

# RESPUESTA AGROPRODUCTIVA DE LA HABICHUELA (*Phaseolus vulgaris* L.) A LA APLICACIÓN DE VERMICOMPOST LIXIVIADO Y MICROORGANISMOS EFICIENTES<sup>a</sup>

## GREEN BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) AGRO-PRODUCTIVE RESPONSE TO THE APPLICATION OF LIXIVIATE VERMICOMPOST AND EFFICIENT MICROORGANISMS

ALEXANDER CALERO HURTADO<sup>b</sup> \* YANERY PÉREZ DÍAZ<sup>c</sup> YAINIER GONZÁLEZ-PARDO HURTADO<sup>d</sup> LESLY ANALAY YANES SIMÓN<sup>d</sup> DILIER OLIVERA VICIEDO<sup>a</sup> KOLIMA PEÑA CALZADA<sup>a</sup> JORGE FÉLIX MELÉNDREZ RODRÍGUEZ<sup>d</sup>

Recibido 30-09-2019, aceptado 23-11-2019, versión final 06-12-2019.

Artículo Investigación

**RESUMEN:** Con el objetivo de evaluar la respuesta agroproductiva de la habichuela a la aplicación de los bioproductos vermicompost lixiviado (VL) y microorganismos eficientes (ME) en condiciones de organoponía, fue realizado este estudio en el organopónico "El Estadio", Sancti Spíritus, Cuba, de febrero a mayo de 2016. La siembra de la variedad Verlili fue ejecutada a la distancia de 80 cm entre líneas y 20 cm entre plantas. Los tratamientos fueron distribuidos en bloques al azar, en esquema factorial 2x2, evaluándose la ausencia y presencia (100 mL L<sup>-1</sup>) de ambos bioproductos, vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes, respectivamente. A los 35 días posteriores a la emergencia fue determinada la altura de la planta y el promedio de hojas por planta, y a partir de los durante 42 días posteriores a la emergencia en cinco cosechas fueron evaluados el número, longitud y masa de los frutos, así como el rendimiento. Los resultados mostraron que la utilización del bioproducto microorganismos eficientes fue superior al bioproducto vermicompost lixiviado porque incrementó los indicadores morfoproductivos y el rendimiento. No obstante, los resultados indican que la utilización de ambos bioproductos, constituyen una alternativa eficiente para aumentar la productividad y la sostenibilidad de la habichuela en estas condiciones de cultivo.

<sup>a</sup>Calero-Hurtado, A; Pérez-Díaz, Y; González-Pardo, Y; Yanes-Simón, L. A.; Olivera-Viciedo, D; Peña-Calzada, K; Meléndrez-Rodríguez, J. F. (2020). Respuesta agroproductiva de la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) a la aplicación de vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes. *Rev. Fac. Cienc.*, 9 (1), 112–124. DOI: <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v9n1.56684>

<sup>b</sup>Departamento de solo e adubos, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"(UNESP). Vía de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, CP: 14884-900. Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

\* Autor para correspondencia: alexcalero34@gmail.com

<sup>c</sup>Centro Universitario Municipal de Taguasco "Enrique José Varona". Ave José Martí 48, CP 62300. Zaza del Medio. Taguasco. Sancti Spíritus. Cuba.

<sup>d</sup>Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez"(UNISS). Comandante Manuel Fajardo s/n Olivos 1. CP 60 100. Sancti Spíritus. Cuba.

**PALABRAS CLAVE:** aplicación foliar; inoculación del suelo; humus lixiviado; microorganismos benéficos.

**ABSTRACT:** With the objective of to evaluate the green bean agro-productive response to the application of lixivate vermicompost (VL) and efficient microorganisms (ME) bioproducts under organoponic conditions. An experiment was conducted in the organoponic "El Estadio", of February to May 2013. The sowing of the variety Verlili was executed at the distance of 80 cm between lines and 20 cm between plants. The treatments were distributed in random blocks, in a factorial scheme (2 x 2), evaluating the absence and presence (100 mL L<sup>-1</sup>) of the leached vermicompost and the efficient microorganisms bioproducts, respectively. At 35 days after emergency, the plant height and average of leaves per plant was determined, and from the 42 days after emergence in five harvests the number of legumes, length and mass of the fruits, as well as the yield were evaluated. The results showed that the use of bioproduct efficient microorganisms was superior relative to leached vermicompost bioproduct, which increased morpho-productive indicators and performance. However, the results indicate that the use of both bioproducts constituting an efficient alternative to increase green bean productivity and sustainability under these growing conditions.

**KEYWORDS:** foliar application; soil inoculation; lixivate humus; beneficial microorganism.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de las hortalizas es una de las prioridades fundamentales para la Agricultura Urbana y Suburbana, entre las que se destaca la habichuela, que en Cuba tiene una extensa demanda por la población; sin embargo, reviste una gran importancia, ya que puede ser producida para consumo fresco o para uso industrial en los meses de invierno (Hernández *et al.*, 2010). La producción de alimentos a base de plantas saludables y ecológicas es una prioridad para los investigadores y académicos. La agricultura orgánica se presenta como una alternativa eficiente y aunque existen inquietudes acerca del rendimiento, estudios más recientes muestran que una producción orgánica bien administrada no solo puede lograr rendimientos similares a los producidos por la agricultura convencional, sino que también controla las plagas (Reganold & Wachter, 2016).

Una de las prácticas más comunes en la producción de los cultivos en condiciones de organoponía, es el uso de materiales compostados. Estos materiales generan el vermicompost lixiviado, que están compuestos principalmente de sustancias húmicas, proteínas, carbohidratos, aminoácidos y diferentes macros y micronutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Warman & AngLopez, 2010). El uso del vermicompost es una solución económica para varios problemas agrícolas y ambientales y su aplicación es una forma aceptable de mejorar la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas (Campitelli, Velasco, & Ceppi, 2012). La aplicación del vermicompost lixiviado (VL) constituye una alternativa para disminuir los costos y la dependencia de fertilizantes sintéticos y favorecer la producción de alimentos (Preciado *et al.*, 2014). Los bioproductos a base de VL están compuestos por varios microorganismos y diferentes sustancias que favorecen y estimulan el crecimiento de los cultivos, lo que aumenta la eficiencia de absorción de los nutrientes esenciales (Warman & AngLopez, 2010) y estimula crecimiento de las plantas a través de la regulación hormonal (Mora *et al.*, 2017). Estos efectos benéficos de la aplicación foliar del vermicompost líquido han sido demostrados en diferentes especies de plantas, como en pepino (García *et al.*, 2013),

lechuga (Hernandez, O. L. *et al.*, 2015) y maíz (García *et al.*, 2016).

Varias especies de bacterias y hongos juegan un papel clave en la mejora de la fertilidad del suelo. Cuando se aplican estos géneros de forma conjunta, son formados consorcios microbianos que aumentan la materia orgánica e incrementan la disponibilidad de macros y micronutrientes en el suelo (Rashid *et al.*, 2016). Varios estudios se han centrado en la coinoculación con múltiples organismos (Singh *et al.*, 2016); Vejan, Abdullah, Khadiran, Ismail, & Nasrulhaq Boyce, 2016). La coinoculación con algunas Rizobacterias, resultó en una mayor nodulación y crecimiento de las plantas. Similarmente, existen experiencias benéficas con la aplicación de un variedad de microorganismos de la rizosfera, incluyendo los géneros de *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Azospirillum*, *Enterobacter*, entre otros, que se encuentran comúnmente en la rizosfera de cultivos de leguminosas y no leguminosas (Kumar & Saraf, 2015).

Actualmente es aplicada la tecnología de los microorganismos eficientes (ME), un consorcio multimicrobiano descubierto por el profesor Teuro Higa, Japón (Higa & Parr, 1994)), compuestos por géneros de bacterias, hongos y levaduras; la cual ha sido generalizada y aplicada en varios países (Arias, 2010). Estudios recientes demostraron que el empleo de estos ME ha favorecido el crecimiento y la productividad de varias especies de plantas, como el tabaco (Calero *et al.*, 2019) y frijol (Calero, Pérez & Pérez, 2016; Calero *et al.*, 2018; Calero *et al.*, 2018).

Los efectos beneficiosos de los ME y el vermicompost lixiviado aplicado a las plantas están bien informados en la literatura para algunas especies de plantas; sin embargo, los estudios de la aplicación de estos en la producción y calidad del cultivo de la habichuela son escasos. Bajo estas circunstancias surgen las siguientes hipótesis, la aplicación del VL y los ME incrementan los indicadores morfométricos y productivos de la habichuela con el consecuente aumento de la productividad, y aún, es posible identificar cual bioproducto es más promisorio para obtener una mejor respuesta agroproductiva. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de la aplicación exclusiva de los bioproductos vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes en la producción de la habichuela en condiciones de organoponía.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Material vegetal y condiciones de cultivo

La investigación fue concebida entre los meses de enero a abril de 2016, en el organopónico "El Estadio", en la provincia de Sancti Spíritus, Cuba. Fue utilizada la variedad Verlili de habichuela (*Phaseolus vulgaris L.*), que fue obtenida por el Programa de Mejoramiento Nacional de Variedades y que se caracteriza por tener flores de color violeta, vainas de color verde claro, gruesas y carnosas, así como semillas de color negro, cultivada para consumo fresco, además, es una variedad que se adapta a las condiciones climatológicas de la región, con un potencial productivo alrededor de 6 kg m<sup>-2</sup> (Hernández *et al.*, 2010). Las semillas fueron obtenidas en la Empresa de Semillas de Sancti Spíritus, con un porcentaje de germinación de 97%. La

siembra se realizó de manera directa en canteros de 20,0 m de largo por 1,0 m de ancho, ocupando cinco canteros, la distancia de siembra empleada fue de 0,70 m entre hileras y 0,15 m entre plantas y se depositaron tres semillas por hoyo, a los 10 días posteriores a la emergencia fue realizado un raleo de uniformización, para dejar una planta por sitio. El cantero recibió de base la aplicación de compost (resto de vegetales) a razón de  $0.50 \text{ kg m}^{-2}$ , las atenciones culturales como el riego, control fitosanitario, limpieza, entre otras fueron realizadas siguiendo las recomendaciones del manual técnico para la producción de cultivos orgánicos (INIFAT., 2007). Durante el periodo experimental fueron registradas las variables climáticas por la Estación Provincial de Sancti Spíritus, la temperatura media diaria fue de  $23,11 \text{ }^\circ\text{C}$ , la humedad relativa media diaria de 80 % y la precipitación pluvial acumulada de 109,55 mm.

## 2.2. Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar, con distribución factorial  $2 \times 2$ , con cinco réplicas, para formar 20 parcelas experimentales. Fueron evaluadas la ausencia (SB) y presencia ( $100 \text{ mL L}^{-1}$ ) (CB) de los bioproductos vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes. Las parcelas experimentales fueron de  $3,0 \text{ m}^2$ , dejando un metro de espacio entre cada parcela y réplica.

La inoculación al suelo con los bioproductos fue realizada antes de la siembra a una dosis de  $40 \text{ L ha}^{-1}$ , según estudios precedentes realizados por Calero *et al.* (2018) y (Calero *et al.*, 2019), que definieron y obtuvieron las mayores productividades con la inoculación al suelo combinada con la aplicación foliar y a estas mismas dosis fueron realizadas las dos aplicaciones foliares de ambos bioproductos con una asperjadora manual (ECHO MS-21H) de 7,6 litros de capacidad, aplicados a los 15 y 30 días posteriores a la emergencia

## 2.3. Características de los bioproductos utilizados

El inóculo de microorganismos eficientes (Lote ME), fue gentilmente donado por la Sucursal de Labiofam de Sancti Spíritus y está compuesto por las especies *Bacillus subtilis* B/23-45-10 Nato ( $5,4 \cdot 10^4$  unidades formadoras de colonias (UFC)  $\text{mL}^{-1}$ ), *Lactobacillus bulgaricum* B/103-4-1 ( $3,6 \cdot 10^4$  UFC  $\text{mL}^{-1}$ ), y *Saccharomyces cerevisiae* L-25-7-12 ( $22,3 \cdot 10^5$  UFC  $\text{mL}^{-1}$ ), con certificado de calidad emitido por el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), código R-ID-B-Prot-01-01. Este bioproducto fue preparado mezclando los siguientes residuos como polvo de arroz, suero de leche, melaza, hojarasca proveniente de hojas de bambú, siguiendo los criterios expuestos por Olivera *et al.* (2014). El vermicompost lixiviado fue recolectado en el organopónico, a partir de una producción de vermicompost, producido de residuos vegetales y cachaza, los residuos de los vegetales fueron recogidos y cortados finamente en trozos de 5 cm, aproximadamente y se colocaron en predescomposición aeróbicamente durante 15 días en el vivero cementado de  $300 \text{ dm}^3$ , posteriormente fueron mezclados con torta de filtro, en una relación de 1:1 en base al peso. La torta de filtro fue gentilmente donada por la Industria azucarera "Melanio Hernández", Tuínucu, Taguasco, Sancti Spíritus. Posteriormente, se

introdujeron individualmente 500 ejemplares de *Eisenia foetida* adultas en 40 kg en los residuos biológicos previamente descompuestos. Para mantener la humedad, fueron realizados riegos por aspersión en un rango de tres días aproximadamente. El lixiviado comenzó a recogerse a partir del primer mes de producción del Vermicompost después de cada riego y embazado en frascos plásticos de 1,5 L de capacidad y almacenados en un cuarto cerrado, bajo techo y a temperatura ambiente, coincidiendo con las orientaciones expuestas por el manual técnico para la producción de cultivos orgánicos (INIFAT., 2007).

## 2.4. Evaluaciones realizadas

Fueron muestreadas 50 plantas por tratamientos, en el área útil de cada parcela y observados los siguientes parámetros morfométricos y productivos, siguiendo las orientaciones expuestas anteriormente por CIAT. (1987); altura de la planta (AP), número de hojas por planta (NH), número de frutos por planta (NF), longitud de frutos por planta (LF), masa de los frutos por planta (MF) y el rendimiento ( $\text{kg m}^{-2}$ ).

## 2.5. Análisis estadísticos

El experimento fue repetido dos veces y como los resultados fueron similares, los datos presentados en este documento provienen de un experimento típico y fueron sujetos a un análisis factorial para probar los efectos principales de los dos niveles de aplicación del vermicompost lixiviado (VL) y dos niveles de los microorganismos eficientes (ME) y su interacción (VLxME). Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis descriptivo para variables continuas y cuantitativas, para distribución normal, al test de Shapiro-Wilk para la bondad de ajuste y se aplicó la prueba de Fisher para evaluar la significancia de la varianza. Cuando existió normalidad y significancia, se realizó un análisis de varianza de dos vías (ANOVA), y cuando la F fue significativa ( $p < 0,05$ ), las medias fueron comparadas por la prueba de Rangos Múltiples de Tukey ( $p < 0,05$ ). Los datos fueron procesados en el software R (R Core Team., 2018).

# 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 3.1. Efecto sobre los parámetros morfoproductivos

Hubo efectos significativos ( $p < 0,05$ ) en los componentes principales y en la interacción entre los factores vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes, para la altura de la planta y el número de hojas por planta en las plantas de habichuela (Figura 1a,b). La altura de la planta obtenida en plantas de habichuela fue incrementada con el tratamiento microorganismos eficientes en 50% en relación al control y 14% comparado con la aplicación del bioproducto vermicompost lixiviado, y al mismo tiempo este último fue superior en 33% al tratamiento control (Figura 1a). En plantas de habichuela el número de hojas por planta fue favorecido cuando se aplicó el tratamiento con microorganismos eficientes, porque incrementó este indicador en 27% comparado con el tratamiento control y 16% en relación al bioproducto vermicompost lixiviado, no obstante, cuando fue aplicado el vermicompost lixiviado favoreció el número de hojas por planta en 13%

con respecto al control (Figura 1b).

Este estudio fue realizado para documentar e indicar que la aplicación de los bioproductos vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes pueden aumentar los parámetros morfoproductivos (Figuras 1 y 2), mejorar los indicadores productivos (Figuras 3 y 4a), con el consecuente aumento del rendimiento (Figura 4b). Esto indica que la producción de esta especie es perjudicada bajo las condiciones de manejo actual, porque no se favorecen estos parámetros biométricos y productivos. Sin embargo, estudios recientes demostraron que la aplicación de los ME benefician la arquitectura de las plantas de diferentes especies, como la fresa (Álvarez *et al.*, 2018), tabaco (Calero *et al.*, 2018) y frijol (Calero *et al.*, 2019; Quintero, E. *et al.*, 2018).

Por otra parte, la adición exclusiva del vermicompost lixiviado también favoreció los parámetros morfoproductivos como la altura de la planta y el número de hojas por planta comparadas con el control (Figura 1a,b). Estos efectos positivos con la aplicación del vermicompost lixiviado en el incremento de las variables morfológicas fueron reportados anteriormente en pepino (García *et al.*, 2013) y otras especies como lechuga (Hernandez, O. L. *et al.*, 2015) y en maíz (García *et al.*, 2016). Este aumento en el crecimiento en las plantas de habichuela con la utilización de los bioproductos vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes pudo estar ocasionado por la incorporación de sustancias y elementos que estimulan el crecimiento de las plantas, presentes en su composición (Gutiérrez *et al.*, 2008; López *et al.*, 2017).

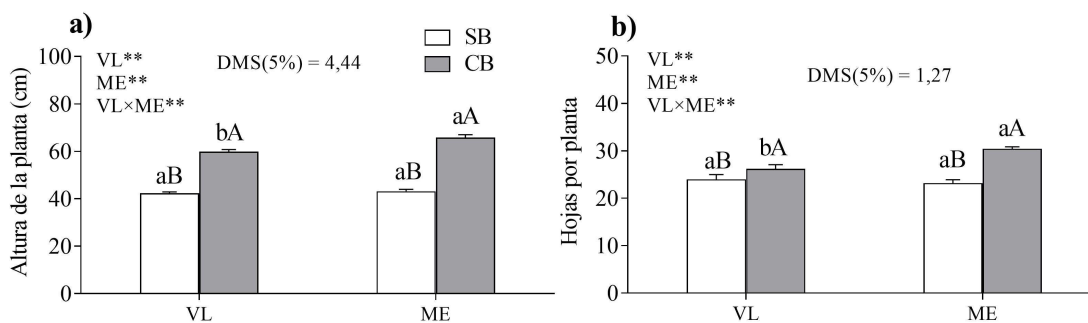


Figura 1: Efecto de los bioproductos en la altura de la planta (a) y el número de hojas por planta (b) obtenidos en las plantas de habichuela, en función de la aplicación o no de los bioproductos. Valores representados por las medias de cinco repeticiones, más la desviación estándar (medias  $\pm$  EE; n = 5). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas en el mismo nivel de aplicación entre cada bioproducto y las mayúsculas indican diferencias significativas entre los niveles de aplicación en el mismo bioproducto, según Tukey ( $p \leq 0,05$ ).  $**p \leq 0,01$ ; VL x ME, interacción entre vermicompost lixivado-microorganismos eficientes; SB, ausencia del bioproducto; CB, presencia del bioproducto. DMS: diferencia mínima significativa. Las barras del error muestran la desviación estándar de cinco repeticiones. Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Efecto sobre las variables productivas

Las plantas de habichuela mostraron efectos significativos ( $p < 0,05$ ) para los componentes principales y para la interacción entre los factores bioproductos vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes en la producción de materia seca de las hojas y tallo (Figura 2a,b). Fue observado que la aplicación del bioproducto microorganismos eficientes incrementó la masa seca de la hoja en relación al tratamiento con vermicompost lixiviado y el control, con incrementos de 21 y 56%, respectivamente, no obstante, la aplicación del vermicompost lixiviado superó la masa seca de la hoja en 26% comparado con el tratamiento control (Figura 2a). Por otro lado, la masa seca del tallo en las plantas de habichuela fue incrementada un 53% con el tratamiento con microorganismos eficientes en relación al control y un 28% comparado con la aplicación del vermicompost lixiviado, sin embargo, este último incrementó la masa seca del tallo en 21% con respecto a las plantas que no recibieron el bioproducto (Figura 2b).

Los resultados alcanzados en este estudio evidenciaron que la no utilización de los bioproductos decreció la producción de materia seca de la parte aérea de las plantas de habichuela, efecto que fue parcialmente revertido con la aplicación de ambos bioproductos (Figura 2a,b). Estos resultados coinciden con resultados observados anteriormente, sobre los efectos benéficos de estos bioproductos en el crecimiento de diversas especies de plantas, con la aplicación de los microorganismos eficientes en plantas de fresa (Álvarez *et al.*, 2018) y frijol (Calero *et al.*, 2019; Calero *et al.*, 2018), y con la aplicación foliar del vermicompost lixiviado fueron favorecidas las plantas de rábano (Fleitas, Benítez, & Castillo, 2013) y maíz (García *et al.*, 2016). Existen evidencias de que la aplicación de los bioproductos microorganismos eficientes y vermicompost lixiviado desempeñan un papel favorable en el crecimiento de las plantas mediante la mejora de la adquisición de minerales y otras sustancias que estimulan el crecimiento (López *et al.*, 2017; Paungfoo-Lonhienne *et al.*, 2019).

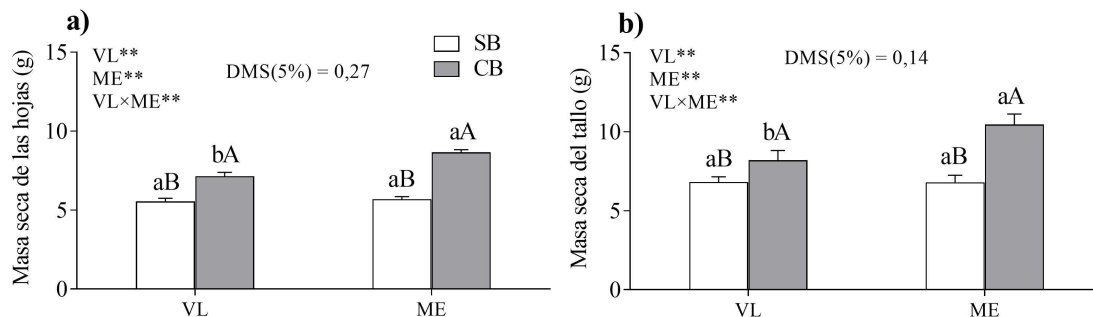


Figura 2: Efecto de los tratamientos en la masa de las hojas (a) y la masa seca del tallo (b) obtenidos en las plantas de habichuela, en función de la aplicación o no de los bioproductos. Medias  $\pm$  DE; n = 5. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas en el mismo nivel de aplicación entre cada bioproducto y las mayúsculas indican diferencias significativas entre los niveles de aplicación en el mismo bioproducto, según Tukey ( $p \leq 0,05$ ). \*\* $p \leq 0,01$ ; VL x ME, interacción entre vermicompost lixiviado-microorganismos eficientes; SB, ausencia del bioproducto; CB, presencia del bioproducto. DMS: diferencia mínima significativa. Las barras del error muestran la desviación estándar de cinco repeticiones. Fuente: Elaboración propia.

Hubo efectos significativos ( $p < 0,05$ ) para los tratamientos principales y la interacción entre los factores vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes en el número de frutos y la longitud de los frutos por planta en plantas de habichuela (Figura 3a,b). En las plantas de habichuela el número de frutos fue superior con la aplicación del bioproducto microorganismos eficientes en relación al vermicompost lixiviado y el tratamiento control, en 10 y 42 %, respectivamente, pero al mismo tiempo el tratamiento con vermicompost lixiviado aumentó en 28 % el número de frutos por planta en relación a las plantas que no recibieron el bioproducto (Figura 3a).

Por otra parte, la aplicación del bioproducto microorganismos eficientes incrementó la longitud de los frutos por planta comparado con el tratamiento con vermicompost lixiviado y el tratamiento control, porque logró incrementos respectivos de 10 y 21 %, sin embargo, la aplicación del vermicompost lixiviado alcanzó incrementos en la longitud de los frutos por planta del 11 % comparado con las plantas control (Figura 3b). Los resultados obtenidos evidenciaron, el impacto de la aplicación de los bioproductos vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes en las plantas de habichuela. Estos efectos benéficos de la aplicación de los microorganismos eficientes en el mejoramiento de las características de los frutos agrícolas, fueron expuestos anteriormente en plantas de habichuela (Terry *et al.*, 2013). Mientras que, la aplicación del vermicompost lixiviado fue benéfico en el aumento de los frutos de las plantas de pepino (García *et al.*, 2013). Estos resultados pudieron estar favorecidos porque la aplicación del vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes incrementaron los indicadores morfoproductivos y del crecimiento, como la altura de la planta, número de hojas, masa seca de la hoja y masa seca del tallo (Figuras 1 y 2). Además, también puede deberse diferentes sustancias que estimulan el crecimiento de las plantas, determinadas anteriormente en estos bioproductos por López *et al.* (2017), Paungfoo-Lonhienne *et al.* (2019).



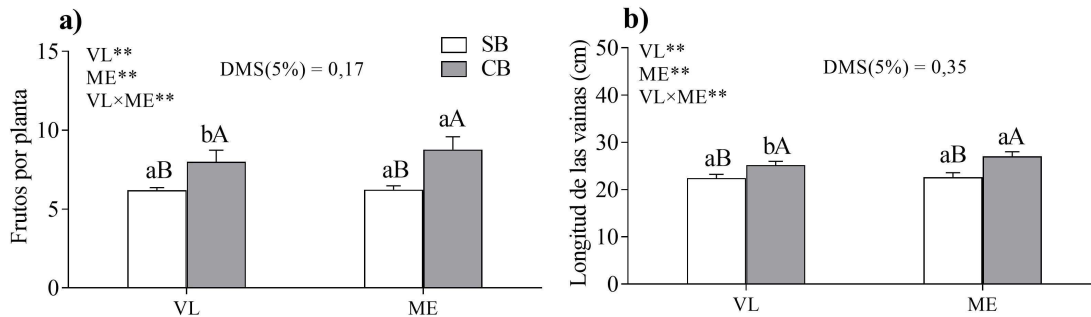


Figura 3: Efecto de los tratamientos en el número de vainas por planta (a) y la longitud de las vainas (b) obtenidos en las plantas de habichuela, en función de la aplicación o no de los bioproductos. Medias  $\pm$  DE; n = 5). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas en el mismo nivel de aplicación entre cada bioproducto y las mayúsculas indican diferencias significativas entre los niveles de aplicación en el mismo bioproducto, según Tukey ( $p \leq 0,05$ ). \*\* $p \leq 0,01$ ; VLxME, interacción entre vermicompost lixiviado-microorganismos eficientes; SB, ausencia del bioproducto; CB, presencia del bioproducto. DMS: diferencia mínima significativa. Las barras del error muestran la desviación estándar de cinco repeticiones. Fuente: Elaboración propia.

La masa de los frutos y el rendimiento obtenidos en las plantas de habichuela presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para los tratamientos evaluados y la interacción entre los factores vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes (Figura 4a,b). La aplicación del bioproducto microorganismos eficientes incrementó la masa de los frutos en 63 % comparado con el tratamiento control y en 20 % comparado con el tratamiento con vermicompost lixiviado, pero este último al mismo tiempo superó en 36 % al tratamiento control ((Figura 4a). El mayor rendimiento fue alcanzado con el tratamiento con microorganismos eficientes comparados con la aplicación del vermicompost lixiviado y el control, porque logró incrementos de 44 y 155 %, respectivamente. Mientras que, la aplicación del vermicompost lixiviado fue superior en 141 % al control ((Figura 4d).

Este aumento de la productividad de la habichuela pudo estar influenciado porque los bioproductos vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes aumentaron la altura de la planta, número de hojas, frutos, longitud y masa de los frutos comparado con el tratamiento control (Figuras 1,2,3 y 4a). Este hecho de que el uso de microorganismos promotores del crecimiento ayuda a aumentar los rendimientos de los cultivos fueron descritos anteriormente (Rashid *et al.*, 2016; Zhao *et al.*, 2017). Estudios recientes observaron estos efectos benéficos de la aplicación de los microorganismos eficientes en el incremento de la productividad de la habichuela (Terry *et al.*, 2013) y en otras especies de plantas, como la fresa (Álvarez *et al.*, 2018) y el frijol (Calero *et al.*, 2019; Calero *et al.*, 2018). Mientras que, la aplicación del vermicompost lixiviado fue benéfico en el aumento de la productividad del rábano (Fleitas, Benítez, & Castillo, 2013), pepino (García *et al.*, 2013) y maíz (García *et al.*, 2016).

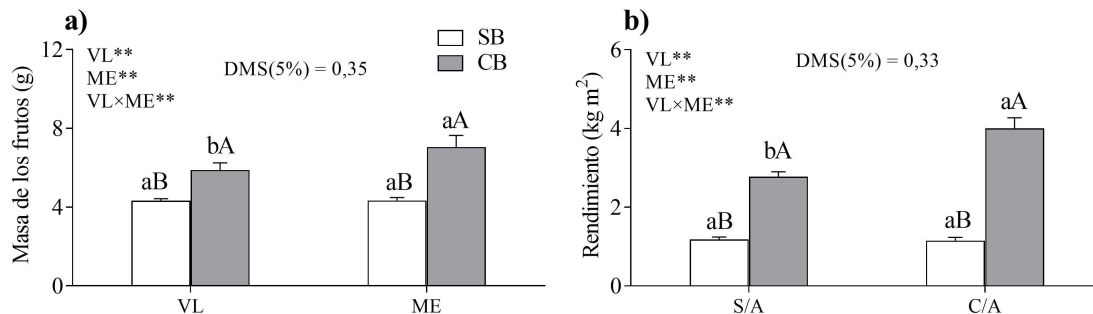


Figura 4: Efecto de los tratamientos en la masa de los frutos (a) y el rendimiento (b) obtenidos en las plantas de habichuela, en función de la aplicación o no de los ME y VL. Medias  $\pm$  DE; n = 5. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas en el mismo nivel de aplicación entre cada bioproducto y las mayúsculas indican diferencias significativas entre los niveles de aplicación en el mismo bioproducto, según Tukey ( $p \leq 0,05$ ). \*\* $p \leq 0,01$ ; VLxME, interacción entre vermicompost lixiviado-microorganismos eficientes; SB, ausencia del bioproducto; CB, presencia del bioproducto. DMS: diferencia mínima significativa. Las barras del error muestran la desviación estándar de cinco repeticiones. Fuente: Elaboración propia.

## 4. CONCLUSIONES

La utilización de los bioproductos vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes, ejercen un efecto positivo en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de la habichuela en condiciones de organoponía. Sin embargo, la aplicación del bioproducto microorganismos eficientes fue más promisoría en obtener una mayor respuesta agroproductiva en relación al vermicompost lixiviado. Los resultados indican que las aplicaciones de ambos bioproductos constituyen una alternativa para incrementar la productividad de las plantas de habichuela.

## Referencias

- Álvarez, M., Tucta, F., Quispe, E., & Meza, V. (2018). Incidencia de la inoculación de microorganismos benéficos en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.). *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 33-42. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.04>
- Arias, A. (2010). Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. *Journal De Ciencia E Ingeniería*, 02(02), 42-45. Retrieved from <http://jci.uni autonom a.edu.co/2010/2010-7.pdf>
- Calero-Hurtado, A., Quintero-Rodríguez, E., Olivera-Viciedo, D., Peña-Calzada, K., & Pérez-Díaz, Y. (2019). Influencia de dos bioestimulantes en el comportamiento agrícola del cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* l.). *Revista de La Facultad de Ciencias*, 8(1), 31-44. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v8n1.73546>

- Calero, A., Quintero, E., Pérez, Y., González-Pardo, Y., & González, N. T. (2019). Microorganismos eficientes y vermicompost lixiviado aumentan la producción de pepino. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2), 11-17. <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1167>
- Calero, A., Pérez, Y., & Pérez, D. (2016). Efecto de diferentes biopreparados combinado con Fitomas-E en el comportamiento agroproductivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Monfragüe Desarrollo Resiliente*, 2(2), 162–176.
- Calero, A., Pérez, Y., & Quintero, E. (2018). Efecto de tres biofertilizantes en el comportamiento agronómico del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Monfragüe Desarrollo Resiliente*, 11(4), 56–73.
- Calero, A., Pérez, Y., Quintero, E., Olivera, D., & Peña, K. (2019). Efecto de la aplicación asociada entre *Rhizobium leguminosarum* y microorganismos eficientes sobre la producción del fríjol común. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(2), 309-322. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol20\\_num2\\_art:1460](https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num2_art:1460)
- Calero, A., Quintero, E., Olivera, D., Pérez, Y., Castro, I., Jiménez, J., & López, E. (2018). Respuesta de dos cultivares de frijol común a la aplicación foliar de microorganismos eficientes. *Cultivos Tropicales*, 39(3), 5-10. <https://doi.org/10.1234/ct.v39i3.1459>
- Calero, A., Quintero, E., Pérez, Y., Olivera, D., Peña, K., & Jiménez, J. (2019). Efecto entre microorganismos eficientes y fitomas-e en el incremento agroproductivo del frijol. *Biotecnología en el Sector Aropecuario e Agroindustrial*. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v17n1.1173>
- Calero, Alexander, Quintero, E., & Pérez, Y. (2017). Utilización de diferentes bioproductos en la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agrotecnia de Cuba*, 41(1), 17-24.
- Calero-Hurtado, A., Pérez-Díaz, Y., Olivera-Viciedo, D., Quintero-Rodríguez, E., Peña-Calzada, K., Theodore-Nedd, L. L., & Jiménez-Hernández, J. (2019). Effect of different application forms of efficient microorganisms on the agricultural productive of two bean cultivars. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 72(3), 8927-8935. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n3.76272>
- Campitelli, P., Velasco, M., & Ceppi, S. (2012). Characterization of humic acids derived from rabbit manure treated by composting-vermicomposting process. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(4), 875-891. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162012005000039>
- CIAT. (1987). Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol (1st ed.; A. V Schoonhoven & M. A. Pastor, Eds.). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10568/69558>
- Fleitas, M., Benítez, T., & Castillo, R. (2013). Evaluación del humus de lombriz y estiércol bovino en la producción del rábano (*Raphanus sativus* L.) en condiciones de organopónico. *Revista Pakamuros*, 1(2), 2306-9805

- García, A. C., de Souza, L. G. A., Pereira, M. G., Castro, R. N., García-Mina, J. M., Zonta, E. & Berbara, R. L. L. (2016). Structure-Property-Function Relationship in Humic Substances to Explain the Biological Activity in Plants. *Scientific Reports*, 6(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/srep20798>
- García, A. C., Izquierdo, F. G., González, O. L. H., Armas, M. M. D. de, López, R. H., Rebato, S. M. & Berbara, R. L. L. (2013). Biotechnology of humified materials obtained from vermicomposts for sustainable agroecological purposes. *African Journal of Biotechnology*, 12(7), 625-634. Retrieved from <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/126646>
- Gutiérrez, F., García, R., Rincón, R., Abud, M., Oliva, M., Cruz, M., & Dendooven, L. (2008). Formulation of a liquid fertilizer for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) using vermicompost leachate. *Bioresource Technology*, 99(14), 6174-6180. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2007.12.043>
- Hernández, L., Hernández, N., Soto, F., & Pino, M. A. (2010). Estudio fenológico preliminar de seis cultivares de habichuela de la especie *Phaseolus vulgaris* L. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 54-61.
- Hernandez, O. L., Calderín, A., Huelva, R., Martínez-Balmori, D., Guridi, F., Aguiar, N. O. Canellas, L. P. (2015). Humic substances from vermicompost enhance urban lettuce production. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(1), 225-232. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0221-x>
- Higa, T., & Parr, J. (1994). Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment (1st ed.; H. T, Ed.). Retrieved from ht
- INIFAT. (2007). Manual de organopónicos y huertos intensivos (1st ed.). La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt"(INIFAT).
- Kumar, C. & Saraf, M. (2015). Plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR): a review. *Journal of Agricultural Research and Development*, 5(2), 108-119.
- López, E., Calero, A., Gómez, Y., Gil, Z., Henderson, D. & Jiménez, J. (2017). Efecto agronómico del biosólido en cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*): control biológico de *Rhizoctonia solani*. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 13-23. <https://doi.org/10.1234/ct.v38i1.1330>
- Mora, V., Bacaicoa, E., Zamarreño, A.-M., Aguirre, E., Garnica, M., Fuentes, M. & García-Mina, J.-M. (2010). Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. *Journal of Plant Physiology*, 167(8), 633-642. <https://doi.org/10.1016/J.JPLPH.2009.11.018>
- Olivera, D., Ayala, J., Calero, A., Santana, M., & Hernández, A. (2014). Prácticas agroecológicas en la provincia de Sancti Spíritus, Cuba. Microorganismos eficientes (EM), una tecnología apropiada sobre bases agroecológicas. *Ciência Tecnologia Sociedade (Cts) Na Construção Da Agroecologia*, 7(1), 77-83.

- Paungfoo-Lonhienne, C., Redding, M., Pratt, C. & Wang, W. (2019). Plant growth promoting rhizobacteria increase the efficiency of fertilisers while reducing nitrogen loss. *Journal of Environmental Management*, 233, 337-341. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2018.12.052>
- Preciado, P., García, J. L., Segura, M. Á., Salas, L., Ayala, A. V., Garay, A. & Troyo, E. (2014). Efecto del lixiviado de vermicomposta en la producción hidropónica de maíz forrajero. *Terra Latinoamericana*, 32(4), 333-338. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v32n4/2395-8030-tl-32-04-00333.pdf>
- Quintero, E., Calero, A., Pérez, Y., & Enríquez, L. (2018). Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. *Centro Agrícola*, 45(3), 73-80.
- R Core Team. (2018). R: A language and environment for statistical computing; 2015. (p. 4). Retrieved from <http://www.r-project.org/>
- Rashid, M. I., Mujawar, L. H., Shahzad, T., Almeelbi, T., Ismail, I. M. I., & Oves, M. (2016). Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. *Microbiological Research*, 183, 26-41. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.11.007>
- Reganold, J. P., & Wachter, J. M. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, 2(2), 2-8. <https://doi.org/10.1038/nplants.2015.221>
- Singh, J. S., Kumar, A., Rai, A. N. & Singh, D. P. (2016). Cyanobacteria: A precious bio-resource in agriculture, ecosystem, and environmental sustainability. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1-19. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00529>
- Terry, E., Ruiz, J., Tejada, T. & Díaz, M. M. (2013). Respuesta del cultivo de la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L. var. Verlili.) a la aplicación de diferentes bioproductos. *Cultivos Tropicales*, 34(3), 5-10.
- Vejan, P., Abdullah, R., Khadiran, T., Ismail, S., & Nasrulhaq Boyce, A. (2016). Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability-A review. *Molecules*, 21(5), 1-17. <https://doi.org/10.3390/molecules21050573>
- Warman, P. R., & AngLopez, M. J. (2010). Vermicompost derived from different feedstocks as a plant growth medium. *Bioresource Technology*,
- Zhao, H., Li, T., Zhang, Y., Hu, J., Bai, Y., Shan, Y., & Ke, F. (2017). Effects of vermicompost amendment as a basal fertilizer on soil properties and cucumber yield and quality under continuous cropping conditions in a greenhouse. *Journal of Soils and Sediments*, 17, 2718-2730. <https://doi.org/10.1007/s11368-017-1744-y>