

Efecto de un biopreparado artesanal de microorganismos eficientes sobre el crecimiento y rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Effect of an Artisanal Biopreparation of Efficient Microorganisms on the Growth and Yield of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.)

Alejandro Raúl González Cruz^{1*} , Cynthia Cardoso Águila¹ , Felix Ariel Sotolongo Meras¹ 
y Enrique Casanovas Cosío² 

¹ Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". Cienfuegos, Cuba.

² Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", Centro de Estudios para la transformación Agraria Sostenible. Cienfuegos, Cuba.

*Autor para correspondencia:

alejandrorgc95@gmail.com

Conflictos de interés:

No existe ningún tipo de conflicto a declarar

Contribución de autores:

Todos los autores realizaron contribuciones sustanciales a la concepción y diseño de este estudio, al análisis e interpretación de los datos, revisión del manuscrito y aprobación de la versión final. Todos los autores asumen la responsabilidad del contenido del manuscrito.

Financiamiento:

Ninguno.

Historial:


Recibido: 31-08-2025;

Aceptado: 03-12-2025;

Publicado: 06-04-2025

Disponibilidad de datos: Todo el conjunto de datos que apoya los resultados de este estudio está disponible mediante solicitud al autor de correspondencia. El conjunto de datos no está públicamente disponible debido a que es una investigación reciente en el territorio.

Editor responsable:

Arnaldo Esquivel-Fariña 

Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Comentarios de revisión:

El presente artículo ha sido evaluado mediante un proceso de revisión por pares en modalidad de doble ciego. Los informes de revisión, en línea con la política de transparencia editorial, se encuentran disponibles en: <https://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/858/669>

License:

Article published in open access under a Creative Commons CC-BY 4.0 license.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes sobre variables morfológicas y de rendimiento en el cultivo de tomate, se desarrolló un experimento en la finca "Las Flores", municipio Cruces, provincia Cienfuegos (Cuba), sobre un suelo Pardo sin Carbonato. Se empleó la variedad comercial de tomate "Lignon" y se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones, con un área total de 278 m². El biopreparado de microorganismos eficientes se aplicó en tres ocasiones cada siete días, en dosis de 7 L ha⁻¹ y 10 L ha⁻¹. Se evaluaron diez plantas por parcela y se calculó la factibilidad económica de cada tratamiento. Los resultados demostraron que la aplicación de microorganismos eficientes promovió la actividad microbiana del suelo y mejoró su capacidad bioquímica, lo que se tradujo en mayor desarrollo vegetativo, incremento significativo en la floración y fructificación, así como aumento notable del rendimiento agrícola en comparación con el control. El análisis económico confirmó que la dosis de 10 L ha⁻¹ resultó ser la más rentable. El uso de este biopreparado no solo incrementa la productividad del cultivo, sino que también contribuye a la regeneración y enriquecimiento de suelos degradados, constituyendo una alternativa sostenible y económicamente viable para sistemas agrícolas con limitaciones de fertilidad.

Palabras claves: actividad microbiana, microorganismos eficientes, rendimiento, suelos degradados

ABSTRACT

With the objective of evaluating the effect of efficient microorganism applications on morphological and yield variables in tomato cultivation, an experiment was conducted at the "Las Flores" farm, Cruces municipality, Cienfuegos province (Cuba), on a Brown soil without Carbonate. The commercial tomato variety "Lignon" was used, and a randomized block experimental design was applied with three treatments and four replications, covering a total area of 278 m². The efficient microorganism biopreparation was applied on three occasions every seven days, at doses of 7 L ha⁻¹ and 10 L ha⁻¹. Ten plants per plot were evaluated and the economic feasibility of each treatment was calculated. The results demonstrated that the application of efficient microorganisms promoted soil microbial activity and improved its biochemical capacity, resulting in greater vegetative development, a significant increase in flowering and fruiting, as well as a notable improvement in agricultural yield compared to the control. The economic analysis confirmed that the 10 L ha⁻¹ dose was the most profitable. The use of this biopreparation not only increases crop productivity, but also contributes to the regeneration and enrichment of degraded soils, representing a sustainable and economically viable alternative for agricultural systems with fertility limitations.

Keywords: microbial activity, efficient microorganisms, yield, degraded soils

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas más importantes a nivel global, tanto por su valor nutricional como por su impacto económico (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2023). Su producción en Cuba enfrenta desafíos significativos relacionados con la disponibilidad de insumos, la fertilidad de los suelos y la variabilidad climática, lo que ha impactado su rendimiento y estabilidad productiva en los últimos años. Según datos de la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI, 2022), la producción nacional de tomate alcanzó las 209,9 mil toneladas en 2021, mostrando una recuperación frente a años anteriores, pero aún por debajo de los niveles históricos.

La producción se sustenta principalmente en el sector estatal y cooperativo, con un creciente impulso a la agricultura urbana y suburbana para acercar la producción a los consumidores y reducir la dependencia de importaciones (Rodríguez León, Teherán Sierra, Arias Arias, y Cenipalma, 2025b). No obstante, factores limitantes como la baja disponibilidad de fertilizantes químicos, la degradación de los suelos, especialmente en tipos como los Pardos sin Carbonatos de baja fertilidad natural (Blanco-Imbert, Alvarado-Ruffo y Fernández-Velázquez, 2026), y los efectos de sequías prolongadas han generado fluctuaciones en los rendimientos, los cuales, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2023), promedian alrededor de 16 t ha^{-1} a 18 t ha^{-1} , cifra inferior al potencial genético del cultivo.

En el municipio de Cruces, Cuba, la producción de tomate se ve limitada por diversos factores tales como problemas de fertilidad del suelo, bajo nivel de materia orgánica y compactación (Gómez, Rodríguez, Enrique, Miranda, y González, 2009). Los microorganismos eficientes (ME) constituyen una tecnología desarrollada por el profesor Teruo Higa, basada en una mezcla microbiana de diferentes géneros de microorganismos (bacterias, hongos, levaduras, entre otros) (Díaz Fuentes y Benítez González, 2023).

Los microorganismos del suelo constituyen una opción ambientalmente segura, ya que desempeñan un papel fundamental en la salud de los ecosistemas terrestres y en la producción de alimentos. Aunque a simple vista el suelo pueda parecer inerte, está repleto de vida microscópica que cumple funciones esenciales como la descomposición de la materia orgánica procedente de hojas caídas, restos de plantas y otros residuos, liberando nutrientes que las plantas pueden absorber para favorecer su crecimiento. Además, muchas bacterias del suelo son capaces de fijar nitrógeno atmosférico y transformarlo en formas asimilables por las plantas, lo que reduce la dependencia de fertilizantes sintéticos (Castro-Landín, Zapata-Velasco y Palacios-Lopez, 2023).

Esta tecnología ha sido investigada, desarrollada y aplicada en una multitud de usos agropecuarios y ambientales, siendo utilizada en más de 80 países, entre ellos Cuba, que en los últimos años ha desarrollado una intensa investigación relacionada con la temática (Mesa Reinaldo, 2020).

Según López et al. (2024), los microorganismos del suelo, incluidos bacterias y hongos, son esenciales para la formación de agregados, lo que mejora su estructura y porosidad. Esta mejora en la estructura del suelo no solo aumenta su capacidad de retención de agua, sino que también facilita el intercambio de gases y nutrientes. Los microorganismos juegan un papel crucial en la descomposición de materia orgánica, liberando nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, así como micronutrientes necesarios para el crecimiento óptimo de las plantas.

Esta investigación busca evaluar el efecto de la aplicación de un biopreparado a base de microorganismos eficientes artesanales, elaborado con cepas obtenidas de bosques primarios en la localidad, sobre variables morfológicas y el rendimiento del cultivo de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y período experimental

El estudio se realizó en el municipio de Cruces, desde el 1 de enero hasta el 30 de abril de 2025 (campaña de primavera). Se utilizó semilla certificada de tomate, variedad Lignon (95% de germinación), adquirida en la Tienda Consultorio Agrícola (CTA) de la Granja Urbana Cruces. La siembra se realizó mediante trasplante manual, con posturas depositadas a 5 cm a 6 cm de profundidad, marco de plantación de 0,90 m entre camellones y 0,40 m entre plantas (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), 2023).

Diseño experimental y tratamientos

Se empleó un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones (Figura 1). El área experimental fue de 270 m^2 con un área total del ensayo de 278 m^2 , y parcelas individuales de $22,5 \text{ m}^2$ ($5 \text{ m} \times 4,50 \text{ m}$). Las parcelas se distribuyeron en cuatro bloques con una separación de 1 m entre ellas. Se muestrearon diez plantas por parcela.

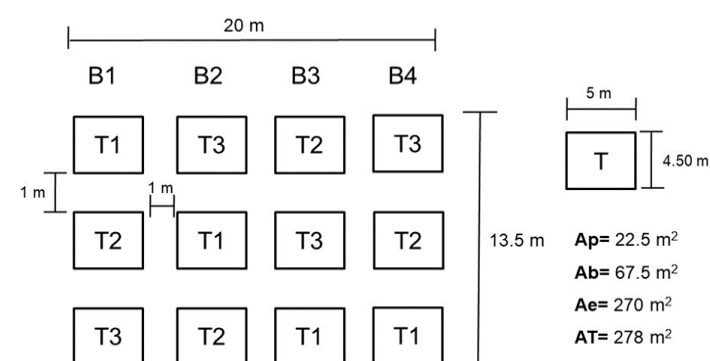


Figura 1. Distribución de tratamientos en el diseño experimental de bloques al azar. T1: control (sin aplicación); T2: 7 L ha^{-1} de microorganismos eficientes; T3: 10 L ha^{-1} de microorganismos eficientes. B1-B4: bloques 1 a 4. Ap: área por parcela; Ab: área por bloque; Ae: área experimental; AT: área total.

Los tratamientos evaluados fueron: T1 (control, sin aplicación de ME), T2 (biopreparado a base de ME a 7 L ha⁻¹) y T3 (biopreparado a base de ME a 10 L ha⁻¹).

El biopreparado evaluado fue elaborado en la finca "La Caoba", municipio Cruces, Cienfuegos, Cuba, por el equipo de investigación dirigido por Alejandro Raúl González-Cruz, siguiendo la metodología de captura y fermentación propuesta por Mesa et al. (2018). La materia prima consistió en sustratos naturales (hojarasca, materia orgánica y tierra vegetal) colectados de forma estéril en un área no antropizada de la propia finca. La preparación radicó en la fermentación anaeróbica de estos sustratos en una solución de melaza al 10 % como medio base, mantenida a temperatura ambiente (28-30 °C) durante 30 días. La caracterización microbiológica posterior identificó un consorcio dominado por los hongos saprofitos *Penicillium* spp. y *Aspergillus* spp., junto con *Mucor* spp., *Rizopus* spp., *Curvularia* spp. y la levadura *Candida* spp., así como las bacterias promotoras del crecimiento vegetal *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterobacter* spp.

Tanto las aplicaciones foliares como las dirigidas al suelo se realizaron cada siete días, y la primera aplicación se inició a los diez días posteriores al trasplante. Los tratamientos se aplicaron con una mochila de 16 L con boquilla de cono hueco, entre las 18:00 h y 19:00 h para evitar el estrés térmico.

Se registraron datos mensuales de la temperatura media (°C), humedad relativa (%) y precipitación (mm) proporcionados por la Unidad Provincial de Meteorología de Cienfuegos y el pluviómetro del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos ubicado en la finca.

Variables evaluadas

Altura de la planta (cm): Se realizó un muestreo inicial a los siete días posteriores al trasplante y se realizaron evaluaciones semanales hasta los 35 días (muestreo final). Se midió con una cinta métrica desde la superficie del suelo hasta la yema apical, en un total de diez plantas por repetición.

Número de flores y frutos por planta: Se contabilizaron al final de la floración y de la cosecha, respectivamente.

Longitud de los frutos (cm): Se midió con una cinta métrica la longitud de veinte frutos tomados al azar de las parcelas en estudio al momento de la cosecha, y se promediaron los valores. Esta evaluación se realizó en cada cosecha.

Diámetro de los frutos por planta (cm): Se midió el diámetro de veinte frutos tomados al azar de las parcelas en estudio al momento de la cosecha con una cinta métrica, y se promediaron los valores. Esta evaluación se realizó en cada cosecha y se comparó con los parámetros de calidad del cultivo.

Peso de los frutos (g): Se determinó el peso de veinte frutos tomados al azar de las parcelas en estudio al momento de la cosecha, pesados en una balanza analítica. Esta evaluación se realizó en cada cosecha.

Rendimiento (t ha⁻¹): Se obtuvo con base en el peso total de los frutos por parcela experimental dividido entre el área de la parcela. Se determinó la producción obtenida en las parcelas en estudio, expresada en kilogramos.

Análisis estadístico y económico

Los datos se analizaron con el paquete estadístico SPSS para Windows, versión 25. Las medias fueron comparadas mediante la prueba HSD de Tukey, estableciéndose un nivel de probabilidad de 5% para comparar tratamientos

El rendimiento agrícola final se determinó en toneladas por hectárea (t ha⁻¹) utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento Agrícola} = \frac{\text{Toneladas Cosechadas}}{\text{Área cultivadas en (ha)}}$$

La depreciación se calculó para los equipos utilizados, como el arado, la grada, el surcador, la turbina y el tractor, con base en su valor inicial y su vida útil estimada. Esto permitió obtener la depreciación anual. Posteriormente, se calculó la cantidad de horas que estos activos trabajaron anualmente y se determinó la depreciación por horas trabajadas para el área total mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Depreciación por horas Trabajadas} = \frac{\text{Depreciación anual}}{\text{Horas Totales Anuales Trabajadas}}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables climáticas

Durante el período experimental (enero-marzo de 2025), las condiciones climáticas fueron favorables para el desarrollo del cultivo (Tabla 1). Se registraron temperaturas medias entre 26,5 °C y 28,7 °C, humedad relativa creciente (de 69% a 80%) y precipitaciones ascendentes que alcanzaron 170 mm, condiciones típicas de la campaña de primavera en la región. Estos datos reflejan un ambiente favorable para el desarrollo del cultivo, con una mayor disponibilidad hídrica en la etapa final del ensayo.

Herrera (2018), señalan que el exceso de humedad priva a las raíces de oxígeno, reduce la capacidad fotosintética y provoca disminuciones significativas en el rendimiento, especialmente en cultivos sensibles. Por tanto, aunque la humedad creciente puede ser beneficiosa, un exceso prolongado puede perjudicar el desarrollo óptimo del cultivo.

Características del suelo

El suelo predominante en el municipio corresponde al tipo Pardos sin Carbonatos, identificable por su coloración pardo-clara y su textura franco-arcillosa, que favorece la retención de humedad. Presenta desafíos como la baja fertilidad natural, el escaso contenido de materia orgánica (menor a 2%) y la ausencia de carbonatos cálcicos, lo que lo hace especialmente apto para cultivos sensibles a la alcalinidad. Presenta un pH ligeramente ácido (5,5

Tabla 1. Condiciones climáticas durante el período experimental en Cruces, Cienfuegos, Cuba (enero-marzo, 2025).

Meses	Temperatura (°C)	Humedad relativa	Precipitaciones (mm)
	Media	(%)	
Enero	26,5	69	90
Febrero	27,0	78	150
Marzo	28,7	80	170

Fuente: Instituto de Meteorología de la República de Cuba (INSMET, 2025).

a 6,5), rango que limita la disponibilidad de nutrientes como fósforo, potasio y nitrógeno. Su horizonte A poco estructurado y el horizonte B cámbico reflejan un perfil joven, lo que sugiere una alta respuesta a prácticas de regeneración, como el uso de biofertilizantes y la incorporación de abonos verdes.

Estos resultados coinciden con lo mencionado por Hortalán (2024), quien plantea que los suelos Pardos sin Carbonatos se clasifican como poco productivos debido a su baja materia orgánica y fertilidad; sin embargo, su manejo adecuado con prácticas sostenibles puede convertirlos en recursos agrícolas viables. La incorporación de enmiendas orgánicas, como el compost, mejora la estructura del suelo, aumenta la biodiversidad microbiana y reduce la erosión, lo que contribuye a su fertilidad a mediano y largo plazo.

Altura de Planta

Al analizar los valores de la Tabla 2, se evidencia que el efecto del biopreparado sobre la altura de las plantas a los 14 días ($P > 0,05$) indica un período de latencia o establecimiento de la actividad microbiana. La significancia estadística ($P < 0,05$) obtenida en las evaluaciones posteriores confirma que las diferencias observadas entre tratamientos no son aleatorias. El incremento de 13,1 cm en la altura final de las plantas tratadas con la dosis de 10 L ha⁻¹ respecto al control no solo es estadísticamente significativo, sino que representa una ventaja agronómica relevante. Este salto en el crecimiento sugiere una potenciación de procesos

fisiológicos, probablemente mediada por la síntesis microbiana de fitohormonas o una mejora en la eficiencia nutricional.

En ese sentido, el uso de biopreparados contribuye a la sostenibilidad agrícola al reducir la dependencia de fertilizantes químicos y mejorar la salud del suelo. En estudios recientes con cepas de *Trichoderma asperellum* aplicadas, se reportan incrementos en altura de planta y rendimiento entre 20% y 30%, atribuibles a la mejora en la actividad enzimática del suelo y la promoción del desarrollo radicular (Ruiz-Sánchez, Echeverría-Hernández, Muñoz-Hernández, Martínez-Robaina y Cruz-Triana, 2022).

Número de flores por planta

Al evaluar el efecto del biopreparado sobre el número de flores por planta (Tabla 3), se observan diferencias altamente significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. La dosis de 10 L ha⁻¹ (T3) generó la mayor promoción floral, siendo estadísticamente superior al tratamiento de 7 L ha⁻¹ (T2), el cual a su vez superó de forma significativa al control (T1). El incremento de 53,8% (9,2 flores más) en el T3 respecto al control no es solo estadísticamente significativo, sino de gran relevancia agronómica, ya que un mayor número de flores potencialmente se correlaciona con el rendimiento final.

El incremento significativo en el número de flores se atribuye a la producción de fitohormonas como el

Tabla 2. Efecto del biopreparado de microorganismos eficientes sobre la altura de las plantas de tomate.

Tratamientos	Altura de Plantas (cm)		
	14 días	21 días	28 días
T1. Control	17,50 a	34,60 c	40,50 c
T2. Biopreparado de ME 7 L ha ⁻¹	17,40 a	42,30 b	47,60 b
T3. Biopreparado de ME 10 L ha ⁻¹	17,40 a	48,00 a	53,60 a
Es ±	0,094 NS	0,234*	0,225*

Nota: Letras desiguales presentan diferencias significativas ($P < 0,05$). NS: no significativo; *: significativo.

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

Tratamientos	Numero de Flores
T1. Control	17,10 c
T2. Biopreparado de ME 7 L ha ⁻¹	22,40 b
T3. Biopreparado de ME 10 L ha ⁻¹	26,30 a
Es ±	0,736 *

Nota. Letras desiguales indican diferencias significativas según la prueba HSD de Tukey ($P < 0,05$). *: $P < 0,05$.

Tabla 4. Efecto del biopreparado de microorganismos eficientes sobre el número de frutos por planta

Tratamientos	Número de frutos por planta		
	7 DDF	21 DDF	35 DDF
T1. Control	6,40 c	11,60 c	17,40 c
T2. Biopreparado de ME 7 L ha ⁻¹	9,00 b	16,00 b	21,10 b
T3. Biopreparado de ME 10 L ha ⁻¹	10,10 a	22,00 a	25,80 a
Es ±	0,331*	0,831*	0,691*

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

ácido indolacético (AIA) por bacterias promotoras del crecimiento vegetal, como *Brevibacillus borstelensis*. Estudios recientes han demostrado que estas bacterias estimulan la floración en el cultivo de habichuela larga, favoreciendo no solo la emergencia floral sino también el desarrollo de las estructuras reproductivas (Bayard-Vedey y Orberá-Ratón, 2020).

Número de frutos por planta

El análisis del número de frutos por planta (Tabla 4) muestra un efecto significativo (P < 0,05) del biopreparado a lo largo de todo el ciclo de medición. Esto indica que la ventaja inicial (7 DDF) se mantuvo y amplificó hasta la cosecha (35 DDF). El tratamiento con 10 L ha⁻¹ (T3) produjo un incremento final de 8,4 frutos por planta respecto al control, lo que representa una mejora productiva de 48,3%. Este resultado es crucial, ya que traslada la ventaja en crecimiento vegetativo (altura) y reproducción (flores) directamente al componente de rendimiento final (número de frutos).

La combinación de biopreparados con materia orgánica potencia la actividad microbiana en el suelo, lo que se traduce en un aumento de la cantidad y la calidad de los frutos. Tanya Morocho y Leiva-Mora (2019) encontraron que la aplicación conjunta de microorganismos eficientes y enmiendas orgánicas incrementó la longitud, masa y número de frutos en cultivos hortícolas, al mejorar la productividad y sostenibilidad del sistema agrícola. Este efecto sinérgico es clave para optimizar el rendimiento en condiciones de baja fertilidad.

Asimismo, un meta-análisis de Kaushal, Ali, Saini, Pati, y Maitra Pati (2023), sobre bioestimulantes concluyó que el aumento en el número de frutos es uno de los efectos más consistentes, destacando que el éxito depende de la

compatibilidad del consorcio microbiano con la fisiología del cultivo y de la aplicación en dosis adecuadas para asegurar una colonización rizosférica efectiva, lo que explica la superioridad de la dosis mayor en este estudio.

Diámetro del fruto

Al analizar los resultados obtenidos (Tabla 5), se demuestra un efecto significativo y creciente del biopreparado sobre el diámetro del fruto. La superioridad del T3 se mantuvo constante en todos los muestreos. El incremento absoluto final de 2,96 cm (74% mayor) en T3 respecto al control evidencia una ventaja agronómica sustancial. La significancia estadística desde el primer muestreo sugiere una acción temprana del bioestimulante, probablemente mediante la mejora en la división celular inicial, mientras que la diferencia creciente en el tiempo indica una aceleración sostenida de la expansión celular durante el llenado del fruto.

Mosquera Ponce, Muñoz Pinela, Guano Castro, Mena Villavicencio y Gómez Caamaño (2025) mostraron que la aplicación de bioinsumos, incluidos microorganismos eficientes y compost, incrementó significativamente el diámetro del fruto en comparación con el control, con un aumento de 15% a 20%. Esto confirma la viabilidad de los bioinsumos como alternativas sostenibles para mejorar la calidad y el rendimiento de hortalizas.

Estudios de Soriano-Melgar, Izquierdo-Oviedo, Saucedo-Espinosa y Cárdenas-Flores (2020), reportaron incrementos significativos en el diámetro de frutos tras la aplicación de bioestimulantes basados en *Azotobacter chroococcum* combinados con productos orgánicos, alcanzando mejoras superiores a 15% respecto al control.

Tabla 5. Efecto del biopreparado de microorganismos eficientes sobre el diámetro del fruto.

Tratamientos	Diámetro del fruto (cm)			
	42 DDT	49 DDT	56 DDT	63 DDT
T1. Control	1,06 c	2,01 c	3,48 c	4,01 c
T2. Biopreparado de ME 7 L ha ⁻¹	1,18 ab	2,53 b	4,47 b	5,47 b
T3. Biopreparado de ME 10 L ha ⁻¹	1,23 a	3,03 a	5,47 a	6,97 a
Es ±	0,025*	0,033*	0,047*	0,045*

Nota. Letras desiguales indican diferencias significativas según la prueba HSD de Tukey (P < 0,05). DDT: días después del trasplante. *: P < 0,05.

Tabla 6. Efecto del biopreparado de microorganismos eficientes sobre el peso del fruto.

Tratamientos	Peso (g)
T1. Control	21,30 c
T2. Biopreparado de ME 7 L ha ⁻¹	34,12 b
T3. Biopreparado de ME 10 L ha ⁻¹	42,23 a
Es ±	0,367*

Nota. Letras desiguales indican diferencias significativas según la prueba HSD de Tukey ($P < 0,05$). *: $P < 0,05$.

Estos tratamientos favorecieron la absorción de nutrientes y la calidad poscosecha, demostrando el potencial de los microorganismos para aumentar el tamaño del fruto.

Peso del fruto

El análisis de varianza (Tabla 6) confirma un efecto significativo ($P < 0,05$) del biopreparado sobre el peso final del fruto, con una clara separación estadística entre los tres tratamientos. El tratamiento con la dosis más alta (10 L ha⁻¹) logró prácticamente duplicar el peso promedio del fruto, alcanzando una ganancia de 20,93 g (98% más) respecto al control. Este resultado integra y materializa las mejoras observadas en las variables anteriores: un mayor número y tamaño de frutos (diámetro) se traduce directamente en un incremento sustancial del peso unitario, lo que fisiológicamente sugiere una optimización en la acumulación de biomasa y asimilados en el fruto.

Ojeda (2023), indica que la aplicación de biopreparados en el cultivo de tomate actúa como estimulante del crecimiento vegetal al mejorar procesos fisiológicos que resultan en un incremento significativo del tamaño y peso del fruto. Estos biopreparados, además, favorecen la absorción de nutrientes, lo que contribuye a optimizar el rendimiento y la calidad del cultivo. Su estudio destaca que dosis mayores de biopreparados tienden a potenciar aún más estos beneficios, demostrando una estrategia viable y sostenible para la producción agrícola eficiente de tomate.

Además de mejorar el peso del fruto, el uso de biopreparados contribuye a la sostenibilidad agrícola al reducir la dependencia de fertilizantes químicos y mejorar la salud del suelo. YasserLorente et al. (2021), demostraron que la aplicación foliar de un análogo de brasinoesteroide (Biobras-16) incrementó significativamente la masa fresca de las plantas y el peso de los frutos, vinculándose con una mayor emisión de raíces y mejor absorción de nutrientes.

Rendimiento del cultivo

La Tabla 7 describe un impacto notable del biopreparado sobre el rendimiento del cultivo. El tratamiento control (T1) presentó los menores valores (0,53 t ha⁻¹), mientras que la dosis máxima de 10 L ha⁻¹ (T3) arrojó los mejores resultados (1,06 t ha⁻¹), representando un incremento de 100% respecto al control. Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre todos los tratamientos evaluados. La relación directa entre la dosis del biopreparado y el aumento en el rendimiento sugiere que su aplicación optimiza los procesos fisiológicos del cultivo.

Estos resultados son consistentes con estudios recientes que han evaluado el uso de bioestimulantes y extractos naturales en la producción agrícola. Mosquera Ponce et al. (2025) reportaron que la aplicación de extracto de alga marina combinado con micronutrientes mejoró significativamente tanto el rendimiento como la rentabilidad económica en el cultivo de tomate. De igual manera, estos autores mostraron que el aumento del rendimiento se traduce en mayores ingresos y en una reducción relativa de costos, lo cual valida la viabilidad económica observada en el presente estudio.

Análisis económico

El análisis económico (Tabla 8) confirma la superioridad del tratamiento T3 (10 L ha⁻¹). Los resultados evidencian una relación positiva entre dosis, rendimiento y rentabilidad. La utilidad neta de 1 356,7 CUP en T3 supera en 113% al control (T1), lo que demuestra un impacto económico significativo. La mejora estadísticamente significativa en rendimiento ($P < 0,05$) se traduce directamente en mayores ingresos, creando un diferencial que supera ampliamente el incremento en el costo total. El indicador clave de costo por peso (0,52 CUP kg⁻¹ en T3) es el más bajo, confirmando una mayor eficiencia productiva. La rentabilidad de 90% en T3 refleja que por cada peso invertido se recupera la inversión y se genera una ganancia sustancial, validando

Tabla 7. Efecto del biopreparado de microorganismos eficientes sobre el rendimiento.

Tratamientos	Rendimiento (t ha ⁻¹)
T1. Control	0,53 c
T2. Biopreparado de ME 7 L ha ⁻¹	0,85 b
T3. Biopreparado de ME 10 L ha ⁻¹	1,06 a
Es ±	0,0158*

Nota. Letras desiguales indican diferencias significativas según la prueba HSD de Tukey ($P < 0,05$). *: $P < 0,05$.

Tabla 8. Resultados económicos de la aplicación de microorganismos eficientes en el cultivo de tomate.

Indicadores	UM	T1 (Control)	T2 (7 L ha ⁻¹)	T3 (10 L ha ⁻¹)
Rendimiento obtenido	t ha ⁻¹	0.53	0.85	1.06
Producción total	T	0.01431	0.02295	0.02862
Ingresos	CUP	1.431,0	2.295,0	2.862,0
Costo total	CUP	795.0	1.240,5	1.505,3
Utilidad Neta	CUP	636.0	1.054,5	1.356,7
Costo por peso	CUP kg ⁻¹	0,55	0,54	0,52
Costo unitario	CUP t ⁻¹	55.570	54.040	52.600
Rentabilidad	%	80.0	85.0	90.0

Fuente: Elaboración propia

la aplicación de la dosis óptima desde una perspectiva económico-financiera.

La superioridad económica del tratamiento T3 podría explicarse por el efecto positivo de los ME sobre la actividad microbiana del suelo, lo que favorece la fijación de nitrógeno y la solubilización de fosfatos. Sin embargo, es importante considerar que el estudio no incluyó los costos de comercialización, lo que podría afectar los márgenes de utilidad en condiciones reales de mercado. Además, la investigación se limitó a evaluar tres dosis de ME, por lo que futuros estudios deberían explorar un rango más amplio para identificar posibles puntos de saturación en la respuesta del cultivo (Mohan Babu, Jagadeesh, Vara Lakshmi, Sparjan Babu y Sharma, 2025).

Los biopreparados ofrecen beneficios agronómicos significativos, entre ellos la mejora de la fertilidad del suelo y la reducción de la dependencia de insumos químicos. Además, su elaboración con recursos locales y biodegradables disminuye el impacto ambiental y los riesgos para la salud humana. Estas características los posicionan como herramientas clave para la agricultura sostenible, especialmente en sistemas de producción que buscan equilibrar la productividad y la conservación ambiental (Rodríguez Rollero, Vallejo Zamora, Peña Turruellas, Capó Pérez, y Del Pozo Núñez, 2025a).

CONCLUSIONES

La aplicación del biopreparado de microorganismos eficientes mejoró integralmente los componentes del rendimiento del cultivo de tomate, incluyendo el número, tamaño y peso de frutos. La dosis de 10 L ha⁻¹ duplicó el rendimiento respecto al control (1,06 t ha⁻¹ vs 0,53 t ha⁻¹) e incrementó la rentabilidad económica hasta 90%, validando su potencial como una alternativa técnica, económica y sostenible para la producción agrícola en suelos de baja fertilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bayard-Vedey, I., y Orberá-Ratón, T. (2020). Fertilización de Habichuela Larga con biopreparados bacterianos, materia orgánica y fertilizante

NPK. *Revista Cubana de Química*, 32(2), 299-310. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212020000200299

Blanco, R., Alvarado, M., y Fernández, A. (2026). Procesos de degradación en el suelo Pardo del Valle de Guantánamo. *Avances*, 28(1),007. <https://avances.pinar.cu/index.php/publicaciones/article/view/961/2251>

Castro-Landin, A. L., Zapata-Velasco, M. L., y Palacios-Lopez, L. A. (2023). El rol de los microorganismos en la fertilidad del suelo agrícola basado en una revisión de estudios recientes. *Innovascience Journal*, 1(1), 26-37. <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v1/n1/8>

Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). (2023). *Guía técnica del cultivo de tomate*. Ciudad Acre La Libertad, El Salvador. <https://www.centa.gob.sv/download/guia-tecnica-del-cultivo-de-tomate/>

Díaz Fuentes, K., y Benítez González, H. (2023). Microorganismos eficientes, mecanismo, formas de acción y aplicaciones en la ganadería. *Veterinaria Argentina*, 40(417). <https://www.veterinariargentina.com/revista/2023/01/microorganismos-eficientes-mecanismo-formas-de-accion-y-aplicaciones-en-la-ganaderia/>

Gómez, L., Rodríguez, M. G., Enrique, R., Miranda, I., y González, E. (2009). Factores limitantes de los rendimientos y calidad de las cosechas en la producción protegida de hortalizas en Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 24(2), 117-122. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522009000200007

Herrera, J. (2018). Efecto del exceso de humedad del suelo sobre el rendimiento en algunos cultivos de importancia agrícola en Cuba. *Ingeniería Agrícola*, 6(2), 3-7. <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/811>

Hortalán. (2024). *Tipos de suelos agrícolas*. <https://>

- hortalan.com/ultimas-noticias/tipos-de-suelo-agricolas/
- Instituto de Meteorología de la República de Cuba (INSMET, 2025). *El clima de Cuba. Características generales*. <http://www.insmet.cu/asp/genesis>.
- ANTILLAS&TB1=CLIMAC&TB2=%2FClima%2FClimaCuba.htm
- Kaushal, P., Ali, N., Saini, S., Pati, P. K., & Maitra Pati, A. (2023). Physiological and molecular insight of microbial biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, *14*, Article 1041413. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1041413>
- López, A., Marín, J., & Rivero, E. (2024). Predicción del rendimiento agrícola en el cultivo de la habichuela. *Sapientia Technological*, *5*(1), 57-65. <https://doi.org/10.58515/021RSPT>
- Mesa Reinaldo, J. (2020). Microorganismos eficientes y su empleo en la protección fitosanitaria de los cultivos. *Revista Científica Agroecosistemas*, *8*(2), 102-109. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/407>
- Mesa, J., Almogoea, M., García, C., González, J., Carvajal, R., Cárdenas, Y., y García, J. (2018). Tecnología de producción de un biopreparado a base de microorganismos eficientes, a partir de recursos locales. Cienfuegos: CITMA.
- Mohan Babu, Y. N., Jagadeesh, U., Vara Lakshmi, P., Sparjan Babu, D. S., y Sharma, R. K. (2025). Evaluation of Amino Acid Based Biostimulant with Surfactant on Groundnut Growth and Yield. *International Journal of Plant & Soil Science*, *37*(2), 276-281. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2025/v37i25330>
- Mosquera Ponce, J. C., Muñoz Pinela, A. G., Guano Castro, D. R., Mena Villavicencio, E. E., y Gómez Caamaño, K. G. (2025). Efectos de diferentes dosis de bio-insumos en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus*). *Reincisol*, *4*(7), 1787-1812. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V4\(7\)1787-1812](https://doi.org/10.59282/reincisol.V4(7)1787-1812)
- Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI). (2022). *Anuario Estadístico de Cuba 2021*. <https://www.onei.gob.cu/anuario-2021>
- Ojeda, C. J. (2023). *Evaluación del efecto del uso de los biopreparados purín de ortiga y supermagro en el rendimiento de tomate (Solanum lycopersicum 'Platense')* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata). https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/157045/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2023). *Bueno para ti. Beneficios para la salud y la nutrición*. FAO. <https://www.fao.org/3/cb2395es/online/src/html/bueno-para-ti.html>
- Rodríguez León, A., Teherán Sierra, L., Arias Arias, N., y Cenipalma. (2025a). *Elaboración y uso de biopreparados en la palmicultura como práctica de la agricultura regenerativa*. (Boletín técnico N° 48). <https://doi.org/10.56866/9786287711068>
- Rodríguez Rollero, G., Vallejo Zamora, Y., Peña Turruellas, E., Capó Pérez, J., y Del Pozo Núñez, E. (2025b). La agricultura urbana, suburbana y familiar. Su contribución a la alimentación de la población cubana. *Cooperativismo y Desarrollo*, *13*(2), e878. <https://coodes.upr.edu.cu/index.php/coodes/article/view/878>
- Ruiz-Sánchez, M., Echeverría-Hernández, A., Muñoz-Hernández, Y., Martínez-Robaina, A. y Cruz-Triana, A. (2022). Aplicación de dos cepas de *Trichoderma asperellum* S. como estimulante de crecimiento en el cultivo del arroz. *Cultivos Tropicales*, *43*(1), e10. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1646>
- Soriano-Melgar, Ll. A., Izquierdo-Oviedo, H., Saucedo-Espinosa, Y., y Cárdenas-Flores, A. (2020). Efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre la calidad y capacidad antioxidante de frutos de calabacita (*Cucurbita pepo* L. var. 'Grey Zucchini'). *Terra Latinoamericana*, *38*(1), 17-28. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.516>
- Tanya Morocho, M., y Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro agrícola*, *46*(2), 93-103. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093&lng=es&tlng=es
- YasserLorente, G., RodríguezHernández, D., CamachoRajo, L., CarvajalOrtiz, C. C., De ÁvilaGuerra, R., GonzálezOlmedo, J., y RodríguezSanchez, R. (2021). Efecto de la aplicación de Biobras-16 sobre el crecimiento y calidad de frutos de piña 'MD-2'. *Cultivos Tropicales*, *42*(2). <https://www.redalyc.org/>