



Efecto de un biopreparado con microorganismos eficientes en el cultivo de *Vigna unguiculata* L.

Effect of a biopreparation with efficient microorganisms on the cultivation of *Vigna unguiculata* L.

Alejandro Raúl González Cruz

Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"

0009-0006-9128-5284 | alejandrorgc95@gmail.com

Cynthia Cardoso Águila

Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"

0009-0003-0448-3628 | cynthiacardosoaguila@gmail.com

Enrique Casanovas Cosío

Centro de Estudios para la transformación Agraria Sostenible

Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"

0000-0001-5884-3922 | ecasanovas@ucf.edu.cu

Efecto de un biopreparado con microorganismos eficientes en el cultivo de *Vigna unguiculata* L.

Resumen

La investigación evaluó el efecto de un biopreparado con microorganismos eficientes en el cultivo de *Vigna unguiculata* L. en Cruces, Cuba, donde la degradación del suelo afecta la productividad. El estudio se realizó en la finca "La Caoba" empleando un diseño de bloques al azar con tres tratamientos (control, 7 L ha⁻¹ y 10 L ha⁻¹ de ME) y cuatro réplicas. Se analizaron variables morfológicas (altura, número de flores y vainas) y de rendimiento mediante técnicas agronómicas estandarizadas y análisis estadístico (ANOVA y Tukey). La dosis de 10 L ha⁻¹ mostró incrementos significativos frente al control: 23 % en altura, 90 % en flores, 73 % en vainas y 79 % en rendimiento. Estos resultados confirman que el biopreparado mejora el desarrollo del cultivo y la fertilidad del suelo, al ser una alternativa sostenible para suelos degradados. El estudio demuestra la viabilidad técnica de los ME en condiciones locales, aunque se recomienda evaluar su impacto a largo plazo y en otros cultivos. Esta investigación aporta soluciones prácticas para zonas con limitaciones edáficas, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles.

Palabras clave: fertilidad; productividad; rendimiento; suelo

Abstract

This research evaluated the effect of a biopreparation with efficient microorganisms on the cultivation of *Vigna unguiculata* L. in Cruces, Cuba, where soil degradation affects productivity. The study was conducted at the "La Caoba" farm using a randomized block design with three treatments (control, 7 L ha⁻¹, and 10 L ha⁻¹ of EM) and four replicates. Morphological variables (height, number of flowers and pods) and yield were analyzed using standardized agronomic techniques and statistical analysis (ANOVA and Tukey). The 10 L ha⁻¹ dose showed significant increases compared to the control: 23 % in height, 90 % in flowers, 73 % in pods, and 79 % in yield. These results confirm that biopreparation improves crop development and soil fertility, being a sustainable alternative for degraded soils. The study demonstrates the technical feasibility of MEs under local conditions, although its long-term impact and evaluation of other crops is recommended. This research provides practical solutions for areas with soil constraints, promoting sustainable agricultural practices.

Key Words: fertility; productivity; yield; soil

Introducción

El suelo, que es el medio natural soporte de las plantas, también es un recurso esencial para la agricultura y la producción de alimentos. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2024), el suelo es un cuerpo natural que se compone de capas (horizontes) que resultan del tiempo, el clima, la topografía, los organismos vivos y el material parental, generando unas propiedades físicas, químicas y biológicas que son distintas del material parental. Sin embargo, la acción humana ha generado un descenso importante y generalizado de la calidad del suelo; afectando al 40 % de la superficie de los suelos y con impactos económicos de aproximadamente 44 billones de dólares. Este deterioro se debe principalmente a prácticas agrícolas intensivas, deforestación, urbanización y contaminación, que han causado erosión, pérdida de nutrientes esenciales y disminución de la biodiversidad del suelo.

En Cuba, la problemática del suelo presenta cuantiosos problemas, como la erosión, la salinidad, la compactación y el drenaje, que afectan a más de 4 millones de hectáreas. Las prácticas agrarias son muy poco sostenibles, por lo que la erosión del suelo afecta el 71,23 % de la superficie agrícola debido a la compactibilidad, bajo contenido de materia orgánica, salinidad, baja retención de humedad, baja fertilidad, pedregosidad y drenaje deficiente. La degradación es uno de los principales problemas ambientales (Martínez et al., 2017).

No es extraño que la provincia de Cienfuegos se pueda ver en esta problemática. Los estudios llevados a cabo en el municipio de Cruces, Cuba, sobre un suelo pardo sin carbonato, muestran un elevado grado de deterioro del suelo, todo ello con baja porosidad, elevada compactación y muy escasa materia orgánica (Valdivies et al. 2023). Para abordar los problemas asociados al suelo, se han implementado estrategias de manejo sostenible que incluyen el uso de abonos orgánicos, biofertilizantes, siembra en seco, no labranza y rotación de cultivos; sin embargo, aún persisten desafíos que requieren el desarrollo de alternativas innovadoras (Ramos & Terry, 2014).

A partir de este planteamiento, los Microorganismos Eficientes (ME) emergen como una alternativa razonable, se trata de microorganismos que incluyen, entre otros, a las bacterias fotosintéticas, a los ácidos lácticos, a las levaduras, a los actinobacterias, y a los síndromes fitopatogénicos como los hongos filamentosos. Su acción sinérgica va a producir la mejora de la salud del suelo y de las plantas (Gómez et al. 2017). Su capacidad para degradar la materia orgánica, suprimir patógenos y mejorar el hábitat del suelo los convierte en elementos clave para la agricultura sostenible. Esta tecnología se ha implementado en más de 80 países, incluyendo Cuba, donde se han investigado las potencialidades y los mecanismos de recuperación del suelo a partir de microorganismos benéficos adaptados a las condiciones locales (Mesa, 2020).

A pesar de los avances en el uso de ME, su aplicación en cultivos específicos en el municipio Cruces aún requiere evaluación sistemática. Este estudio tiene como objetivo

evaluar el efecto de un biopreparado a base de ME sobre el cultivo de la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.), al considera variables como el crecimiento vegetal, rendimiento y mejoramiento de suelo. La aplicación de microorganismos eficientes (ME) en el municipio de Cruces, se justifica por su capacidad para mejorar la fertilidad, estructura y salud del suelo, especialmente en contextos agrícolas con limitaciones de recursos, para mitigar la degradación del suelo y aumentar la productividad agrícola en contextos locales.

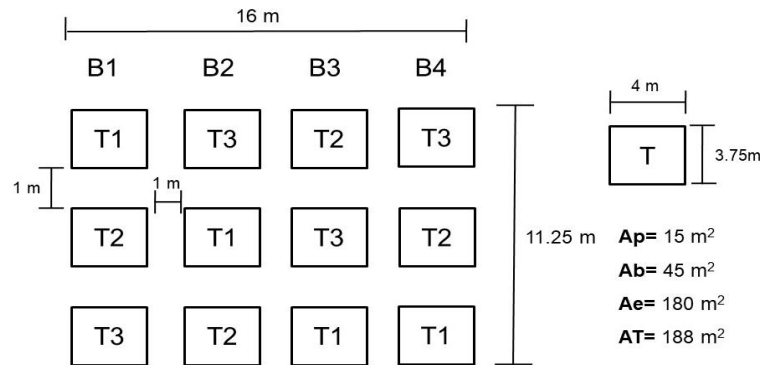
Materiales y métodos

El presente estudio se desarrolló en la finca “La Caoba”, socia de la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) Ramón Balboa Monzón, ubicada en el municipio de Cruces, provincia de Cienfuegos, Cuba. El período de ejecución abarcó desde septiembre de 2024 hasta julio de 2025. El suelo del área experimental fue clasificado como un suelo pardo sin carbonato poco productivo, según sus características físicas, químicas y biológicas, el análisis de suelo y la clasificación realizada por Hernández et al. (2015).

Diseño Experimental

El experimento se llevó a cabo bajo un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y cuatro réplicas. El marco de plantación empleado siguió las recomendaciones propuestas por Matos (2023), con una distancia de 0,25 m entre plantas y 0,80 m entre surcos. Cada tratamiento ocupó un área de 15 m², resultando en un área total experimental de 188 m² (figura 1). Se muestrearon un total de 10 plantas por parcela experimental para las evaluaciones.

Figura 1. *Diseño Experimental Habichuela*



Fuente: Elaboración propia

Para los tratamientos evaluados se tuvieron en cuenta las dosis propuestas por Carrillo et al. (2022):

- **T1:** Control sin aplicación de biopreparado.
- **T2:** Biopreparado a base de Microorganismos Eficientes aplicado a una dosis de 7 L ha^{-1} .
- **T3:** Biopreparado a base de Microorganismos Eficientes aplicado a una dosis de 10 L ha^{-1} .

El biopreparado utilizado fue producido con cepas autóctonas, a partir de bosques no antropizados, con buen contenido de microorganismos nativos, en la propia finca, se aplicaron tres aspersiones consecutivas con un intervalo de 7 días, comenzando a los 7 días después de la siembra. La aplicación se realizó tanto en el área foliar como en el suelo en la periferia de las plantas, utilizando un pulverizador manual de 16 litros de capacidad equipado con una boquilla de cono hueco a presión constante. Las aplicaciones se llevaron a cabo en el horario comprendido entre las 6:00 y 7:00 pm, empleando una solución final de 320 L ha^{-1} .

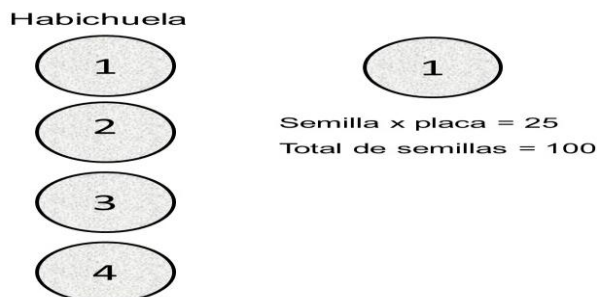
Material Biológico

Como material biológico se utilizó semilla certificada de habichuela arbustiva (*Vigna unguiculata* L.), variedad Cuba 98, obtenida en la Tienda Consultorio Agricultor (CTA) perteneciente a la Granja Urbana Cruces. Durante el desarrollo del cultivo se realizaron las actividades agrotécnicas previstas en el Manual Técnico para Organopónicos, Huertos Intensivos y Organoponía Semiprotegida (Gutiérrez, 2020).

Prueba de Germinación

Se utilizó una dilución del filtrado, con la dosis propuesta por el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA, 2019) de 5 mL de extracto acuoso, en placas Petri, se aplicaron dos tratamientos el T1 con agua destilada y en el T2 cuatro réplicas cada una con 25 semillas para un total de 100 semillas humedecidas, evaluadas a los 7 días. Terminado el período de exposición, se procedió a registrar el número de semillas que germinen normalmente, considerando como criterio de germinación, la aparición visible de la radícula.

Figura 2. *Diseño de prueba de germinación en placa Petri*



Fuente: Elaboración propia

Evaluaciones Realizadas

Se evaluaron variables morfológicas y componentes de rendimiento del cultivo. A continuación, se describen los procedimientos empleados:

Altura de la Planta

Se realizó un muestreo inicial a los 7 días después de la germinación y posteriormente se continuó con evaluaciones semanales hasta los 28 días. La altura de la planta se midió con una cinta métrica desde la superficie del suelo hasta el extremo de la yema apical, tomando como muestra 10 plantas por réplica. Los resultados se expresaron en metro.

Número de Flores por Planta

Se realizó al concluir la floración a los 45 días de sembrado, se contabilizó el número de flores por planta y se promediaron los valores obtenidos.

Número de Vainas por Planta

Al momento de la cosecha, se contó el número de vainas por planta y se promediaron los valores.

Longitud de las Vainas

Se midió con una cinta métrica la longitud de 20 vainas tomadas al azar de las parcelas en estudio durante cada cosecha. Los valores se promediaron y compararon con los parámetros de calidad del cultivo.

Peso de las Vainas

Se determinó pesando en una balanza analítica 20 vainas tomadas al azar de las parcelas en estudio durante cada cosecha. Los valores obtenidos se expresaron en gramos y se promediaron.

Rendimiento

El rendimiento se calculó contabilizando la producción obtenida en las parcelas en estudio en kg y dividiendo este valor por el área de la parcela (expresado en kg m⁻²) (Reyes, 2020).

Procesamiento Estadístico

Para evaluar la homogeneidad entre réplicas, se aplicó una prueba de chi-cuadrado (χ^2) de bondad de ajuste, considerando como hipótesis nula (H_0) que no existen diferencias significativas en la proporción de germinación entre replicas. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis estadísticos de varianza (ANOVA) utilizando el paquete estadístico SPSS para Windows versión 25. Las medias fueron comparadas mediante el test de HSD de Tukey con un nivel de significancia del 5% ($P \leq 0.05$).

Resultados

Efecto del biopreparado en la prueba de germinación

La prueba de germinación desarrollada en placas Petri, con cuatro réplicas de 25 semillas cada una (100 semillas por tratamiento) (Tabla 1), evidenció que el potencial germinativo de las condiciones ensayadas es muy elevado, teniendo en cuenta que las cuatro réplicas superaron el 95 % de germinación, con una emergencia unánime y vigorosa de la radícula en la mayoría de las semillas, lo que indica que el método utilizado (placas Petri con humedecimiento controlado) y las condiciones experimentales son idóneas para la germinación sin que se evidenciaron efectos inhibitorios por parte del biopreparado a las dosis empleadas.

La concordancia de datos (baja variabilidad de los valores entre réplicas) avala la fiabilidad del ensayo, confirmando la alta viabilidad de las semillas y que el diseño experimental habilitó una adecuada evaluación.

Tabla 1. Prueba de germinación de la Semilla

Réplica	Semillas germinadas/25	% Germinación
1	24	96
2	25	100
3	23	92
4	24	96
Es $\pm$		0.994

Fuente: Elaboración propia con datos procesados por el programa SPSS v.25

Nota: Total germinado 96/100 semillas (96 % global).

No se obtiene suficiente evidencia para rechazar H_0 ($p > 0.05$). Las diferencias entre réplicas son no significativas estadísticamente, ratificando la homogeneidad que se tiene en el proceso de germinación. La alta calidad de las semillas empleadas junto con los valores obtenidos forja el 96 % global de germinación y un CV < 5 %, confirmando la fiabilidad del método para estudiar el efecto de biopreparados en el proceso de germinación.

Efecto de la aplicación del biopreparado sobre los indicadores morfológicos y del rendimiento del cultivo

Efecto de la aplicación del biopreparado sobre el indicador altura de las plantas

Los resultados (Tabla 2) muestran que el biopreparado de ME incrementó significativamente la altura de las plantas en comparación con el control, especialmente en etapas avanzadas (14–28 DDS). A los 28 DDS, la dosis de 10 L ha⁻¹ (T3) produjo un aumento del 23 % en la altura (0.246 m con respecto al control con 0.200 m); $P < 0.05$), mientras que 7 L ha⁻¹ (T2) tuvo un efecto intermedio (0.218 m). Esto sugiere una relación dosis-respuesta, donde mayores volúmenes de ME favorecen el crecimiento vegetativo, probablemente por una mayor actividad microbiana en la rizósfera. En etapas iniciales (7 DDS), la ausencia de diferencias indica que el efecto de los ME requiere tiempo para manifestarse.

Tabla 2. Efecto del biopreparado sobre el indicador la altura de las plantas

Tratamientos	Periodo			
	7 DDS	14 DDS	21 DDS	28 DDS
T1. Control	0,075 a	0,134 b	0,163 b	0,200 c
T2. Biopreparado de ME 7 L ha ⁻¹	0,077 a	0,154 a	0,185 a	0,218 b
T3. Biopreparado de ME 10 L ha ⁻¹	0,077 a	0,159 a	0,195 a	0,246 a
Es $\pm$	0,0008	0,0029*	0,0029*	0,0042 *

Fuente: Elaboración propia con datos procesados por el programa SPSS v.25

Nota. Letras desiguales presentan diferencias significativas *($P < 0,05$) según Tukey, Días Después de la Siembra (DDS).

Efecto de la aplicación del biopreparado sobre el indicador número de flores por planta

Al realizar la evaluación de los resultados obtenidos en el comportamiento del indicador flores por planta de los diferentes muestreos que se realizaron (Tabla 3), la aplicación del biopreparado de ME influyó de manera sustancial en el comportamiento de este indicador. El tratamiento de 10 L ha⁻¹ (T3) presentó un promedio de 14,80 flores por planta, considerablemente mayor que el promedio obtenido en el control (T1) con 9,20 flores por planta; las diferencias encontradas son estadísticamente significativas ($P < 0,05$). Este incremento en la producción de flores nos indica que el biopreparado de ME, en dosis de 10 L ha⁻¹, podría contribuir a mejorar la capacidad reproductiva de las plantas.

Tabla 3. Efecto del biopreparado sobre el indicador número de flores por planta

Tratamientos	45 Días Después de la Siembra
T1. Control	9,20 c
T2. Biopreparado de ME 7 L ha ⁻¹	12,40 b
T3. Biopreparado de ME 10 L ha ⁻¹	14,80 a
Es ±	0,459 *

Fuente: Elaboración propia con datos procesados por el programa SPSS v.25

Nota. Letras desiguales presentan diferencias significativas *(P<0,05) según Tukey

Efecto de la aplicación del biopreparado sobre el indicador vainas por plantas

Al analizar los datos recogidos del indicador "vainas por planta", el cual se presenta en la Tabla 4, se concluye que la aplicación del biopreparado de (ME) influye notablemente en este indicador. Para el primer muestreo, el tratamiento con 10 L ha⁻¹ (T3) registró un promedio de 14,20 vainas por planta, mientras que el promedio para el control (T1) fue de 8,20 vainas. Además, la diferencia entre estos tratamientos fue estadísticamente significativa (P < 0,05). En el resto de los muestreos el comportamiento del T3 fue similar con respecto a los demás tratamientos. Esto se atribuye a la acción sinérgica de los ME en la disponibilidad de nutrientes, síntesis de hormonas y supresión de patógenos. La ligera reducción de frutos hacia 21 DDF refleja un ajuste fisiológico natural.

Tabla 4. Efecto del biopreparado sobre el indicador vaina por planta

Tratamientos	7 DDF	14 DDF	21 DDF
T1. Control	8,20 c	7,90 c	7,30 c
T2. Biopreparado de ME 7 L ha ⁻¹	11,80 b	11,30 b	10,90 b
T3. Biopreparado de ME 10 L ha ⁻¹	14,20 a	13,50 a	12,70 a
Es ±	0,490 *	0,458 *	0,448 *

Nota. Letras desiguales presentan diferencias significativas *(P<0,05) según Tukey, Días Después de la Fructificación (DDF)

Fuente: Elaboración propia con datos procesados por el programa SPSS v.25

Efecto de la aplicación del biopreparado sobre el indicador longitud de las vainas

El análisis de los datos obtenidos (Tabla 5) reveló que el biopreparado de (ME) tuvo finalmente un efecto significativo en la longitud de las vainas. En el tercer muestreo, el tratamiento que recibió la mayor dosis de biopreparado (10 L ha⁻¹, T3) alcanzó una longitud media de la vaina de 0,384 m, lo que fue significativamente superior al grupo control (T1), cuyo valor medio fue de 0,266 m para (P<0,05): esto último implica, por tanto, un incremento del 44 % en comparación con el control lo que indica que el

biopreparado, especialmente a la mayor dosis, puede mejorar el desarrollo morfológico de las estructuras vegetativas.

El T3 (10 L ha⁻¹ de ME) produjo vainas hasta un 44.4% más largas que el control, con un efecto acumulativo en el tiempo. Esto se explica por la acción integrada de los ME en la solubilización de nutrientes (P, K), síntesis de fitohormonas (auxinas) y protección contra estrés. La dosis de 10 L ha⁻¹ se establece como recomendable para este cultivo.

Tabla 5. Efecto del biopreparado sobre el indicador longitud de las vainas

Tratamientos	7 DDF	14 DDF	21 DDF
T1. Control	0,283 b	0,286 c	0,266 c
T2. Biopreparado de ME 7 L ha ⁻¹	0,298 b	0,323 b	0,312 b
T3. Biopreparado de ME 10 L ha ⁻¹	0,338 a	0,371 a	0,384 a
Es ±	0,0042*	0,0065 *	0,0069 *

Nota. Letras desiguales presentan diferencias significativas *(P<0,05) según Tukey, Días Después de la Fructificación (DDF)

Fuente: Elaboración propia con datos procesados por el programa SPSS v.25

Efecto de la aplicación del biopreparado sobre el indicador rendimiento

Del análisis de datos (Tabla 6), se observa que la aplicación de la dosis más alta de biopreparado (ME) incrementó el rendimiento del cultivo, siendo para la dosis más alta (10 L ha⁻¹, T3) el rendimiento promedio de 0.196 kg, que supera al grupo control (T1), tiene un rendimiento promedio de 0.109 kg m⁻², lo que representa un aumento del 79 % respecto al control. La desviación de la media ha sido moderada y estable, y varias indicaciones precisas a la hora de realizar las mediciones y confianza en los resultados. Asimismo, la dosis intermedia (7 L ha⁻¹, T2) produce un mayor rendimiento (0.139 kg m⁻²) al grupo control. Según la prueba de Tukey (P<0,05), los tratamientos presentan diferencias significativas, lo cual resalta el efecto dosis-respuesta positivo del biopreparado.

Aunque T2 (7 L ha⁻¹) mejoró variables como longitud de vainas y floración, su rendimiento (kg m⁻²) no difirió significativamente del control (T1). Esto se atribuye a que las vainas adicionales pudieron ser menos densas o a que la dosis fue insuficiente para impactar el peso final. Solo T3 (10 L ha⁻¹) superó este umbral, evidenciando una relación dosis-respuesta.

Tabla 6. Efecto del biopreparado sobre el indicador rendimiento

Tratamientos	Cosecha Kg m ⁻²
T1. Control	0.109 b
T2. Biopreparado de ME 7 L ha ⁻¹	0.139 b
T3. Biopreparado de ME 10 L ha ⁻¹	0.196 a
Es ±	0,49392

Nota. Letras desiguales presentan diferencias significativas *(P<0,05) según Tukey

Fuente: Elaboración propia con datos procesados por el programa SPSS v.25

Discusión

Los resultados observados en este estudio son congruentes con la literatura revisada sobre pruebas de germinación estandarizadas descritas por García, et al. (2021), donde observaron hasta un 94 % de índices de germinación para semillas tratadas con bioestimulantes microbianos, con un coeficiente de variación (CV) del 3.1 % y un error estándar $\pm$ de 0.98, lo cual corrobora la homogeneidad del procedimiento que realizan, con réplicas de 20-25 semillas en placas Petri. La homogeneidad de los resultados (ausencia de diferencias significativas entre réplicas) sugiere que, en este trabajo, así como en los reportes de literatura, las condiciones controladas de humedad y temperatura permitieran una germinación homogénea y reproducible.

La ausencia de efectos inhibitorios de biopreparado de Microorganismos eficientes concuerda con las descripciones del ICIDCA (2019), obtenidas con protocolos experimentales y con derivados de caña de azúcar, donde dosis cercanas a las indicadas anteriormente, promovieron la germinación sin interferir con la viabilidad de las semillas.

Los resultados de este estudio concuerdan con los reportes de Martínez et al. (2021), quienes especificaron que los biopreparados con compuestos hormonales, como las auxinas y citoquininas, pueden promover los procesos clave del desarrollo vegetal, entre los que destaca la elongación y división celular. Estos autores citan que una concentración superior de metabolitos que se encuentran presentes en el biopreparado podría regular de forma más efectiva dichos procesos fisiológicos.

Los datos aportados por Gómez y Ramírez (2020), en su estudio sobre los sistemas de producción intensiva y organopónicos en cultivos de hortalizas, evidencian la relación entre la bioestimulación y la eficiencia reproductiva. La dosis utilizada (10 %) estimuló la colonización micorrízica, lo que favorece la absorción de los nutrientes fundamentales para la floración, debido a que se requieren elementos como: fósforo y nitrógeno.

Por otro lado, el consorcio microbiano ME-50 implementado por Hernández, et al. (2021), (donde se incluye a *Bacillus subtilis* y a *Lactobacillus bulgaricus*), empleado a una concentración de 100 mL L⁻¹, cuando se mezcla con *Trichoderma harzianum*, se aprecia el incremento destacado en el cultivo de habichuela var. Lina, los cuales están asociados a la existencia de una mayor capacidad fotosintética y síntesis de fitohormonas, factores que indirectamente favorecen la floración.

Los resultados de las investigaciones de Ramírez (2018), han comprobado que los biopreparados a partir de microorganismos eficientes (ME) influyen de manera significativa en el indicador vaina por planta en el cultivo, cuyas respuestas van a depender de la dosis de aplicación y de la composición del inoculante. El biofertilizante EcoMic aplicado al 10 % en masa de semilla aumentó en un 23 % el número de vainas por planta en la variedad Cantón.

Un estudio evaluó el consorcio microbiano ME-50 aplicado a una dosis de 100 mL L⁻¹ junto con *Trichoderma harzianum* y logró aumentar las vainas por planta en un

27 % con respecto al testigo. La sinergia de estos microorganismos logró incrementar la disponibilidad de nutrientes y la síntesis de fitohormonas como las auxinas, que están relacionadas con el desarrollo de las vainas. Entre los microorganismos involucrados destacan *Rhizobium* spp., hongos micorrízicos arbusculares (HMA) como *Rhizophagus irregularis* y *Trichoderma harzianum*, un hongo promotor del crecimiento vegetal. Además, los consorcios microbianos como Microorganismos Eficientes (ME-50®), que incluyen bacterias ácido lácticas, levaduras y actinomicetos, contribuyen a mejorar la disponibilidad de nutrientes y estimular la producción de fitohormonas. La coinoculación de estos microorganismos se mostró como una alternativa más efectiva que la inoculación individual, al favorecer el desarrollo reproductivo del cultivo (Calero et al., 2023).

Asimismo, López et al. (2021), señalan que los oligogalacturónidos (OGAs), aplicados vía foliar a una dosis de 10 mg L⁻¹, fueron positivos a la longitud de las vainas con (32.33 cm vs. 21.13 cm para el control), así como a la masa fresca. Generan procesos fisiológicos que incrementan la retención de flores y vainas aún bajo estrés abiótico.

La investigación de Wang et al. (2022) demuestra el efecto de los bioestimulantes a base de aminoácidos en cultivos de frijol, mostrando que estos productos incrementaron significativamente la longitud de las vainas; los autores sugirieron que esto se debe a un aumento en la síntesis de proteínas y una mejor expansión celular. Lo que sugiere que el biopreparado investigado puede estar modulando procesos fisiológicos quizás análogos que favorezcan el desarrollo morfológico de las vainas.

Por otra parte, Liu et al. (2023), también mencionan que pueden aumentar la longitud de las vainas a través de una mejor disponibilidad de los micronutrientes esenciales como lo son: el boro y el zinc, lo que refuerza también los resultados de la investigación además de otorgar relevancia a los biopreparados multidisciplinarios, no solo para el incremento del crecimiento vegetativo, sino también optimizando la calidad y el tamaño de las estructuras reproductivas.

El uso de ME a 100 mL L⁻¹ incrementó la masa de los frutos en un 63 %, en relación al control, dentro de condiciones de estrés, asociándose a mejoras en la eficiencia de la polinización y el desarrollo de órganos reproductivos; de paso, se relaciona la observación inicial con un aumento en el desarrollo reproductivo, a pesar que no se midieron flores; igual se puede concluir una relación positiva entre la polinización microbiana y la productividad floral (Torres et al., 2022).

En torno al ME-50 y su consorcio de microorganismos, aplicado a 100 mL L⁻¹ y junto a *T. harzianum*, se aprecia incrementos de tan solo un 27 % en el rendimiento frente al testigo (Pérez et al., 2023); en este caso el efecto positivo de los microorganismos aplicados hace hincapié en mayores disponibilidades de nutrientes, así como en la producción de fitohormonas, por ejemplo, las auxinas, las cuales a su vez están asociadas a la floración y al desarrollo de las vainas, por lo que se sugiere aplicarlas juntas en el cultivo, para así maximizar sus efectos.

Conclusiones

Los biopreparados a base de Microorganismos Eficientes (ME) incrementan significativamente el desarrollo y productividad de la habichuela en el municipio Cruces. La producción de vainas, número de flores, altura de las plantas y rendimiento final se incrementó notablemente cuando se aplicó la dosis de 10 L ha⁻¹. Estos resultados validan el potencial de los ME como una alternativa para mejorar la productividad agrícola junto a la salud del suelo. La tasa de germinación demostrada a través de los resultados finales indica que hay suficiente respaldo de su aplicabilidad en condiciones similares.

Referencias

- Calero, A., Pérez, Y., Peña, K., Olivera, D., Jiménez, J., & Carabeo, A. (2023). Coinoculación de biofertilizantes microbianos en pepino y habichuela y su efecto en el crecimiento y rendimiento. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9422265.pdf>
- Carrillo, Y., Terry, E., Ruiz, J., & Delgado, G. (2022). Efecto de la coinoculación de microorganismos eficientes-HMA en el rendimiento del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Cultivos Tropicales, 43(2). <http://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1654>
- Estados Unidos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2024). Definiciones. Portal de Suelos de la FAO. <https://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- García, R., Martínez, L., & Sánchez, I. (2021). Microbial biostimulants enhance seed germination uniformity. Journal of Plant Growth Regulation, 40(3), 245–256. <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10334-1>
- Gómez, A., & Ramírez, J. (2020). Sinergia entre biopreparados a base de microorganismos eficientes y fertilización orgánica en el cultivo de habichuelas. Revista Internacional de Agricultura Sostenible, 15(2), 45-58. <https://www.redalyc.org/journal/1932/193279250003/193279250003.pdf>
- Gómez, L., García, C., Martínez, F., & Aguilar, Y. (2017). Manejo Sostenible de suelos en la Agricultura. Revista Agroecología. 12(1), 25-38. <http://revistas.um.es/agroecologia/article/download/330321/229281/1125381>
- Hernández, A., Pérez, M., Bosch, D., & Speck, C. (2015). La clasificación de suelos de Cuba: Énfasis en la versión de 2015. Scielo 40(1), 1-93. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v40n1/1819-4087-ctr-40-01-e15.pdf>
- Hernández, M., López, P., & Martínez, R. (2021). Impacto de biopreparados microbianos en la inducción floral de *Phaseolus vulgaris* L. Journal of Sustainable Agriculture

- and Biotechnology, 8(3), 112-125.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9422265.pdf>
- Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña & de Azúcar (ICIDCA). (2019). Microorganismos eficientes: Producción y aplicación en la agricultura, postcosecha y cría de animales. <https://www.g77.org/pgtf/finalrpt/INT-17-K13-FinalReport.pdf>
- Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar [ICIDCA]. (2019). Protocolos para bioensayos con derivados de caña de azúcar. La Habana, Cuba. <https://www.revista.icidca.azcuba.cu/wp-content/uploads/2020/11/Vol.-53-No.-3-2019.pdf>
- Liu, Y., Chen, H., & Wang, Z. (2023). Micronutrient-enhanced biostimulants improve pod length and quality in legumes. Crop Science, 63(2), 890-901. <https://doi.org/10.1002/csc2.20876>
- López, J., Baldaquín, A., & Labrada, M. (2021). Predicción del rendimiento agrícola en el cultivo de la habichuela. AmeliCA. <https://portal.amelica.org/ameli/journal/576/5764724011/html/>
- Martínez, F., García, C., Gómez, L., & Aguilar, Y. (2017). Manejo Sostenible de suelos en la Agricultura. Revista Agroecología. 12(1), 25-38. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/download/330321/229281/1125381>
- Martínez, R., López, P., & Hernández, M. (2021). Impacto de biopreparados microbianos en la inducción floral de Phaseolus vulgaris L. Journal of Sustainable Agriculture and Biotechnology, 8(3), 112-125. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9422265.pdf>
- Matos, K. (2023). Guía del cultivo Habichuela. (DIGUERA) Dirección General de Riesgos Agropecuarios. <https://digera.gob.do/wp-content/uploads/2023/12/Guia-de-Cultivo-Habichuela.pdf>
- Pérez, Y., Calero, A., Peña, K., Olivera, D., Jiménez, J., & Carabeo, A. (2023). Coinoculación de biofertilizantes microbianos en pepino y habichuela y su efecto en el crecimiento y rendimiento. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9422265.pdf>
- Ramírez, J. (2018). Efecto del bioestimulante orgánico biol en el rendimiento del frijol variedad canario 2000. Revista Científica Agroecosistemas, 8(2), 110-115. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/issue/view/13>
- Ramos, M., & Terry, M. (2014). Manejo sostenible de suelos agrícolas: uso de abonos orgánicos y biofertilizantes. Editorial Científica Cubana. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000400007

- Reyes, F. (2020). Modelo para la predicción del rendimiento de grano en maíz (Trabajo de tesis, Colegio de Postgraduados). http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/4309/1/Reyes_Gonzalez_F_MC_Edafologia_2020.pdf
- Torres, F., Pérez, C., & Sánchez, L. (2022). Optimización de dosis de microorganismos eficientes para mitigar estrés hídrico en habichuelas. *Agroecology Research Journal*, 12(4), 78-92. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1737>
- Valdivies, Y., Quintana, L., Martínez, A., & Carrazana, Y. (2023). Propiedades físicas y componentes de la fertilidad del suelo en la Finca Maripa, Cumanayagua, Cienfuegos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(2), 2. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/634/602>
- Wang, L., Zhang, X., & Li, J. (2022). Effects of amino acid-based biostimulants on bean pod length and yield. *Agronomy Journal*, 114(3), 1234-1245. <https://doi.org/10.1002/agj2.20456>