánchez^{1*}

¹Unidad Científico Tecnológica de Base Los Palacios. 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

²Universidad de Pinar del Río "Hermandades Saíz Montes de Oca", avenida José Martí No. 270, Pinar del Río, Cuba. CP 20100

RESUMEN: La investigación se realizó en la Granja Urbana “Los Palacios”, perteneciente a la Empresa Agroindustrial Cubaquivir, donde predomina el suelo Ferralítico Amarillento Lixiviado Petroférico, con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación del biofertilizante EcoMic® en el cultivo de la habichuela, cv. Cantón, en dos sistemas de producción diferente. El biofertilizante se aplicó a la dosis de 10 % en base a la masa de la semilla antes de la siembra, por el método de recubrimiento. En el área de producción intensiva se sembraron dos parcelas de 0,25 ha, una con semilla tratada con el biofertilizante (MA) y la otra sin tratar (no MA), y en el organopónico dos canteros de 10 m de largo y 1,20 m de ancho. Se evaluó, en ambos tratamientos y sistemas de producción, el porcentaje de colonización micorrízica, la altura de las plantas, el número de vainas por planta, la longitud de las vainas, el número de semillas por vaina y el rendimiento agrícola. Se obtuvo como resultado que, en los tratamientos con EcoMic®, se incrementó la altura de la planta, el número de vainas por planta, la longitud de las vainas, el número de semillas por vaina y el rendimiento agrícola de semilla, entre 15 y 23 %. Los mayores incrementos en el crecimiento y desarrollo de las plantas de habichuelas se obtuvieron en condiciones de organopónico.

Palabras clave: micorrizas arbusculares, rendimiento, leguminosa, semilla, *Vigna unguiculata*.

ABSTRACT: The research was carried out at the “Los Palacios” Urban Farm, belonging to the Cubaquivir Agroindustrial Company where a Ferralitic Yellowish Leach Petroferric soil predominates with the aim of evaluating the effect of the biofertilizer EcoMic® application in the cultivation of the bean cv. Canton in two different production systems. Biofertilizers was applied at a dose of 10 % based on the seed mass before sowing by the coating method. In the intensive production area two plots of 0.25 ha were planted. One with seed treated with the biofertilizer (MA) and the other untreated (noMA) and in the organoponic two beds of 10 m long x 1.20 m Wide. The percentage of mycorrhizal colonization, plant height, number of pods per plant, pod length, number of seeds per pod and agricultural yield were evaluated in both treatments and production systems. It was obtained as a result that in the treatments with EcoMic®, the plant height increased, the number of pods per plant, the length of the pods, the number of seeds per pod and the agricultural seed yield between 15 and 23 %. The greatest increases in the growth and development of bean plants were obtained under organoponic conditions.

Keywords: arbuscular mycorrhizae, yield, legume, seed, *Vigna unguiculata*.

*Autor para correspondencia: mich762016@gmail.com

Recibido: 29/10/2021

Aceptado: 16/12/2021

Declaración de Conflicto de Intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses

Contribución de los autores: Conceptualización, investigación y escritura del borrador inicial: Roselys Rodríguez-Pérez, López, **Metodología.** Guillermo S. Díaz. **Procesamiento de los datos:** Yaumara Muñoz-Hernández. **Análisis, revisión y Edición final:** Michel Ruiz-Sánchez

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 habichuela (*Vigna unguiculata* L. Walp) se distingue por su valor nutricional en proteínas, calorías, vitaminas y minerales, carentes en muchos otros alimentos básicos (1). Es una hortaliza que se consume en diversas partes del mundo, fundamentalmente, en Asia, África y América Latina, por lo que representa un porcentaje alto para la nutrición de millones de personas (2) y, además, constituye una fuente de Fe y Zn (1).

Los ecosistemas agrícolas cubanos y, entre estos, los pertenecientes al sistema de la agricultura urbana y periurbana, poseen una elevada biodiversidad con producciones sanas y, por lo general, presentan problemas con el suministro de semilla de las especias de mayor consumo; así como, con la fuente de mejora de la fertilidad de los suelos y sustratos. Es por ello, que se recomienda el uso de los biofertilizantes como alternativas para mejorar la eficiencia del sistema productivo y mantener los rendimientos.

El uso de los microorganismos edáficos en la agricultura, constituye una alternativa promisoría para satisfacer las necesidades nutrimentales de los cultivos y obtener adecuados niveles de rendimiento y calidad de los productos, lo que posibilita el ahorro parcial o total de los fertilizantes minerales, así como el incremento de los procesos biológicos en el suelo. Muchos de los problemas que existen en la nutrición de las plantas, pueden ser solucionados a través de la biotecnología, teniendo en cuenta las capacidades de los microorganismos y su importancia, por lo que se debe potenciar y favorecer el uso de los mismos, ya sean provenientes de hongos o bacterias (3). Estos microorganismos pueden ser cruciales para las producciones sostenibles en sistemas de bajos insumos y, de igual forma, estimular el crecimiento vegetal, al aumentar la disponibilidad de nutrientes para las plantas, producir fitohormonas y propiciar el control biológico de patógenos en el suelo (4).

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares, originan una serie de beneficios para las plantas, entre los cuales se pueden citar los siguientes: incrementos en el crecimiento y los rendimientos agrícolas; aumento del aprovechamiento de los fertilizantes y de los nutrientes del suelo y, por ende, disminución de los costos por conceptos de aplicación de estos insumos; protegen el sistema radicular de las plantas contra ciertas enfermedades fúngicas y contribuyen a la actividad biológica del suelo (5). Se informó, por varios autores, que la habichuela responde positivamente a la simbiosis micorrízica arbuscular (HMA) (6,7).

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación del biofertilizante EcoMic® en el cultivo de la habichuela cv. Cantón, en dos sistemas de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en dos áreas de producción de semilla de la Granja Urbana "Los Palacios", perteneciente a la Empresa Agroindustrial Cubaquivir. Un área de 0,5 ha en la Finca de Semilla, donde predomina el suelo Ferralítico Amarillento Lixiviado Petroférico (8), de baja fertilidad (Tabla 1) según los resultados del análisis de suelo realizados por el Laboratorio Provincial de Pinar del Río. El otro sistema de producción fue en el organopónico de la empresa, donde se habían activado los canteros con materia orgánica fresca.

Se dividió en dos parcelas al 50 % el área de la finca de semilla; en una de ellas, se sembró las semillas de habichuela recubiertas (peletizadas) con el biofertilizante EcoMic®, el cual se aplicó a una dosis equivalente al 10 % en base a la masa de la semilla (7) y la otra se tomó como testigo. La siembra se realizó en la primera quincena de junio de 2018, utilizando como marco de siembra 0,70 m de camellón y 0,10 m de narigón, las labores agrotécnicas se realizaron de acuerdo con el instructivo técnico del cultivo (9). En el caso del organopónico, en cada cantero se establecieron dos surcos a una distancia de 0,70 m y 0,10 m entre plantas.

Evaluaciones

A los 60 días después de la emergencia (DDE), en cada sistema de producción de semilla de habichuela, se marcaron 40 plantas al azar por tratamiento y se realizó la evaluación de la altura de las plantas (cm). En la medida que el cultivo proporcionaba vainas maduras se fueron cosechando y, a los 85 DDE, se realizó la cosecha total del área de cultivo; antes, se evaluó el porcentaje de colonización micorrízica (%) por el método de los interceptos (10), el número de vainas por planta, el largo de las vainas (cm) y el número promedio de semillas por vaina. En el caso de la colonización micorrízica, las raíces de las plantas de habichuela fueron lavadas con abundante agua y se extrajeron las más finas, para conformar un pull de raíces de diez plantas, equivalente a cuatro muestras por tratamiento y se tiñeron, según protocolo propuesto (5).

En el área de producción intensiva se establecieron cinco puntos de muestreo en la diagonal, para determinar el rendimiento agrícola de las semillas de habichuela (1 m²).

Tabla 1. Características de la fertilidad del suelo utilizado en el estudio

Profundidad (cm)	pH	MO (%)	P ₂ O ₅	Ca	Mg	K	Na	CIC
0-20	5,6	1,41	0,9	2,49	2,31	0,25	0,20	9,39
Profundidad (cm)				(%)				
		Arena		Limo			Arcilla	
0-20		65,66		13,08			21,26	

En el caso del organopónico se establecieron cinco puntos de 1 m² en cada cantero.

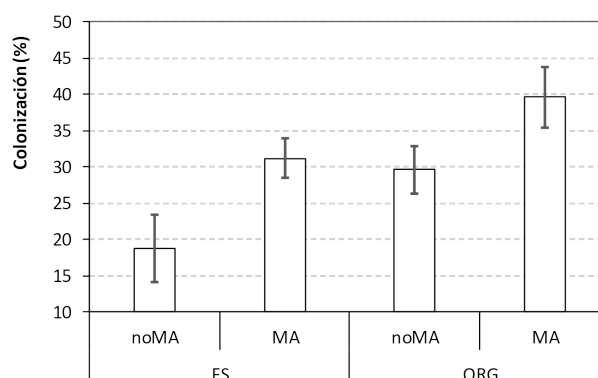
Los valores medio de las evaluaciones y los muestreos se compararon a partir de los intervalos de confianza para $\alpha=0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación del biofertilizante EcoMic® en el cultivo de la habichuela, condicionó incrementos en las variables fúngicas (colonización micorrízica) y agronómicas (longitud de la vaina; número de semillas por vainas y número de vainas por planta) evaluadas en los dos sistemas de producción de semilla. Se encontró un incremento en el porcentaje de colonización micorrízica en los tratamientos inoculados, con respecto al tratamiento sin inocular, en ambos sistemas de producción, de 66 y 34 %, respectivamente (Figura 1).

Es importante señalar que se evidenció un mayor porcentaje de incremento en el sistema de producción intensivo; o sea, en la Finca de Semilla, debido a que esta área, según los el análisis de suelo, presentó una fertilidad baja y, por lo tanto, la planta puede estar mostrando una mayor dependencia micorrízica. Al respecto, se informó que las simbiosis micorrízica muestra una mayor efectividad, cuando a los cultivos agrícolas se les aplica el biofertilizante EcoMic® y se cultiva en suelos de baja fertilidad (5). El porcentaje de colonización que se encontró en los tratamientos no inoculados (noMA) se corresponde con la simbiosis natural que establecen las plantas con los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) residentes en el suelo.

Diversos autores han informado un comportamiento similar para el cultivo de la habichuela, con valores de colonización que fluctúan de 15 a 30 % (6). Sin embargo, no existe un umbral de colonización en función del tipo de suelo y, mucho menos, en función del cultivo, por lo que el porcentaje de colonización en las raíces de las plantas están sujetos a factores edáficos, de especie y condiciones ambientales imperantes (5,11). Al respecto, se informó que es difícil relacionar los efectos del rendimiento con la abundancia de cualquier cepa de HMA en las raíces, debido a la falta de una metodología adecuada para rastrear este taxón en el campo (12). No obstante, existen criterios que aseguraron que, los HMA nativos de suelos muestran bajo potencial para desarrollar simbiosis micorrízica, lo que limita el crecimiento y la concentración de P foliar en la planta hospedante (13).



Finca de semilla (FS); Organopónicos (ORG) Marcas sobre las columnas significan \pm Intervalo de confianza, n = 40

Figura 1. Colonización micorrízica en plantas de habichuelas cv. Cantón, con la aplicación del biofertilizante EcoMic® y sin aplicación, en dos sistemas de producción, finca de semilla y organopónico

En cuanto a la altura de las plantas fue superior en los tratamientos micorrizados (Tabla 2), al igual que el número de vainas, la longitud de las vainas y el número de semillas por vaina, respecto a los no tratados, en ambos sistemas de producción.

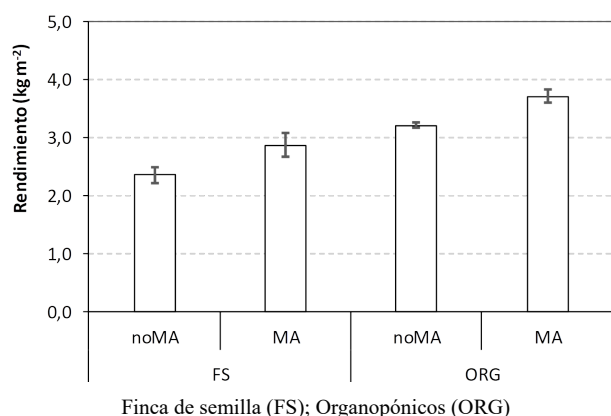
Resultados similares a los informados en esta investigación se reportan en la literatura científica para este cultivo, pero en combinación con otros bioproductos o bioestimulantes, tal es el caso de la combinación en la aplicación de EcoMic® con Spirulina (7); aplicación de EcoMic® con Humus de lombriz (14) y la combinación de EcoMic® con microorganismos eficientes (15). En sentido general, tanto en esta investigación como en las citadas anteriormente, siempre los tratamientos con EcoMic® se favorecen, a partir de su efecto en la absorción de agua y nutrientes por las raíces (5,16).

En cuanto al rendimiento agrícola de la semilla, en los dos sistemas de producción, se encontró que siempre los tratamientos con el biofertilizante EcoMic® mostraron los mayores valores (Figura 2), que se corresponden con un incremento de 15 y 23 %, respectivamente. Cabe señalar que los valores de producción en la Finca de semilla estuvieron por debajo a los encontrados en condiciones de organopónico, y que este comportamiento se corresponde con la baja fertilidad del suelo y un manejo agronómico apropiado a la forma de producción.

Tabla 2. Variables agronómicas en plantas de habichuelas cv. Cantón, con la aplicación del biofertilizante EcoMic® y sin aplicación, en dos sistemas de producción

Tratamientos		ALT	N_V	L_V	N_S
FS	Sin EcoMic®	36,98 \pm 0,45	24,06 \pm 0,44	30,91 \pm 0,36	14,05 \pm 0,29
	Con EcoMic®	44,94 \pm 0,38	27,74 \pm 0,51	34,96 \pm 0,37	17,02 \pm 0,33
ORG	Sin EcoMic®	39,75 \pm 0,50	26,87 \pm 0,75	32,8 \pm 0,43	15,15 \pm 0,31
	Con EcoMic®	48,8 \pm 0,54	30,27 \pm 0,59	36,645 \pm 0,62	20,37 \pm 0,39

Finca de semilla (FS); Organopónicos (ORG); Altura de las plantas (ALT); Longitud de la vaina (L_V); Número de semillas por vainas (N_S); Número de vainas por planta (N_V). \pm Intervalo de confianza, n = 40



Marcas sobre las columnas significan \pm Intervalo de confianza, n = 40

Figura 2. Rendimiento agrícola de plantas de habichuelas cv. Cantón, con la aplicación del biofertilizante EcoMic® y sin aplicación, en dos sistemas de producción

En este caso específico, el incremento de los rendimientos estuvo fuertemente relacionado con los incrementos en el número de vainas por plantas, la longitud de las vainas y el número de semillas por vainas, en los tratamientos micorrizados. Diversas son las investigaciones que han demostrado el incremento de los rendimientos agrícolas por efecto de la aplicación de biofertilizantes (5,17). Respuestas similares a las encontradas en este estudio fueron informadas en el cultivo de la habichuela (7,14,15), con la aplicación de EcoMic® y otros biofertilizantes y bioproductos. En sentido general, estos autores encontraron un incremento de la fijación de nitrógeno atmosférico, mayor área de exploración radical y, consecuentemente, incremento en la absorción de agua y nutrientes del suelo, que tributaron con la mejora del crecimiento y el desarrollo del cultivo de la habichuela.

CONCLUSIONES

- La aplicación del biofertilizante EcoMic® incrementa la altura de la planta, el número de vainas por plantas, la longitud de las vainas, el número de semillas por vaina y el rendimiento agrícola de semilla, entre 15 y 23 %.
- Los mayores incrementos en el crecimiento y el desarrollo de las plantas de habichuelas se obtienen en condiciones de organopónico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bayard-Vedey I, Orberá-Ratón T. Fertilización de Habichuela Larga con biopreparados bacterianos, materia orgánica y fertilizante NPK. *Rev. Cubana Quím.* 2020, 32(2):299-310, e-ISSN: 2224-5421. Available in: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-54212020000200299&script=sci_arttext&lng=en
2. Ponce M, Casanova A. Informe de nuevas variedades INCA E INCA-LD, primeras variedades de habichuela (*Vigna unguiculata* L. Walp sub-sp *sesquipedalis* L.) de crecimiento arbustivo. *Cultivos Tropicales*, 1999, 20 (2):61. Available in: <https://ftp.inca.edu.cu/revista/1999/2/CT20212.pdf>
3. Chakraborty T, Akhtar N. Biofertilizers: Prospects and Challenges for Future. (eds.) Inamuddin, Mohd Imran Ahamed, Rajender Boddula, and Mashallah Rezakazemi. *Biofertilizers: Study and Impact.* (575-590) © 2021 Scrivener Publishing LLC. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781119724995.ch20>
4. Kobae Y, Kameoka H, Sugimura Y, Saito K, Ohtomo R, Fujiwara T, Kyojuka J. Strigolactone biosynthesis genes of rice are required for the punctual entry of arbuscular mycorrhizal fungi into the roots. *Plant Cell Physiol.* 2018, 59(3):544-553. doi: [10.1093/pcp/pcy001](https://doi.org/10.1093/pcp/pcy001). PMID: 29325120. Available in: <https://academic.oup.com/pcp/article/59/3/544/4794741?login=true>
5. Rivera R, Fernández F, Ruiz L, González P.J, Rodríguez Y., Pérez E. Ruiz-Sánchez M. *et al.* 2020. Manejo, integración y beneficios del biofertilizante micorrízico EcoMic® en la producción agrícola. R. Rivera (ed), 151: Ediciones INCA, San José de las Lajas, Cuba. ISBN: 978-959-7258-05-6.
6. Terry E, Ruiz J, Tejeda T, Díaz de Armas MM. Respuesta del cultivo de la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L. var. Verlili.) a la aplicación de diferentes bioproductos. *Cultivos Tropicales*, 2013, 34(3):5-10. Available in: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362013000300001
7. Tamayo Y, Riera M, Terry E, Juárez P, Rodríguez Y. Respuesta de *Vigna unguiculata* (L) Walp a la aplicación de bioproductos en condiciones de huertos intensivos. *Acta Agron.* 2019, 68(1):41-46. doi.org/10.15446/acag.v68n1.72797. Available in: <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v68n1/0120-2812-acag-68-01-41.pdf>
8. Hernández JA, Pérez JM, Bosch ID, Castro S N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. Ediciones INCA, Cuba, 2015. 93. <http://ediciones.inca.edu.cu/> y <http://www.inca.edu.cu>, ISBN: 978-959-7023-77-7. Available in: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362019000100015&script=sci_arttext&lng=pt
9. MINAG. Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprottegida. Cuidad de La Habana, Cuba. 2007. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj0b6KhcPzAhWzRTABHXVLDMcQFnECAwQAQ&url=https%3A%2F%2Fwe.riseup.net%2Fassets%2F70286%2FManual.Tecnico.para.Organoponicos..Cuba.INIFAT.ACTAF.2007.pdf&usq=AOvVaw2sMWvgR4PpvUVWnCOdVrE9>
10. Giovannetti M, Mosse B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular infection in roots. *New Phytologist*, 1980, 84:489-500. Available in: <https://www.jstor.org/stable/2432123>
11. Svenningsen NB, Watts-Williams SJ, Joner EJ, Battini F, Efthymiou A, Cruz- Paredes C. Suppression of the activity of arbuscular mycorrhizal fungi by the soil microbiota. *ISME J.*, 2018, 12(5):1296. Doi: <https://doi.org/10.1038/s41396-018-0059-3> PMID: 29382946.

12. Furrázola E, Torres-Arias Y, Ojeda-Quintana L, Fors RO, Rodríguez-Rodríguez R, Ley-Rivas JF, Mena A, González-González S, Berbara RLL, Queiroz MB, Hamel C, Goto BT. Research on arbuscular mycorrhizae in Cuba: a historical review and future perspectives. *Studies in Fungi*, 2021, 6(1):240-262, Doi [10.5943/sif/6/1/16](https://doi.org/10.5943/sif/6/1/16).
13. Martínez AJ, Osorio VN, and Garrido PJ. Native arbuscular mycorrhizal fungi effectiveness in soils with different agricultural uses. *Journal MVZ Cordoba*, 2019, 24(2), 7256-7261. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1703>.
14. Baldaquín-Hernández M, Labrada-Rodríguez M. Respuesta agronómica del cultivo habichuela (*Vigna unguiculata* L.) ante la aplicación de humus de lombriz y enerplant. REDEL. *Revista Granmense de Desarrollo Local*, 2018, 2(2). <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwio4Oqf-sLzAhVxsDEKHT8nBSsQFnoECAkQAQ&url=https%3A%2F%2Frevistas.udg.co.cu%2Findex.php%2FRedel%2Farticle%2Fview%2F369&usg=AOvVaw3kLdGqJqA07BGZjmT4Gy7Y>
15. Lescaille J, Ramos L, López Y, Tamayo Y, y Telo L. Combinación de EcoMic® y microorganismos eficientes en el cultivo de la *Vigna unguiculata* L' Cantón-1' en áreas productivas de la Empresa Agropecuaria Imías. *Agrotecnia de Cuba*. 2015, 39(4):80-88. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiwmMe--sLzAhXUQjABHZrmDuEQFnoECAIQAAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.grupoagricoladecuba.gag.cu%2Fmedia%2FAGrotecnia%2Fpdf%2F39_2015%2FNo_4%2F82-90.pdf&usg=AOvVaw1m9ZEZ39NdeY_3KQfP2iP5
16. Ruiz-Sánchez M, Dell'Amico-Rodríguez J, Cabrera-Rodríguez JA, Muñoz-Hernández Y, Almeida F, Aroca R. y Ruiz-Lozano JM. Rice plant response to suspension of the lamina of water. Part III. *Cultivos Tropicales*. 2020, 41(2), e07. Available in: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362020000200007&script=sci_abstract&tlng=en
17. Ruiz-Sánchez M, Cabrera-Rodríguez JA, Dell'Amico-Rodríguez JM, Muñoz-Hernández Y, Aroca-Álvarez R, Ruiz-Lozano JM. Categorization of the water status of rice inoculated with arbuscular mycorrhizae and with water deficit. *Agronomía Mesoamericana*, 2021, 32(2):339-355. doi:[10.15517/am.v32i2.42066](https://doi.org/10.15517/am.v32i2.42066).