

Artículo Científico

Biestimulantes orgánicos en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L)

Organic biostimulants in the growth and yield of the pepper crop (*Capsicum annuum* L)



Barahona-Casanova, Limber David ¹



<https://orcid.org/0009-0009-3327-5354>



luis.pilla2016@uteq.edu.ec



Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo



Pilla-Bardales, Luis Carlos ²



<https://orcid.org/0009-0005-5510-8398>



luis.pilla2016@uteq.edu.ec



Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo



Moreira-Moreira, Génesis Estefanía ³



<https://orcid.org/0009-0002-8771-9415>



genesis.moreiram@uteq.edu.ec



Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo



Macay-Moreira, John Jairo ⁴



<https://orcid.org/0009-0009-0538-6153>



johnmacay27@gmail.com



Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo



Bueno-Quinto, Génesis Brigithe ⁵



<https://orcid.org/0000-0003-2837-0022>



genesisbueno252@gmail.com



Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo

Autor de correspondencia ¹



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n2/207>

Resumen: Los bioestimulantes orgánicos han demostrado efectos beneficiosos en la fisiología de las plantas, mejorando procesos clave como el crecimiento, la absorción de nutrientes y la resistencia al estrés abiótico. La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de biestimulantes orgánicos en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pimiento *Capsicum annuum* L bajo condiciones de invernadero. Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA), compuesto por cuatro tratamientos (bioestimulantes orgánicos: compost líquido, biol, humus líquido) con cuatro repeticiones (plantas) y cuatro repeticiones. Los resultados mostraron que el tratamiento T2 (Biol), a los 45 días, alcanzaron la mayor altura (63.99 cm), el mayor diámetro de tallo (6.63 mm), el mayor diámetro (50.11 mm), días a la floración (59,81 días) y longitud (11.01 cm) de los frutos, así como el mayor número de frutos por planta (4.94) y el mayor peso de los frutos (360.31 g). Además, mostró un rendimiento superior de 24020.67 kg/ha. En términos económicos, presentó el mejor valor de relación beneficio/costo (B/C) de 2.55, con una rentabilidad del 255.25%. En conclusión, los resultados sugieren que el uso de Biol como bioestimulante orgánico mejora significativamente tanto el rendimiento agronómico como la rentabilidad económica del cultivo de pimiento.

Palabras clave: Rentabilidad, Biol, rendimiento, estimulante vegetal.



Check for updates

Received: 05/Abr/2026

Accepted: 30/Abr/2026

Published: 28/May/2026

Cita: Barahona-Casanova, L. D., Pilla-Bardales, L. C., Moreira-Moreira, G. E., Macay-Moreira, J. J., & Bueno-Quinto, G. B. (2026). Biestimulantes orgánicos en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L). *Revista Científica Ciencia Y Método*, 4(2), 495-512. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n2/207>

Revista Científica Ciencia y Método (RCyM)
<https://revistacym.com>
revistacym@editorialgrupo-aea.com
info@editorialgrupo-aea.com

© 2026. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la [Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).



Abstract:

Organic biostimulants have demonstrated beneficial effects on plant physiology, improving key processes such as growth, nutrient absorption, and resistance to abiotic stress. The aim of the research was to evaluate the effect of organic biostimulants on the growth and yield of *Capsicum annuum* L pepper crops under greenhouse conditions. A completely randomised experimental design (CRD) was used, consisting of four treatments (organic biostimulants: liquid compost, biol, liquid humus) with four replicates (plants) and four replicates. The results showed that treatment T2 (Biol), at 45 days, reached the greatest height (63.99 cm), the largest stem diameter (6.63 mm), the largest diameter (50.11 mm), days to flowering (59.81 days) and fruit length (11.01 cm), as well as the highest number of fruits per plant (4.94) and the highest fruit weight (360.31 g). In addition, it showed a superior yield of 24020.67 kg/ha. In economic terms, it had the best benefit/cost (B/C) ratio of 2.55, with a profitability of 255.25%. In conclusion, the results suggest that the use of Biol as an organic biostimulant significantly improves both the agronomic yield and the economic profitability of pepper cultivation.

Keywords: profitability, biol, yield, plant stimulant.

1. Introducción

El pimiento *Capsicum annuum* L, una planta anual de la familia Solanaceae, es ampliamente cultivado en todo el mundo por sus frutos comestibles (Rosário et al., 2021). En Ecuador el cultivo de pimiento en invernaderos es una práctica agrícola crucial, representando un importante rubro en el sector agrícola. El uso excesivo de fertilizantes químicos plantea preocupaciones ambientales y de salud pública en esta industria, generando la necesidad urgente de encontrar alternativas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

El pimiento es reconocido a nivel mundial por su versatilidad en gastronomía y medicina, destacando su sabor, variedad de colores y valor nutricional con compuestos beneficiosos como vitaminas y antioxidantes (Buelna-Tarín et al., 2024). En Ecuador, su cultivo ha cobrado una relevancia significativa debido a su adaptabilidad a diversos suelos y condiciones climáticas (Abdel-Aziz et al., 2021). Esto ha impulsado un crecimiento constante en la producción de pimientos, ofreciendo oportunidades importantes para la diversificación agrícola y el desarrollo económico en el país (Zayed et al., 2022).

El cultivo enfrenta diversos desafíos nutricionales debido a la alta demanda de nutrientes esenciales (Waqas et al., 2022). Sin embargo, el costo creciente de los fertilizantes químicos, impulsado por factores como el aumento de los precios del petróleo y la logística, se convierte en una barrera económica significativa para los

agricultores (Martínez & Martínez, 2022). Además, el uso excesivo e indiscriminado de fertilizantes químicos ha generado problemas de contaminación ambiental, como la eutrofización de cuerpos de agua y la degradación de la calidad del suelo y la disminución de su biodiversidad microbiana (Mazli et al., 2024).

Ante los problemas derivados, los bioestimulantes orgánicos se presentan como una solución sostenible y eficaz para mejorar la nutrición de los cultivos (Pilla-Bardales et al., 2025). Estos productos, elaborados a partir de residuos orgánicos, no solo aportan nutrientes esenciales sino que también mejoran la estructura del suelo, incrementan la actividad biológica y potencian la resistencia de las plantas a estrés abiótico y biótico (Díaz-Chuquizuta et al., 2022). Además, su uso reduce la dependencia de insumos químicos, disminuyendo el impacto ambiental y contribuyendo a la sostenibilidad agrícola (Baque et al., 2023).

El compost líquido es un concentrando nutrientes y microorganismos beneficiosos que estimulan el crecimiento radicular y mejoran la absorción de nutrientes (Azevedo et al., 2022). El biol es un fertilizante líquido producido por la fermentación anaeróbica de estiércol y materiales vegetales, rico en microorganismos que promueven la fijación de nitrógeno y la solubilización de fósforo (Solís-Oba et al., 2021). El humus líquido, ofrece una alta concentración de ácidos húmicos y fúlvicos, que aumentan la capacidad de retención de agua en el suelo y optimizan la absorción de micronutrientes (Prieto-Benavides et al., 2026).

Los biestimulantes han demostrado efectos notables en la producción de pimientos lo que implica explorar su aplicación de manera más extensa (Prieto-Benavides et al., 2026). Ante lo expuesto esta investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de los biestimulantes orgánicos en el rendimiento del cultivo de pimiento *Capsicum annuum* en condiciones de invernadero, teniendo en cuenta los desafíos y las oportunidades que ofrece esta alternativa para la agricultura sostenible.

2. Materiales y métodos

La investigación se realizó en el invernadero del Campus La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicado en el km 7.5 de la vía Quevedo–El Empalme, cantón Mocache, provincia de Los Ríos, Ecuador, a 65 m s. n. m. El estudio fue de tipo experimental, con nivel explicativo y modalidad de investigación de campo bajo condiciones semicontroladas. Se evaluó el efecto de bioestimulantes orgánicos sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), empleando un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos: control, compost líquido, biol y humus líquido, todos con dosis de 3 L ha⁻¹, y cuatro repeticiones, totalizando 16 unidades experimentales. Cada parcela tuvo un área de 1 m², con distancias de 0.30 m entre plantas y 0.50 m entre parcelas. No se establecieron criterios de exclusión, ya que todas las plantas fueron consideradas para las evaluaciones.

El sustrato se preparó en una proporción 3:1 (tierra negra:compost) y se colocó en fundas de vivero de 10 × 12 pulgadas, con 5 kg de sustrato por unidad. Las semillas del híbrido Nathalie se sembraron en bandejas germinadoras y el trasplante se efectuó a los 21 días después de la siembra. El manejo agronómico incluyó tutorado tipo holandés, aporque para favorecer el desarrollo radicular, control manual de malezas y riego manual tres veces por semana. La fertilización se realizó mediante aplicaciones foliares de los bioestimulantes a los 15, 30 y 45 días después del trasplante, utilizando una fumigadora manual con boquilla cónica. El control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) se efectuó con hipoclorito de sodio al 0.3 % v/v, aplicado cada siete días, mientras que el manejo preventivo del tizón (*Phytophthora capsici*) se realizó con un fungicida a base de azoxistrobina y difenoconazole durante las primeras etapas del cultivo.

Las variables evaluadas incluyeron altura de planta, diámetro de tallo, días a la floración, número de frutos por planta, diámetro y longitud de fruto, peso de fruto por planta, rendimiento del cultivo, longitud de raíz y biomasa aérea y radicular. La altura se midió con cinta métrica, el diámetro de tallo y fruto con calibrador digital tipo Vernier, y el peso con balanza analítica. El rendimiento se calculó a partir del peso total de los frutos cosechados en tres recolecciones y se expresó en kg ha⁻¹. La biomasa fresca y seca se determinó al final del ciclo, secando las muestras en estufa a 70 °C durante 72 horas hasta peso constante.

Los datos obtenidos fueron sometidos a verificación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, seguido de un análisis de varianza (ANOVA). Cuando se detectaron diferencias significativas, las medias se compararon mediante la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. El procesamiento estadístico se realizó en el software Infostat. Adicionalmente, se efectuó un análisis económico calculando el costo total de producción, ingreso bruto y la relación beneficio/costo (B/C) para cada tratamiento.

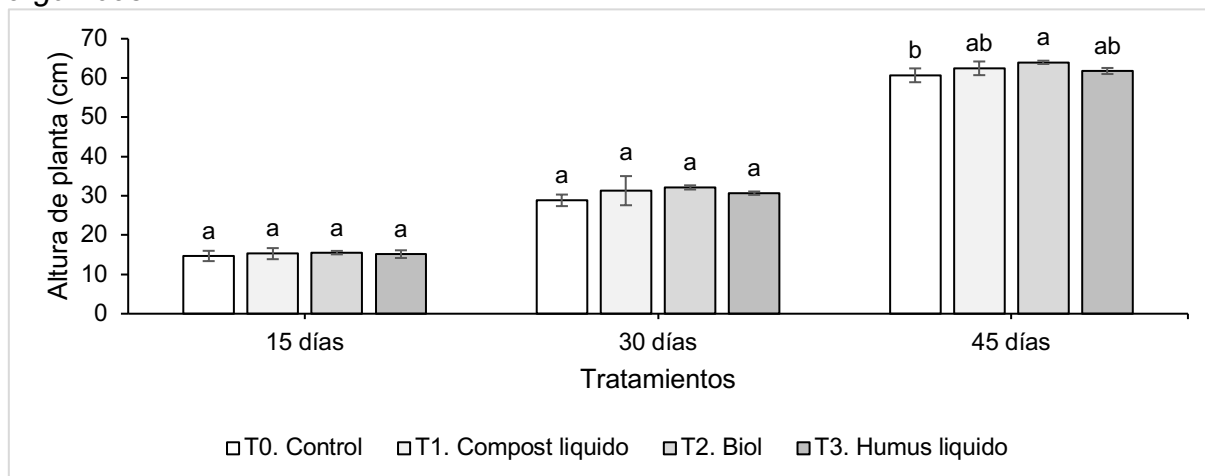
3. Resultados

3.1. Altura de planta (cm)

La aplicación de bioestimulantes orgánicos en el cultivo de pimiento bajo condiciones de invernadero mostró diferencias significativas en la altura de planta a los 45 días, donde el tratamiento T2 (63.99 cm) presentó el mayor crecimiento, seguido por T1 (62.47 cm) y T3 (61.79 cm), mientras que el tratamiento control (T0) obtuvo la menor altura (60.69 cm); sin embargo, a los 15 (p=0.748) y 30 (p=0.181) días no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 7.26% (15 días), 6.58% (30 días) y 2.11% (45 días) (Figura 1).

Figura 1

Altura de la planta de pimienta después de la aplicación de los bioestimulantes orgánicos



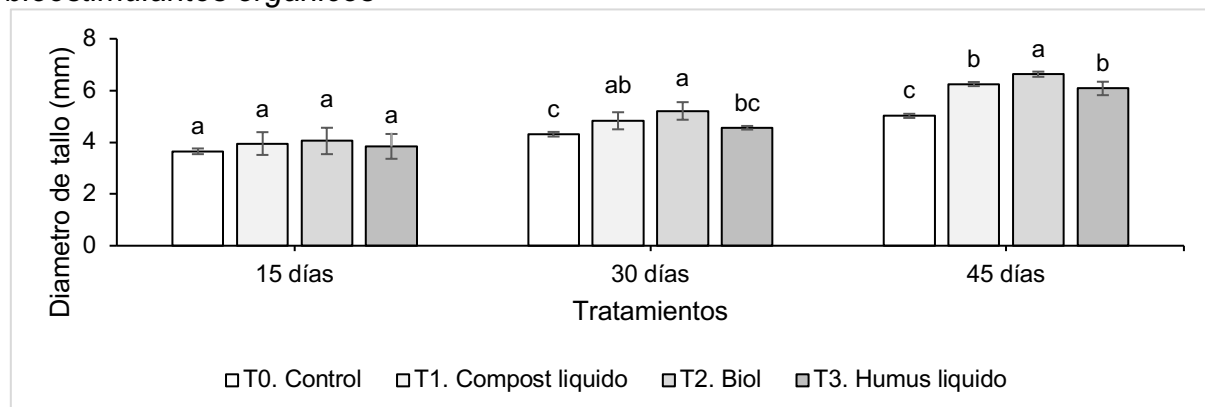
Nota: Las barras representas la media aritmética de cada tratamiento. Las líneas sobre la barra la desviación estándar (\pm). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey ($p < 0.05$). (Autores, 2026).

3.2. Diámetro del tallo (mm)

La aplicación de bioestimulantes orgánicos en el cultivo de pimienta bajo condiciones de invernadero influyó significativamente en el diámetro del tallo. A los 15 días, no se observaron diferencias significativas en el diámetro del tallo entre los tratamientos ($p = 0.5904$). A los 30 días, el mayor diámetro se registró en T2 (5.21 mm), seguido por T1 (4.83 mm) y T3 (4.56 mm), mientras que T0 presentó el menor valor (4.31 mm). A los 45 días, el tratamiento T2 mostró el mayor crecimiento (6,63 mm), seguido por T1 (6.25 mm) y T3 (6.08 mm), mientras que el control (T0) obtuvo el menor diámetro (5.02 mm). El coeficiente de variación fue de 10.75% (15 días), 5.22% (30 días) y 2.49% (45 días) (Figura 2).

Figura 2

Diámetro de tallo de la planta de pimienta después de la aplicación de los bioestimulantes orgánicos



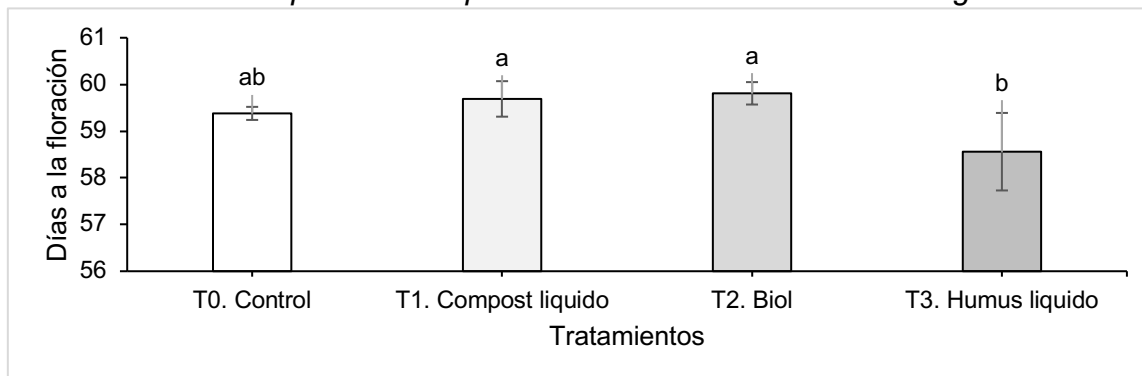
Nota: Las barras representas la media aritmética de cada tratamiento. Las líneas sobre la barra la desviación estándar (\pm). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey ($p < 0.05$). (Autores, 2026).

3.3. Días a la floración

Para los días a la floración después de la aplicación de bioestimulantes orgánicos se encontró diferencias significativas entre tratamientos. El tratamiento T2 presentó el mayor número de días hasta la floración con 59.81 días, seguido por T1 con 59,69 días y T0 con 59.38 días. En contraste, el tratamiento T3 registró el menor número de días a la floración con 58.56 días. El coeficiente de variación fue de 0.8%. (Figura 3).

Figura 3

Días a la floración después de la aplicación de los bioestimulantes orgánicos



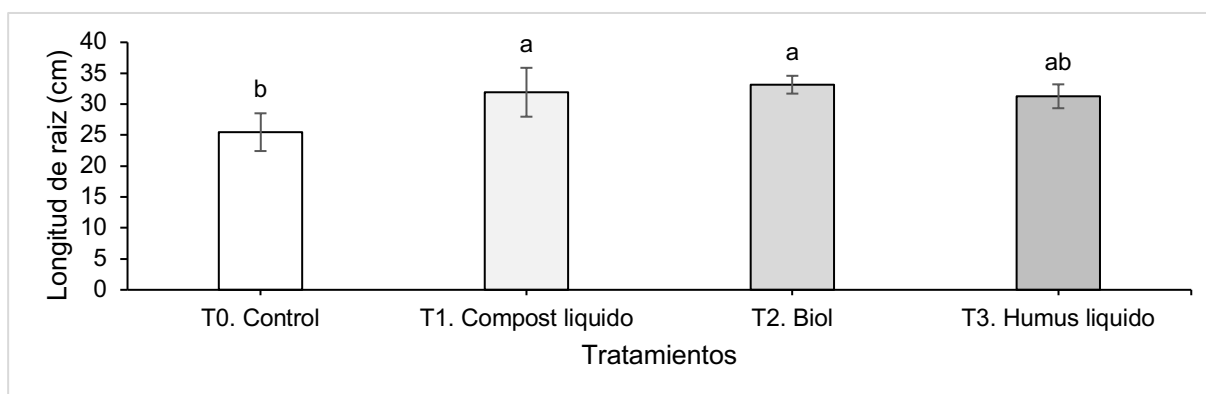
Nota: Las barras representan la media aritmética de cada tratamiento. Las líneas sobre la barra la desviación estándar (\pm). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey ($p < 0.05$). (Autores, 2026).

3.4. Longitud de raíz

La aplicación de bioestimulantes orgánicos influyó significativamente en la longitud de la raíz del pimiento, donde los tratamientos T2 (33.15 cm) y T1 (31.93 cm) presentaron los mayores valores, seguidos por T3 (31.28 cm), mientras que el tratamiento control (T0) registró la menor longitud radicular (25.48 cm). El coeficiente de variación fue de 9.1% (Figura 4).

Figura 4

Longitud de raíz después de la aplicación de los bioestimulantes orgánicos



Nota: Las barras representan la media aritmética de cada tratamiento. Las líneas sobre la barra la desviación estándar (\pm). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey ($p < 0.05$). (Autores, 2026).

3.5. Peso de biomasa fresca

La aplicación de bioestimulantes orgánicos tuvo un efecto significativo en la biomasa fresca de las hojas del pimiento, donde T2 y T1 presentaron el mayor peso de biomasa fresca de hoja, seguidos por T3, mientras que T0 obtuvo el menor peso. En cuanto a la biomasa fresca del tallo y la raíz, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 1).

Tabla 1

Peso de biomasa fresca de la planta de pimiento después de la aplicación de los bioestimulantes orgánicos

Tratamientos	Hojas	Tallo	Raíz
T0. Control	28.25±2.22 b	42.75±5.56 a	9.5±1.73 a
T1. Compost liquido	33.75±2.06 a	48.5±5.07 a	11±2.94 a
T2. Biol	34±2.71 a	49.5±8.43 a	12±2.45 a
T3. Humus liquido	31.25±1.5 ab	47.5±4.12 a	11±0.82 a
P-valor	0.009	0.431	0.4573
C.V	6.81	12.77	19.69

Nota: Los resultados se presentan en media aritmética de cada tratamiento y desviación estándar (\pm). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey ($p < 0.05$). (Autores, 2026).

3.6. Peso de biomasa seca

La aplicación de bioestimulantes orgánicos no tuvo un efecto significativo en el peso de biomasa seca en las hojas, tallo ni raíz del pimiento. Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en ninguna de las partes de la planta (Tabla 2).

Tabla 2

Peso de biomasa seca de la planta de pimiento después de la aplicación de los bioestimulantes orgánicos

Tratamientos	Hojas	Tallo	Raíz
T0. Control	10.25±2.87	8.75±1.5	3±0.82
T1. Compost liquido	11±2.94	9.75±2.06	3±0.82
T2. Biol	11.25±3.3	10.5±1.73	3.5±0.58
T3. Humus liquido	10.75±0.5	10±1.41	2.5±0.58
P-valor	0.9562	0.5412	0.3096
C.V	24.51	17.39	23.57

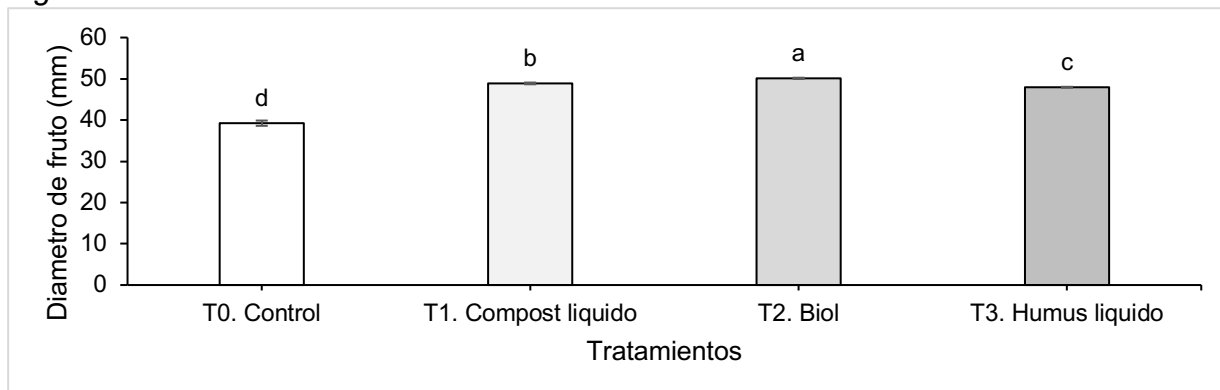
Nota: Los resultados se presentan en media aritmética de cada tratamiento y desviación estándar (\pm). (Autores, 2026).

3.7. Diámetro de fruto

La aplicación de bioestimulantes orgánicos tuvo un efecto significativo sobre el diámetro del fruto de pimiento. El tratamiento T2 registró el mayor diámetro con 50.11 mm, seguido por T1 con 48.88 mm y T3 con 47.95 mm. En contraste, el tratamiento control (T0) presentó el menor diámetro, con 39.24 mm. Además, el coeficiente de variación fue de 0.75% (Figura 5).

Figura 5

Diámetro de fruto de pimienta después de la aplicación de los bioestimulantes orgánicos



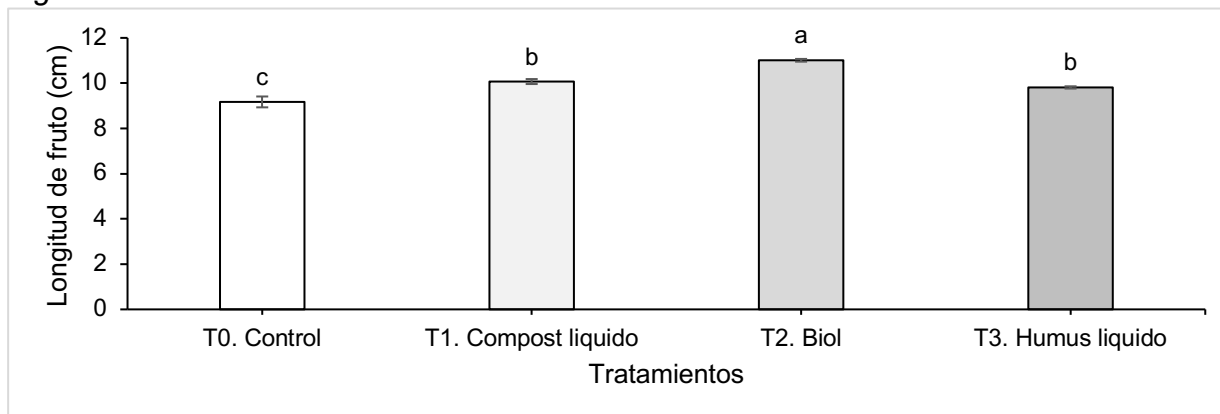
Nota: Las barras representan la media aritmética de cada tratamiento. Las líneas sobre la barra la desviación estándar (\pm). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey ($p < 0.05$). (Autores, 2026).

3.8. Longitud del fruto (cm)

La aplicación de bioestimulantes orgánicos tuvo un efecto significativo en la longitud del fruto de pimienta, donde el tratamiento T2 presentó la mayor longitud (11.01 cm), seguido por T1 (10.07 cm) y T3 (9.81 cm), mientras que el tratamiento control (T0) registró el menor valor (9.17 cm). El coeficiente de variación fue de 1.37% (Figura 6).

Figura 6

Longitud de fruto de pimienta después de la aplicación de los bioestimulantes orgánicos



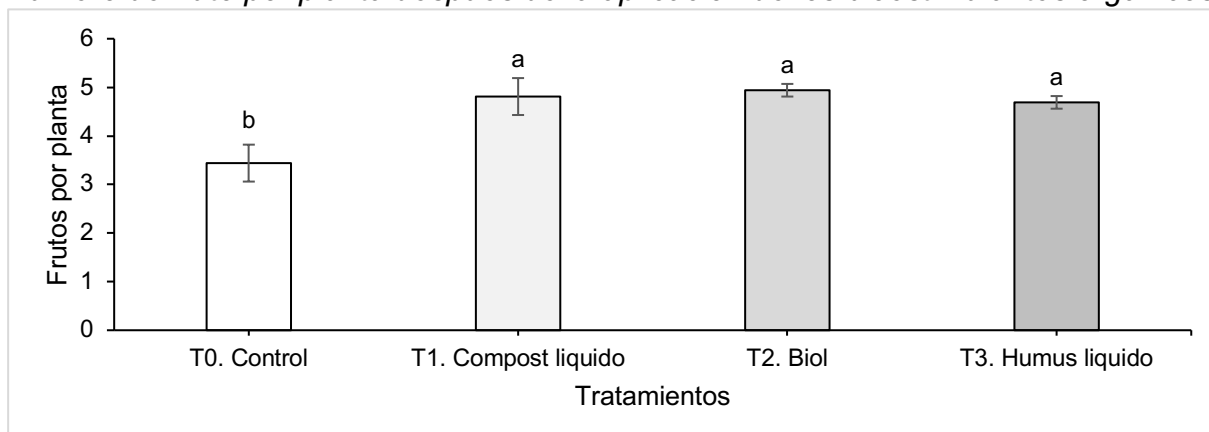
Nota: Las barras representan la media aritmética de cada tratamiento. Las líneas sobre la barra la desviación estándar (\pm). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey ($p < 0.05$). (Autores, 2026).

3.9. Número de frutos por planta

La aplicación de bioestimulantes orgánicos influyó significativamente en la cantidad de frutos por planta en el cultivo de pimienta, donde el tratamiento T2 obtuvo el mayor número de frutos (4.94), seguido por T1 (4.81) y T3 (4.69), mientras que el tratamiento control (T0) presentó el menor valor (3.44). El coeficiente de variación fue de 6.25% (Figura 7).

Figura 7

Número de fruto por planta después de la aplicación de los bioestimulantes orgánicos



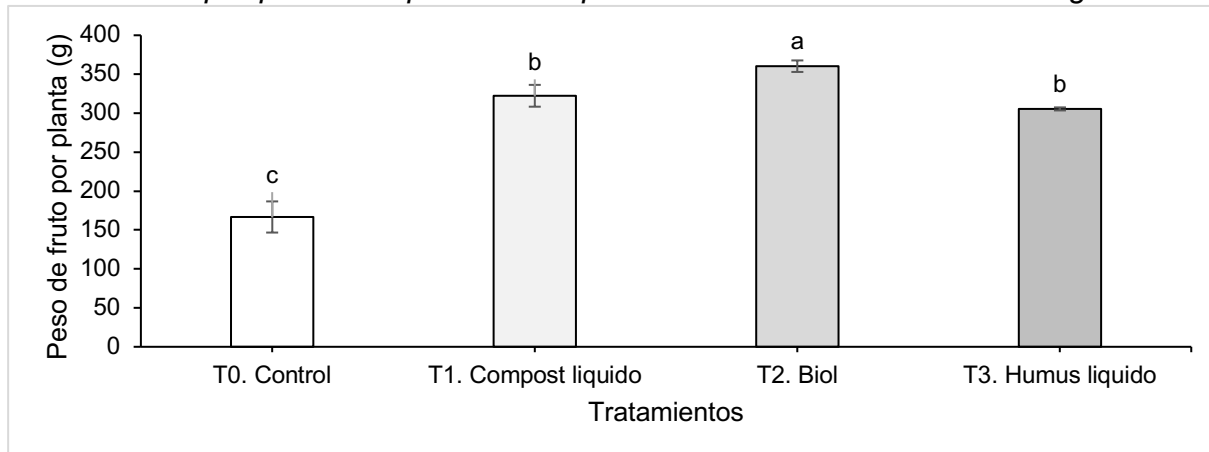
Nota: Las barras representan la media aritmética de cada tratamiento. Las líneas sobre la barra la desviación estándar (\pm). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey ($p < 0.05$). (Autores, 2026).

3.10. Peso de fruto por planta (g)

La aplicación de bioestimulantes orgánicos tuvo un efecto significativo en el peso de fruto por planta, donde el tratamiento T2 presentó el mayor peso (360.31 g), seguido por T1 (322.31 g) y T3 (305.44 g), mientras que el tratamiento control (T0) registró el menor peso (166.69 g). El coeficiente de variación fue de 4.43% (Figura 8).

Figura 8

Peso de fruto por planta después de la aplicación de los bioestimulantes orgánicos



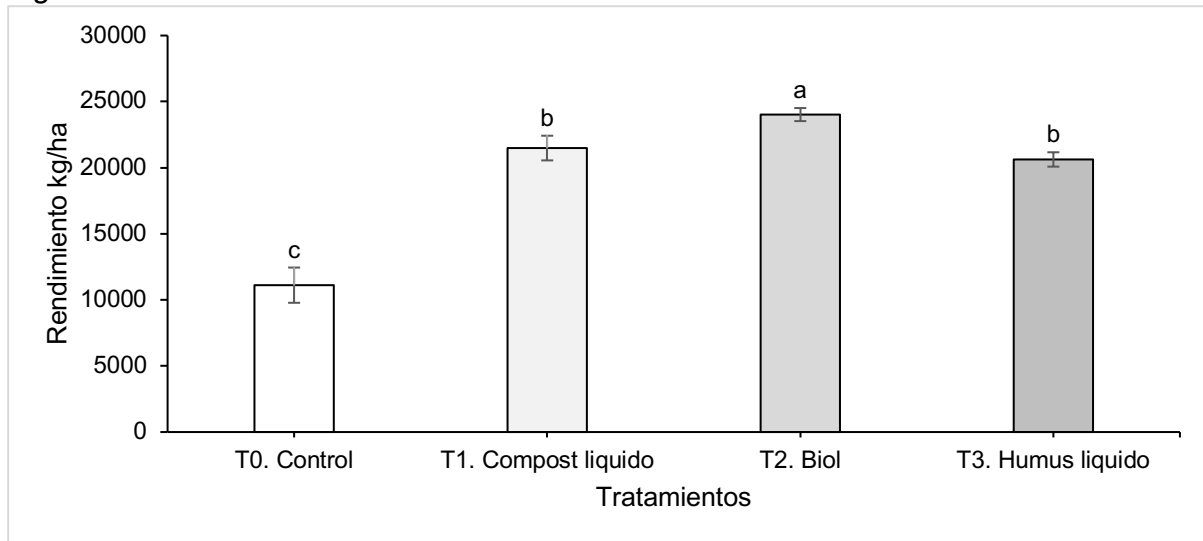
Nota: Las barras representan la media aritmética de cada tratamiento. Las líneas sobre la barra la desviación estándar (\pm). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey ($p < 0.05$). (Autores, 2026).

3.11. Rendimiento del cultivo

La aplicación de bioestimulantes orgánicos tuvo un impacto significativo en el rendimiento del cultivo de pimiento, donde el tratamiento T2 obtuvo la mayor producción (24020.67 kg/ha), seguido por T1 (21487.51 kg/ha) y T3 (20624.75 kg/ha), mientras que el tratamiento control (T0) presentó el menor rendimiento (11112.5 kg/ha). El coeficiente de variación fue de 4.62% (Figura 9).

Figura 9

Rendimiento del cultivo en Kg/ha después de la aplicación de los bioestimulantes orgánicos



Nota: Las barras representan la media aritmética de cada tratamiento. Las líneas sobre la barra la desviación estándar (\pm). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey ($p < 0.05$). (Autores, 2026).

3.12. Análisis económico

En el análisis económico se observó que el tratamiento con Biol (T2) presentó el mayor valor de B/C con 2.55, lo que indica que por cada dólar invertido se obtuvo un retorno de 2.55 dólares, siendo también el tratamiento más rentable con un 255.25 % de rentabilidad. Le siguió el tratamiento con compost líquido (T1), que alcanzó un B/C de 2.19 y una rentabilidad del 218.57 %, mientras que el humus líquido (T3) registró un B/C de 2.07 y una rentabilidad de 206.54 %. En contraste, el tratamiento control (T0), sin aplicación de bioestimulantes, mostró el menor desempeño económico con un B/C de 0.67 y una rentabilidad del 66.60 %, evidenciando que el uso de bioestimulantes orgánicos incrementa notablemente la eficiencia económica del cultivo de pimiento en condiciones protegidas (Tabla 3).

Tabla 3

Análisis económico de los tratamientos después de la aplicación de los bioestimulantes orgánicos

Tratamientos	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Ingreso bruto (\$)	Costo total	Ingreso neto	B/C	Rentabilidad (%)
			(\$)	(\$)		
T0. Control	11112.5	6667.50	4002.00	2665.50	0.67	66.60
T1. Compost líquido	21487.5	12892.51	4047.00	8845.51	2.19	218.57
T2. Biol	24020.7	14412.40	4057.00	10355.40	2.55	255.25
T3. Humus líquido	20624.8	12374.85	4037.00	8337.85	2.07	206.54

Nota: Precio de venta al público fue de \$0.60 el kg de pimiento. (Autores, 2026).

4. Discusión

La aplicación de bioestimulantes orgánicos demostró efectos positivos significativos en el crecimiento, desarrollo y productividad del pimiento (*Capsicum annuum*) cultivado en invernadero. Los resultados de este estudio indicaron que los bioestimulantes orgánicos mejoraron significativamente el crecimiento vegetativo de las plantas de pimiento, especialmente cuando se aplicaron como biol (T2). Si bien no se observaron diferencias significativas en la altura de la planta durante las etapas iniciales (15 y 30 días después de la aplicación), para el día 45, las plantas tratadas con biol mostraron un crecimiento superior al del tratamiento control. Este patrón de respuesta retardada sugiere que los bioestimulantes requieren un cierto tiempo para activar los mecanismos fisiológicos que promueven el crecimiento vegetal, lo cual concuerda con los hallazgos de El Boukhari et al. (2020), quienes informaron que los bioestimulantes suelen mostrar efectos acumulativos que se hacen evidentes a medida que avanza el ciclo del cultivo.

Las mediciones del diámetro del tallo siguieron un patrón similar, con diferencias significativas a los 30 y 45 días después de la aplicación. El mayor rendimiento del tratamiento con biol (T2) para aumentar el grosor del tallo se puede atribuir a su rica composición de sustancias promotoras del crecimiento vegetal, incluyendo fitohormonas, aminoácidos y microorganismos benéficos (Gil et al., 2023). Estos componentes probablemente estimularon la división y expansión celular en los tejidos meristemáticos (Casanova & León, 2021), lo que resultó en tallos más robustos. Según Valverde-Lucio et al. (2020), los bioestimulantes que contienen auxinas y citoquininas naturales pueden influir significativamente en la arquitectura de la planta al promover la elongación celular y el crecimiento lateral, lo que explica las mejoras observadas tanto en la altura como en el diámetro del tallo.

El desarrollo radicular también se vio afectado positivamente por las aplicaciones de bioestimulantes, los tratamientos con biol y té de compost resultaron en sistemas radiculares significativamente más largos en comparación con el control. Un mayor desarrollo radicular representa un mecanismo de adaptación que mejora la capacidad de la planta para absorber agua y nutrientes, contribuyendo así a su vigor general (Kroetz et al., 2024). Este hallazgo corrobora la investigación de Hernández-Campos et al. (2024), quienes demostraron que las sustancias húmicas presentes en los bioestimulantes orgánicos mejoran el crecimiento radicular al estimular la actividad de la H⁺-ATPasa de la membrana plasmática y promover la emergencia de raíces laterales en maíz.

La aplicación de bioestimulantes orgánicos influyó notablemente en los parámetros reproductivos y los componentes del rendimiento de las plantas de pimiento. El diámetro y la longitud del fruto mejoraron significativamente con todos los tratamientos con bioestimulantes, siendo el biol (T2) el que mostró las mayores mejoras de forma consistente. Estas mejoras morfológicas en las características del fruto se traducen directamente en una mejor calidad de mercado y aceptación por parte del consumidor.

Los mecanismos subyacentes a estas mejoras probablemente incluyan una mayor actividad fotosintética y una mejor distribución de los asimilados hacia los órganos reproductivos (Preciado-Rangel et al., 2024), como sugieren Navarro-Patta et al. (2026) en su investigación en el cultivo de pepino que encontró que la aplicación de biol tuvo un efecto similar a la aplicación de fertilizantes químicos en cuanto al rendimiento.

El número de frutos por planta fue significativamente mayor en las plantas tratadas con bioestimulantes en comparación con el control, ya que el tratamiento con biol produjo aproximadamente un 43,6 % más de frutos que el control sin tratamiento. Este aumento sustancial se puede atribuir a una mejor iniciación floral y una menor tasa de abortos, posiblemente debido a un mejor estado nutricional y una mayor tolerancia al estrés conferidos por los bioestimulantes (Legua et al., 2023). Resultados similares fueron reportados por Cristofano et al. (2021), quienes observaron que los bioestimulantes con aminoácidos y extractos de algas marinas aumentaron el cuajado de frutos en plantas al mitigar el estrés ambiental y mejorar la viabilidad del polen (Espinosa-Antón et al., 2020). Así mismo se reportó mejoras en las características de producto cosecha en planta de amarantos después de la aplicación de bioestimulantes orgánicos (Espinosa et al., 2023).

El rendimiento por planta, mostró una mejora notable con la aplicación de bioestimulantes. El tratamiento con biol (T2) duplicó con creces el rendimiento por planta en comparación con el control, lo que indica una mayor resistencia a la absorción de nutrientes y una mejor relación fuente-sumidero en las plantas tratadas. (Ucan-Tucuch et al., 2023) informaron de manera similar que la maltodextrina y óxido de zinc utilizados como bioestimulantes aumentaron significativamente el tamaño del fruto de pepino al mejorar la eficiencia de la absorción de nutrientes y los procesos de carga y descarga del floema. De igual manera Murillo-Cuevas et al. (2021), que la aplicación de bioestimulante Genifix produjeron frutos significativamente más grandes y pesados en chile habanero.

La acumulación de biomasa fresca en las hojas mejoró significativamente con la aplicación de bioestimulantes, en particular con tratamientos con biol y té de compost. Este aumento del tejido fotosintético probablemente contribuyó a una mayor producción de asimilados, lo que favoreció un mejor desarrollo del fruto y la productividad general de la planta (Zuñiga & Beauregard, 2020). La ausencia de diferencias significativas en la biomasa seca en todas las partes de la planta indica que, si bien los bioestimulantes aumentaron el contenido de agua y el peso fresco, no necesariamente alteraron la composición fundamental ni el contenido de materia seca de los tejidos. Este hallazgo contrasta con estudios previos, como el de Andino et al. (2023), quien reportó una mayor acumulación de materia seca con la aplicación de biol en maíz. Esta discrepancia podría atribuirse a diferencias en la composición de los bioestimulantes, los métodos de aplicación o las respuestas específicas del cultivo.

La asignación preferencial de recursos a las estructuras reproductivas en lugar de a la biomasa vegetativa en plantas tratadas con bioestimulantes representa una característica agrónomicamente favorable, ya que resultó en mayores índices de cosecha y rendimientos económicos. Moncayo (2022) realizaron observaciones, quienes descubrieron que los bioestimulantes como biol en diferentes concentraciones resultó en una asignación optimizada de recursos en plantas de maíz en la producción de forraje.

El análisis económico reveló que todos los tratamientos con bioestimulantes resultaron económicamente viables, con una relación beneficio-costos (B/C) superior a 2,0 para los tres tratamientos. Estos resultados económicos concuerdan con los hallazgos de Peña et al. (2024), quienes demostraron que la aplicación de bioestimulantes en tomate generó consistentemente una rentabilidad económica favorable gracias a aumentos en el rendimiento que compensaron considerablemente los costos adicionales de los insumos similar al control químico.

Las mejoras observadas en el crecimiento y la productividad de las plantas tras la aplicación de bioestimulantes pueden atribuirse a varios mecanismos fisiológicos. Los bioestimulantes han mejorado la eficiencia de la absorción de nutrientes al mejorar la arquitectura y la funcionalidad radicular (García, 2023), además de haber estimulado la síntesis y la actividad de fitohormonas endógenas, en particular auxinas, citoquininas y giberelinas, que desempeñan un papel importante en la regulación del crecimiento y el desarrollo vegetal (Valverde-Lucio et al., 2020). Esta actividad similar a la de las hormonas de los bioestimulantes ha sido bien documentada por Valverde-Lucio et al. (2020), quienes describieron cómo los bioestimulantes pueden imitar o modular la acción de las fitohormonas en el cultivo de café.

Los compuestos bioactivos presentes en los bioestimulantes orgánicos probablemente mejoraron la eficiencia fotosintética y la asimilación de carbono (da Silva, 2020), lo que resultó en una mayor producción de biomasa y rendimiento, como lo demostraron Arejano et al. (2022) en su revisión de los efectos de los bioestimulantes en la fisiología de los cultivos. Además de haber mejorado los mecanismos de tolerancia al estrés de las plantas, permitiéndoles mantener su productividad en condiciones de invernadero subóptimas (Falcón et al., 2021). Este efecto protector se ha atribuido a las propiedades antioxidantes de muchos componentes de los bioestimulantes, que ayudan a las plantas a mitigar el daño oxidativo en condiciones de estrés (Rivera-Solís et al., 2023). Estudios futuros también deberían explorar las interacciones entre las aplicaciones de bioestimulantes y diversos factores de estrés ambiental, como la sequía, la salinidad o las temperaturas extremas, para determinar si estos insumos orgánicos pueden mejorar la resiliencia de los cultivos en condiciones adversas.

5. Conclusiones

La investigación permitió demostrar que el uso de bioestimulantes orgánicos bajo condiciones de invernadero constituyó una estrategia agronómica eficaz para mejorar el desempeño fisiológico y productivo del cultivo de pimiento. En este contexto, el biol se consolidó como la alternativa más eficiente, al favorecer procesos clave del crecimiento vegetal, tales como el desarrollo estructural de la planta, la precocidad reproductiva y la expansión del sistema radicular. Desde el punto de vista productivo, los resultados confirmaron que la aplicación de bioestimulantes orgánicos influyó positivamente en los componentes del rendimiento del pimiento. El tratamiento con biol permitió optimizar la formación y el llenado de frutos, lo que se tradujo en un mayor número de frutos por planta y un incremento en su tamaño y peso.

El análisis económico reforzó la viabilidad práctica de la propuesta, al demostrar que el uso de bioestimulantes orgánicos no solo mejoró el desempeño agronómico, sino que también incrementó de manera significativa la rentabilidad del sistema productivo. El aporte de esta investigación a la ciencia agronómica radicó en generar evidencia experimental que respalda el uso del biol como bioestimulante orgánico eficaz en el cultivo de pimiento bajo invernadero. Los hallazgos contribuyeron al fortalecimiento del conocimiento sobre prácticas agrícolas sostenibles, ofreciendo una base técnica para reducir la dependencia de insumos sintéticos, mejorar la eficiencia productiva y promover sistemas de cultivo más resilientes y ambientalmente responsables.

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.

Referencias Bibliográficas

- Abdel-Aziz, H. M. M., Soliman, M. I., Abo Al-Saoud, A. M., & El-Sherbeny, G. A. (2021). Waste-derived NPK nanofertilizer enhances growth and productivity of *Capsicum annuum* L. *Plants*, 10(6), 1144. <https://doi.org/10.3390/plants10061144>
- Andino Viteri, L. H., Chuquin Chalaca, M. F., & González Buitrón, K. T. (2023). Efecto del uso de tres dosis de biol en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) en la Granja Experimental Mishilí. *Reincisol*, 2(4), 146–160. [https://doi.org/10.59282/reincisol.v2\(4\)146-160](https://doi.org/10.59282/reincisol.v2(4)146-160)
- Arejano, L. M., Bartz, R. M., dos Santos, T. S., Ramos, G. H., Gadotti, G. I., & Quadro, M. S. (2022). Uso de bioestimulantes na produção agrícola. En R. F. da Silva (Ed.), *Aspectos da biotecnologia agrícola aplicada* (pp. 53–72). Mérida Publishers. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-08-4.c2>
- Azevedo, G. A. de, Maltoni, K. L., Oliveira, F. A. da S. e, Faria, G. A., Cassiolato, A. M. R., & Azevedo, J. R. de. (2022). Compostagem e vermicompostagem de

- macrófitas acuáticas para uso agrônomo. *Research, Society and Development*, 11(13), e440111329024. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.29024>
- Baque Celi, F. J., Vélez Olalla, K. A., & Cárdenas Carrión, J. A. (2023). Efecto de abonos orgánicos en la producción de plántulas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.). *Boletín Científico Ideas y Voces*, 3(E1), 291–306. <https://doi.org/10.60100/bciv.v3iE1.74>
- Buelna-Tarín, S., Romero-Félix, C. S., Bojórquez-Ramos, C., Lugo-García, G. A., & Sánchez-Soto, B. H. (2024). Biostimulants and Steiner solution in growth and production of *Capsicum annum* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(5), e3255. <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i5.3255>
- Casanova Pavel, D., & León Mendoza, L. (2021). Evaluación de la composición fisicoquímica y bioquímica de biol enriquecido con diferentes concentraciones de alperujo. *Arnaldoa*, 28(2), 409–416. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.282.28210>
- Cristofano, F., El-Nakhel, C., & Roupheal, Y. (2021). Biostimulant substances for sustainable agriculture: Origin, operating mechanisms and effects on cucurbits, leafy greens, and nightshade vegetables species. *Biomolecules*, 11(8), 1103. <https://doi.org/10.3390/biom11081103>
- da Silva, J. G. (2020). Bioestimulantes in the agriculture. *Modern Concepts & Developments in Agronomy*, 7(1), MCDA.000652. <https://doi.org/10.31031/MCDA.2020.07.000652>
- Díaz-Chuquizuta, P., Hidalgo-Melendez, E., Cabrejo-Sánchez, C., & Valdés-Rodríguez, O. A. (2022). Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a la aplicación foliar de abonos orgánicos líquidos. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 38(2), 144–153. <https://doi.org/10.29393/CHJAA38-14RMPO40014>
- El Boukhari, M. E. M., Barakate, M., Bouhia, Y., & Lyamlouli, K. (2020). Trends in seaweed extract based biostimulants: Manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems. *Plants*, 9(3), 359. <https://doi.org/10.3390/plants9030359>
- Espinosa Cunuhay, K. A., Ramírez Guaita, J. E., & Salazar Arias, J. P. (2023). Respuesta agronómica del cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp.) a la aplicación de dos bioestimulantes orgánicos. *Revista Multidisciplinaria de Desarrollo Agropecuario, Tecnológico, Empresarial y Humanista*, 5(2), 1–9. <https://investigacion.utc.edu.ec/index.php/dateh/article/view/827>
- Espinosa-Antón, A. A., Hernández-Herrera, R. M., & González-González, M. (2020). Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Biotecnología Vegetal*, 20(4), 257–282. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-86472020000400257
- Falcón Rodríguez, A. B., González-Peña, D., Nápoles García, M. C., Morales Guevara, D. M., Núñez Vázquez, M. C., Cartaya Rubio, O. E., Martínez González, L., Terry Alfonso, E., Costales Menéndez, D., Dell Amico, J. M., Jerez Mompíe, E., González Gómez, L. G., & Jiménez Arteaga, M. C. (2021).

- Oligosacarinas como bioestimulantes para la agricultura cubana. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 11(1), Artículo e852. <https://revistaccuba.sld.cu/index.php/revacc/article/view/852>
- García Moreno, J. J. (2023). Bioestimulantes, clave para una agricultura más sostenible y rentable. *Mundo del Agrónomo: La Revista del Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Centro y Canarias*, (52), 4–9. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9013535>
- Gil Ramírez, L. A., Leiva Cabrera, F. A., Lezama Escobedo, M. K., Bardales Vásquez, C. B., & León Torres, C. A. (2023). Biofertilizante “biol”: caracterización física, química y microbiológica. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 7(20), 336–345. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.219>
- Hernández-Campos, R., Robles, C., Calderín-García, A., Castañeda-Hidalgo, E., Muñiz-Becerá, S., & Perez-Alvares, S. (2024). Ácidos húmicos inducen crecimiento y protección contra el estrés hídrico en maíces nativos de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 11(1), e3947. <https://doi.org/10.19136/era.a11n1.3947>
- Kroetz, M. F., Silva, D. M. da, Lanzasova, M. E., Bohrer, R. E. G., Guerra, D., & Souza, E. L. de. (2024). Influência de diferentes sistemas de rotações de culturas na densidade do solo, resistência a penetração e produção de matéria seca de plantas. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 22(3), e3691. <https://doi.org/10.55905/oelv22n3-077>
- Legua Cárdenas, J. A., Campos Diaz, Á. H., Vélez Chang, D. J., & Vélez Chang, Y. J. (2023). Efectos del biol industrial complementado con algas marinas sobre el rendimiento del cultivo rábano (*Raphanus sativus* L.). *Revista Alfa*, 7(20), 442–452. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.227>
- Martínez, M. de la C. S., & Martínez, Á. J. G. (2022). Efecto de sustratos y bioactivadores de crecimiento en plántulas de *Capsicum annum* L. en invernadero. *Revista Científica Estelí*, 11(44), 95–119. <https://doi.org/10.5377/farem.v11i44.15690>
- Mazli, N. A., Manan, F. A., Sarobo, Z., & Ridzuan, R. (2024). Effect of Agrodyke foliar application on growth and yield of two varieties of *Capsicum annum*. *Journal of Tropical Life Science*, 14(3), 603–610. <https://doi.org/10.11594/jtls.14.03.16>
- Moncayo Sarzosa, E. G. (2022). *Efecto del biol de estiércol de conejo en el desarrollo del forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays L.)* [Trabajo de titulación, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/27060>
- Murillo-Cuevas, F. D., Cabrera-Mireles, H., Adame-García, J., Vásquez-Hernández, A., Martínez-García, A. de J., & Moctezuma, R. L. (2021). Bioestimulantes en la calidad de frutos de chile habanero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(8), 1473–1481. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.2900>
- Navarro-Patta, F. R., Manobanda-Bustillo, M. J., Sellan-Canales, M. J., & Zambrano-Leones, C. A. (2026). Comportamiento agronómico de *Capsicum annum* L. bajo aplicación de abonos orgánicos líquidos (N. E. Puente-Monar, Trad.).

- Revista Científica Ciencia y Método*, 4(1), 287–305.
<https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n1/150>
- Peña, C., Martínez, T., Vargas, P., & Uriña, M. (2024). Aplicación de insecticidas orgánicos en el control biológico de negrita (*Prodiplosis longifila*) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista de Investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*, 4(1), 1–9.
<https://doi.org/10.25127/riagrop.20241.965>
- Pilla-Bardales, L. C., Moreira-Moreira, G. E., Barahona-Casanova, L. D., Llerena-Ramos, L. T., & Garcia-Gallirgos, V. J. (2025). Respuesta agronómica de *Cucumis sativus* a la aplicación de abonos orgánicos bajo invernadero. *Revista Científica Ciencia y Método*, 3(4), 106–120.
<https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n4/98>
- Preciado-Rangel, P., Murillo-Amador, B., Hernández-Montiel, L. G., Espinoza-Palomeque, B., Parra-Terraza, S., & Rivas-García, T. (2024). Interacción conductividad eléctrica y ácidos húmicos en el rendimiento y calidad nutracéutica de frutos de *Capsicum annuum* L. cv. Arista. *Bioagro*, 36(1), 71–84. <https://doi.org/10.51372/bioagro361.7>
- Prieto-Benavides, O. O., Jiménez-Romero, E. M., Mendoza-Velez, G. M., & Lopez-Aguilar, J. L. (2026). Trichoderma spp. como inductores de tolerancia al estrés salino y promotores del crecimiento temprano en plántulas de *Capsicum annuum* L. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 4(1), 140–153. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n1/137>
- Rivera-Solís, L. L., Benavides-Mendoza, A., Robledo-Olivo, A., & González-Morales, S. (2023). La salud del suelo y el uso de bioestimulantes. *Agraria*, 20(3), 5–10.
<https://doi.org/10.59741/agraria.v20i3.46>
- Rosário, V. N. M., Chaves, R. P. F., Pires, I. V., Santos Filho, A. F., & Toro, M. J. U. (2021). *Capsicum annuum* e *Capsicum chinense*: características físicas, físico-químicas, bioativas e atividade antioxidante. *Brazilian Journal of Development*, 7(5), 50414–50432. <https://doi.org/10.34117/bjdv.v7i5.30060>
- Solís-Oba, M. M., Castro-Rivera, R., Villegas-Luna, A., Cruz-Murillo, A., Solís-Oba, A., Castro-Ramos, J. J., Romero-Rodríguez, A., Juárez-Rangel, A. P., Pacheco-Ortiz, J. A., & Aguilar-Benítez, G. (2021). Evaluación de biol, bocashi, composta y vermicomposta en las variables morfológicas del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.). *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(3), 3649–3662. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n3-070>
- Ucan-Tucuch, O., Betancourt-Galindo, R., Juárez-Maldonado, A., Sánchez-Vega, M., Sandoval-Rangel, A., & Méndez-López, A. (2023). Efecto de maltodextrina y nanopartículas de óxido de zinc sobre biomasa y rendimiento en pepino. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(NEIII), e3699.
<https://doi.org/10.19136/era.a10nIII.3699>
- Valverde-Lucio, Y., Moreno-Quinto, J., Quijije-Quiroz, K., Castro-Landín, A., Merchán-García, W., & Gabriel-Ortega, J. (2020). Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café (*Coffea arabica* L.). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11(1), 18–28.
<https://doi.org/10.36610/j.jsars.2020.110100018>

- Waqas, M., Ahmed, D., & Qamar, M. T. (2022). Surfactant-mediated extraction of capsaicin from *Capsicum annuum* L. fruit in various solvents. *Heliyon*, 8(8), e10273. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10273>
- Zayed, M. S., Taha, E.-K. A., Hassan, M. M., & Elnabawy, E.-S. M. (2022). Enhance systemic resistance significantly reduces the silverleaf whitefly population and increases the yield of sweet pepper, *Capsicum annuum* L. var. *annuum*. *Sustainability*, 14(11), 6583. <https://doi.org/10.3390/su14116583>
- Zúñiga Orozco, A., & Beauregard Zúñiga, I. (2020). Evaluación de tres productos desinfectantes sobre semillas de maíz y cebada para la producción en la tecnología de forraje verde hidropónico. *Repertorio Científico*, 23(2), 63–75. <https://doi.org/10.22458/rc.v23i2.3180>