

Artículo

Rendimiento del cultivo de *Cucumis sativus* L. con la aplicación de bioestimulantes a base de algas marinas

Yield of Cucumis sativus L. cultivation with the application of biostimulants based on marine algae

Melissa Mishell Quishpe-Franco ^{1*}, Morelia Salome Castillo-Pontón ² y Simón Alejandro Zambrano-Alava ³

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo; <https://orcid.org/0009-0009-1781-7395>

² Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo; <https://orcid.org/0009-0005-0874-1158>, morelia.castillo2015@uteq.edu.ec

³ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo; <https://orcid.org/0009-0003-3266-2260>, simon.zambrano@uteq.edu.ec

Cita: Quishpe-Franco, M. M., Castillo-Pontón, M. S., & Zambrano-Alava, S. A. (2026). Rendimiento del cultivo de *Cucumis sativus* L. con la aplicación de bioestimulantes a base de algas marinas. *Multidisciplinary Collaborative Journal*, 4(1), 261-284. <https://doi.org/10.70881/mcj/v4/n1/125>

* Correspondencia: melissa.quishpe2016@uteq.edu.ec

 <https://doi.org/10.70881/mcj/v4/n1/125>

Recibido: 03/01/2026
Revisado: 29/01/2026
Aceptado: 02/02/2026
Publicado: 05/02/2026



Copyright: © 2026 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC)**.

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Resumen: El cultivo de pepino presenta limitaciones en su productividad, asociadas principalmente a prácticas agrícolas convencionales inadecuadas. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de bioestimulantes a base de algas marinas sobre el rendimiento del cultivo de pepino. Por ello se evaluaron cinco tratamientos: T1 (FertiEstim plus 0,50 ml), T2 (FertiEstim plus 0,70 ml), T3 (Stimplex 0,50 ml), T4 (Stimplex 0,70 ml) y T5 (control), bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Las variables analizadas incluyeron altura de planta, diámetro del tallo, días a la floración, número de flores por planta, número y peso de frutos, longitud y diámetro del fruto, y rendimiento total. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando el software InfoStat. Los resultados evidenciaron que la aplicación de FertiEstim plus y Stimplex incrementó significativamente el crecimiento vegetativo y los componentes del rendimiento. El tratamiento T2 presentó el mejor desempeño agronómico, alcanzando un rendimiento de 2617,78 kg ha⁻¹, además de registrar la mayor ganancia neta y la relación beneficio/costo más favorable, consolidándose como la alternativa más eficiente para mejorar la productividad del cultivo de pepino.

Palabras clave: crecimiento, desarrollo, pepino, beneficio.

Abstract: Cucumber cultivation faces productivity limitations, primarily associated with inadequate conventional agricultural practices. The objective of this research was to evaluate the effect of seaweed-based biostimulants on cucumber yield. Five treatments were evaluated: T1 (FertiEstim plus 0.50 ml), T2 (FertiEstim plus 0.70 ml), T3 (Stimplex 0.50 ml), T4 (Stimplex 0.70 ml), and T5 (control), using a completely randomized block design with four replications. The variables analyzed included plant height, stem diameter, days to flowering, number of flowers per plant, number and weight of fruits, fruit length and diameter, and total yield. The data obtained were subjected to analysis of variance (ANOVA) and mean comparisons using Tukey's test ($p \leq 0.05$), with the InfoStat software. The results showed that the application of FertiEstim plus and Stimplex significantly increased vegetative growth and yield

components. Treatment T2 exhibited the best agronomic performance, achieving a yield of 2617.78 kg ha⁻¹, in addition to registering the highest net gain and the most favorable benefit/cost ratio, thus establishing itself as the most efficient alternative for improving cucumber crop productivity.

Keywords: growth, development, cucumber, profit.

1. Introducción

El pepino *Cucumis sativus* L., forma parte de la familia de las cucurbitáceas y constituye una hortaliza cultivada en diversas regiones tropicales y subtropicales en todo el mundo (Chacón-Padilla et al., 2020). Existen numerosas variedades de pepino, y cada una de ellas se ajusta a las condiciones edafoclimáticas específicas de su entorno (Cruz-Coronado y Monge-Pérez, 2019). El cultivo del pepino es una hortaliza altamente comercializada a nivel global, siendo reconocida por su importancia económica como una planta destinada al consumo humano (Elías-Vigaud et al., 2020). En nuestra nación, según los datos registrados en 2021 por FAOSTAT, se estima un rendimiento de 82,544 Kg ha⁻¹ en la producción de pepino. La provincia del Guayas lidera en la producción de esta hortaliza (Chacón-Padilla et al., 2020).

La producción de pepino ha provocado una intensa presión sobre los recursos naturales, cuestionando así algunos aspectos de la sostenibilidad agrícola. Además, la fertilización se utiliza excesivamente en el mundo para incrementar los rendimientos de los cultivos (Alrbaihat, 2023). El uso excesivo de fertilizantes y químicos para compensar esta falta de nutrientes, también ha contribuido a la degradación severa del suelo y una disminución de su productividad (Bravo Vera y Saltos Palma, 2022). En la actualidad, la búsqueda de alternativas al uso de fertilizantes sintéticos es una prioridad (Chandarana y Amaresan, 2023). Los biofertilizantes son una alternativa a la aplicación de los fertilizantes sintéticos, debido a su sostenibilidad ambiental (Anju et al., 2023).

Los bioestimulantes son una opción prometedora; ya que este grupo de sustancias o microorganismos benéficos, inducen respuestas fisiológicas y morfológicas en las plantas, especialmente bajo condiciones desfavorables, lo que conduce a mejorar su adaptación, crecimiento y productividad (Romero-Félix et al., 2023). Los bioestimulantes ofrecen un gran potencial, ya que son similares a las hormonas naturales de las plantas (Sarmiento Domínguez, 2022). Estos productos ejercen efectos específicos sobre el suelo y aumentan su fertilidad; este efecto, en conjunto, suele traducirse en un mayor rendimiento de los cultivos (Llomitó Gavilanez, 2020).

Los extractos de algas marinas (EAM) poseen amplia aceptación en la agricultura pues son considerados insumos ecológicos, biodegradables, no tóxicos y seguros para la salud animal y humana se obtienen a partir de la biomasa de algas marinas cosechada directamente en las costas o cultivadas en mar abierto (Espinosa-Antón et al., 2021). Los beneficios en la aplicación de

extractos de algas han sido demostrados en numerosos estudios, mejorando la germinación y establecimiento de plántulas (González Fariña, 2022).

Según Sarmiento et al. (2019) informan que los extractos de algas marinas tienen la capacidad de potenciar ciertas expresiones metabólicas y fisiológicas en las plantas, el efecto bioestimulante de los productos elaborados con base en algas marinas consiste en aumentar el crecimiento de las plantas. Por ello se plantea como objetivo evaluar el rendimiento del cultivo de *C. sativus* L. con la aplicación de bioestimulantes a base de algas marinas.

2. Materiales y Métodos

2.1. Localización

La investigación se realizó en condiciones de campo en el Recinto El Moral, que se encuentra situado en el Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi, con ubicación geográfica latitud 0°55'48" S, longitud 79°13'12" Oeste con una altitud de 223 m.s.n.m.

2.2. Material vegetal y condiciones del cultivo

Se utilizó el híbrido Humocaró, el cual Figueroa (2015) menciona que cuenta con las siguientes características tabla 1.

Tabla 1

Características de la semilla Humocaró

Ciclo vegetativo	50 a 60 días a la cosecha
Tamaño del fruto	23 cm
Espinosidad media y peso	Alrededor de 400 g
Color del fruto	Verde oscuro
Floración	29 – 32 días
Germinación y la madurez	Temprana
Frutos	Súper selectos, largos, rectos y cilíndricos
Cuaje de flores	Excelente
Rendimientos	Sobresalientes

2.3. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) 2Ax2B+1 en el cual se establecieron tratamientos en cuatro repeticiones. Siendo el factor A los dos bioestimulantes foliares: FertiEstim plus y Stimplex, y el factor B las dos dosis utilizadas: 0,50 ml y 0,70 ml seleccionadas a partir de las indicaciones de la casa comercial proveedora de los bioestimulantes, más un control sin aplicación, en total se evaluaron cinco tratamientos.

2.4. Tratamientos

Los tratamientos fueron conformados por dos bioestimulantes foliares aplicados en dos dosis, se mantuvo la frecuencia de aplicación y dosis recomendada por la casa comercial proveedora de los bioestimulantes, como se describe en la tabla 2, otro tratamiento fue un control absoluto sin aplicación para el estudio.

Tabla 2

Tratamientos de bioestimulantes a base de algas marinas en el cultivo de pepino.

Nº	Biofertilizantes	Aplicación	Días de aplicación	Dosis (L ha ⁻¹)
T1	FertiEstim plus	Foliar	32 – 42 – 52	0,50
T2	FertiEstim plus	Foliar	32 – 42 – 52	0,70
T3	Stimplex	Foliar	32 – 42 – 52	0,50
T4	Stimplex	Foliar	32 – 42 – 52	0,70
T5	Control	Sin aplicación	Sin aplicación	

2.5. Manejo del experimento

El experimento se desarrolló durante el período comprendido entre el 08 de octubre al 15 de diciembre de 2024. La preparación del suelo y las labores culturales se realizaron de acuerdo con las normas técnicas establecidas para el cultivo. En la Tabla 3 se describen las características de la parcela experimental de la presente investigación.

Tabla 3

Dimensión del área experimental

Características	Dimensión
Largo de la parcela	3 m
Ancho de la parcela	3 m
Área de la parcela	9 m
Largo total	19 m
Ancho total	16,5 m
Área total del ensayo	313,5 m ²

2.5.1. Características del ensayo

Para ejecutar este proyecto se utilizó 20 plantas por cada subparcela, cuya distancia de siembra es de 0,90 cm entre hilera y 0,70 cm entre planta. El número total de plantas fueron 400 para el uso de este estudio en un área total de terreno de 313,5 m². El número de plantas evaluadas de cada subparcela fueron 6 ya que las demás se usaron para efecto borde.

Durante la elaboración de esta investigación se realizó las siguientes labores agrícolas:

Preparación del terreno

El terreno se preparó manualmente con azadón, logrando una adecuada fragmentación y aireación del suelo para favorecer la siembra, la germinación uniforme y el desarrollo inicial del cultivo. Esta preparación mejoró la estructura del suelo y facilitó el enraizamiento de las plantas. Posteriormente, se delimitaron las subparcelas experimentales según un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), asegurando una distribución uniforme de los tratamientos en el área del ensayo.

Semillero

La siembra del pepino híbrido Humocaró se realizó el 11 de octubre de 2024 con semillas proporcionadas por Agripac S.A. Se utilizaron bandejas germinadoras de 128 cavidades con sustrato de turba, colocando dos semillas por cavidad a una profundidad aproximada de 2 cm para asegurar una emergencia uniforme. El riego se efectuó de forma manual y diaria en horas de la mañana, aplicando entre 0,5 y 1 litro de agua por bandeja, con el fin de mantener la humedad adecuada y favorecer el desarrollo inicial de las plántulas.

Trasplante

El trasplante de las plántulas se efectuó a los 12 días después de la siembra en las bandejas semilleras, una vez que presentaban un desarrollo adecuado para su establecimiento en campo definitivo. Previo a la siembra, se delimitaron y midieron cuidadosamente las subparcelas experimentales, garantizando uniformidad en el área útil. La distribución de las plantas se realizó con una distancia de 0,90 cm entre hileras y 0,70 cm entre plantas, asegurando una adecuada densidad de población y facilitando las labores de manejo agronómico durante el desarrollo del cultivo.

Deshierbes

El control manual de malezas se llevó a cabo a los 6 días después del trasplante, con el objetivo de evitar la competencia por nutrientes, agua y luz entre las malas hierbas y el cultivo de pepino. Esta labor fitosanitaria fue fundamental durante las primeras etapas del establecimiento del cultivo, cuando las plántulas son más susceptibles a interferencias externas. Posteriormente, se continuó con el deshierbe de forma periódica, realizándolo cada 7 días a lo largo de todo el ciclo fenológico del cultivo, con el fin de mantener el área libre de malezas y garantizar condiciones óptimas para el desarrollo vegetativo y productivo de las plantas.

Control fitosanitario

Para el control de insectos plaga se utilizó un bioinsecticida orgánico de elaboración artesanal, formulado a base de agua, extracto de neem (*Azadirachta*

indica) y jabón. La aplicación se realizó de forma manual con un atomizador mochila de 10 litros, empleando una dosis aproximada de 250 a 300 ml por planta, equivalente a un consumo total estimado de 100 a 120 litros para 400 plantas. La aplicación se efectuó en horas de la tarde para mejorar su eficacia y se implementó tras detectarse la presencia de mosca blanca (*Bemisia tabaco*) mediante monitoreos fitosanitarios semanales. El bioinsecticida se aplicó cada 7 a 10 días, logrando mantener la plaga bajo control sin el uso de productos químicos sintéticos.

Tutorado

La tutorización de las plantas se realizó mediante la instalación de estacas de madera de aproximadamente 1,60 metros de altura por 10 cm de ancho, colocadas en los cuatro extremos de cada subparcela experimental. Estas estacas sirvieron de soporte para la colocación de alambre galvanizado en sentido vertical, con el objetivo de facilitar la conducción del cultivo y soportar el peso de los frutos durante su desarrollo. Esta actividad se llevó a cabo en el momento en que las plantas emitieron sus primeras guías de crecimiento, las cuales fueron atadas con piola al alambre, lo que permitió un adecuado direccionamiento del follaje y favoreció la aireación, la captación de luz solar y el manejo fitosanitario.

Fertilización

La fertilización del cultivo se realizó mediante la aplicación foliar, los tratamientos se distribuyeron de la siguiente manera: T1 consistió en la aplicación de Fertiestim Plus a una dosis de 0,50 ml, T2 con Fertiestim Plus a 0,70 ml, T3 con Stimplex a 0,50 ml, y T4 con Stimplex a 0,70 ml, estas dosis se aplicaron por litro de agua. Adicionalmente, se incluyó un tratamiento control T5 sin aplicación de bioestimulantes.

Las aplicaciones se realizaron utilizando una bomba de mochila lo cual permitió una distribución uniforme del producto aplicando a una distancia de aproximadamente 40 cm del follaje, recorriendo cada subparcela en sentido zigzag para garantizar la cobertura completa de todas las plantas. Se procuró mantener una presión constante en la bomba durante la aplicación, y se evitó realizar las aplicaciones en horas de alta radiación solar o con presencia de viento, a fin de reducir pérdidas por evaporación o deriva. La aspersion se realizó hasta lograr un humedecimiento uniforme del follaje, sin alcanzar el punto de escurrimiento.

Cosecha

La cosecha del cultivo de pepino se efectuó en tres momentos diferenciados, determinados por el estado de desarrollo del fruto y su alcance del tamaño comercial óptimo, estimado en aproximadamente 15 cm de longitud. Las fechas de recolección fueron el 28 de noviembre, 6 de diciembre y 15 de diciembre de

2024. En cada evento se evaluaron seis plantas seleccionadas aleatoriamente por subparcela experimental, con el fin de cuantificar el rendimiento y las variables productivas correspondientes. La recolección se realizó manualmente durante la mañana, con el objetivo de preservar la calidad de los frutos y minimizar el riesgo de daños mecánicos.

2.6. Variables evaluadas

Se evaluaron variables agronómicas y productivas del cultivo de pepino. La altura de planta (cm) y el diámetro del tallo (cm) se midieron a los 30, 45 y 60 días después de la siembra, utilizando un flexómetro y una cinta métrica, respectivamente. El número de flores por planta y el número de frutos por planta se determinaron mediante conteo directo en seis plantas seleccionadas aleatoriamente por subparcela experimental.

El peso de frutos por planta (g), la longitud del fruto (cm) y el diámetro del fruto (cm) se evaluaron en seis frutos seleccionados al azar por unidad experimental, empleando una balanza gramera y un calibrador para las mediciones correspondientes.

El rendimiento (kg ha^{-1}) se calculó a partir del peso total de los frutos cosechados en la parcela útil de cada tratamiento y se extrapoló a kilogramos por hectárea en función del área evaluada.

2.7. Análisis de relación beneficio-costo

La rentabilidad de los tratamientos se evaluó mediante la relación beneficio/costo (B/C). Los ingresos totales se estimaron en función del rendimiento obtenido y del precio de venta del producto, mientras que los costos totales incluyeron los gastos asociados a insumos, mano de obra y manejo del cultivo. El beneficio neto se calculó como la diferencia entre los ingresos totales y los costos totales, lo que permitió realizar la comparación económica entre los tratamientos evaluados.

2.8. Análisis estadístico

El procesamiento estadístico de los datos se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA), bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). La comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de $p < 0,05$. La tabulación y el análisis de los datos se realizaron utilizando el software estadístico InfoStat versión 2020 y Microsoft Excel.

3. Resultados

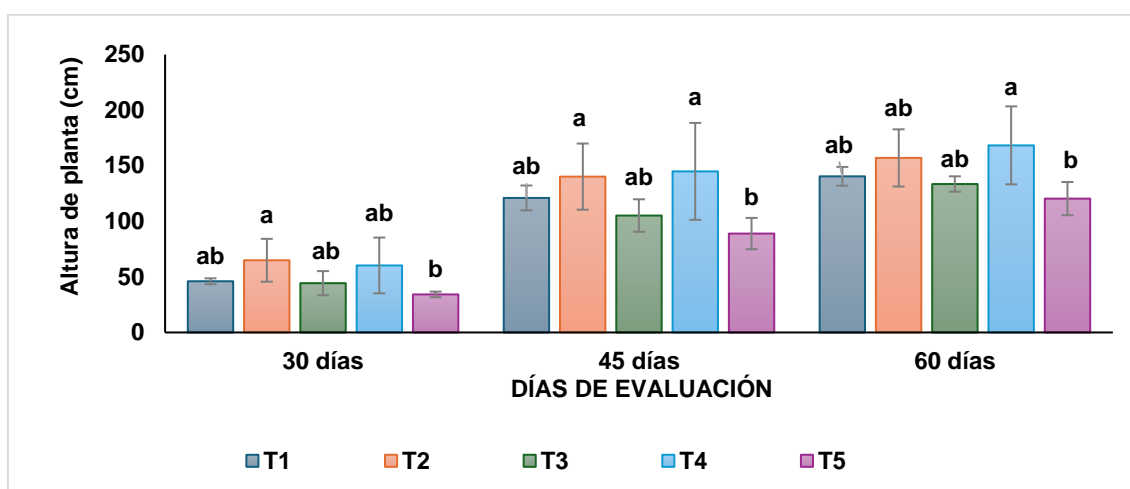
3.1. Altura de planta (cm)

La altura de planta presentó diferencias en función de los tratamientos aplicados y del tiempo de evaluación (Figura 1). Inicialmente, a los 30 días después de la siembra, los tratamientos T2 y T4 registraron los mayores valores, con 64,94 cm

y 60,28 cm, respectivamente, mientras que el tratamiento T5 (control) presentó la menor altura, con aproximadamente 34,22 cm, evidenciándose diferencias significativas. Posteriormente, a los 45 días, el tratamiento T2 mantuvo los mayores valores de altura 140,17 cm, seguido de T4, T1 y T3; en contraste, el control continuó registrando el menor crecimiento, observándose diferencias significativas entre T2 y dicho tratamiento. Finalmente, a los 60 días, los tratamientos T2 y T4 alcanzaron las mayores alturas promedio, con 168,28 cm y 157,00 cm, respectivamente, diferenciándose estadísticamente del control, el cual presentó los valores más bajos 120,39 cm. Estos resultados evidencian el efecto positivo de los bioestimulantes a base de algas marinas sobre el crecimiento en altura del cultivo de pepino.

Figura 1

Efecto de la aplicación de los tratamientos sobre la variable altura de planta.



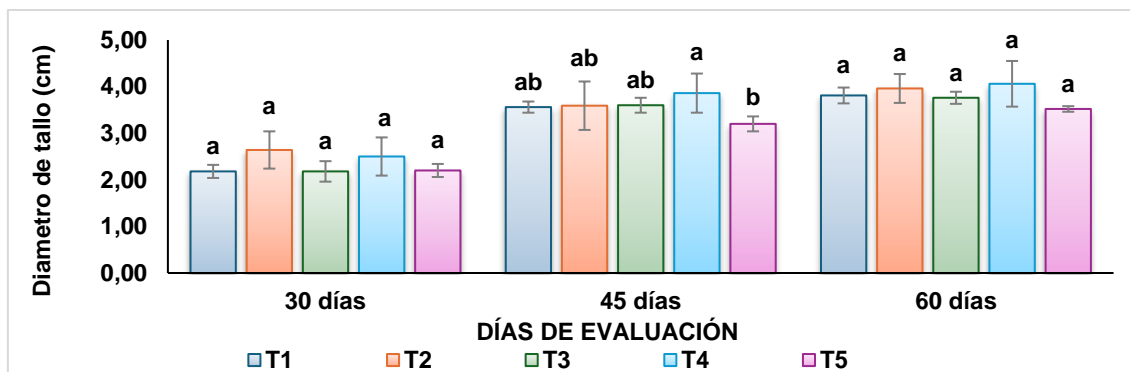
Nota. Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Barras de error representan la desviación estándar de cada tratamiento.

3.2. Diámetro del tallo

El diámetro del tallo presentó una tendencia ascendente en todos los tratamientos a lo largo del período de evaluación (Figura 2). Al inicio, a los 30 días después de la siembra, no se registraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, aunque se observaron leves variaciones numéricas en los valores del diámetro. Durante la etapa intermedia, surgieron diferencias significativas entre tratamientos, destacándose el tratamiento T4 con el mayor diámetro de tallo (3,86 cm), mientras que el control presentó el valor más bajo (3,20 cm). Hacia el final del período, a los 60 días, no se observaron diferencias estadísticas significativas, no obstante, se mantuvo la tendencia ascendente en todos los tratamientos, lo que evidencia el efecto positivo de los bioestimulantes sobre el crecimiento del tallo.

Figura 2

Variación del diámetro del tallo bajo la aplicación de bioestimulantes orgánicos.



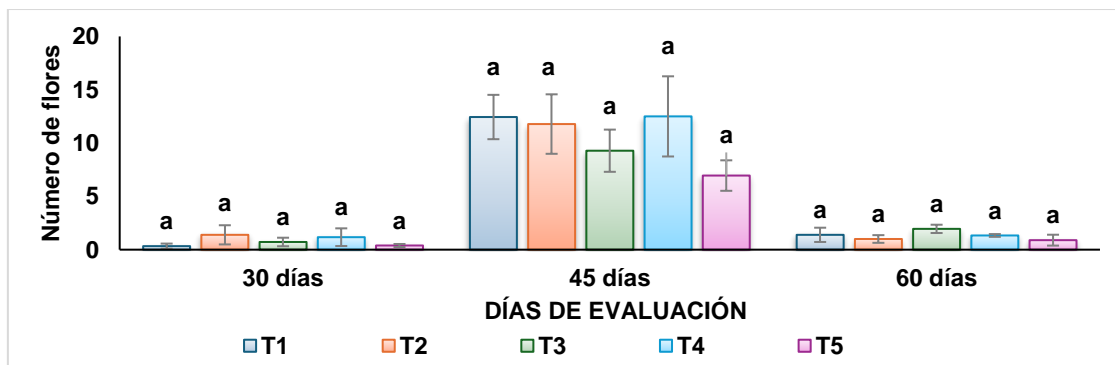
Nota. Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Barras de error representan la desviación estándar de cada tratamiento.

3.3. Número de flores por planta

En la evaluación del número de flores, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (T1 a T5) en ninguno de los momentos de evaluación, tal como se aprecia en la Figura 3. No obstante, a los 45 días después de la siembra se registró un incremento generalizado en el número de flores en todos los tratamientos. En esta etapa, los mayores valores correspondieron a T4 (12,50), seguido de T1 (12,44) y T2 (11,78 flores por planta). Aunque estas medias fueron numéricamente superiores a las registradas en T3 (9,28) y T5 (6,95), las diferencias no resultaron estadísticamente significativas. Este comportamiento sugiere que el efecto de los tratamientos fue transitorio, alcanzando un máximo alrededor de los 45 días y disminuyendo en evaluaciones posteriores.

Figura 3

Efecto de la aplicación de tratamientos sobre el número de flores.



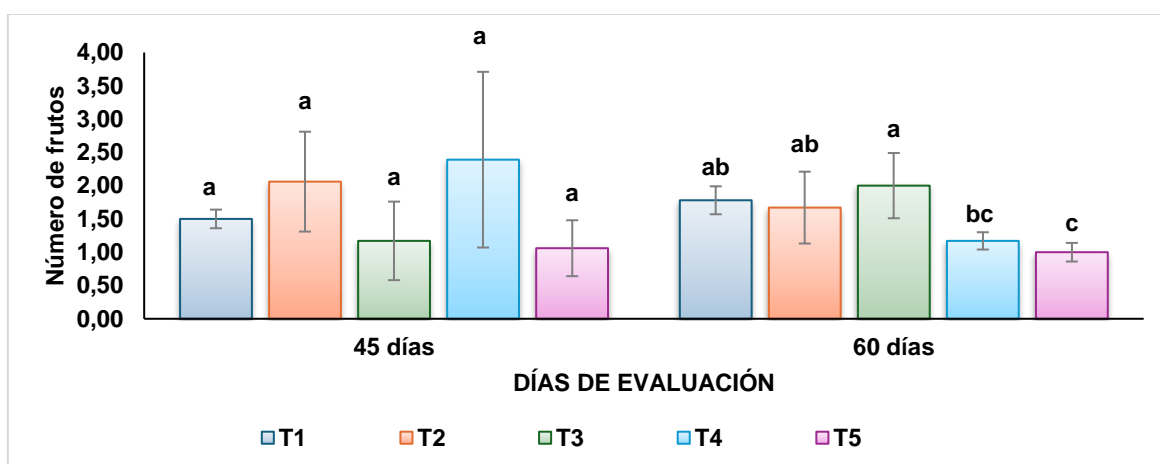
Nota. Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Barras de error representan la desviación estándar de cada tratamiento.

3.4. Número de frutos por planta

El número de frutos por planta presentó variaciones entre tratamientos a lo largo del período de evaluación (Figura 4). En una primera etapa, a los 45 días después de la siembra, no se registraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; sin embargo, los tratamientos T4 y T2 mostraron mayores valores numéricos, con 2,39 y 2,06 frutos por planta, respectivamente, en comparación con los demás tratamientos. Posteriormente, a los 60 días, se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En esta evaluación, T4 y T2 registraron el mayor número de frutos por planta (2,89 y 2,78 frutos por planta, respectivamente), diferenciándose estadísticamente de T1, T3 y del tratamiento control, los cuales presentaron los valores más bajos. Estos resultados indican que el efecto de los bioestimulantes sobre la formación de frutos se manifestó principalmente en etapas avanzadas del desarrollo del cultivo.

Figura 4

Número de frutos por planta del pepino aplicando bioestimulantes orgánicos.



Nota. Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Barras de error representan la desviación estándar de cada tratamiento.

3.5. Peso de los frutos g

En relación con el peso de los frutos, se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Tabla 4). En la evaluación realizada a los 45 días después de la siembra, el tratamiento T2 presentó el mayor peso promedio, con 375,89 g, diferenciándose estadísticamente del resto de los tratamientos. En contraste, el tratamiento control registró el menor peso, con 285,44 g, mostrando diferencias significativas respecto a los demás tratamientos. Posteriormente, a los 60 días, el tratamiento T2 continuó destacándose con el mayor peso promedio, alcanzando 409,44 g, seguido por el tratamiento T1 con 352,83 g. Finalmente, el tratamiento control presentó nuevamente el menor peso, con 258,28 g, diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos.

Tabla 4

Peso de los frutos por planta en respuesta a bioestimulantes orgánicos.

Tratamientos	Peso (G)	
	45 días	60 días
T1 FertiEstim plus (0,50)	343,28 ab	352,83 ab
T2 FertiEstim plus (0,70)	375, 89 a	409,44 a
T3 Stimplex (0,50)	331,39 ab	322,94 ab
T4 Stimplex (0,70)	334, 67 ab	340,11 ab
Control	285,44 b	258,28 b

Nota. Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

3.6. Longitud del fruto (cm)

En relación con la longitud de los frutos, se observaron los resultados presentados en la Tabla 5. En la evaluación realizada a los 45 días después de la siembra, no se registraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, cuyos valores oscilaron entre 22,32 y 24,13 cm. Posteriormente, a los 60 días, el tratamiento T4 presentó la mayor longitud promedio del fruto, con 24,84 cm. En contraste, el tratamiento control registró el menor valor, con 21,23 cm, diferenciándose estadísticamente del resto de los tratamientos.

Tabla 5

Longitud del fruto por planta con la aplicación de bioestimulantes orgánicos.

Tratamientos	Longitud (cm)	
	45 días	60 días
T1 FertiEstim plus (0,50 ml)	24,13 a	23,53 ab
T2 FertiEstim plus (0,70 ml)	24,10 a	24,07 ab
T3 Stimplex (0,50 ml)	22,52 a	24,10 ab
T4 Stimplex (0,70 ml)	23,03 a	24,84 a
Control	22,32 a	21,23 b

Nota. Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

3.7. Diámetro de frutos (cm)

En relación con el diámetro de los frutos, los resultados se presentan en la Tabla 6. En un primer momento, a los 45 días después de la siembra, no se registraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Con el avance del ciclo del cultivo, a los 60 días, el tratamiento T1 presentó el mayor diámetro promedio del fruto, con 19,20 cm, sin diferir estadísticamente de T2, que alcanzó

un promedio de 19,00 cm; ambos tratamientos fueron estadísticamente similares, como lo indican las letras “a”. A diferencia de estos, el tratamiento control registró el menor valor, con 16,12 cm, diferenciándose significativamente del resto de los tratamientos.

Tabla 6.

Diámetro de frutos por planta del cultivo de pepino en respuesta a la aplicación de bioestimulantes orgánicos.

Tratamientos	Diámetro (cm)	
	45 días	60 días
T1 FertiEstim plus (0,50 ml)	17,71 a	19,20 a
T2 FertiEstim plus (0,70 ml)	18,24 a	19,00 ab
T3 Stimplex (0,50 ml)	17,51 a	17,28 bc
T4 Stimplex (0,70 ml)	17,90 a	18,18 ab
Control	16,98 a	16,12 c

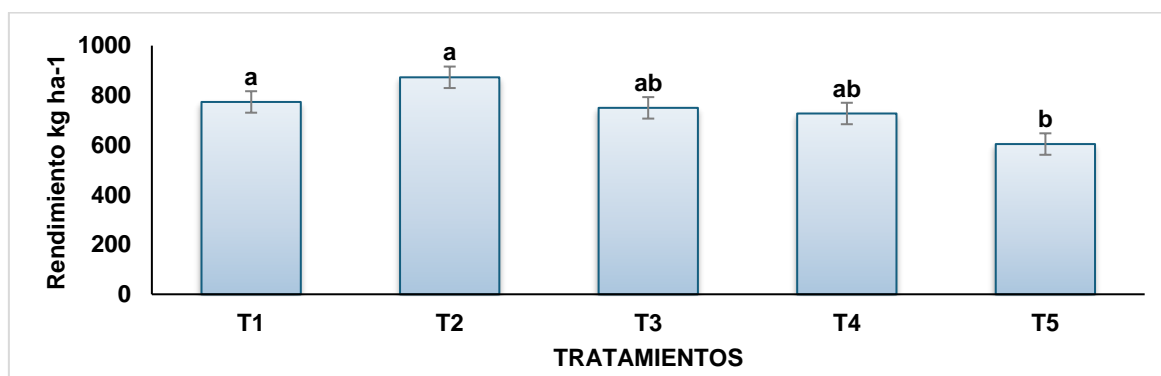
Nota. Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

3.8. Rendimiento kg ha⁻¹

En la Figura 5 se evidencian diferencias estadísticas significativas en el rendimiento entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T1 presentó el mayor rendimiento, con 872,55 kg ha⁻¹, siendo estadísticamente superior al tratamiento T5, que registró el menor rendimiento, con 604,14 kg ha⁻¹. Asimismo, los tratamientos T1 y T2 (773,46 kg ha⁻¹) compartieron la misma letra estadística “a”, lo que indica la ausencia de diferencias significativas entre ambos. En contraste, el tratamiento T5 se distinguió con la letra “b”, evidenciando un rendimiento estadísticamente inferior respecto a T1 y T2.

Figura 5

Rendimiento por tratamiento en el cultivo de pepino.



Nota. Rendimiento (kg ha⁻¹) del cultivo de pepino. Se observa un mayor rendimiento en el tratamiento T2, seguido por T1 y T4.

3.9. Análisis de la relación beneficio-costo

La evaluación económica de los tratamientos evidenció diferencias significativas en los indicadores de rentabilidad (Tabla 7). El tratamiento T2 presentó el mayor rendimiento (3490,37 kg ha⁻¹) y la mayor producción real (109,42 kg), lo que se tradujo en el ingreso bruto más alto (186,02 USD), el mayor beneficio neto (47,88 USD) y la mejor relación beneficio/costo (1,35). En segundo lugar, el tratamiento T1 mostró una rentabilidad favorable, con un beneficio neto de 26,75 USD y una relación B/C de 1,19. Posteriormente, los tratamientos T4 y T3 resultaron económicamente rentables, aunque con márgenes menores. En contraste, el tratamiento T5 registró los valores más bajos de rendimiento y producción, con un beneficio neto negativo (-9,35 USD) y una relación B/C de 0,93, lo que indica que no es económicamente viable.

Tabla 7.

Análisis de la relación beneficio-costo del cultivo de pepino.

Tratamientos	Rendimiento kg ha ⁻¹	Producción real kg	Ingreso bruto	Costo total	Beneficio neto (\$)	Relación b/c
T1	3093,83	96,99	164,89	138,14	26,75	1,19
T2	3490,37	109,42	186,02	138,14	47,88	1,35
T3	2908,15	91,17	154,99	138,14	16,85	1,12
T4	2999,01	94,02	159,83	138,14	21,69	1,16
T5	2416,54	75,76	128,79	138,14	-9,35	0,93

Nota: El precio de venta del pepino por kg es de 1,70, siendo más rentable entre los tratamientos T2 con aplicación de FertiEstim plus con dosis de 0,70 ml.

4. Discusión

4.1. Indicadores del crecimiento del cultivo bajo la aplicación de bioestimulantes a base de algas marinas

4.1.1. Altura de planta

En la presente investigación, se observó que los tratamientos con bioestimulantes, particularmente Stimplex a una dosis de 0,70 ml, promovieron incrementos significativos en variables morfofisiológicas del cultivo de pepino. Nuestros resultados coinciden con múltiples estudios previos que demuestran el impacto positivo de los extractos de algas marinas en cultivos hortícolas. En un meta-análisis de campo en China, se reportó un aumento promedio del 15 % en el rendimiento, además de mejoras significativas en altura, grosor del tallo y área foliar (Pei et al., 2024). Esto refleja una tendencia consistente con el incremento

observado en altura y rendimiento en los tratamientos T1 a T4 frente al control (T5).

En cucurbitáceas, investigaciones con pepino han revelado que la aplicación foliar de extractos de algas como *Ascophyllum nodosum* junto con inoculación de micorrizas y microorganismos promotores del crecimiento vegetal *Azospirillum brasilense*, *Glomus intraradices* aumentó el rendimiento y calidad del fruto, aunque no necesariamente promovió el crecimiento vegetativo por sí solo (Mendez et al., 2023). Esto sugiere que los efectos sobre altura y diámetro del tallo podrían depender también del entorno microbiano, lo cual coincide parcialmente con nuestras observaciones donde T2 mostró mejor rendimiento y crecimiento. Por otro lado, estudios en cucurbitáceas bajo condiciones protegidas en Irak indicaron que la aplicación foliar de extracto de alga a 2-4 ml/L mejoró significativamente el crecimiento vegetativo (longitud de planta, número de hojas, contenido de clorofila, y cualidades de fruto como peso y diámetro, sin afectar el número de frutos (Chakraborty et al., 2023).

En resumen, nuestros hallazgos con T2 (FertiEstim plus 0,70 ml) reflejan un crecimiento y rendimiento mejorado comparado con el control, en línea con la mayoría de las evidencias científicas que respaldan el uso de extractos de algas como bioestimulantes eficaces en cultivos hortícolas. Sin embargo, la variabilidad entre estudios resalta la necesidad de ajustar formulaciones y condiciones para maximizar su efecto.

4.1.2. Diámetro del tallo

Los resultados obtenidos, en especial el significativo aumento del diámetro del tallo en los tratamientos con bioestimulantes a partir de los 45 días donde T4 alcanzó 3,86 cm, diferenciándose del testigo con 3,20 cm están en consonancia con investigaciones que señalan beneficios del extracto de algas sobre el crecimiento vegetativo de pepino. Por ejemplo, un estudio realizado con extractos de *A. nodosum* y *Macrocystis pyrifera* indicó mejoras en parámetros como diámetro de tallo, altura, biomasa y crecimiento radicular en cultivo de pepino, especialmente cuando se combinan con microorganismos promotores como *A. brasilense* y *G. intraradices* (Jasso de Rodríguez et al., 2024; Méndez-López et al., 2023). Aunque esa investigación no mostró un efecto aditivo en diámetro de tallo cuando se combinaban ambos agentes, sí evidencia que los extractos de algas por sí solos pueden estimular el engrosamiento.

La aplicación de los bioestimulantes FertiEstim Plus y Stimplex tuvo efectos significativos y positivos en distintas variables morfofisiológicas y productivas del cultivo de *C. sativus* L, en comparación con el testigo absoluto. En cuanto al crecimiento vegetativo, se observó que los tratamientos con bioestimulantes, especialmente Stimplex con dosis de 0,70 ml, promovieron una mayor altura de planta y diámetro de tallo. De acuerdo con estos estudios anteriores, la aplicación de Stimplex® a plantas ornamentales de pimiento mejoró el diámetro del tallo, la

altura de la planta, el número de hojas y el área foliar, el peso fresco de los brotes, el peso seco de los brotes, el peso fresco de las raíces y el peso seco en comparación con las plantas de control (Ozbay y Demirkiran, 2019). Numerosos estudios han revelado que los extractos de algas promueven el crecimiento vegetativo de cultivos hortícolas. En Costa Rica, una investigación con bioestimulantes incluyendo extractos de algas reportó mejoras significativas en altura y diámetro de tallo, así como volumen y peso de fruto en pepino bajo invernadero, destacando el uso de productos como BioRemedy como especialmente efectivos para el diámetro de tallo frente al testigo (Ortega et al. 2024).

La literatura sugiere que los mecanismos responsables incluyen contenido de fitohormonas similares a auxinas presentes en algas marinas, que inducen división celular en el meristemo apical y elongación del tallo (García-Cano et al. 2025; Lefi et al. 2023). Nuestros hallazgos confirman que los tratamientos con bioestimulantes a base de algas, en especial Stimplex (0,70 ml), impulsan el engrosamiento del tallo en pepino a partir de los 45 días, en línea con evidencia científica previa que respalda su efecto benéfico en el desarrollo vegetativo. Sin embargo, la variabilidad entre estudios en cuanto a dosis, método de aplicación, y tipo de extracto sugiere que se requiere optimización local para maximizar resultados.

4.1.3. Número de flores por planta

El número de flores por planta alcanzó su valor máximo a los 45 días después de la siembra, con promedios que oscilaron entre 11,78 y 12,50 flores en los tratamientos con aplicación de bioestimulantes; sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en comparación con el tratamiento testigo. En contraste, a los 30 días los valores fueron considerablemente bajos, con rangos entre 0,33 y 1,39 flores por planta, mientras que a los 60 días se evidenció una disminución del número de flores, con valores comprendidos entre 0,89 y 1,95 flores por planta. Este comportamiento sugiere que el efecto de los bioestimulantes fue transitorio y se manifestó principalmente durante la etapa intermedia del desarrollo del cultivo.

Estos hallazgos están alineados con estudios previos que demuestran que los extractos de algas pueden incrementar la floración sin siempre producir diferencias estadísticamente significativas, dependiendo de la dosis, frecuencia y condiciones del cultivo. Por ejemplo Shabani et al. (2023) en un estudio en pepino con extractos de algas *Sargassum boveanum* indicó que aplicaciones foliares en concentraciones entre 0,75 g/L y 1,5 g/L mejoraron características de crecimiento vegetativo, producción foliar y calidad del fruto, aunque no todos los casos reportaron diferencias claras en la cantidad de flores según la concentración o método de aplicación.

Los mecanismos potenciales detrás de estos efectos incluyen la acción de fitohormonas presentes en los extractos de algas, como citoquininas y auxinas, que estimulan la división celular y la inducción floral, así como mejoras en la estructura del suelo y la actividad microbiológica que permiten un aporte más eficiente de nutrientes durante el desarrollo reproductivo (Loáiciga-Arias et al., 2023). Los resultados confirman que el uso de bioestimulantes a base de algas puede incrementar temporalmente el número de flores en pepino, especialmente en una etapa intermedia de desarrollo, lo cual se corresponde con la literatura. La ausencia de diferencias significativas al inicio y final sugiere que el efecto es temporal y depende del tiempo de la aplicación.

4.2. Indicadores de rendimiento del cultivo del pepino con la aplicación de los bioestimulantes a base de algas marinas

4.2.1. Número de frutos por planta

Los resultados muestran que, a los 45 días después de la siembra, el tratamiento T4 alcanzó en promedio 2,39 frutos por planta, destacándose frente a los demás tratamientos evaluados. Asimismo, a los 60 días, T4 continuó liderando con un promedio de 2,89 frutos por planta; en contraste, los tratamientos con menor efecto (T1, T3 y T5) presentaron valores significativamente inferiores. De manera consistente, estos resultados concuerdan con estudios previos, los cuales indican que la aplicación de extractos de algas contribuye al incremento del número de frutos por planta. Por ejemplo Allela et al. (2021) uso extracto de algas junto con levadura y bacterias en pepino e incrementó el número de frutos por planta, atribuyéndose a la mayor división celular promovida por fitohormonas naturales como auxinas y citoquininas presentes en el extracto. Un ensayo factorial en pepino demostró que la combinación de extracto de algas e inoculación con microorganismos promotores favoreció el desarrollo reproductivo, mejorando tanto el número como el diámetro del fruto y el rendimiento global por planta (Méndez-López et al., 2023).

La aplicación de FertiEstim plus y Stimplex han incrementado las variables de crecimiento evaluadas en el cultivo de pepino tales como altura, diámetro de planta, longitud del fruto, diámetro del fruto, floración. Los extractos de *A. nodosum* estimulan la división celular, elongación de tejidos y robustecen la estructura vegetal. Los resultados refuerzan la evidencia de que el uso de Stimplex en dosis de 0,70 ml, incrementa el número de frutos por planta en pepino, alcanzando su efecto máximo a los 45 días.

4.2.2. Peso de los frutos g

En cuanto al peso promedio del fruto, el tratamiento T2 presentó los valores más altos, con 375,89 g a los 45 días y 409,44 g a los 60 días después de la siembra. En comparación, el tratamiento testigo registró pesos significativamente menores, con 285,44 g y 258,28 g en los mismos períodos, respectivamente.

Estos resultados evidencian que T2 superó de manera significativa al testigo. Asimismo, los valores obtenidos concuerdan con evidencias previas, las cuales indican que la aplicación de extractos de algas mejora significativamente el peso del fruto en el cultivo de pepino. Por ejemplo, Méndez-López et al. (2023) reportaron que la aplicación foliar de extractos de algas aumentó el peso promedio del fruto, el diámetro y el rendimiento total en pepino, incluso sin necesidad de inoculación con microorganismos. De modo similar, Mohamed Ahmed y Shalaby (2012) demostraron que extractos de diferentes algas como *Enteromorpha* y *Asparagopsis* aplicados junto con compost incrementaron el rendimiento y peso del fruto en pepino en comparación con el control. Los mecanismos detrás de estos efectos incluyen la presencia de fitohormonas naturales (auxinas, citoquininas), polisacáridos bioactivos, micronutrientes y antioxidantes en los extractos de algas, que promueven la división celular, regulación hormonal, mayor disponibilidad de nutrientes y mejor tolerancia a estrés abiótico (Loáiciga-Arias et al., 2023).

Estos estudios evidencian que los bioestimulantes a base de algas, especialmente FertiEstim plus en dosis de 0,70 ml, incrementan el peso de fruto en pepino, con efectos máximos a los 60 días. La significancia observada frente al control y la similitud con otros tratamientos intermedios sugieren que la dosis y formulación son críticas para optimizar el efecto.

4.2.3. Longitud del fruto (cm)

Respecto a la variable longitud del fruto, no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos a los 45 días después de la siembra. Sin embargo, a los 60 días, el tratamiento T4 presentó la mayor longitud del fruto, mientras que, en contraste, el tratamiento control alcanzó únicamente un promedio de 21,23 cm. Estos hallazgos se alinean con estudios previos que muestran que los extractos de algas pueden incrementar la longitud del fruto, aunque el grado de significancia depende de la dosis y estrategia de aplicación. Por ejemplo, experiencia con extracto líquido comercial TAM® demostró incrementos significativos en longitud y diámetro de frutos de pepino con aplicaciones foliares adecuadas como el estudio que realizó Ashour et al. (2021). Además, investigaciones con *A. nodosum* mostraron que la longitud del fruto varió significativamente bajo diferentes dosis del extracto y condiciones de humedad del suelo, destacando que una dosis óptima puede inducir un efecto significativo en calidad y tamaño del fruto (Ahmed et al., 2022).

Una revisión más amplia también indica que la aplicación de extractos marinos estimula no solo el crecimiento vegetativo, sino también la calidad del fruto, mediante fitohormonas, micronutrientes y compuestos bioactivos que promueven la elongación celular y mejor disponibilidad de nutrientes (Ali et al., 2021). Los resultados demuestran que, aunque inicialmente no hay diferencias en longitud de fruto, el tratamiento T4 a los 60 días logra una longitud significativamente mayor que el control. Esto refuerza la idea de que dosis

superiores de Stimplex pueden mejorar la calidad del fruto en términos de tamaño, especialmente en etapas avanzadas del desarrollo.

4.2.4. Diámetro del fruto

En relación con el diámetro del fruto, a los 45 días después de la siembra no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados. No obstante, a los 60 días se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos. En este sentido, el tratamiento T1 presentó el mayor diámetro del fruto, mientras que, en contraste, el tratamiento control, sin aplicación de bioestimulantes, registró el menor valor, mostrando una diferencia estadísticamente significativa respecto a todos los demás tratamientos. Esto confirma la efectividad del uso de bioestimulantes orgánicos en el mejoramiento de parámetros agronómicos del fruto, especialmente en etapas de llenado y maduración. Este hallazgo concuerda con lo observado por Bavaresco et al. (2020) quienes reportaron que la aplicación de extractos de algas marinas y ácido húmico mejora significativamente el crecimiento de fruto y rendimiento en hortalizas de rápido ciclo como el pepino. Cabe destacar que, aunque a los 45 días no se detectaron diferencias estadísticas claras, a los 60 días el efecto diferencial de los bioestimulantes fue evidente. Esto sugiere que su impacto se acentúa durante el período de maduración del fruto, etapa en la cual los compuestos bioactivos como fitohormonas y aminoácidos presentes en FertiEstim pueden actuar más eficazmente sobre el metabolismo de las células del pericarpio, favoreciendo el incremento en tamaño del fruto, como también lo señalan Grao et al. (2019) en estudios de bioestimulantes en hortalizas de fruto.

FertiEstim plus tuvo mejor desempeño en diámetro, mientras que Stimplex fue superior en longitud. Esta diferenciación en el efecto puede estar relacionada con la formulación específica de cada bioestimulante. Según Polo et al. (2019), diferentes bioestimulantes actúan de manera particular sobre parámetros morfológicos dependiendo de su composición y modo de aplicación. En el caso de Stimplex, un estudio realizado por Carvajal Escobar (2022) en olivos variedad Arbequina evidenció que la aplicación de este bioestimulante incrementó el peso y tamaño de los frutos, atribuible a la acción de citoquininas presentes en su formulación, que promueven la partición y movilización de nutrientes. Este efecto es comparable al observar en nuestro estudio, donde Stimplex a una dosis de 0,70 ml resultó frutos de mayor longitud y diámetro.

4.2.5. Rendimiento kg ha⁻¹

Los resultados obtenidos muestran una notable variabilidad en los rendimientos entre los tratamientos evaluados, lo cual es consistente con la literatura existente. El tratamiento T2, con el mejor rendimiento, coincide con estudios previos que demuestran que la optimización de insumos y técnicas agronómicas puede maximizar la productividad de los cultivos (Laveglia et al., 2024). Además, un estudio de Ortega et al. (2024) evaluó el efecto de bioestimulantes en el

crecimiento y producción de pepino y melón en invernadero, encontrando que la aplicación de estos productos orgánicos mejoró la absorción de nutrientes y aumentó la producción de ambos cultivos. Estos hallazgos coinciden con nuestros resultados, donde el uso de bioestimulantes incrementó el número de frutos y el rendimiento total del cultivo.

El análisis de rendimiento por hectárea mostró que T2 FertiEstim plus en dosis de 0,70 ml obtuvo el mayor rendimiento con 872,55 kg ha⁻¹, seguido por T1 (773,46 kg ha⁻¹), confirmando que este producto tiene un mayor impacto productivo que Stimplex, aunque ambos superaron significativamente al control (604,14 kg ha⁻¹). Estos resultados están en línea con lo descrito por Loáiciga-Arias et al. (2023), quienes demostraron que la aplicación foliar de bioestimulantes basados en extractos de algas mejora significativamente el rendimiento y la calidad de cultivos hortícolas.

En conjunto, estos estudios corroboran que la aplicación de bioestimulantes como Stimplex y FertiEstim plus puede ser una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento y la calidad del cultivo de pepino, contribuyendo a una agricultura más sostenible y productiva.

4.3. Análisis de la relación beneficio costo en base a los rendimientos obtenidos por tratamientos

4.3.1. Análisis de la relación beneficio costo

Desde el punto de vista económico, el tratamiento T2 presentó los mejores indicadores, con un rendimiento de 3 490 kg ha⁻¹, un ingreso bruto de 186 USD y un beneficio neto de 47,88 USD, lo que se tradujo en una relación beneficio/costo (B/C) de 1,35. Este resultado indica una rentabilidad moderada bajo condiciones de cultivo a cielo abierto. En contraste, el tratamiento T5 registró resultados desfavorables, con una relación B/C inferior a 1 y una pérdida neta de -9,35 USD. Comparando con estudios científicos recientes, Okonkwo-Emegha (2025), analizaron el cultivo de pepino entre agricultores de pequeña escala en Nigeria y reportaron un índice de rentabilidad (PI) de 0,878 y un retorno sobre la inversión (ROI) de 0,850, lo que sugiere que muchos productores operan con márgenes reducidos. En otro contexto, un estudio en Nigeria (2020) encontró una relación B/C de 0,88, reflejando una producción subóptima atribuible a costos altos y manejo ineficiente de insumos (C. Onuwa et al., 2023). Por otro lado, experiencias en Nepal mostraron relaciones B/C muy superiores: Subedi et al. (2024) documentaron ratios cercanos a 3,03 al producir pepino en condiciones favorables en Chitwan y Nawalparasi East, lo cual evidencia que la rentabilidad puede triplicarse en contextos adecuados.

En sistemas protegidos como polihouse o invernaderos, los resultados también han sido notables. En Jaipur (India), el cultivo bajo polihouse alcanzó una relación B/C de 1,88, comparado con 1,46 en campo abierto, lo que demuestra

los beneficios económicos de proteger los cultivos del clima y optimizar insumos (Haleem Kshash et al., 2023). En cuanto a los tratamientos que generaron ganancias (T1, T4 y T3, con B/C entre 1,19; 1,16 y 1,12), resultan viables, pero menos competitivos que T2. Los bajos rendimientos de T5 lo hacen insostenible económicamente. Estudios recientes también han demostrado que el uso de tecnologías como bioestimulantes, riego eficiente y fertilización inteligente pueden aumentar el rendimiento y mejorar la rentabilidad de los tratamientos menos productivos (Aguirre-Cobeña et al., 2024; Aviles Celleri, 2022).

5. Conclusiones

Los tratamientos con FertiEstim plus y Stimplex mostraron beneficios significativos en comparación con el tratamiento control, evidenciándose incrementos en la altura de la planta, el diámetro del tallo, así como en el número de flores y frutos. Asimismo, se observaron mejoras en las características del fruto, tales como peso, longitud y diámetro. En particular, la aplicación de FertiEstim Plus a una dosis de 0,70 ml (T2) resultó ser el tratamiento más efectivo en cuanto al rendimiento total, alcanzando 872,55 kg ha⁻¹. Adicionalmente, el tratamiento T2 presentó un efecto positivo sobre variables agronómicas clave, como el diámetro del fruto, y se consolidó como la alternativa más eficiente al registrar el mayor rendimiento, la mayor ganancia neta y la mejor relación beneficio/costo.

Contribución de los autores: M.M.Q.F planificó la investigación; M.S.C.P y M.M.Q.F redactaron el manuscrito; S.A.Z.A y M.M.Q.F analizaron los datos; M.M.Q.F llevo a cabo la investigación en campo; redacción del borrador original; S.A.Z.A y M.M.Q.F; redacción, revisión y edición S.A.Z.A, M.M.Q.F y M.S.C.P. Todos los autores contribuyeron a la discusión, comentaron los borradores y ayudaron evaluando la versión final.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias Bibliográficas

- Aguirre-Cobeña, L., Salguero-Ramos, D., Bonilla-Bonilla, A., & Salazar- López, R. (2024). Evaluación del desempeño del cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) frente a tres fertilizantes foliares en la parroquia Nuevo Paraíso, Orellana, Ecuador. *Bionatura Journal*, 9(1), 1-11. <https://doi.org/10.21931/RB/2024.09.01.11>
- Ahmed, M., Ullah, H., Piromsri, K., Tisarum, R., Cha-um, S., & Datta, A. (2022). Effects of an *Ascophyllum nodosum* seaweed extract application dose and method on growth, fruit yield, quality, and water productivity of tomato under water-deficit stress. *South African Journal of Botany*, 151, 95-107. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.09.045>
- Ali, O., Ramsuhag, 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>

- Allela, W., Hassan Al Hamdany, S. Y., & R.Ibraheem, F. F. (2021). (Effect of Seaweed Extracts on Growth and Yield of Cucumber Hybrids Grown under Unheated Greenhouse Conditions. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/353105328_Effect_of_Seaweed_Extracts_on_Growth_and_Yield_of_Cucumber_Hybrids_Grown_under_Unheated_Greenhouse_Conditions
- Alrbaihat, M. R. (2023). Agricultural Nano Fertilizers: Macronutrient Types and Applications Review. En M. Karkush, D. Choudhury, & J. Han (Eds.), *Current Trends in Geotechnical Engineering and Construction* (pp. 306-316). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-19-7358-1_26
- Anju, V. T., Busi, S., & Dyavaiah, M. (2023). Mass Multiplication, Production Cost Analysis, and Marketing of Cyanobacterial Biofertilizers. En N. Amaresan, D. Dharumadurai, & O. O. Babalola (Eds.), *Agricultural Microbiology Based Entrepreneurship: Making Money from Microbes* (pp. 103-124). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5747-5_6
- Ashour, M., Hassan, S. M., Elshobary, M. E., Ammar, G. A. G., Gaber, A., Alsanie, W. F., Mansour, A. T., & El-Shenody, R. (2021). Impact of Commercial Seaweed Liquid Extract (TAM®) Biostimulant and Its Bioactive Molecules on Growth and Antioxidant Activities of Hot Pepper (*Capsicum annuum*). *Plants*, 10(6), 1045. <https://doi.org/10.3390/plants10061045>
- Aviles Celleri, J. J. (2022). Análisis económico de diferentes tipos de fertilización en la producción de cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en el Cantón Milagro [Universidad Agraria del Ecuador]. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/AVILES%20CELLERI%20JORDY%20JESUS.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Bavaresco, L., Lucini, L., Squeri, C., Zamboni, M., & Frioni, T. (2020). Protein hydrolysates modulate leaf proteome and metabolome in water-stressed grapevines. *Scientia Horticulturae*, 270, 109413. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109413>
- Bravo Vera, M. D., & Saltos Palma, J. F. (2022). Efecto de bioestimulantes a base de algas marinas en el cultivo de fréjol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) [bachelorThesis, Calceta: ESPAM MFL]. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1878>
- C. Onuwa, G., Wuyep, G., & C. Alamanjo, C. (2023). Analysis of profitability and cucumber productivity among smallholder farmers. *Food and Agri Economics Review*, 3(2), 28-31. <https://doi.org/10.26480/faer.02.2023.28.31>
- Carvajal Escobar, C. (2022). Efecto de la aplicación de stimplex en olivos, variedad arbequina, sobre la acumulación de aceite y su calidad. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/196333>
- Chacón-Padilla, K., Monge-Pérez, J. E., Chacón-Padilla, K., & Monge-Pérez, J. E. (2020). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero: Comparación entre tipos de pepino. *Revista Tecnología en Marcha*, 33(1), 17-35. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i1.5018>

- Chakraborty, B., Basak, S., Sherpa, Z. W., Samanta, D., Apoorva, N. D., & Gurung, S. (2023). Effect of foliar application of humic acid and seaweed extract in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.). ResearchGate. <https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2023.v23.no2.012>
- Chandarana, K., & Amaresan, N. (2023). Rhizobium Biofertilizers: Mass Production Process and Cost-Benefit Ratio Analysis | SpringerLink. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-5747-5_7
- Cruz-Coronado, J. A., & Monge-Pérez, J. E. (2019). Producción de pepinillo (*Cucumis sativus*) en un ambiente protegido: Evaluación de dos genotipos. UNED Research Journal / Cuadernos de Investigación UNED, 11(03), 2720.
- Elías-Vigaud, Y., Rodríguez-Fernández, P., Fung-Boix, Y., Isaac-Aleman, E., Ferrer-Dubois, A., & Asanza-Kindelán, G. (2020). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en casa de cultivo semiprotegido bajo riego con agua magnetizada. Ciencia en su PC, 1, 75-86.
- Espinosa-Antón, A., Hernández-Herrera, R., & González, M. (2021). Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. 20. https://www.researchgate.net/publication/353646834_Extractos_bioactivos_de_algas_marinas_como_bioestimulantes_del_crecimiento_y_la_proteccion_de_las_plantas
- Figuerola Jiménez, G. E. (2015). Efecto del activador fisiológico cropmax solo y en mezcla con fertilizantes químicos sobre el rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en la zona de Babahoyo. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/1060/T-UTB-FACIAG-AGR-000212.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García-Cano, C., Ferrández-Gómez, B., Jordá, J. D., Pablo, Ó., Cerdán, M., & Sánchez-Sánchez, A. (2025). Enhanced Growth of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Through Amino Acids and Seaweed Extracts for the Use in Organic Agriculture. Journal of Plant Growth Regulation, 44(6), 3205-3218. <https://doi.org/10.1007/s00344-024-11611-5>
- González Fariña, J. J. (2022). El uso de algas marinas como bioestimulantes. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/29095>
- Grao, S. S., Nieves, M., Cámara-Zapata, J. M., Martínez-Nicolás, J. J., Rivero, R. M., Fernández-Zapata, J. C., & García-Sánchez, F. (2019). The Forner Alcaide no 5 citrus genotype shows a different physiological response to the excess of boron in the irrigation water in relation to its two genotype progenitors. Scientia Horticulturae, 245, 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.002>
- Haleem Kshash, B., Khair Mijwel, A., & Naseer Sabri, Z. (2023). The economic feasibility of cultivating local cucumbers (*Cucumis milo* var. *flexuosus*) in plastic house. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/373433920_The_economic_feasibility_of_cultivating_local_cucumbers_Cucumis_milo_varflexuosus_in_plastic_house

- Jasso de Rodríguez, D., Cuevas-Julio, I., Ramírez-Rodríguez, H., Villarreal-Quintanilla, J. Á., Hernández-Pérez, A., Díaz-Jiménez, M. L. V., Peña-Ramos, F. M., Carrillo-Lomelí, D. A., Jasso de Rodríguez, D., Cuevas-Julio, I., Ramírez-Rodríguez, H., Villarreal-Quintanilla, J. Á., Hernández-Pérez, A., Díaz-Jiménez, M. L. V., Peña-Ramos, F. M., & Carrillo-Lomelí, D. A. (2024). Bioestimulación de extractos de plantas del semidesierto en crecimiento, rendimiento y calidad en pepino. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 11(3). <https://doi.org/10.19136/era.a11n3.4186>
- Laveglia, S., Altieri, G., Genovese, F., Matera, A., & Di Renzo, G. C. (2024). Advances in Sustainable Crop Management: Integrating Precision Agriculture and Proximal Sensing. *AgriEngineering*, 6(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6030177>
- Lefi, E., Badri, M., Hamed, S. B., Talbi, S., Mnafigui, W., Ludidi, N., & Chaieb, M. (2023). Influence of Brown Seaweed (*Ecklonia maxima*) Extract on the Morpho-Physiological Parameters of Melon, Cucumber, and Tomato Plants. *Agronomy*, 13(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/agronomy13112745>
- Llomitoa Gavilanez, A. A. (2020). Producción de frejol canario de mata (*Phaseolus vulgaris*) con tres diferentes dosis de fertilizantes orgánicos en el recinto pilancón [UTC]. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6925/1/UTC-PIM-000266.pdf>
- Loáiciga-Arias, J. C., Monge-Pérez, J. E., Loría-Coto, M., Loáiciga-Arias, J. C., Monge-Pérez, J. E., & Loría-Coto, M. (2023). Efecto de dos porcentajes de drenaje y de un bioestimulante en pepino (*Cucumis sativus*) producido bajo invernadero. *Revista Tecnología en Marcha*, 36(4), 31-44. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i4.6298>
- Mendez, A., Martinez, S., Leal, A., Hernandez, A., García, J., & Sánchez, M. (2023). Synergism of microorganisms and seaweed extract on vegetative growth, yield and quality of cucumber fruit. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51(3), 12888-12888. <https://doi.org/10.15835/nbha51312888>
- Méndez-López, A., Martínez-Amador, S. Y., Hernandez, A., & Leal, A. (2023). Synergism of microorganisms and seaweed extract on vegetative growth, yield and quality of cucumber fruit. ResearchGate. <https://doi.org/10.15835/nbha51312888>
- Mohamed Ahmed, Y., & Shalaby, E. (2012). Effect of different seaweed extracts and compost on vegetative growth, yield and fruit quality of cucumber | Request PDF. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/274139719_Effect_of_different_seaweed_extract_and_compost_on_vegetative_growth_yield_and_fruit_quality_of_cucumber
- Okonkwo-Emegha, K. (2025). Cost-Benefits Analysis of Cucumber (*Cucumis sativus* L) Production in Delta State, Nigeria. *International Journal of Research and Innovation in Applied Science (IJRIAS)*. <https://doi.org/10.51584/IJRIAS.2025.10020030>

- Ortega, J. G., Chilan-Mata, M., Narváez-Campana, W., Ayón-Villao, F., Merchán-García, W., Flores-Ramírez, H., & Burgos-López, G. (2024). Efecto de bioestimulantes sobre el crecimiento y la producción de pepino y melón en invernadero. *Agronomía Costarricense*, 157-166. <https://doi.org/10.15517/rac.v48i2.62553>
- Ozbay, N., & Demirkiran, A. R. (2019). Enhancement of growth in ornamental pepper (*Capsicum annuum* L.) plants with application of a commercial seaweed product, Stimplex®. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2), 4361-4375. https://doi.org/10.15666/aeer/1702_43614375
- Pei, B., Zhang, Y., Liu, T., Cao, J., Ji, H., Hu, Z., Wu, X., Wang, F., Lu, Y., Chen, N., Zhou, J., Chen, B., & Zhou, S. (2024). Effects of seaweed fertilizer application on crops' yield and quality in field conditions in China-A meta-analysis. *PloS One*, 19(7), e0307517. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0307517>
- Polo, J., Biel, C., & Cáceres, R. (2019). El uso de Pepton 85/16® como bioestimulante en el crecimiento y la producción de plantas de tomate y pepino. https://www.phytoma.com/images/pdf/2019/314_Id_pepton.pdf
- Romero-Félix, C. S., Paso, D. F. P., Salas-Arellanes, J. A., Saucedo-Acosta, R. H., Buelna-Tarín, S., López-Valenzuela, B. E., Romero-Félix, C. S., Paso, D. F. P., Salas-Arellanes, J. A., Saucedo-Acosta, R. H., Buelna-Tarín, S., & López-Valenzuela, B. E. (2023). Bioestimulantes en el crecimiento y rendimiento de *Phaseolus vulgaris* L. en el Norte de Sinaloa. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 10(2). <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3650>
- Sarmiento Domínguez, L. M. (2022). Efecto de los bioestimulantes en el rendimiento de frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones edafoclimáticas del centro poblado Colpa Alta - 2021 [Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/9558/T023_7_0915410_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sarmiento Sarmiento, G., Pino Cabana, D., Mena Chacón, L., Medina Dávila, H., & Lipa Mamani, L. (2019). Aplicación de humus de lombriz y algas marinas en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.) var. Santa Amelia. *Scientia Agropecuaria*, 10(3 (Julio-Septiembre)), 363-368.
- Shabani, E., Ansari, N. A., & Fayeziadeh, M. R. (2023). Plant Growth Bio-stimulants of Seaweed Extract (*Sargassum boveanum*): Implications Towards Sustainable Production of Cucumber. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 33(3), Article 3. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.1288078>
- Subedi, N., Nepali, S., & Chaudhary, J. K. (2024). Economics of production and marketing of cucumbers in nawalparasi east, Nepal. *Agribusiness Management In Developing Nations*, 2(1), 28-30. <https://doi.org/10.26480/amdn.01.2024.28.30>