



BIOESTIMULANTES ORGÁNICOS PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE PIMIENTO

ORGANIC BIOSTIMULANTS FOR IMPROVING SUSTAINABLE PEPPER PRODUCTION

Luis Tarquino Llerena-Ramos ^{1*}

E-mail: llerenaramos@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8927-7417>

Juan José Reyes-Pérez ¹

E-mail: jreyes@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5372-2523>

Roger Alexander Pincay-Ganchozo ²

E-mail: roger.pincay@iniap.gob.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3554-4927>

Limber David Barahona-Casanova ³

E-mail: limberdavidbarahona@gmail.com

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

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

²Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Quevedo, Ecuador.

³Investigador Independiente, Quevedo, Ecuador.

*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Llerena-Ramos, L. T., Reyes-Pérez, J. J., Pincay-Ganchozo, R. A. & Barahona-Casanova, L. D. (2026). Bioestimulantes orgánicos para mejorar la producción sostenible de pimiento. *Universidad y Sociedad* 18(4). e6070.

RESUMEN:

El uso de bioestimulantes orgánicos representa una alternativa sostenible para mejorar el crecimiento y la productividad del cultivo de pimiento bajo condiciones de invernadero. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de bioestimulantes sobre variables agronómicas de crecimiento y rendimiento del cultivo, experimento que se realizó en invernadero mediante un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Se evaluaron altura de planta, diámetro del tallo, biomasa fresca y seca, longitud de raíz, número de frutos por planta, longitud de fruto, peso de fruto y rendimiento. Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas en altura de planta a los 45 días después del trasplante y en diámetro del tallo a los 30 y 45 días, con los mayores valores en el tratamiento biol (63,99 cm; 5,21 y 6,63 mm). Asimismo, el biol incrementó la biomasa fresca foliar (34,00 g) y la longitud de raíz (33,15 cm). En los componentes de producción, este tratamiento presentó los mayores valores en número de frutos por planta (4,94), longitud de fruto (11,01 cm) y peso de fruto (360,31 g). El rendimiento alcanzó 24020,67 kg ha⁻¹, equivalente a un incremento de 116,16 % respecto al control. La aplicación de sustancias biológicamente activas influyó en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pimiento bajo condiciones de invernadero, especialmente destacándose la aplicación de

biol que incrementó significativamente la altura de planta, diámetro del tallo, biomasa fresca foliar, longitud de raíz y los componentes de producción.

Palabras clave: Fitohormonas, Hortalizas, Orgánicos, Condiciones controladas, Economía rural, Alimentos saludables.

ABSTRACT:

The use of organic biostimulants represents a sustainable alternative to improve the growth and productivity of pepper crops under greenhouse conditions. The objective of the study was to evaluate the effect of biostimulants on agronomic growth and yield variables of the crop, an experiment that was carried out in a greenhouse using a randomized block design with four treatments and four repetitions. Plant height, stem diameter, fresh and dry biomass, root length, number of fruits per plant, fruit length, fruit weight, and yield were evaluated. The results showed statistically significant differences in plant height at 45 days after transplanting and in stem diameter at 30 and 45 days, with the highest values observed in the biol treatment (63.99 cm; 5.21 and 6.63 mm). Likewise, biol increased leaf fresh biomass (34.00 g) and root length (33.15 cm). In the production components, this treatment showed the highest values in number of fruits per plant

(4.94), fruit length (11.01 cm), and fruit weight (360.31 g). The yield reached 24,020.67 kg ha⁻¹, equivalent to an increase of 116.16% compared to the control. The application of biologically active substances influenced the growth and yield of pepper crops under greenhouse conditions, especially highlighting the application of bio-liquid, which significantly increased plant height, stem diameter, fresh leaf biomass, root length, and the production components.

Keywords: Phytohormones, Vegetables, Organics, Controlled conditions, Rural economy, Healthy food.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Capsicum annuum* L. representa una hortaliza de elevada importancia agronómica y alimentaria debido al valor económico de sus frutos y a su aporte de compuestos bioactivos de interés nutricional, lo que justifica su amplia adopción en sistemas hortícolas tecnificados bajo ambiente protegido. En los sistemas de producción bajo invernadero, el rendimiento y la calidad del pimiento dependen en gran medida de la eficiencia del manejo nutricional, la regulación fisiológica del cultivo y la optimización de factores microclimáticos propios de ambientes protegidos.

Sin embargo, la intensificación del cultivo en condiciones protegidas ha incrementado la dependencia de fertilizantes minerales sintéticos, lo que ha generado preocupaciones relacionadas con la sostenibilidad productiva, la eficiencia en el uso de nutrientes y la degradación progresiva de las propiedades físico-químicas del suelo. En este contexto, los bioestimulantes orgánicos han emergido como alternativas tecnológicas capaces de modular procesos fisiológicos asociados con la absorción de nutrientes, la actividad fotosintética y la tolerancia al estrés abiótico en cultivos hortícolas bajo sistemas protegidos.

Entre los antecedentes específicos en pimiento, Majkowska-Gadomska et al. (2021) demuestran que la aplicación de bioestimulantes en *Capsicum annuum* cultivado en túnel plástico no calefaccionado mejoras variables biométricas, el rendimiento y el valor nutricional del fruto, lo que confirma la sensibilidad positiva del cultivo frente a estas tecnologías de manejo (Majkowska-Gadomska et al., 2021). De forma semejante, Tahmasebi et al. (2023) observan en pimiento dulce de invernadero que los tratamientos biológicos de base microbiana incrementan la calidad nutricional, nutracéutica y funcional de los frutos frente a esquemas de manejo químico, con mejoras en compuestos fenólicos, actividad antioxidante y clorofila foliar. De forma semejante, Tahmasebi et al. (2023) observan en pimiento dulce de invernadero que

los tratamientos biológicos de base microbiana incrementan la calidad nutricional, nutracéutica y funcional de los frutos frente a esquemas de manejo químico, con mejoras en compuestos fenólicos, actividad antioxidante y clorofila foliar.

De manera complementaria, Mezeyová et al. (2024) documentan que bioestimulantes **húmicos y extractos de *Ascophyllum nodosum*** influyen positivamente en parámetros cuantitativos y cualitativos de *Capsicum annuum* y otras especies del género *Capsicum*, aunque con respuestas dependientes del genotipo y del rasgo evaluado (Mezeyová et al., 2024). Además, Zapata-García et al. (2024) evidencian en pimiento de invernadero que la combinación de bioestimulantes de origen algal y microbiano con estrategias de riego deficitario regulado puede mejorar la productividad hídrica y sostener parámetros de calidad del fruto, aspecto especialmente relevante en ambientes protegidos con restricciones de agua.

En conjunto, estos antecedentes indican que los bioestimulantes orgánicos constituyen una alternativa prometedora para optimizar el crecimiento y el rendimiento del cultivo de pimiento bajo invernadero. Estos efectos se relacionan con la activación de procesos fisiológicos asociados con la división celular, la síntesis hormonal y la eficiencia fotosintética inducida por compuestos bioactivos presentes en bioestimulantes naturales. Sin embargo, persisten vacíos de conocimiento respecto de la magnitud de respuesta según el tipo de bioestimulante, las condiciones de manejo y la interacción con el ambiente de producción, por lo que resulta pertinente evaluar su efecto en estudios experimentales orientados a variables agronómicas de crecimiento y rendimiento (Ruzzi et al., 2024). Por tanto, el objetivo de la investigación es evaluar el efecto de bioestimulantes sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de pimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en el invernadero del Campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicado geográficamente en las coordenadas 1°02'24'' de latitud Sur y 79° 29' 70" de longitud Oeste. A una altitud de 65 msnm en el Km 7.5 de la vía principal Quevedo-El Empalme, cantón Mocache, Provincia de Los Ríos, Ecuador.

Diseño experimental

Se tuvieron en estudio tres bioestimulantes de crecimiento vegetal (compost, biol y humus) y un testigo, distribuidos en bloques al azar, con cuatro repeticiones, dando un

total de 16 unidades experimentales (UE), cada parcela estuvo constituida por seis plantas, se obtuvo en el experimento 96 plantas en total.

Manejo del experimento

Las plantas se obtuvieron por semillas del híbrido de pimiento Neymar, reproducidas en bandejas de polietileno llenas con sustrato constituido por suelo: aserrín: arena de río relación volumen 3:1:1. A los 21 días después de la siembra se realizó el trasplante a fundas de polietileno 10 x12” de 2 mm de grosor perforadas, con 10 kg de sustrato constituido por suelo: aserrín de balsa (*Ochroma pyramidale*), relación volumen 3:2. Se trasplantó una planta en cada funda, después de 15 días se tutoraron las plantas. Seguidamente, se aplicó daconil en dosis de 1 L ha⁻¹ para la prevención y control de tizón (*Phytophthora capsici*) esto se realizó con frecuencia de cada 15 días. El riego se realizó de manera periódica por día con agua potable del grifo aplicado 1 L⁻¹ por cada planta y el control de malezas se efectuó de manera manual.

La aplicación de los tratamientos, compost, biol y humus fueron de manera líquida en dosis de 3 L ha⁻¹ fraccionada en tres aplicaciones aplicando 1 L ha⁻¹ a los 15, 45 y 60 días después del trasplante (DDT).

Variables evaluadas

Los indicadores de crecimiento evaluados fueron: altura de planta, diámetro del tallo, longitud de raíz y biomasa aérea y radicular de las plántulas. La altura de planta se registró en cuatro plantas por tratamiento y repetición a los 15, 30 y 45 DDT, mediante medición con un flexómetro (cm) desde la base del tallo hasta la inserción de hojas más jóvenes. El diámetro del tallo se determinó en las mismas fechas de evaluación con un calibrador digital (mm), en la parte media del tallo. La longitud de raíz se midió con un flexómetro (cm) desde el cuello del tallo hasta el ápice radical. La biomasa de la parte aérea y radicular de las plántulas se determinó en términos de peso fresco y seco (g); para ello, las muestras se pesaron inicialmente en una balanza analítica, luego se colocaron en bolsas de papel y se secaron en estufa a 70 °C durante 72 horas hasta alcanzar peso constante, registrado en balanza analítica.

Los indicadores de producción comprendieron: longitud del fruto, número de frutos por planta, peso del fruto y rendimiento del cultivo. La longitud del fruto se midió en 10 frutos por tratamiento con una regla (cm), desde la base hasta el ápice del fruto. En estos mismos frutos individualmente se registró su peso con una balanza analítica. El número de frutos por planta se determinó en cuatro plantas por UE y tratamiento mediante el conteo total de frutos por planta, a partir del cual se obtuvo el promedio

correspondiente. El rendimiento del cultivo se estimó con base en el peso total de los frutos cosechados durante tres recolecciones realizadas en el área útil de cada UE, y posteriormente se expresó en kilogramos por hectárea:

R (kg ha⁻¹) = RAU x 10000 m²/ m² AU

R= rendimiento

AU= área útil

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Indicadores de crecimiento

En la tabla 1 se muestran los efectos de las sustancias biológicamente activas en la variable altura de planta a los 15, 30 y 45 DDT. En esta última evaluación solo se encontró diferencias estadísticas entre tratamientos, siendo el tratamiento biol que obtuvo el mayor promedio (63,99 cm) en comparación al tratamiento control que obtuvo los valores más bajo (60,69 cm).

Mientras que, en el diámetro del tallo (tabla 2) se encontró diferencias estadísticas entre tratamientos a los 30 y 45 DDT, observándose con la aplicación de biol los mayores promedios 5,21 y 6,63 mm, respectivamente y en este mismo orden los menores valores se obtuvieron en el tratamiento control 4.31 y 5,05 mm.

Tabla 1. Efectos de sustancias biológicas activas en el crecimiento de plantas de pimiento en condiciones de invernadero.

Altura de planta			
Tratamientos	15 DDT	30 DDT	45 DDT
Control	14,70 a	28,86 a	60,69 b
Compost líquido	15,29 a	31,32 a	62,47 ab
Biol	15,55 a	32,15 a	63,99 a
Humus líquido	15,16 a	30,68 a	61,79 ab

Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey (p<0.05). DDT: días después del trasplante

Tabla 2. Efectos de sustancias biológicas activas en el diámetro del tallo de plantas de pimiento en condiciones de invernadero.

Diámetro del tallo (mm)			
Tratamientos	15 DDT	30 DDT	45 DDT
Control	3,65 a	4,31 c	5,02 c
Compost líquido	3,95 a	4,83 ab	6,25 b
Biol	4,05 a	5,21 a	6,63 a
Humus líquido	3,84 a	4,56 bc	6,08 b

Letras diferentes denotan diferencias significativas entre



tratamientos según Tukey ($p<0.05$). DDT: días después del trasplante.
En la biomasa fresca de las plantas (tabla 3), solo hubo diferencias estadísticas en el peso fresco de hojas encontrándose que la aplicación de biol tuvo 48,67 % (34,00 g) más biomasa que el tratamiento control (28,25 g). Mientras que, en el peso fresco del tallo y raíz no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos, se encontraron valores mínimos (control) y máximos (biol) que fluctuaron de 42,75 a 49,50 g y de 9,50 a 12,00 g, respectivamente.

La longitud de raíz fue estimulada por la aplicación de las sustancias biológicas, encontrándose que la aplicación de biol obtuvo 30,10 % más largo de raíz (33,15 cm) que el tratamiento control (25,48 cm).

Tabla 3. Efectos de sustancias biológicas en la biomasa fresca de órganos y longitud de raíz de plantas de pimiento que crecieron en condiciones de invernadero.

Tratamientos	Peso de biomasa fresca (g)			Longitud de raíz (cm)
	Hojas	Tallo	Raíz	
Control	28,25 b	42,75 a	9,50 a	25,48 c
Compost liquido	33,75 a	48,50 a	11,00 a	31,93 b
Biol	34,00 a	49,50 a	12,00 a	33,15 a
Humus liquido	31,25 ab	47,50 a	11,00 a	31,28 b

Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey ($p<0.05$).

La tabla 4 muestra los efectos de los bioestimulantes en la producción de biomasa seca de los órganos de las plantas de pimiento. Entre tratamientos no hubo diferentes estadísticas en las hojas, tallo y raíz, pero se observó que los mayores valores fueron obtenidos con la aplicación de biol con 11,25; 10,50, y 3,50 respectivamente.

Tabla 4. Efectos de sustancias biológicas en la biomasa seca de órganos de plantas de pimiento que crecieron en condiciones de invernadero.

Tratamientos	Peso de biomasa seca (g)		
	Hojas	Tallo	Raíz
Control	10,25 a	8,75 a	3,00 a
Compost liquido	11,00 a	9,75 a	3,00a
Biol	11,25 a	10,50 a	3,50 a
Humus liquido	10,75 a	10,00 a	2,50 a

Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey ($p<0.05$).

Indicadores de producción y rendimiento del cultivo

En los componentes de producción de las plantas de pimiento hubo efectos significativos entre tratamientos. Encontrándose los mayores promedios de frutos por planta (4,94), longitud de fruto (11,01 cm) y peso de frutos (360,61 g) con la aplicación de biol y los menores promedio se observaron en el tratamiento control.

Igualmente, en el rendimiento del cultivo se encontró diferencias estadísticas entre tratamientos. En comparación con el control (11112,50 kg ha⁻¹), la aplicación de biol obtuvo 116,16 % mayor producción (24020,67 kg ha⁻¹). Ver tabla 5.

Tabla 5. Efectos de sustancias biológicas en indicadores de producción y rendimiento del cultivo de pimiento que crecieron en condiciones de invernadero.

Tratamientos	Frutos por planta	Longitud de fruto (cm)	Peso de fruto (g)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Control	3,44 b	9,17 c	166,69 c	11112,50 c
Compost líquido	4,81 a	10,07 b	322,31 b	21487,51 b
Biol	4,94 a	11,01 a	360,31 a	24020,67 a
Humus líquido	4,69 a	9,81 b	305,44 b	20624,75 b

Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey ($p<0.05$).

DISCUSIÓN

El mayor incremento de la altura de planta observado a los 45 DDT por la aplicación de biol sugiere una respuesta favorable del cultivo a compuestos bioactivos capaces de modular procesos hormonales y de absorción nutricional. Resultados que concuerda con lo descrito por Bonini et al. (2020), quienes demostraron en pimiento dulce que los bioestimulantes microbianos reprograman el perfil hormonal, en particular auxinas, citocininas y giberelinas, con efectos asociados al estímulo del crecimiento vegetativo. En la misma línea, Agliassa et al. (2021) señalaron que un hidrolizado proteico aplicado por fertirriego favoreció el crecimiento de *Capsicum annuum* bajo estrés hídrico, lo que respalda la idea de que los bioestimulantes pueden sostener la expansión celular y el vigor del tallo aun en condiciones limitantes. De forma similar, Matthews et al. (2025) registraron un aumento significativo de la variable altura media en plantas de chile tratadas con bioestimulantes. Mientras que Kumar et al. (2024) sintetizaron que los extractos de algas contienen compuestos con acción promotora del crecimiento y de la tolerancia al estrés.

Las diferencias estadísticas en diámetro del tallo a los 30 y 45 DDT, con los mayores promedios en el tratamiento biol, constituyen un indicador de mejor establecimiento estructural y mayor capacidad de sostén vegetativo. En pimiento, el diámetro del tallo se relaciona con el vigor del crecimiento, la acumulación de biomasa y el transporte eficiente de agua y fotoasimilados. En un estudio realizado por Mendoza-Alatorre et al. (2024) reportaron en chiltepín incrementos de 13,68 % en diámetro del tallo tras la inoculación con *Bacillus* nativos. Del mismo modo, Januário Silva et al. (2025) mostraron que la dosis de bioestimulante afectó significativamente el diámetro del tallo de *Capsicum annuum* bajo salinidad, lo que confirma que esta variable es sensible a la acción de compuestos bioactivos. Además, Ramírez-Pérez et al. (2025) informaron que extractos vegetales bioestimulantes promovieron crecimiento radicular y aéreo en plántulas de *Capsicum annuum*, con mejor respuesta en longitud de tallo y diámetro. Desde una perspectiva mecanística, Sun et al. (2024) señalaron que los hidrolizados proteicos favorecen el crecimiento radical y la eficiencia en el uso de agua y nutrientes, procesos que sostienen indirectamente el engrosamiento del tallo.

El aumento significativo del peso fresco de hojas con la aplicación de biol evidencia una respuesta positiva del aparato fotosintético y de la expansión foliar. Este resultado es especialmente relevante porque el aumento de biomasa fresca foliar suele asociarse con mayor área fotosintética, mejor interceptación de radiación y mayor

capacidad de acumulación de asimilados (Zamljen et al., 2024). En habanero, Mejía-Bautista et al. (2022) reportaron aumentos en biomasa fresca aérea y en crecimiento vegetativo tras la inoculación con *Bacillus*, lo que coincide con el incremento observado en hojas bajo biol. De forma similar, Mendoza-Alatorre et al. (2024) registraron incrementos de 69,87 % en peso fresco de hojas en chiltepín tratado con bacterias promotoras del crecimiento. Desde una perspectiva más amplia, Ali et al. (2021) resumieron que los bioestimulantes favorecen el vigor de plántulas y el desarrollo de tejidos vegetativos por su efecto sobre el crecimiento radical y la nutrición mineral.

La mayor longitud de raíz obtenida con biol respecto del control constituye un resultado fisiológicamente relevante, dado que un sistema radical más extenso amplía el volumen de suelo explorado y mejora la adquisición de agua y nutrientes. En este contexto, Bonini et al. (2020) indicaron que los bioestimulantes microbianos promueven biomasa, longitud, densidad y ramificación radical, incrementando la absorción de macro y micronutrientes. En concordancia, Sun et al. (2024) señalaron que los hidrolizados proteicos ejercen una influencia positiva sobre el área y la longitud radical, mejorando la eficiencia en el uso de nutrientes y agua. En pimiento del tipo chiltepín, Mendoza-Alatorre et al. (2024) encontraron incrementos de 9,6 % en longitud de raíz con *Bacillus* nativos.

El mayor número de frutos por planta registrado con la aplicación de biol respalda a lo descrito por Jiménez-Pérez et al. (2025) quienes documentaron que la aplicación de extractos biológicos en *Capsicum annuum*, estimulan la floración, el cuajado y la redistribución de fotoasimilados hacia estructuras reproductivas. Asimismo, se ha reportado que los bioinsumos líquidos derivados de microorganismos promotores del crecimiento vegetal incrementan la actividad metabólica en la rizosfera y favorecen la formación de frutos en sistemas protegidos. De manera complementaria, estudios recientes indican que la aplicación de biofertilizantes orgánicos mejora la eficiencia en la absorción de nitrógeno y fósforo, esto se refleja en mayor número de frutos por planta en cultivos hortícolas (Singh et al., 2025). Además, se ha demostrado que los extractos orgánicos fermentados estimulan la actividad hormonal relacionada con la diferenciación floral, incrementando significativamente la producción de frutos en solanáceas.

El incremento significativo en la longitud de fruto observado con la aplicación de biol indica un efecto positivo sobre los procesos de división y elongación celular durante el desarrollo del fruto. En pimiento cultivado bajo condiciones protegidas, se ha reportado que los bioestimulantes orgánicos incrementan el tamaño del fruto

mediante la mejora de la actividad fotosintética y la movilización de carbohidratos hacia los órganos reproductivos (Majkowska-Gadomska et al., 2021). En este mismo contexto, estudios recientes han demostrado que los biofertilizantes líquidos enriquecidos con compuestos húmicos estimulan la elongación celular en frutos de solanáceas. Asimismo, la aplicación de extractos de algas ha mostrado efectos positivos sobre el crecimiento del fruto debido a su contenido de fitohormonas naturales como auxinas y giberelinas (Ali et al., 2021). De igual manera, investigaciones en cultivos hortícolas protegidos evidencian que los bioestimulantes orgánicos mejoran la eficiencia en el transporte de fotoasimilados hacia el fruto, incrementando sus dimensiones físicas.

El mayor peso de fruto registrado con la aplicación de biol evidencia una mejora en la acumulación de biomasa en los órganos reproductivos, esto se atribuye a una mayor eficiencia en la asimilación de carbono y nutrientes minerales durante la fase de llenado del fruto. En este sentido, se ha demostrado que los bioestimulantes orgánicos incrementan el peso individual del fruto en pimiento mediante la activación del metabolismo primario asociado a la síntesis de compuestos estructurales. Asimismo, investigaciones recientes indican que los microorganismos promotores del crecimiento vegetal favorecen la translocación de fotoasimilados hacia los frutos, incrementando su peso fresco y calidad comercial. De forma similar, la aplicación de biofertilizantes líquidos derivados de residuos orgánicos fermentados ha mostrado efectos positivos sobre el peso del fruto en cultivos hortícolas debido a mejoras en la absorción nutrimental. Además, estudios recientes en solanáceas cultivadas bajo invernadero evidencian que los bioestimulantes orgánicos incrementan el contenido celular del fruto, así contribuye al aumento de su masa fresca (Yakhin et al., 2017).

El incremento significativo del rendimiento obtenido con la aplicación de biol confirma la eficiencia agronómica de las sustancias biológicamente activas en la mejora del desempeño productivo del cultivo de pimiento bajo condiciones de invernadero. Este comportamiento puede explicarse por la acción integrada de compuestos orgánicos solubles y metabolitos microbianos que favorecen la absorción nutrimental, actividad fotosintética y partición de biomasa hacia los órganos reproductivos. En este sentido, estudios recientes han demostrado que los bioestimulantes orgánicos incrementan significativamente el rendimiento total en *Capsicum annuum* mediante mejoras en el crecimiento vegetativo y reproductivo (Drobek et al., 2019). Asimismo, investigaciones realizadas en sistemas protegidos evidencian que la aplicación de sustancias húmicas incrementa la productividad de cultivos

hortícolas al mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes. De igual manera, la incorporación de biofertilizantes líquidos fermentados ha mostrado incrementos sustanciales en el rendimiento de solanáceas debido a la estimulación del desarrollo radical y la absorción de macroelementos. Además, se ha reportado que los bioestimulantes orgánicos incrementan la productividad comercial en hortalizas mediante la regulación de procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento y el cuajado de frutos. Estos antecedentes respaldan el incremento del rendimiento observado con la aplicación de biol.

Más allá de los beneficios agronómicos observados, la aplicación de biol como bioestimulante en pimiento tiene implicaciones sociales relevantes, ya que promueve prácticas agrícolas sostenibles y accesibles para pequeños productores. El uso de insumos biológicos derivados de recursos locales contribuye a reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos, disminuye costos de producción y el impacto ambiental asociado. Esto favorece la seguridad alimentaria al incrementar el rendimiento y la calidad de los frutos, al mismo tiempo que fortalece la resiliencia de los sistemas hortícolas frente a condiciones de estrés. En consecuencia, la adopción de bioestimulantes orgánicos representa una alternativa tecnológica viable, y una estrategia que impulsa la economía rural y la producción de alimentos más saludables para la sociedad.

CONCLUSIONES

La aplicación de sustancias biológicamente activas influyó en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pimiento bajo condiciones de invernadero. Entre los tratamientos evaluados, el biol presentó la mejor respuesta agronómica, al incrementar significativamente la altura de planta, el diámetro del tallo, la biomasa fresca foliar y la longitud de raíz.

En los componentes de producción, el biol también mostró los mayores valores en número de frutos por planta, longitud de fruto, peso de fruto y rendimiento (24020,67 kg ha⁻¹) equivalente a un incremento de 116,16 % respecto al control.

Los resultados obtenidos demuestran que la aplicación de biol como bioestimulante en pimiento, bajo condiciones de invernadero, favorece significativamente el crecimiento vegetativo, el desarrollo radical y la productividad del cultivo. El incremento en variables como altura de planta, diámetro de tallo, biomasa foliar, número y tamaño de frutos, así como el rendimiento total, confirma la eficiencia agronómica de los compuestos bioactivos presentes en el biol. Más allá de los beneficios fisiológicos y productivos, estos hallazgos evidencian un impacto social

positivo, ya que el uso de insumos biológicos derivados de recursos locales constituye una alternativa sostenible y de bajo costo para pequeños productores. Su adopción contribuye a reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos, mejorar la seguridad alimentaria y fortalecer la economía rural, al tiempo que promueve prácticas agrícolas más respetuosas con el ambiente. En conjunto, la aplicación de biol representa una estrategia viable para incrementar la productividad hortícola y generar beneficios sociales y ambientales de largo alcance.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agliassa, C., Mannino, G., Molino, D., Cavalletto, S., Contartese, V., Berteà, C. M., & Secchi, F. (2021). A new protein hydrolysate-based biostimulant applied by fertigation promotes relief from drought stress in *Capsicum annuum* L. *Plant Physiology and Biochemistry*, 166, 1076–1086. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.07.015>
- Ali, O., Ramsubhag, A., & Jayaraman, J. (2021). Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production. *Plants*, 10(3), 531. <https://doi.org/10.3390/plants10030531>
- Bonini, P., Roupheal, Y., Miras-Moreno, B., Lee, B., Cardarelli, M., Erice, G., Cirino, V., Lucini, L., & Colla, G. (2020). A microbial-based biostimulant enhances sweet pepper performance by metabolic reprogramming of phytohormone profile and secondary metabolism. *Frontiers in Plant Science*, 11, 567388. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.567388>
- Drobek, M., Frac, M., & Cybulska, J. (2019). Plant Biostimulants: Importance of the Quality and Yield of Horticultural Crops and the Improvement of Plant Tolerance to Abiotic Stress—A Review. *Agronomy*, 9(6), 335. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060335>
- Januário Silva, A. L., Ricardo de Farias, O., Barbosa Corrêa, É., Feitosa de Lacerda, C., Soares de Melo, A., & De Mello Oliveira, M. D. (2025). Biostimulant modulate the physiological and biochemical activities, improving agronomic characteristics of bell pepper plants under salt stress. *Scientific Reports*, 15(1), 14969. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-99414-w>
- Jiménez-Pérez, M., Adalid-Martínez, A. M., Moreno-Peris, E., Sánchez, A., Hernández, V., Flores, P., Hellín, P., & Rodríguez-Burruezo, A. (2025). Response of Sweet Pepper Varieties to Low-Input Conditions and Microbial Biostimulant Application. *Horticulturae*, 11(10), 1207. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11101207>
- Kumar, G., Nanda, S., Singh, S. K., Kumar, S., & Singh, D. (2024). Seaweed extracts: Enhancing plant resilience to biotic and abiotic stresses. *Frontiers in Marine Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1457500>
- Majkowska-Gadomska, J., Dobrowolski, A., Jadwisieńczyk, K. K., Kaliniewicz, Z., & Francke, A. (2021). Effect of biostimulants on the growth, yield and nutritional value of *Capsicum annuum* grown in an unheated plastic tunnel. *Scientific reports*, 11(1), 22335. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01834-x>
- Matthews, S., Ali, A., & Siddiqui, Y. (2025). Nano-encapsulated biostimulant enhances growth and postharvest quality of chili peppers (*Capsicum annuum*). *Scientia Horticulturae*, 340, 113920. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113920>
- Mejía-Bautista, M. Á., Cristóbal-Alejo, J., Pacheco-Aguilar, J. R., & Reyes-Ramírez, A. (2022). *Bacillus* spp. on the growth and yield of *Capsicum chinense* Jacq. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(1), 115–128. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342022000100115&script=sci_arttext&lng=en
- Mendoza-Alatorre, M., Infante-Ramírez, R., González-Rangel, M. O., Nevárez-Moorillón, G. V., y colaboradores. (2024). Enhancing drought stress tolerance and growth promotion in chiltepin pepper (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) through native *Bacillus* spp. *Scientific Reports*, 14, 15383. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65720-y>
- Mezeyová, I., Kollárová, I., Golian, M., Árvay, J., Mezey, J., Šlosár, M., Galovičová, L., Rosa, R., Bakalár, M., & Horečná, T. (2024). The effect of humic-based biostimulants on the yield and quality parameters of chili peppers. *Horticulturae*, 10(9), 998. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10090998>
- Ramírez-Pérez, C., Ramírez, H., Carrillo-Lomelí, D. A., Moo-Huchin, V. M., Hernández-Pérez, A., Peña-Ramos, F. M., Encina-Domínguez, J. A., & Jasso de Rodríguez, D. (2025). Biostimulant from semi-desert plant extracts for root and aerial growth of *Capsicum annuum* L. and *C. chinense* Jacq. seedlings. *Industrial Crops and Products*, 236. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.121881>
- Ruzzi, M., Colla, G., & Roupheal, Y. (2024). Editorial: Biostimulants in agriculture II: Towards a sustainable future. *Frontiers in Plant Science*, 15, Article 1427283. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1427283>
- Singh, K., Singh, B. K., Singh, A. K., Singh, R., Singh, S., Pandey, S. R., & Sarika, K. (2025). Influence of organic, inorganic and biofertilizers on the growth and yield of chilli. *Journal of Experimental Agriculture International*, 47(10), 33–43. <https://doi.org/10.9734/jeai/2025/v47i103786>
- Sun, W., Shahrajabian, M. H., & Cheng, Q. (2024). Amino acids biostimulants and protein hydrolysates in agricultural sciences. *Plants*, 13(2), 210. <https://doi.org/10.3390/plants13020210>

Tahmasebi, A., Mirzaalian Dastjerdi, A., & Jamali, B. (2023). Microbial-based biological treatments improved the nutritional, nutraceutical and functional properties of greenhouse sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1145972. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1145972>

Yakhin, O. I., Lubyantsev, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Frontiers in plant science*, 7, 2049. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>

Zamljen, T., Grohar, M. C., & Slatnar, A. (2024). Effects of pre- and post-transplantation humic acid biostimulant treatment and harvest date on yield quantity and quality parameters of sweet peppers (*Capsicum annuum* L.). *Scientia Horticulturae*, 338, 113747. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113747>

Zapata-García, S., Temnani, A., Berríos, P., Espinosa, P. J., Monllor, C., & Pérez-Pastor, A. (2024). Optimizing crop water productivity in greenhouse pepper. *Agronomy*, 14(5), 902. <https://doi.org/10.3390/agronomy14050902>

CONFLICTO DE INTERESES:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Autor	Roles
Luis Llerena-Ramos	Encargado de: Redacción-Revisión, Conceptualización y Metodología
Juan José Reyes-Pérez	Encargado de: Escritura – borrador original, Adquisición de financiación Validación y Análisis Formal
Roger Pincay-Ganchozo	Encargado de: Curación de datos, Software, Metodología, Redacción – Revisión y Edición
Limber Barahona-Casanova	Encargado de: Supervisión, Validación y Visualización

Universidad & Sociedad publica sus artículos bajo una licencia Creative Commons <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

