

Artículo Científico

Respuesta del pepino a la fertirrigación con humus líquido en condiciones de invernáculo

Cucumber response to fertigation with liquid humus under greenhouse conditions



Rodríguez-Intriago, Carlos Kevin ¹



<https://orcid.org/0009-0008-6266-3535>



carlos.rodriguez2016@uteq.edu.ec



Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo



Arteaga-Terán, Aramy Geoconda ³



<https://orcid.org/0009-0005-0695-3747>



aramyarteagat@gmail.com



Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo



García-Gallirgos, Víctor Jorge ⁵



<https://orcid.org/0000-0003-4547-6187>



victor.garcia2016@uteq.edu.ec



Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo



Macay-Moreira, John Jairo ²



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



johnmacay27@gmail.com



Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo



Troncozo-Correa, Juan Bautista ⁴



<https://orcid.org/0009-0000-3217-007X>



juan.troncozo2017@uteq.edu.ec



Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo

Autor de correspondencia ¹



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n4/120>

Resumen: La fertirrigación orgánica empleando humus líquido como fuente de nutrientes, ha demostrado efectos significativamente positivos en la productividad de los cultivos. Con el objetivo de evaluar su impacto en el crecimiento y producción del pepino bajo condiciones de invernáculo, se implementó un diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) conformado por cuatro tratamientos y cuatro bloques. Los tratamientos fueron: T1 (0% de humus líquido), T2 (10%), T3 (15%) y T4 (20%). Los resultados mostraron que el tratamiento T4 presentó el mejor desempeño agronómico a los 20, 40 y 60 días, alcanzando la mayor altura de planta (170.75 cm) y el mayor diámetro de tallo (8.65 mm), una floración más temprana (39.5 días), así como la mayor longitud (24.41 cm) y diámetro de fruto (5.79 cm). Además, registró el mayor peso de fruto (468.75 g), el más alto rendimiento (29,907.63 kg/ha) y una relación beneficio/costo (B/C) de 1.74. En conclusión, el tratamiento con 20% de humus líquido (T4) superó significativamente al testigo y al resto de los tratamientos, consolidándose como la opción más eficiente para potenciar el desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo de pepino en invernadero.

Palabras clave: Lombriz californiana, abonos orgánicos, microorganismo, fertilización, sostenibilidad.



Check for updates

Received: 29/Oct/2025
Accepted: 26/Nov/2025
Published: 15/Dic/2025

Cita: Rodríguez-Intriago, C. K., Macay-Moreira, J. J., Arteaga-Terán, A. G., Troncozo-Correa, J. B., & García-Gallirgos, V. J. (2025). Respuesta del pepino a la fertirrigación con humus líquido en condiciones de invernáculo. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 3(4), 398-413. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n4/120>

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

© 2025. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional**.



Abstract:

Organic fertigation using liquid humus as a source of nutrients, has shown significantly positive effects on crop productivity. In order to evaluate its impact on cucumber growth and production under greenhouse conditions, a Completely Randomised Block Design (CRBD) was implemented, consisting of four treatments and four blocks. The treatments were: T1 (0% liquid humus), T2 (10%), T3 (15%) and T4 (20%). The results showed that treatment T4 presented the best agronomic performance at 20, 40 and 60 days, reaching the highest plant height (170.75 cm) and the largest stem diameter (8.65 mm), earlier flowering (39.5 days), as well as the greatest fruit length (24.41 cm) and diameter (5.79 cm). In addition, it recorded the highest fruit weight (468.75 g), the highest yield (29,907.63 kg/ha) and a benefit/cost (B/C) ratio of 1.74. In conclusion, the treatment with 20% liquid humus (T4) significantly outperformed the control and the rest of the treatments, establishing itself as the most efficient option for enhancing the vegetative and reproductive development of greenhouse cucumber crops.

Keywords: Californian earthworm, organic fertilisers, micro-organism, fertilisation, sustainability.

1. Introducción

Los pepinos son ampliamente cultivados en invernaderos y desempeñan un papel importante en la agricultura. Su importancia radica en su valor nutricional y su contribución económica y ambiental (Flores et al., 2023). Son una excelente fuente de vitaminas y minerales, al tener un alto contenido de agua. Su cultivo en invernaderos permite una producción continua durante todo el año (Zhang et al., 2021). Garantiza un suministro constante de este vegetal a lo largo de las estaciones (Khan et al., 2022).

El cultivo experimenta una serie de efectos positivos con el uso de fuentes de fertilización orgánica. Estudios han demostrado que la fertirrigación orgánica mejora la estructura del suelo (Grasso et al., 2021). En la investigación de Alvarez-Arias et al. (2022), la aplicación de humus de lombriz genera un efecto más favorable en los aspectos productivos del cultivo de papa. Asimismo, Caraguay et al. (2023), evidenciaron los beneficios del lixiviado de humus de lombriz como una alternativa viable para mejorar la producción de pimiento. De acuerdo con lo reportado por Bonilla y Rojas (2021), la aplicación de lixiviado de humus de lombriz mejoró el desarrollo de la plántula.

El humus aporta una variedad de nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Se incluye los elementos nitrógeno, fósforo y potasio, en formas fácilmente asimilables (Wei et al. 2023). El efecto combinado resulta en un aumento significativo en la producción de pepinos en invernaderos. Por ello se destaca la importancia de evaluar la fertirrigación orgánica como una práctica agrícola sostenible

y efectiva (Monge-Pérez y Loría-Coto, 2023). Además, este fertilizante es una fuente de microorganismos que tienen un efecto significativo en la producción vegetal en invernaderos (Arturo et al., 2022).

La presencia de microorganismos beneficiosos mejora la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Promueven el crecimiento de las raíces y aumentar la resistencia a enfermedades y estrés abiótico (Wei et al., 2023). Estimulan la síntesis de hormonas vegetales, lo que favorece el desarrollo vegetativo y reproductivo de los cultivos (Fleitas y Benitez, 2023). Los aspectos aún desconocidos subrayan la necesidad de llevar a cabo investigaciones adicionales. Ante lo expuesto esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la fertirrigación de humus líquido en el crecimiento y producción de pepino en condiciones de invernáculo.

2. Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en el Campus Universitario La María, ubicado en el km 7,5 de la vía Quevedo–El Empalme, provincia de Los Ríos, Ecuador, a 65 m s. n. m., en las coordenadas 01° 04' 48.6" S y 79° 30' 04.2" O. El estudio se desarrolló bajo condiciones de invernáculo, donde se dispuso de las instalaciones y equipamiento necesarios para la conducción del experimento. Se empleó un enfoque experimental con base en métodos científicos para evaluar el efecto de la fertirrigación orgánica en el crecimiento y reproducción de *Cucumis sativus*. La investigación se sustentó en la aplicación de los métodos inductivo, analítico y de observación sistemática, los cuales permitieron identificar las variables críticas de estudio, descomponer el fenómeno en sus componentes esenciales y registrar detalladamente la respuesta fisiológica y productiva del cultivo a los diferentes niveles de humus líquido aplicados.

El diseño experimental correspondió a un bloque completamente al azar (DBCA), estructurado con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, cada una conformada por 10 plantas, para un total de 16 parcelas experimentales distribuidas aleatoriamente. Los tratamientos consistieron en la aplicación de cuatro niveles de humus líquido: 0%, 10%, 15% y 20%, siguiendo las dosis de referencia de Arturo et al. (2022).

La ejecución del experimento inició con la siembra en bandejas germinadoras con sustrato de turba, donde se depositó una semilla por celda. A los 10 días después de la emergencia, las plántulas fueron trasplantadas a fundas de polipropileno de 17" × 18", que contenían un sustrato compuesto por tierra negra, tamo de arroz y turba en proporciones 0.50, 0.25 y 0.25, respectivamente. El riego y la aplicación de los tratamientos se realizaron mediante un sistema de fertirrigación por goteo, utilizando mangueras PEAD de 16 mm con goteros autocompensantes de 2 L h⁻¹, que garantizaron una distribución uniforme del agua y nutrientes. Las aplicaciones de humus líquido se efectuaron a los 10, 30 y 50 días después del trasplante. Además, se implementaron labores culturales como podas semanales de hojas dañadas,

eliminación de chupones, tutorado con piolas de polipropileno desde los 20 días y cosechas en los días 60 y 75 del ciclo productivo.

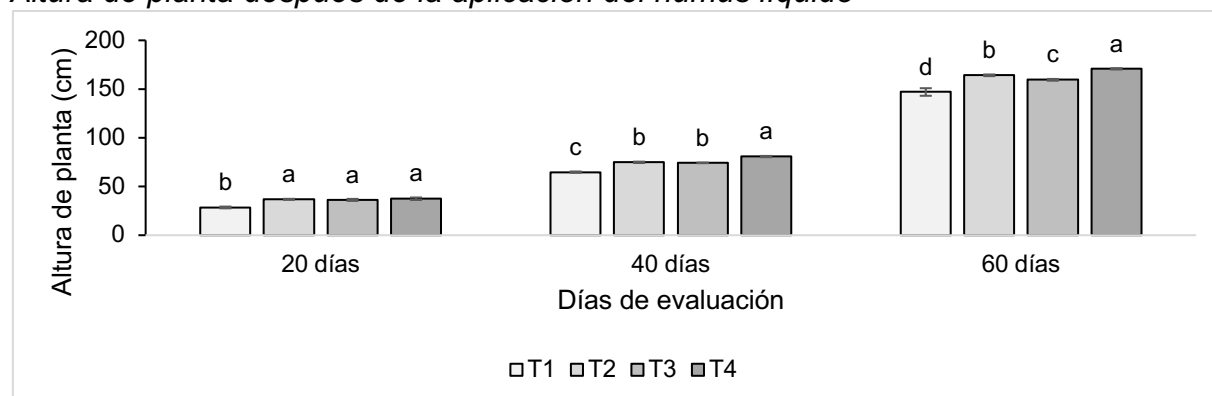
Las variables evaluadas incluyeron altura de planta, diámetro de tallo, días a la floración, número de frutos por planta, longitud y diámetro del fruto, peso individual del fruto y rendimiento por hectárea. Para las mediciones se emplearon instrumentos calibrados como cinta métrica, calibrador digital y balanza analítica, registrando los datos en intervalos de 20, 40 y 60 días, según la naturaleza de cada variable. El rendimiento se determinó a partir de la producción obtenida en el área útil de cada unidad experimental y se extrapoló a kilogramos por hectárea. Adicionalmente, se realizó un análisis económico basado en el costo de producción por tratamiento y los ingresos generados por la venta del pepino.

El análisis estadístico se efectuó bajo los supuestos de normalidad (Shapiro – Wilk) y homogeneidad (Levene) de varianzas. Posteriormente, se aplicó un análisis de varianza (ADEVA) y la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% de probabilidad para identificar diferencias significativas entre tratamientos. Todos los análisis fueron procesados utilizando el software estadístico InfoStat versión 2021.

3. Resultados

3.1. Altura de planta

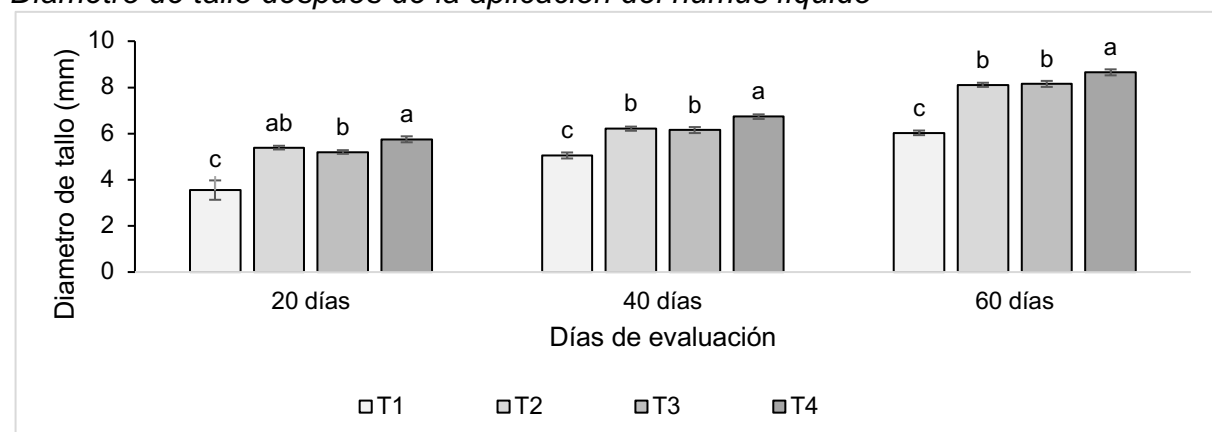
En cuanto a la variable altura de planta, se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos en las tres fechas de evaluación. A los 20 días, el tratamiento T4 (20% L/ha de humus líquido) presentó la mayor altura con 37.45 cm, estadísticamente similar a T2 (36.85 cm) y T3 (36.25 cm), pero significativamente superior al testigo T1 (28.5 cm). A los 40 días, T4 fue superior con 80.75 cm, seguido por T2 (74.83 cm) y T3 (74.25 cm), que fueron estadísticamente iguales entre sí, mientras que T1 registró el menor crecimiento con 64.75 cm. A los 60 días, T4 alcanzó la mayor altura con 170.75 cm, superando significativamente a T2 (164.13 cm), T3 (159.5 cm) y al testigo T1, siendo inferior con 147 cm. El coeficiente de variación fue: 20 días (2.91%); 40 días (0.68%); 60 días (1.1%) (Figura 1).

Figura 1*Altura de planta después de la aplicación del humus líquido*

Nota: Tratamientos: T1: Sin humus líquido; T2: humus líquido 10%L/ha; T3: humus líquido 15%L/ha; T4: humus líquido 20%L/ha. Las barras representan la media de cada tratamiento. Las líneas sobre las barras indican la desviación estándar (\pm) de cada tratamiento. Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey $p < 0.05$ (Autores, 2025).

3.2. Diámetro del tallo

Respecto al diámetro de tallo, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos durante todo el periodo evaluado. A los 20 días, el tratamiento T4 (20% L/ha de humus líquido) presentó el mayor grosor con 5.75 mm, significativamente superior al T3 (5.2 mm) y T2 (5.39 mm), mientras que el menor valor correspondió al testigo T1 con 3.55 mm. A los 40 días, T4 fue superior con 6.73 mm, seguido de T2 (6.21 mm) y T3 (6.15 mm), que no mostraron diferencias significativas entre sí, mientras que T1 fue el menor con 5.05 mm. A los 60 días, T4 registró el mayor diámetro con 8.65 mm, seguido de T3 (8.15 mm) y T2 (8.11 mm), mientras que el tratamiento sin humus (T1) fue significativamente inferior con 6.03 mm. El coeficiente de variación fue: 20 días (4.23%); 40 días (1.46%); 60 días (1.54%). (Figura 2).

Figura 2*Diámetro de tallo después de la aplicación del humus líquido*

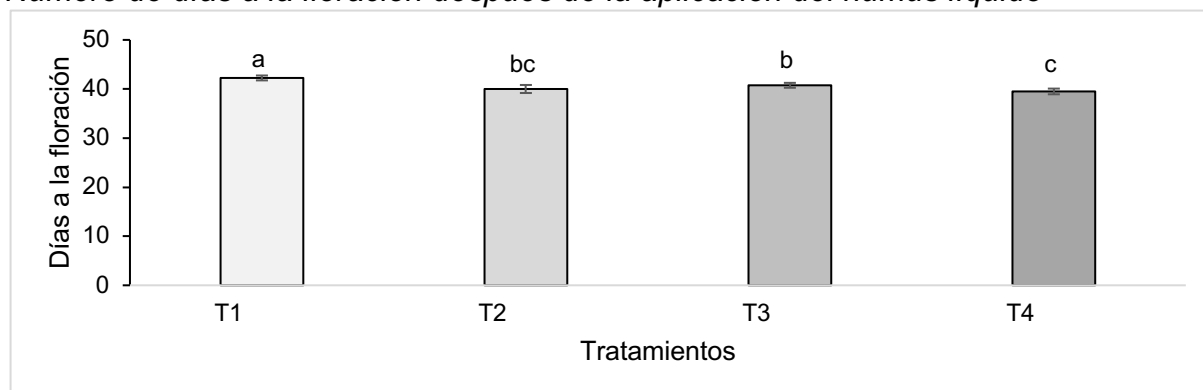
Nota: Tratamientos: T1: Sin humus líquido; T2: humus líquido 10%L/ha; T3: humus líquido 15%L/ha; T4: humus líquido 20%L/ha. Las barras representan la media de cada tratamiento. Las líneas sobre las barras indican la desviación estándar (\pm) de cada tratamiento. Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey $p < 0.05$ (Autores, 2025).

3.3. Número de días a la floración

En cuanto a la variable días a la floración, se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento testigo T1 (sin humus líquido) presentó el mayor número de días hasta la floración con 42.25 días, siendo estadísticamente diferente al resto de los tratamientos evaluados. En contraste, el tratamiento T4 (20% L/ha de humus líquido) registró la floración más temprana con 39.5 días, significativamente menor que T1. Los tratamientos T2 (40 días) y T3 (40.75 días) fueron estadísticamente similares entre sí, aunque adelantaron la floración en comparación con el testigo. El coeficiente de variación fue de 1.23% (Figura 3).

Figura 3

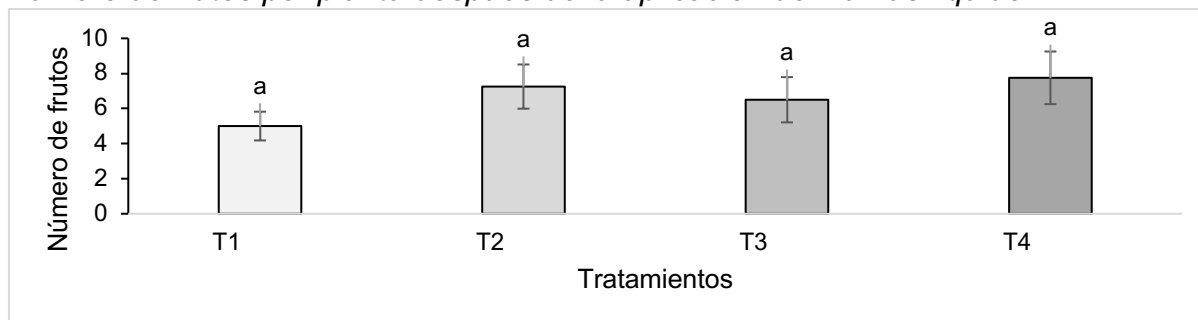
Número de días a la floración después de la aplicación del humus líquido



Nota: Tratamientos: T1: Sin humus líquido; T2: humus líquido 10%L/ha; T3: humus líquido 15%L/ha; T4: humus líquido 20%L/ha. Las barras representan la media de cada tratamiento. Las líneas sobre las barras indican la desviación estándar (\pm) de cada tratamiento. Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey $p < 0.05$ (Autores, 2025).

3.4. Número de frutos por planta

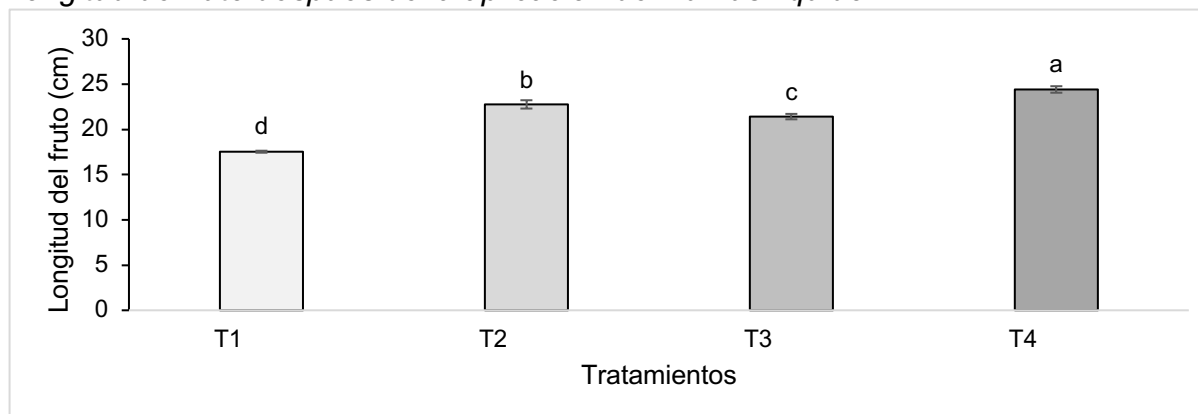
Con respecto al número de frutos por planta, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Aunque se evidenció una tendencia positiva en los tratamientos con humus líquido, especialmente con la concentración del 20%, las diferencias no fueron estadísticamente significativas, lo que sugiere que, bajo las condiciones del ensayo, la aplicación de humus líquido no influyó de forma concluyente sobre la cantidad de frutos por planta de pepino. El coeficiente de variación fue de 20.9% (Figura 4).

Figura 4*Número de frutos por planta después de la aplicación del humus líquido*

Nota: Tratamientos: T1: Sin humus líquido; T2: humus líquido 10%L/ha; T3: humus líquido 15%L/ha; T4: humus líquido 20%L/ha. Las barras representan la media de cada tratamiento. Las líneas sobre las barras indican la desviación estándar (\pm) de cada tratamiento. Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey $p < 0.05$ (Autores, 2025).

3.5. Longitud del fruto (cm)

En la variable longitud del fruto, se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento T4 (20% L/ha de humus líquido) alcanzó la mayor longitud con 24.41 cm, superando significativamente a los demás tratamientos. Los tratamientos T2 (22.76 cm) y T3 (21.41 cm), fueron inferiores y significativamente diferentes entre sí. El menor tamaño se registró en el testigo T1, con una longitud de 17.53 cm. El coeficiente de variación fue de 1.65% (Figura 5).

Figura 5*Longitud de fruto después de la aplicación del humus líquido*

Nota: Tratamientos: T1: Sin humus líquido; T2: humus líquido 10%L/ha; T3: humus líquido 15%L/ha; T4: humus líquido 20%L/ha. Las barras representan la media de cada tratamiento. Las líneas sobre las barras indican la desviación estándar (\pm) de cada tratamiento. Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey $p < 0.05$ (Autores, 2025).

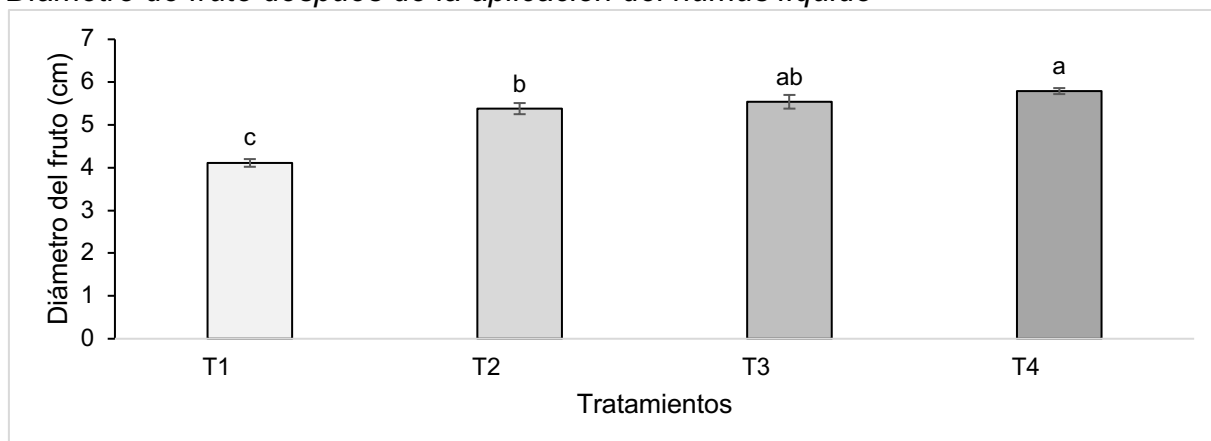
3.6. Diámetro del fruto (cm)

Respecto al diámetro del fruto, se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos. El mayor diámetro fue obtenido en el tratamiento T4 (20% L/ha de humus líquido) con 5.79 cm, seguido por T3 (5.54 cm) y T2 (5.38 cm), que fueron estadísticamente similares pero superiores al testigo. El tratamiento T1 (sin humus líquido) registró el menor diámetro con 4.11 cm, siendo significativamente inferior a

todos los tratamientos con aplicación de humus. El coeficiente de variación fue de 2.47% (Figura 6).

Figura 6

Diámetro de fruto después de la aplicación del humus líquido



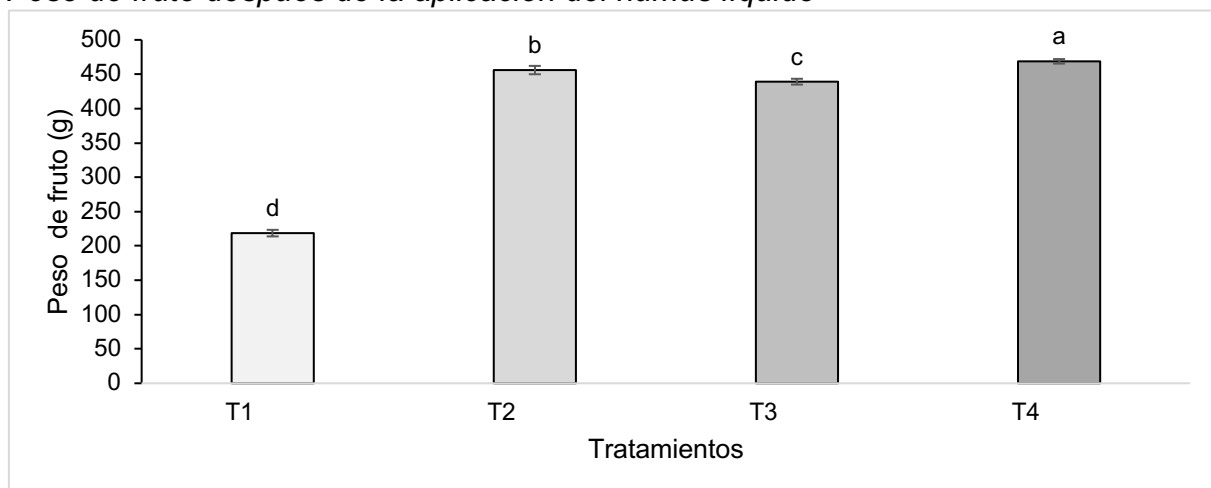
Nota: Tratamientos: T1: Sin humus líquido; T2: humus líquido 10%L/ha; T3: humus líquido 15%L/ha; T4: humus líquido 20%L/ha. Las barras representan la media de cada tratamiento. Las líneas sobre las barras indican la desviación estándar (\pm) de cada tratamiento. Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey $p < 0.05$ (Autores, 2025).

3.7. Peso del fruto (g)

En cuanto al peso de fruto, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento T4 (20% L/ha de humus líquido) obtuvo el mayor peso promedio con 468.75 g, seguido por T2 con 456.05 g y T3 con 439.15 g, siendo estos dos estadísticamente diferentes entre sí. El tratamiento T1 (sin aplicación de humus líquido) registró el menor peso con 218.65 g, siendo significativamente inferior a todos los demás tratamientos. El coeficiente de variación fue de 1.04% (Figura 7).

Figura 7

Peso de fruto después de la aplicación del humus líquido



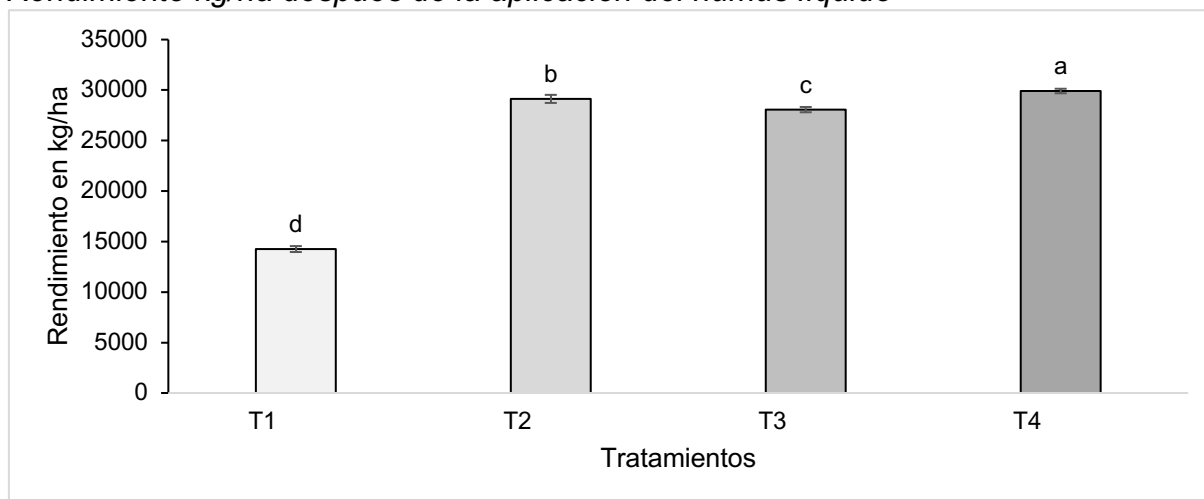
Nota: Tratamientos: T1: Sin humus líquido; T2: humus líquido 10%L/ha; T3: humus líquido 15%L/ha; T4: humus líquido 20%L/ha. Las barras representan la media de cada tratamiento. Las líneas sobre las barras indican la desviación estándar (\pm) de cada tratamiento. Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey $p < 0.05$ (Autores, 2025).

3.8. Rendimiento (Kg ha⁻¹)

En la variable rendimiento, expresado en kilogramos por hectárea, se identificaron diferencias significativas entre los tratamientos. El mayor rendimiento fue registrado por el tratamiento T4 (20% L/ha de humus líquido), con 29907.63 kg/ha, seguido por T2 (29126.4 kg/ha) y T3 (28063.89 kg/ha), siendo estadísticamente diferentes entre sí. El menor rendimiento se observó en el tratamiento T1 (sin humus líquido), con 14254.91 kg/ha, significativamente inferior al de todos los tratamientos que incluyeron aplicación de humus. El coeficiente de variación fue de 1.02% (Figura 8).

Figura 8

Rendimiento kg/ha después de la aplicación del humus líquido



Nota: Tratamientos: T1: Sin humus líquido; T2: humus líquido 10%L/ha; T3: humus líquido 15%L/ha; T4: humus líquido 20%L/ha. Las barras representan la media de cada tratamiento. Las líneas sobre las barras indican la desviación estándar (\pm) de cada tratamiento. Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey $p < 0.05$ (Autores, 2025).

3.9. Análisis económico

En el análisis económico de los tratamientos el T4 (20% L/ha) presentó el mejor desempeño económico, con un ingreso neto de \$19.559,36, una relación beneficio/costo (B/C) de 1.74 y una rentabilidad del 173.93%. Esto significa que, por cada dólar invertido, se recuperan \$1.74, obteniendo una ganancia neta de \$0.74. Seguido del tratamiento T2 (10% L/ha), con una B/C de 1.67, lo que indica una recuperación de \$1.67 por cada dólar invertido, y una rentabilidad de 166.97%. El tratamiento T3 (15% L/ha) mostró una B/C de 1.57, equivalente a \$1.57 por cada dólar invertido, con una rentabilidad del 157.13%. En contraste, el tratamiento T1 (sin humus líquido) fue el menos rentable, con una relación B/C de apenas 0.31, lo que significa que por cada dólar invertido solo se recuperan \$0.31, generando una rentabilidad del 30.75% (Tabla 1).

Tabla 1
Análisis económico de los tratamientos después de la aplicación del humus líquido

Tratamientos	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Ingreso bruto (\$)	Costo	Ingreso	B/C	Rentabilidad (%)
			total (\$)	neto (\$)		
T1	14254.91	14682.56	11229.50	3453.06	0.31	30.75
T2	29126.40	30000.19	11237.50	18762.69	1.67	166.97
T3	28063.89	28905.81	11241.50	17664.31	1.57	157.13
T4	29907.63	30804.86	11245.50	19559.36	1.74	173.93

Nota: Tratamientos: T1: Sin humus líquido; T2: humus líquido 10%L/ha; T3: humus líquido 15%L/ha; T4: humus líquido 20%L/ha. Precio de venta del kg de pepino: \$ 1.03 dólares americanos (Autores, 2025).

4. Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que la aplicación de humus líquido influyó significativamente en el desarrollo vegetativo del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.), particularmente en la altura de planta y diámetro de tallo. El tratamiento T4 (20% L/ha de humus líquido) mostró consistentemente un rendimiento superior en estas variables durante todo el ciclo de evaluación. Este hallazgo concuerda con lo reportado por Pilla-Bardales et al., (2025), quienes observaron un incremento significativo en el crecimiento vegetativo de cultivos hortícolas al aplicar biofertilizantes orgánicos líquidos en concentraciones superiores al 15%.

El incremento en la altura de planta observado con la aplicación de humus líquido, particularmente con el tratamiento T4 a los 60 días, representa un aumento del 16.2% respecto al testigo. Esta respuesta positiva puede atribuirse a que el humus líquido contiene ácidos húmicos y fúlvicos que mejoran la absorción de nutrientes mediante la formación de complejos orgánicos-metálicos fácilmente asimilables (García-Santiago et al., 2023; Kisvarga et al., 2022). De acuerdo con (Parco-Quispe et al., 2022), estos ácidos húmicos estimulan directamente el metabolismo de las plantas al activar enzimas clave relacionadas con el crecimiento como las H⁺-ATPasas de la membrana plasmática, lo que favorece la elongación celular y, consecuentemente, un mayor crecimiento longitudinal.

El incremento en el diámetro de tallo, en el tratamiento con mayor dosis de humus (T4) frente al testigo, representa una mejora del 43.4%. Este resultado es consistente con los hallazgos de Vioratti et al. (2023), quienes reportaron incrementos en el diámetro de tallo en cultivos de solanáceas tratados con extractos húmicos. El aumento en el diámetro del tallo está biológicamente relacionado con una mayor división celular en el cambium vascular y una mayor acumulación de fotoasimilados, procesos estimulados por la presencia de fitohormonas naturales como auxinas y citoquininas presentes en el humus líquido (Wei et al., 2023). Estas fitohormonas regulan positivamente los genes involucrados en la diferenciación del xilema y floema, como han demostrado estudios transcriptómicos recientes (Cha et al. 2021).

El adelanto significativo en la floración en T4 frente a el testigo indica que el humus líquido modifica positivamente aspectos fenológicos del cultivo. Este resultado coincide con lo observado por Hurtado et al. (2023), quienes encontraron que la aplicación de biofertilizantes líquidos adelantó la floración en cucurbitáceas entre 2 y 4 días respecto al control. El mecanismo fisiológico que explica este fenómeno probablemente está relacionado con un balance hormonal más favorable para la inducción floral, específicamente una mayor síntesis de giberelinas y citoquininas (Huang et al. 2022). Adicionalmente, (Fleitas y Benitez, 2023) sugieren que los compuestos bioactivos del humus líquido, principalmente los ácidos fúlvicos de bajo peso molecular aceleran la transición de la fase vegetativa a la reproductiva mediante la regulación epigenética de genes involucrados en la floración.

Aunque no se observaron diferencias en el número de frutos por planta, variables como longitud, diámetro y peso de fruto mostraron una respuesta altamente positiva a la aplicación de humus líquido. La longitud del fruto en el tratamiento T4 superó en 39.2% al testigo, mientras que el diámetro aumentó en 40.9% y el peso en 114.4%. Estos resultados son superiores a los reportados por Caraguay et al. (2023), quienes encontraron en el peso de fruto en cultivos de pimiento tratados con biofertilizantes. Esta diferencia podría atribuirse a las características específicas del humus líquido utilizado en el presente estudio, probablemente con una mayor concentración de micronutrientes quelados biodisponibles.

El mecanismo biológico que explica estos incrementos en los parámetros de calidad del fruto está relacionado con una mayor eficiencia fotosintética y una mejor translocación de fotoasimilados hacia los órganos sumidero (Figueroa et al., 2023). Estudios recientes utilizando técnicas isotópicas han demostrado que los ácidos húmicos mejoran la tasa de transporte de carbohidratos desde las hojas hacia los frutos en desarrollo mediante la regulación positiva de transportadores específicos de sacarosa (Li et al. 2023). Adicionalmente, Adekiya et al. (2022), Hu et al. (2022) demostraron que los extractos húmicos aumentan la expresión de genes relacionados con la expansión celular en frutos, como expansinas y xiloglucano endotransglicosilasas, lo que explica el mayor tamaño obtenido en este estudio.

El rendimiento del cultivo con la aplicación de humus líquido al 20% representó un incremento del 109.8% respecto al testigo. Este aumento sustancial concuerda con lo reportado por Zahedian et al. (2022), quienes observaron incrementos en el rendimiento de cucurbitáceas tratadas con fertilizantes orgánicos líquidos. Sin embargo, supera lo encontrado por Salazar-Salazar et al. (2022), que reportaron aumentos del 65-75% en cultivos similares. Esta divergencia podría explicarse por las diferencias en las condiciones edafoclimáticas y en la composición química específica de los biofertilizantes evaluados.

Desde una perspectiva fisiológica, el aumento en el rendimiento puede atribuirse a múltiples efectos combinados del humus líquido: 1) mejora en la estructura del suelo y capacidad de retención de agua (Flores et al., 2021); 2) mayor disponibilidad de

micronutrientes esenciales como Fe, Zn, Mn y Cu en formas queladas (Wang et al. 2021); 3) estimulación de la microbiota benéfica del suelo, particularmente bacterias promotoras del crecimiento vegetal y hongos micorrízicos (Mago et al., 2021); y 4) inducción de mecanismos de resistencia sistémica adquirida (SAR) que mejoran la tolerancia a factores de estrés biótico y abiótico (Neves et al., 2024).

El análisis económico demostró que el tratamiento T4 (20% L/ha) no solo fue superior agrónomicamente sino también económicamente, con mayor relación beneficio/costo (B/C) de 1.74 y una rentabilidad del 173.93%. Estos valores son considerablemente superiores a los reportados por Aguirre-Cobeña et al. (2024), quienes obtuvieron una relación B/C máxima de 1.27 en sistemas de producción orgánica de pepino. La diferencia podría explicarse por los menores costos de producción asociados con la aplicación de humus líquido en comparación con otros insumos orgánicos comerciales, así como por el significativo incremento en rendimiento obtenido en el presente estudio.

Los resultados obtenidos sugieren que la aplicación de humus líquido al 20% representa una alternativa viable y rentable para la producción sostenible de pepino. Esto contrasta con lo encontrado por Caraguay et al. (2023), quienes reportaron que los sistemas orgánicos típicamente alcanzan entre el 70-85% del rendimiento de sistemas convencionales. La diferencia puede atribuirse a la formulación específica del humus líquido utilizado, que probablemente contiene una proporción equilibrada de macro y micronutrientes, así como compuestos bioestimulantes que optimizan los procesos fisiológicos de la planta. Mientras que estudios como el de Arturo et al. (2022) y Álvarez y Llerena-Ramos (2022) se centraron en parámetros de rendimiento final, el presente trabajo documentó los efectos positivos desde etapas tempranas del desarrollo vegetativo hasta la cosecha, lo que permite una mejor comprensión de los mecanismos fisiológicos subyacentes.

Los resultados de este estudio tienen importantes implicaciones para el desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles. La sustitución parcial o total de fertilizantes sintéticos por humus líquido no solo mantiene niveles productivos competitivos, sino que además podría mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo a largo plazo.

5. Conclusiones

La fertirrigación con humus líquido al 20% L/ha fue eficiente en el crecimiento vegetativo del pepino en condiciones de invernáculo, al lograr plantas con mayor altura, diámetro de tallo y una floración más temprana, confirmando que la disponibilidad equilibrada de nutrientes presentes en el humus líquido favorece tanto el vigor estructural como la transición oportuna hacia la fase reproductiva. En el componente productivo, el tratamiento al 20% L/ha se asoció con frutos de mayor longitud, diámetro y peso, lo que derivó en el mayor rendimiento por hectárea,

evidenciando que el humus líquido mejora los órganos de cosecha, incrementando la eficiencia fisiológica del cultivo. Desde la perspectiva económica, el tratamiento al 20% L/ha alcanzó la mayor rentabilidad, ingreso neto y relación beneficio/costo, lo que demuestra mejora en la productividad, reduciendo la dependencia de fertilizantes sintéticos y favoreciendo la estabilidad financiera.

CONFLICTO DE INTERESES

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

Referencias Bibliográficas

- Adekiya, A. O., Dahunsi, S. O., Ayeni, J. F., Aremu, C., Aboyeji, C. M., Okunlola, F., y Oyelami, A. E. (2022). Organic and in-organic fertilizers effects on the performance of tomato (*Solanum lycopersicum*) and cucumber (*Cucumis sativus*) grown on soilless medium. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16497-5>
- Aguirre-Cobeña, L., Salguero-Ramos, D., Bonilla-Bonilla, A., y 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). <https://doi.org/10.21931/rb/2024.09.01.11>
- Álvarez, L. A. L., y Llerena-Ramos, L. T. (2022). Efecto del humus líquido en variables de crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 769-778. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3570
- Alvarez_Arias, C., Kari_Ferro, A., Peña, N. G. E., Huaraca_Aparco, R., Flores_Pacheco, N. F., y Carbajal, J. S. B. (2022). Fertilización con humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en el crecimiento vegetativo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L). *CyT Riqchary Revista de investigación en ciencia y tecnología*, 4(1), 39-45.
- Arturo, L., Álvarez, L., Ríos, L., y Llerena-ramos, L. T. (2022). Efecto del humus líquido en variables de crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Effect of liquid humus on growth variables of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(2022), 769-778. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3570
- Bonilla, L. C., y Rojas, J. J. V. (2021). Evaluación de dos variedades de rábano (*Raphanus sativus* L.) cv. Crimson giant y cv. Champion INIAF con y sin aplicación de lixiviado de humus de lombriz en la localidad de Sapecho, Palos Blancos: Lody Condori Bonilla, Juan José Vicente Rojas. *Revista Estudiantil Agro-Vet*, 5(1), 24-29. Recuperado a partir de <https://agrovet.umsa.bo/index.php/AGV/article/view/48>

- Caraguay, V. R. T., Sandoval, B. L. R., Jaramillo, L. G. M., y Bautista, S. E. A. (2023). Evaluación del rendimiento de pepino bajo dos sistemas de fertilización en invernadero. *RECIMUNDO*, 7(2), 19-32. <https://doi.org/10.26820/recimundo/7>
- Cha, J. Y., Kang, S. H., Geun Ji, M., Shin, G. I., Jeong, S. Y., Ahn, G., Kim, M. G., Jeon, J. R., y Kim, W. Y. (2021). Transcriptome changes reveal the molecular mechanisms of humic acid-induced salt stress tolerance in arabidopsis. *Molecules*, 26(4). <https://doi.org/10.3390/molecules26040782>
- Figueroa Cárdenas, M., Figueroa Béjar, M. del S., y Cornejo Saucedo, G. (2023). La vermicomposta orgánica: una compilación literaria encaminada hacia la sustentabilidad ambiental en el estado de Michoacán, México. *INCEPTUM*, 14(26). <https://doi.org/10.33110/inceptum.v14i26.225>
- Fleitas Díaz, M., y Benitez Pardillo, T. (2023). Evaluación de humus de lombriz y estiércol bovino en la producción de rábano (*Raphanus sativus* L.) en condiciones de organopónico. *Revista Científica Pakamuros*, 1(2). <https://doi.org/10.37787/nvcndj47>
- Flores Cázarez Flores, L. L., Velázquez Alcaraz, T. de J., Partida Ruvalcaba, L., Ayala Tafoya, F., Zazueta Torres, N. D., y Yáñez Juárez, M. G. (2023). Plántulas de pepino y tomate fortificadas con silicio y cloro. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(1). <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i1.2994>
- Flores, F. de J. R., Núñez, C. M. N., Díaz, L. A. O., Álvarez, C. Á., y Montoya, A. R. (2021). Crecimiento de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en el proceso de vermicompostaje de suelo contaminado con diesel. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 46(9), 383-387. <https://www.redalyc.org/journal/339/33969013007/>
- García-Santiago, J. C., González-Fuentes, J. A., Rojas-Duarte, A., Hernández-Pérez, A., Aureoles-Rodríguez, F., y Martínez-Mares, R. (2023). Los ácidos húmicos reducen la adición de NPK y mejoran la calidad de mango. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(1). <https://doi.org/10.19136/era.a10n1.3319>
- Grasso, R., Berrueta, C., y Giménez, G. (2021). Monitoreo de nutrientes para la asistencia a la fertirrigación a nivel de predios. *Revista INIA*, 66, 108-112.
- Hu, W., Su, Y., Zhou, J., Zhu, H., Guo, J., Huo, H., y Gong, H. (2022). Foliar application of silicon and selenium improves the growth, yield and quality characteristics of cucumber in field conditions. *Scientia Horticulturae*, 294. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110776>
- Huang, C., Liao, J., Huang, W., y Qin, N. (2022). Salicylic Acid Protects Sweet Potato Seedlings from Drought Stress by Mediating Abscissic Acid-Related Gene Expression and Enhancing the Antioxidant Defense System. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(23). <https://doi.org/10.3390/ijms232314819>
- Hurtado, A. C., Díaz, Y. P., Calzada, K. P., Olivera, D., Hernández, Y. J., y Pérez, A. C. (2023). Coinoculación de biofertilizantes microbianos en pepino y habichuela y su efecto en el crecimiento y rendimiento. *Temas agrarios*, 28(2), 220-232. <https://doi.org/10.21897/bz3pzk58>

- Khan, A., Mishra, A., Hasan, S. M., Usmani, A., Ubaid, M., Khan, N., y Saidurrahman, M. (2022). Biological and medicinal application of *Cucumis sativus* Linn.–review of current status with future possibilities. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, 19(4), 843-854. <https://doi.org/10.1515/jcim-2020-0240>
- Kisvarga, S., Farkas, D., Boronkay, G., Neményi, A., y Orlóci, L. (2022). Effects of Biostimulants in Horticulture, with Emphasis on Ornamental Plant Production. En *Agronomy* (Vol. 12, Número 5). <https://doi.org/10.3390/agronomy12051043>
- Li, H., Kong, F., Tang, T., Luo, Y., Gao, H., Xu, J., Xing, G., y Li, L. (2023). Physiological and Transcriptomic Analyses Revealed That Humic Acids Improve Low-Temperature Stress Tolerance in Zucchini (*Cucurbita pepo* L.) Seedlings. *Plants*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/plants12030548>
- Mago, M., Yadav, A., Gupta, R., y Garg, V. K. (2021). Management of banana crop waste biomass using vermicomposting technology. *Bioresource Technology*, 326. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.124742>
- Monge-Pérez, J. E., y Loría-Coto, M. (2023). Evaluación agronómica de híbridos de pepino (*Cucumis sativus* L.). *I+D Tecnológico*, 19(1). <https://doi.org/10.33412/idt.v19.1.3781>
- Neves, M. A., De Faria, R. S., y De Sá Mendonça, E. (2024). Influence of fine waste from dimension stone processing on vermicomposting. *International Journal of Environment and Waste Management*, 33(1). <https://doi.org/10.1504/IJEW.2024.135879>
- Parco-Quispe, M., Camacho, A. A., Oscco, I., Parco, J. A., Bobadilla, L. G., y Dionisio, F. E. (2022). Efecto de ácidos húmicos, biocidas y micronutrientes protectores en el control de plagas y enfermedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Pichanaki. *Revista de investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*, 2(1), 39-47. <https://doi.org/10.25127/riagrop.20221.783>
- Pilla-Bardales, L. C., Moreira-Moreira, G. E., Barahona-Casanova, L. D., Llerena-Ramos, L. T., y Garcia-Gallirgos, V. J. (2025). Respuesta agronómica de *Cucumis sativus* a la aplicación de abonos orgánicos bajo invernadero. *Revista Científica Ciencia y Método*, 3(4), 106-120. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n4/98>
- Salazar-Salazar, W., Monge-Pérez, J. E., y Loría-Coto, M. (2022). Aplicación foliar de fertilizantes y extracto de algas en pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. *AIA avances en investigación agropecuaria*, 26(1), ágs-177. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.22.26.24>
- Vioratti Telles de Moura, O., Luiz Louro Berbara, R., França de Oliveira Torchia, D., Fernanda Oliveira Da Silva, H., Augusto van Tol de Castro, T., Carlos Huertas Tavares, O., Fernandes Rodrigues, N., Zonta, E., Azevedo Santos, L., y Calderín García, A. (2023). Humic foliar application as sustainable technology for improving the growth, yield, and abiotic stress protection of agricultural crops. A review. En *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* (Vol. 22, Número 8). <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2023.05.001>
- Wang, F., Wang, X., y Song, N. (2021). Biochar and vermicompost improve the soil properties and the yield and quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in

- plastic shed soil continuously cropped for different years. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 315. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107425>
- Wei, Z., Zhao, Y., Zhao, L., Wang, L., y Wu, J. (2023a). The contribution of microbial shikimic acid to humus formation during organic wastes composting: a review. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 39(9), 240. <https://doi.org/10.1007/s11274-023-03674-5>
- Zahedyan, A., Aboutalebi Jahromi, A., Zakerin, A., Abdossi, V., y Mohammadi Torkashvand, A. (2022). Nitroxin bio-fertilizer improves growth parameters, physiological and biochemical attributes of cantaloupe (*Cucumis melo* L.) under water stress conditions. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21(1). <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.06.017>
- Zhang, J., Feng, S., Yuan, J., Wang, C., Lu, T., Wang, H., y Yu, C. (2021). The Formation of Fruit Quality in *Cucumis sativus* L. *Frontiers in Plant Science*, 12, 729448. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.729448>