

Artículo Científico

Respuesta agronómica de *Cucumis sativus* a la aplicación de abonos orgánicos bajo invernadero

Agronomic response of Cucumis sativus to the application of organic fertilizers under greenhouse conditions



Pilla-Bardales, Luis Carlos ¹

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

luis.pilla2016@uteq.edu.ec



Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo.



Barahona-Casanova, Limber David ³

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

limberdavidbarahona@gmail.com



Investigador Independiente, 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.



Moreira-Moreira, Génesis Estefanía ²

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

genesis.moreiram@uteq.edu.ec



Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo.



Llerena-Ramos, Luis Tarquino ⁴

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

llerenaramos@uteq.edu.ec



Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo.

Autor de correspondencia ¹



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n4/98>

Resumen: La fertilización orgánica se ha asociado con mejoras en la fertilidad del suelo y el desempeño de hortalizas. El presente estudio evaluó el efecto de abonos orgánicos en el desempeño agronómico y productivo del pepino (*Cucumis sativus*) en invernadero. Se empleó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos: T0 (testigo), T1 (compost), T2 (bocashi) y T3 (humus de lombriz), con cuatro repeticiones (una planta por repetición). Las variables fueron altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm), días a floración, longitud y diámetro de fruto (cm), peso de fruto (g), rendimiento (kg ha⁻¹) y relación beneficio/costo. Se detectaron diferencias significativas entre tratamientos. El humus de lombriz (T3) registró mayor vigor: a 30 días, 74,9 cm y 5,75 mm; a 45 días, 161,5 cm y 6,73 mm; y a 60 días, 341,5 cm y 6,73 mm. Asimismo, presentó menor tiempo a floración (44,5 días). En características de fruto, T3 mostró mayor longitud (25,51 cm), diámetro (6,09 cm) y peso promedio (480,75 g), junto con la mayor rentabilidad (beneficio/costo 2,03). En conclusión, el humus de lombriz mejoró de manera consistente el crecimiento, la precocidad y los indicadores productivos del pepino en invernadero respecto al testigo.

Palabras clave: pepino, humus, Bocashi, compost, rendimiento.



Check for updates

Received: 30/Sep/2025
Accepted: 15/Oct/2025
Published: 28/Oct/2025

Cita: Pilla-Bardales, L. C., Moreira-Moreira, G. E., Barahona-Casanova, L. D., Llerena-Ramos, L. T., & García-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>

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 fertilization has been associated with improvements in soil fertility and vegetable performance. The effect of organic fertilizers on the agronomic and productive performance of cucumber (*Cucumis sativus*) in greenhouses was evaluated. A completely randomized design with four treatments was used: T0 (control), T1 (compost), T2 (bocashi), and T3 (worm humus), with four replicates (one plant per replicate). The variables were plant height (cm), stem diameter (mm), days to flowering, fruit length and diameter (cm), fruit weight (g), yield (kg ha⁻¹), and benefit/cost ratio. Significant differences were detected between treatments. Worm humus (T3) showed greater vigor: at 30 days, 74.9 cm and 5.75 mm; at 45 days, 161.5 cm and 6.73 mm; and at 60 days, 341.5 cm and 6.73 mm. It also had a shorter time to flowering (44.5 days). In terms of fruit characteristics, T3 showed greater length (25.51 cm), diameter (6.09 cm), and average weight (480.75 g), along with the highest profitability (profit/cost 2.03). In conclusion, worm humus consistently improved the growth, precocity, and production indicators of greenhouse cucumbers compared to the control.

Keywords: cucumber, humus, Bocashi, compost, yield.

1. Introducción

El cultivo de *Cucumis sativus* (pepino) constituye una hortaliza de alta relevancia en la horticultura mundial por su aporte alimentario y dinamismo comercial (Gabriel-Ortega et al., 2020). La producción global supera los 80 millones de toneladas anuales, con China concentrando una fracción mayoritaria cercana al 75% del volumen reportado (Parra et al., 2009). Entre los países con participación destacada se incluyen India, Rusia, Turquía y Estados Unidos, con crecimiento sostenido de superficies y mejoras tecnológicas (Aslam et al., 2020).

En Ecuador, el pepino mantiene importancia económica y social en territorios con ventajas edafoclimáticas para la horticultura intensiva (Khan et al., 2022). La región Costa, con provincias como Manabí, Guayas y Los Ríos, concentra una parte significativa de la producción nacional bajo esquemas de manejo tecnificado (Olorunwa et al., 2022). Tales zonas combinan temperaturas cálidas, elevada radiación y suelos con potencial productivo, condiciones que favorecen rendimientos competitivos en invernadero (Reyes-Pérez et al., 2021).

La sostenibilidad del rendimiento enfrenta restricciones asociadas al deterioro paulatino de la fertilidad del suelo en sistemas intensivos (Cázarez-Flores et al., 2024). La aplicación continuada de fertilizantes sintéticos y la reducción de la materia orgánica se vinculan con pérdida de estructura y menor capacidad de retención de agua y nutrientes (López-Bósquez et al., 2024). Estas limitaciones se reflejan en

disminuciones de productividad y calidad de fruto, con efectos sobre la rentabilidad del sistema hortícola (Olorunwa et al., 2022).

Los abonos orgánicos se plantean como alternativa para restaurar funciones edáficas, aportar nutrientes y sostener la productividad del pepino (Chong-Qui, 2019). La liberación gradual de nutrientes y la activación de procesos biológicos del suelo contribuyen a la estabilidad productiva en ambientes controlados (Ramírez-Iglesias, 2022). En este contexto, el humus de lombriz producto de la biotransformación de residuos orgánicos por lombrices se reconoce por su aporte de N, P y K y su contenido microbiano beneficioso. Dichas propiedades se asocian con mejoras de estructura, retención hídrica y eficiencia en la absorción nutrimental (Ramírez et al., 2024). Asimismo, se ha documentado su contribución al desarrollo radicular y a la tolerancia frente a problemas fitosanitarios (Gutiérrez & Cusi, 2024).

El compost, generado mediante descomposición aeróbica controlada de biomasa vegetal y animal, mejora la aireación y la capacidad de retención de agua de los suelos hortícolas (Sayara et al., 2020). Estas modificaciones físicas y biogeoquímicas favorecen el establecimiento y el crecimiento de las plantas en sistemas intensivos (Mahapatra et al., 2022). De forma complementaria, el compost libera macro y micronutrientes de manera sostenida, contribuyendo a la nutrición balanceada del cultivo (Agnew & Leonard, 2003).

El bocashi, abono fermentado de origen japonés formulado con mezclas como salvado, estiércol, ceniza y melaza, aporta nutrientes orgánicos y compuestos bioactivos tras un proceso de fermentación controlada (Dibella et al., 2021). Este insumo enriquece la microbiota edáfica y dinamiza la mineralización de la materia orgánica, con efectos positivos en la fertilidad (Oba et al., 2021). De manera adicional, su uso se ha asociado con la recuperación de suelos degradados y con la supresión de patógenos del suelo en sistemas hortícolas intensivos (Santoyo et al., 2022).

La incorporación de abonos orgánicos en la producción de pepino en invernadero se perfila como estrategia para mejorar rendimiento y calidad de fruto a escala comercial (Ramírez, 2022). En paralelo, su adopción coadyuva a esquemas productivos más sostenibles al reducir la dependencia de insumos químicos y preservar la salud del suelo (Cotrina-Cabello et al., 2020). Ante este contexto, el estudio tuvo por objetivo comparar el efecto de humus de lombriz, compost y bocashi sobre el desempeño agronómico y productivo del pepino cultivado en invernadero, respecto de un testigo sin fertilización orgánica.

2. Materiales y métodos

El estudio se realizó en un invernadero de la Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas, Campus “La María” (km 7,5 vía Quevedo–El Empalme, Los Ríos, Ecuador; 01°04'48,6" S; 79°30'04,2" O; 66,1 m s. n. m.). Las condiciones agroclimáticas multianuales de la zona temperatura media 24,9 °C; humedad relativa 84 %;

precipitación 2295,1 mm; heliofanía 870,2 h; zona ecológica BH-T; topografía plana; clima tropical húmedo se tomaron de la estación “Pichilingue” (INAMHI, 1990–2021).

La investigación tuvo enfoque experimental con método deductivo, orientado a evaluar el efecto de abonos orgánicos sobre el desempeño agronómico y productivo de *Cucumis sativus* bajo invernadero. Se empleó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones; cada repetición incluyó cinco plantas (20 plantas por tratamiento). Los tratamientos fueron: T0 (control, 0 g planta⁻¹), T1 (compost, 100 g planta⁻¹), T2 (bocashi, 100 g planta⁻¹) y T3 (humus de lombriz, 100 g planta⁻¹), equivalentes a 0 y 3,44 t ha⁻¹, respectivamente.

El manejo del cultivo se inició en semillero con bandejas germinativas y sustrato ligero enriquecido con perlita, previamente analizado en el INIAP-Pichilingue; se depositaron dos semillas por cavidad. Las plántulas se trasplantaron a fundas de polipropileno de 16 × 18 cm entre 4 y 6 días después de la emergencia. El riego fue bisemanal en fases iniciales y semanal en etapas posteriores. Se efectuó poda sanitaria semanal (hojas quebradas, envejecidas o enfermas) y el tutorado con cuerda comenzó 15 días tras la emisión de las guías.

El control de *Bemisia tabaci* se realizó con hipoclorito de sodio (lejía) a 0,3 % v/v (300 mL 100 L⁻¹) aplicado por vía foliar con mochila cada 7 días desde plántula hasta 30 días después de la siembra (DDS), con un volumen objetivo de 30–40 mL planta⁻¹ evitando escurrimiento. Para oídio (*Erysiphe cichoracearum*) y mildiu vellosa (*Pseudoperonospora cubensis*), se aplicaron azoxistrobina (150 g i.a. ha⁻¹) y difenoconazole (100 g i.a. ha⁻¹) de forma preventiva hasta 40 DDS, mediante atomización cada 10–14 días, respetando periodos de carencia.

Los abonos orgánicos (sólidos) se incorporaron al sustrato en tres momentos: 10, 25 y 35 DDS, fraccionando la dosis total de 100 g planta⁻¹ en porciones iguales de 33,33 g por aplicación. La cosecha se efectuó en madurez comercial entre 75 y 90 días después del trasplante.

Las variables evaluadas fueron: altura de planta (cm), medida desde la base del tallo al ápice de la hoja más joven a los 30, 45 y 60 DDS; diámetro de tallo (mm) a 5 mm del nivel del sustrato en los mismos tiempos; días a la floración (desde la siembra hasta la primera flor funcional); longitud de fruto (cm) con flexómetro; diámetro de fruto (cm) con calibrador en la zona media; peso de fruto (g) con balanza digital; y rendimiento (kg ha⁻¹), calculado con las dos primeras cosechas y extrapolado al área efectiva. Las mediciones se realizaron con la totalidad de plantas por tratamiento según se indica en el documento fuente.

El análisis económico contempló costos por tratamiento e ingresos por venta, estimándose la relación beneficio-costos (B/C) como $B/C = IB/CTP$, donde IB es el ingreso bruto y CTP el costo total de producción. Para el tratamiento estadístico, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas y,

seguidamente, se aplicó ANOVA conforme al DCA; las diferencias entre medias se compararon mediante la prueba de Tukey (0,05).

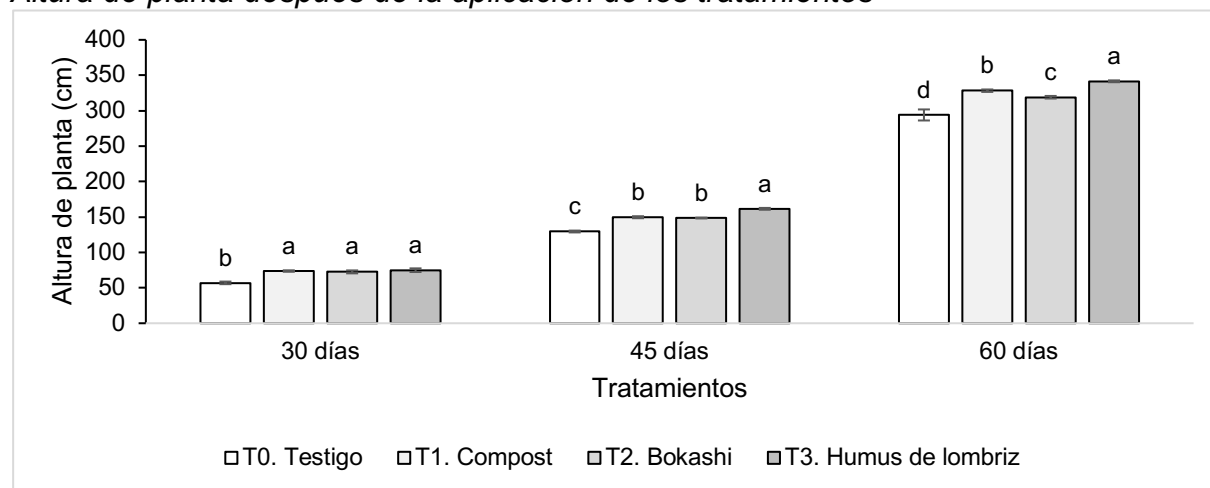
3. Resultados

3.1. Altura de la planta (cm)

Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos a lo largo del ciclo del cultivo. A los 30 días después del trasplante, los abonos orgánicos superaron al testigo: humus de lombriz (T3) 74,9 cm, compost (T1) 73,7 cm y bokashi (T2) 72,5 cm, sin diferencias entre ellos, frente a 57,0 cm en T0. A 45 días, T3 alcanzó 161,5 cm, seguido de T1 (149,65 cm) y T2 (148,5 cm), todos superiores a T0 (129,5 cm). A 60 días, T3 presentó la mayor altura (341,5 cm), superando a T1 (328,25 cm) y T2 (319,0 cm); T0 registró 294,0 cm. Los coeficientes de variación fueron 2,81 % (30 días), 0,81 % (45 días) y 1,29 % (60 días), (Figura 1).

Figura 1

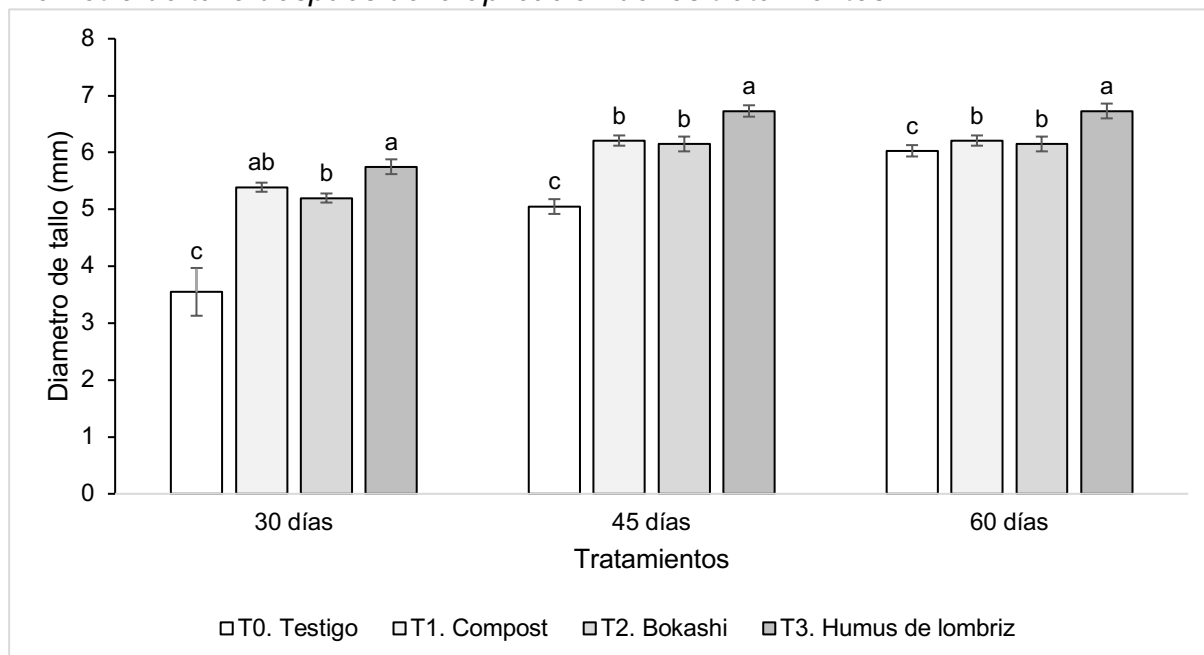
Altura de planta después de la aplicación de los tratamientos



Nota: Las barras representan la media aritmética de cada tratamiento. Las líneas sobre las barras la desviación estándar ($\pm$). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($p < 0.05$) (Autores, 2025).

3.2. Diámetro de tallo (mm)

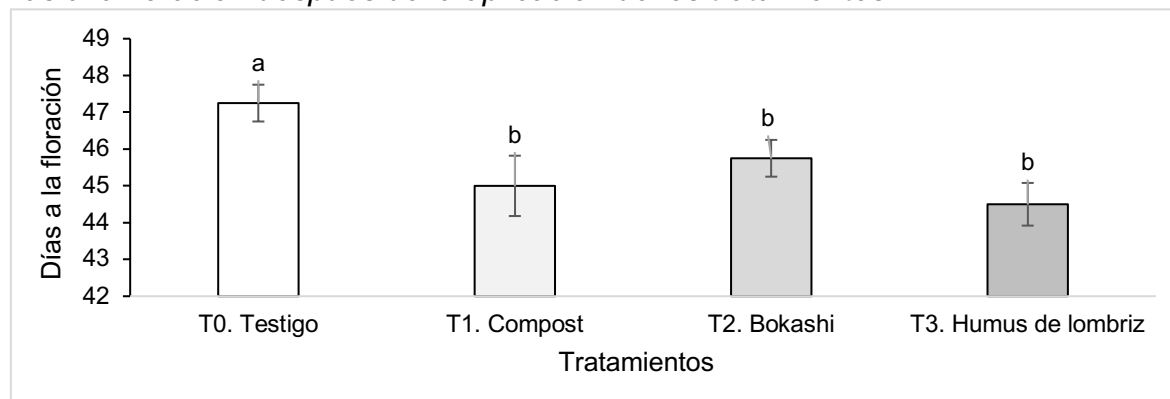
Se observaron diferencias significativas entre tratamientos en el diámetro del tallo a lo largo del ciclo. A los 30 días después del trasplante, los abonos orgánicos superaron al testigo, el humus de lombriz (T3) alcanzó 5,75 mm, compost (T1) 5,39 mm y bokashi (T2) 5,20 mm, frente a 3,55 mm en T0. A los 45 días, T3 alcanzó 6,73 mm, seguido de T1 (6,21 mm) y T2 (6,15 mm), todos superiores a T0 (5,05 mm). A los 60 días, T3 presentó el mayor engrosamiento (6,73 mm), superando a T1 (6,21 mm) y T2 (6,15 mm); T0 registró 6,03 mm. Los coeficientes de variación fueron 4,58 %, 1,85 % y 1,44 % a los 30, 45 y 60 días respectivamente (Figura 2).

Figura 2*Diámetro de tallo después de la aplicación de los tratamientos*

Nota: Las barras representan la media aritmética de cada tratamiento. Las líneas sobre las barras la desviación estándar ($\pm$). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($p<0.05$) (Autores, 2025).

3.3. Días a la floración

Respecto a la variable días a la floración, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. El tratamiento testigo (T0) presentó el mayor número de días para alcanzar la floración con un promedio de 47.25 días. En contraste, los tratamientos con abonos orgánicos mostraron una reducción en el tiempo requerido para la floración, siendo el humus de lombriz (T3) el que registró el menor número de días con 44.5, seguido por el compost (T1) con 45 días y el bokashi (T2) con 45.75 días, sin diferencias estadísticas entre ellos. El coeficiente de variación obtenido fue de 1.34% (Figura 3).

Figura 3*Días a la floración después de la aplicación de los tratamientos*

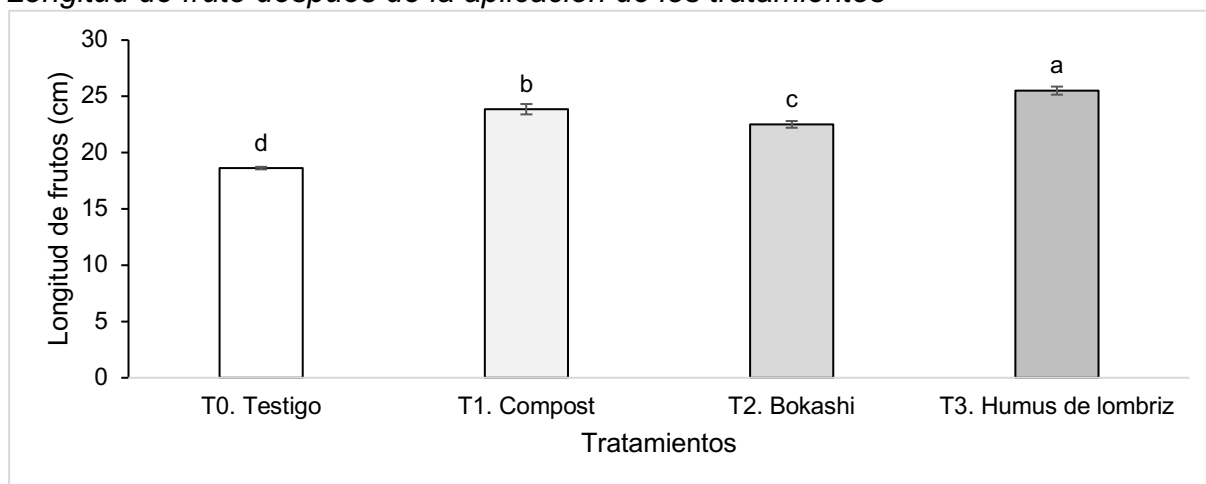
Nota: Las barras representan la media aritmética de cada tratamiento. Las líneas sobre las barras la desviación estándar ($\pm$). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($p<0.05$) (Autores, 2025).

3.4. Longitud del fruto (cm)

En la variable longitud de fruto, se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos aplicados. El tratamiento con humus de lombriz (T3) destacó por producir los frutos de mayor longitud, alcanzando un promedio de 25.51 cm, valor significativamente superior al resto de los tratamientos. Seguido del compost (T1) con 23.86 cm, y posteriormente el bokashi (T2) con 22.51 cm, superiores al tratamiento testigo (T0), que presentó la menor longitud con apenas 18.63 cm. El coeficiente de variación obtenido fue de 1.48% (Figura 4).

Figura 4

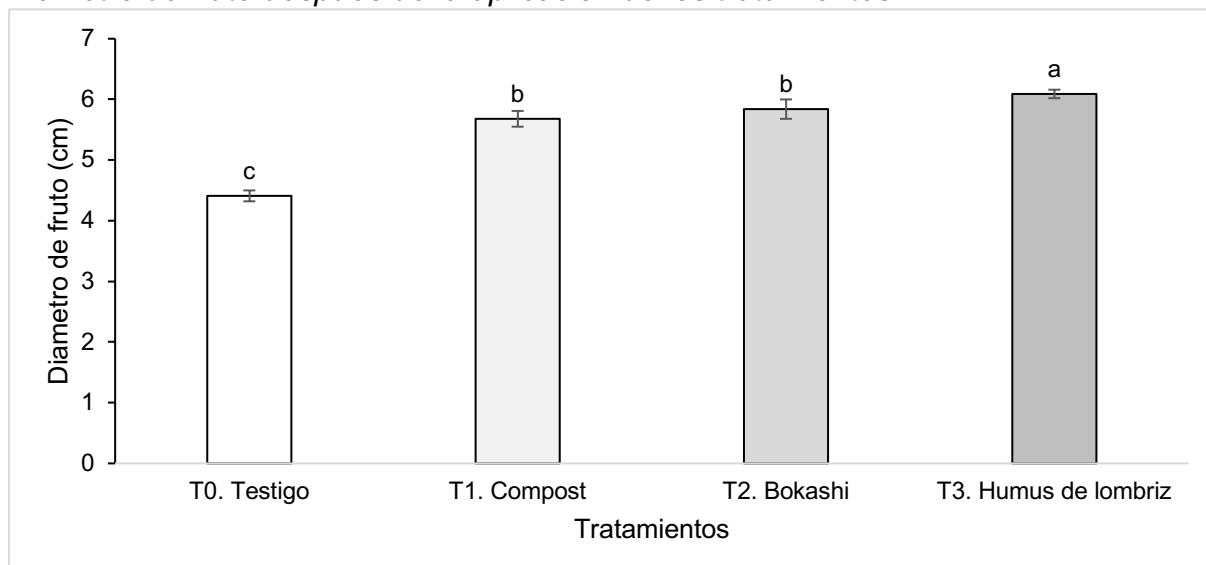
Longitud de fruto después de la aplicación de los tratamientos



Nota: Las barras representan la media aritmética de cada tratamiento. Las líneas sobre las barras la desviación estándar ($\pm$). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($p < 0.05$) (Autores, 2025).

3.5. Diámetro del fruto (cm)

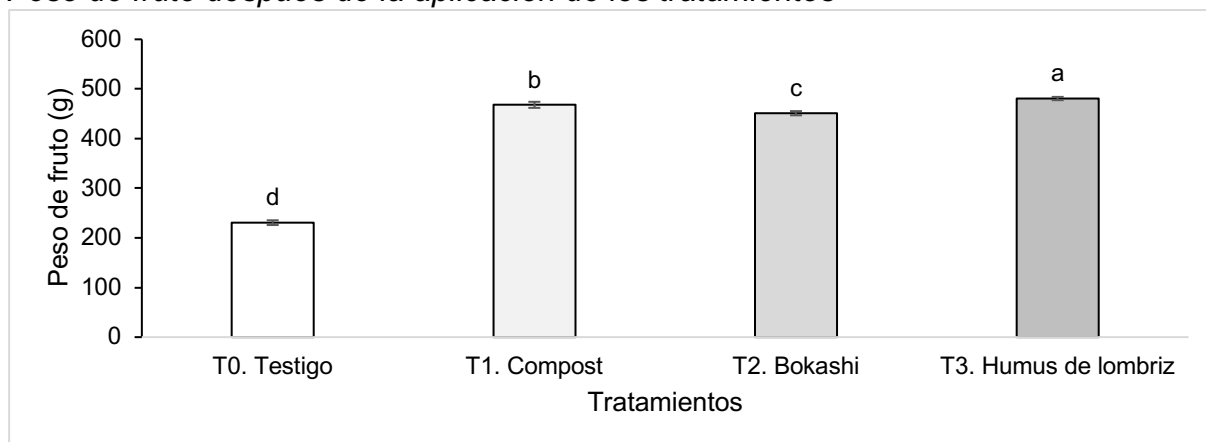
En cuanto al diámetro del fruto, los resultados revelaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento con humus de lombriz (T3) presentó el mayor diámetro promedio con 6.09 cm, significativamente superior sobre el desarrollo del fruto en comparación con los demás tratamientos. Los tratamientos con bokashi (T2) y compost (T1) mostraron diámetros de 5.84 cm y 5.68 cm, respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellos, pero ambos superiores al testigo (T0), que registró el menor diámetro con 4.41 cm. El coeficiente de variación obtenido fue de 2.12% (Figura 5).

Figura 5*Diámetro de fruto después de la aplicación de los tratamientos*

Nota: Las barras representan la media aritmética de cada tratamiento. Las líneas sobre las barras la desviación estándar ($\pm$). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($p < 0.05$) (Autores, 2025).

3.6. Peso del fruto (g)

En la variable peso de fruto, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento con humus de lombriz (T3) obtuvo el mayor peso promedio por fruto con 480.75 gramos, superando estadísticamente a todos los demás tratamientos. Seguido del compost (T1) con 468.05 gramos y el bokashi (T2) con 451.15 gramos, ambos con valores significativamente superiores al testigo (T0), que registró el menor peso con 230.65 gramos. El coeficiente de variación obtenido fue de 1.15% (Figura 6).

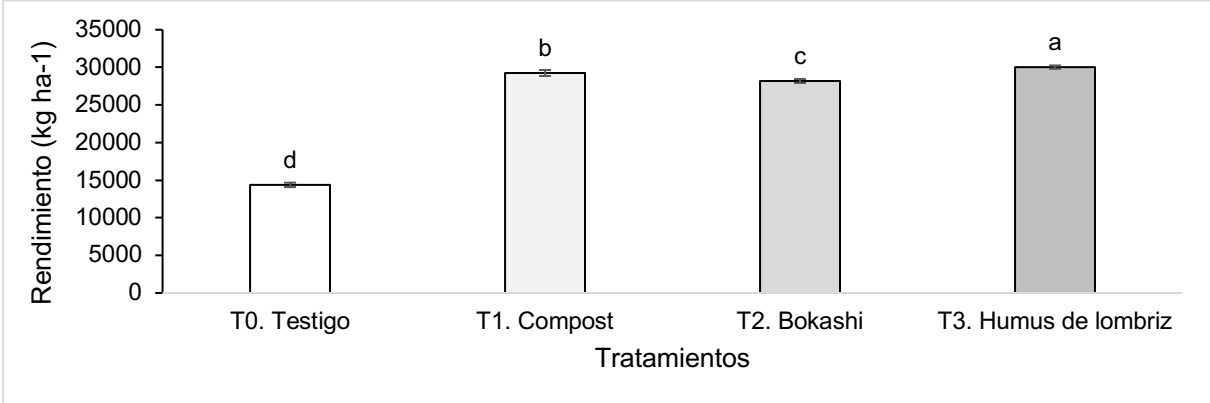
Figura 6*Peso de fruto después de la aplicación de los tratamientos*

Nota: Las barras representan la media aritmética de cada tratamiento. Las líneas sobre las barras la desviación estándar ($\pm$). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($p < 0.05$) (Autores, 2025).

3.7. Rendimiento (kg ha⁻¹)

En cuanto al rendimiento del cultivo expresado en kilogramos por hectárea, se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. El tratamiento con humus de lombriz (T3) obtuvo el mayor rendimiento con 30.027,63 kg ha⁻¹, superando significativamente a todos los demás tratamientos. El tratamiento con compost (T1) alcanzó un rendimiento de 29246.4 kg ha⁻¹, seguido por el bokashi (T2) con 28183.89 kg ha⁻¹, ambos con resultados significativamente superiores al tratamiento testigo (T0), que registró el menor rendimiento con 14374.91 kg ha⁻¹. El coeficiente de variación obtenido fue de 1.19% (Figura 7).

Figura 7
Rendimiento (kg ha⁻¹) después de la aplicación de los tratamientos



Nota: Las barras representan la media aritmética de cada tratamiento. Las líneas sobre las barras la desviación estándar ($\pm$). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($p<0.05$) (Autores, 2025).

3.8. Análisis económico

El análisis económico de los tratamientos aplicados en el cultivo de *Cucumis sativus* bajo condiciones protegidas mostró un beneficio positivo en el uso de abonos orgánicos en comparación con el testigo. La relación beneficio/costo (B/C) mayor se obtuvo con el tratamiento de humus de lombriz (T3) con un valor de 2.03, lo que indica que por cada dólar invertido se generaron \$2.03 de retorno. Le siguió el compost (T1) con una B/C de 1.98 y el bokashi (T2) con 1.86, reflejando altos niveles de rentabilidad (203.24%, 198.09% y 185.93%, respectivamente). En contraste, el tratamiento testigo (T0) presentó la menor eficiencia económica con una B/C de 0.48 y una rentabilidad de solo 47.88%, evidenciando que la inversión realizada no fue rentable (Tabla 1).

Tabla 1
Análisis económico de los tratamientos aplicados en el cultivo de pepino

Tratamientos	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Ingreso bruto (\$)	Costo total (\$)	Ingreso neto (\$)	B/C	Rentabilidad (%)
T0. Testigo	14374,91	15812,40	10692,50	5119,90	0,48	47,88
T1. Compost	29246,40	32171,04	10792,50	21378,54	1,98	198,09
T2. Bokashi	28183,89	31002,28	10842,50	20159,78	1,86	185,93
T3. Humus de lombriz	30027,63	33030,39	10892,50	22137,89	2,03	203,24

Nota: Precio de venta al público de \$1.10 dólares americanos (Autores, 2025).

4. Discusión

Los resultados obtenidos evidencian que los abonos orgánicos ejercieron efectos positivos sobre los parámetros morfofisiológicos y productivos de *Cucumis sativus* L. en invernadero. La aplicación de humus de lombriz (T3) mostró superioridad en todas las variables evaluadas, seguida por compost (T1) y bokashi (T2), mientras que el testigo (T0) registró los valores más bajos. La altura de planta aumentó con los abonos orgánicos, destacando el humus de lombriz por el mayor desarrollo vegetativo a los 60 días después del trasplante.

Estos hallazgos son congruentes con lo reportado por Neves et al. (2024), quienes atribuyen a los ácidos húmicos y fúlvicos del humus de lombriz la estimulación de la elongación celular y la división mitótica, con efectos directos en el crecimiento en altura. De manera complementaria, González et al. (2023) señalan que los abonos orgánicos liberan nutrientes de forma gradual, sosteniendo el suministro a lo largo del ciclo del cultivo y favoreciendo un crecimiento estable. El diámetro del tallo mostró una tendencia análoga, con valores superiores bajo humus de lombriz respecto del testigo; esta variable, relevante para el soporte y la conducción de agua y nutrientes, se ha correlacionado positivamente con la productividad en cucurbitáceas (Gabriel-Ortega et al., 2023).

La precocidad en floración observada con abonos orgánicos, especialmente con humus de lombriz, puede asociarse a la presencia de reguladores de crecimiento de origen biológico. Shirokov et al. (2023) identificaron en extractos de humus compuestos con actividad tipo citoquininas y giberelinas, implicados en la inducción floral. Los componentes de rendimiento respondieron significativamente a los abonos orgánicos: longitud, diámetro y peso promedio de fruto aumentaron bajo humus de lombriz. Estos resultados concuerdan con Tucuch et al. (2021), quienes reportaron incrementos de 32–45 % en el tamaño de frutos de cucurbitáceas con abonos orgánicos, atribuidos a mayor eficiencia fotosintética y mejor translocación de fotoasimilados.

Zayas et al. (2022) demostraron en plátano que la mejora de componentes de rendimiento con abonos orgánicos se asocia con mayor actividad enzimática del metabolismo de nitrógeno y carbono, así como con mayor síntesis y acumulación de compuestos estructurales. Esta intensificación metabólica podría sustentar la superioridad del humus de lombriz, dado que este abono presenta una diversidad microbiana y un contenido de compuestos bioactivos capaces de estimular procesos fisiológicos clave (Yatoo et al., 2021).

El rendimiento por hectárea, que integra los componentes anteriores, aumentó notablemente con humus de lombriz, alcanzando un 108,9 % por encima del testigo. Este efecto supera lo informado por Benazzouk et al. (2020) en tomate bajo invernadero (75–85 % con humus), lo que sugiere una mayor capacidad de respuesta del pepino a la fertilización orgánica, probablemente por su rápido crecimiento y elevada demanda nutrimental durante el llenado de frutos (Rehman et al., 2023).

Debe subrayarse la consistencia de la superioridad del humus de lombriz en todas las variables evaluadas. Ello es compatible con su composición nutrimental más equilibrada y con una microbiota más diversa y activa, en comparación con compost y bokashi (Przemieniecki et al., 2021). Makkar et al. (2023) indican que el tránsito por el tracto digestivo de las lombrices incorpora enzimas y microorganismos específicos, incrementando la disponibilidad de nutrientes y la presencia de metabolitos bioactivos en el producto final.

Las diferencias con lo reportado por Mamani et al. (2021) en lechuga, donde el bokashi superó al humus en rendimiento podrían explicarse por divergencias fisiológicas entre especies. Como plantea Bileva et al. (2020), los cultivos de fruto presentan requerimientos nutrimentales más altos y sostenidos que los de hoja, en particular durante floración y fructificación; en tales condiciones, un abono de liberación gradual como el humus de lombriz tendería a mostrar mayor eficacia.

En calabacín (*Cucurbita pepo* L.), Bellini et al. (2020) reportaron que la aplicación de 15 t ha⁻¹ de compost incrementó el rendimiento en 83 % respecto del control sin fertilización orgánica, valor inferior al 103,5 % observado con compost en el presente estudio. Resultados concordantes se describen en Afsharipour et al. (2024) para pepino, donde la incorporación de humus de lombriz al sustrato elevó el rendimiento en 95–110 % y mejoró la calidad nutricional del fruto (vitamina C, antioxidantes y compuestos fenólicos).

Desde una perspectiva bioquímica, la mejora de los componentes de rendimiento es consistente con el papel quelante de los ácidos húmicos y fúlvicos del humus de lombriz, que facilitan la absorción y translocación de micronutrientes hacia órganos reproductivos (López-Salazar et al., 2018). En el análisis económico, todos los tratamientos orgánicos resultaron rentables, destacándose el humus de lombriz con una relación beneficio/costo de 2,03, frente a un valor inferior a la unidad (0,48) en el testigo.

Finalmente, Blanco (2023) señala que los productos certificados como orgánicos o de bajo impacto ambiental pueden alcanzar sobrepuestos de 15–30 % en mercados especializados, lo que incrementaría adicionalmente la rentabilidad de sistemas basados en abonos orgánicos como los evaluados. En términos agroecológicos, la incorporación de abonos orgánicos contribuye a la sostenibilidad de los sistemas productivos al cerrar ciclos de nutrientes, incrementar la biodiversidad edáfica y mejorar de forma progresiva las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, elementos esenciales para la resiliencia del agroecosistema frente a condiciones adversas (Ramírez, 2022).

5. Conclusiones

El humus de lombriz (T3) evidenció el mejor desempeño integral del cultivo de *Cucumis sativus*. Se registraron las mayores alturas de planta y diámetros de tallo,

junto con una floración más temprana respecto de los demás tratamientos. En los atributos de fruto, T3 obtuvo las máximas longitudes, diámetros y pesos promedios, lo que se tradujo en el mayor rendimiento por hectárea. En términos económicos, T3 presentó la relación beneficio/costo más alto (2,03), confirmando su eficiencia. En conjunto, la aplicación de humus de lombriz mejoró de manera significativa el crecimiento, la precocidad y los indicadores productivos y de calidad del pepino, además de maximizar la rentabilidad frente a compost, bokashi y el testigo sin fertilización orgánica.

CONFLICTO DE INTERESES

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

Referencias Bibliográficas

- Afsharipour, S., Dastjerdi, A. M., & Seyedi, A. (2024). Palm peat in mixed culture media improves root system architecture (RSA) in *Cucumis sativus* seedlings. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 11(3). <https://doi.org/10.22059/ijhst.2023.358926.639>
- Agnew, J. M., & Leonard, J. J. (2003). The physical properties of compost. *Compost Science & Utilization*, 11(3), 238–264. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2003.10702132>
- Aslam, W., Noor, R. S., Hussain, F., Ameen, M., Ullah, S., & Chen, H. (2020). Evaluating morphological growth, yield, and postharvest fruit quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grafted on cucurbitaceous rootstocks. *Agriculture*, 10(4), 101. <https://doi.org/10.3390/agriculture10040101>
- Bellini, A., Ferrocino, I., Cucu, M. A., Pugliese, M., Garibaldi, A., & Gullino, M. L. (2020). A compost treatment acts as a suppressive agent in *Phytophthora capsici*–*Cucurbita pepo* pathosystem by modifying the rhizosphere microbiota. *Frontiers in Plant Science*, 11, 885. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00885>
- Benazzouk, S., Dobrev, P. I., Djazouli, Z. E., Motyka, V., & Lutts, S. (2020). Positive impact of vermicompost leachate on salt stress resistance in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) at the seedling stage: A phytohormonal approach. *Plant and Soil*, 446(1–2), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04361-x>
- Bileva, T., Petkova, N., & Babrikov, T. (2020). Influence of organic fertilization on nutritional characteristics and antioxidant capacity of melon fruits. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Food Science and Technology*, 77(2). <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-fst:2020.0013>
- Blanco Villacorta, M. W. (2023). El vermicompostaje: Una alternativa para potenciar la agricultura urbana. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 10(1). <https://doi.org/10.53287/siha3115kw72x>

- Cázarez-Flores, L. L., Partida-Ruvalcaba, L., Velázquez-Alcaraz, T. J., Zazueta-Torres, N. D., Yáñez-Juárez, M. G., Angulo-Castro, A., & Díaz-Valdés, T. (2024). Respuesta de dos variedades de pepino (*Cucumis sativus* L.) al silicio y cloro aplicados en casa sombra. *Terra Latinoamericana*, 42, e1620. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1620>
- Chong-Qui Cedeño, J. P. (2019). *Evaluación de tres tipos de compost en el rendimiento del cultivo de nabo (Brassica rapa L.)* [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3686>
- Cotrina-Cabello, V. R., Alejos-Patiño, I. W., Cotrina-Cabello, G. G., Córdova-Mendoza, P., & Córdova-Barrios, I. C. (2020). Efecto de abonos orgánicos en suelo agrícola de Purupampa Panao, Perú. *Centro Agrícola*, 47(2), 31–40. https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852020000200031
- Dibella, E., Aguilera, M. P., & Silva Furlani, N. D. V. (2021). *Elaboración de abono orgánico Bocashi: construcción de tecnologías apropiadas*. Ediciones INTA. <https://hdl.handle.net/20.500.12123/10539>
- Gabriel-Ortega, J., Medranda-Barre, J., Narváez-Campana, W., Ayón-Villao, F., & Castro-Landín, A. (2023). *Comportamiento agronómico de injertos de sandía en la zona Puerto Cayo en Ecuador*. *Agronomía Costarricense*, 47(1). <https://doi.org/10.15517/rac.v47i1.53951>
- Gabriel-Ortega, J., Pereira-Murillo, E., Ayón-Villao, F., Castro-Piguave, C., Delvalle-García, I., y Castillo, J. A. (2020). Development of an ecological strategy for the control of downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) in cucumber cultivation (*Cucumis sativus* L.). *Bionatura*, 5(2), 1101–1105. <https://doi.org/10.21931/RB/2020.05.02.3>
- González, A., Robledo-Torres, V., & Raquel, L. (2023). *Yield and antioxidant quality of Habanero chili pepper by supplementing potassium with organic products*. *Horticulturae*, 9, 797. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070797>
- Gutiérrez, E., & Cusi, R. (2024). Efecto de niveles de lixiviado de humus de lombriz con diferentes densidades de siembra en forraje verde hidropónico de maíz Cubano. *CIBUM SCIENTIA*, 3(1), 44–54. <https://doi.org/10.53287/etyb3196sv12z>
- 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>
- López-Bósquez, J., Salazar-Saltos, A., Durán-Mera, C., Pincay-Ronquillo, W., Solano-Apuntes, A., Zambrano-García, G., & Chusin-Gray, L. (2024). Efecto de enmiendas orgánicas sobre las características agronómicas y producción de pepino (*Cucumis sativus* L.). *Revista de investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*, 4(2), 01–10. <https://doi.org/10.25127/riagrop.20242.991>
- López-Salazar, R., González-Cervantes, G., Vázquez-Alvarado, R. E., Olivares-Sáenz, E., Vidales-Contreras, J. A., Carranza de la Rosa, R., & Ortega-Escobar,

- M. (2018). Metodología para obtener ácidos húmicos y fúlvicos y su caracterización mediante espectrofotometría infrarroja. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i8.1094>
- Mahapatra, S., Ali, M. H., & Samal, K. (2022). Assessment of compost maturity-stability indices and recent development of composting bin. *Energy Nexus*, 6, 100062. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100062>
- Makkar, C., Singh, J., Parkash, C., Singh, S., Vig, A. P., & Dhaliwal, S. S. (2023). Vermicompost acts as bio-modulator for plants under stress and non-stress conditions. *Environment, Development and Sustainability*, 25. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02132-w>
- Mamani Quispe, E. A., Molle Mamani, L. M., & Vicente Rojas, J. J. (2021). Rendimiento de dos variedades de lechuga (Black seeded Simpson y Grand Rapid) bajo dos tipos de fertilización orgánica en la comunidad de Sapecho-Palos Blancos. *Revista Estudiantil AGRO-VET*, 5(1), 13–18. <https://agrovet.umsa.bo/index.php/AGV/article/view/46>
- Neves, M. A., De Faria, R. S., & 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/IJEWM.2024.135879>
- Oba, M. M. S., Rivera, R. C., Luna, A. V., Murillo, A. C., Oba, A. S., Ramos, J. J. C., Rodríguez, A. R., Rangel, A. P. J., Ortiz, J. A. P., & Benítez, G. A. (2021). Evaluación de biol, bocashi, composta y vermicomposta en las variables morfológicas del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.). *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(3). <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n3-070>
- Olorunwa, O. J., Adhikari, B., Brazel, S., Popescu, S. C., Popescu, G. V., & Barickman, T. C. (2022). Short waterlogging events differently affect morphology and photosynthesis of two cucumber (*Cucumis sativus* L.) cultivars. *Frontiers in Plant Science*, 13, 896244. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.896244>
- Parra Terraza, S., Baca Castillo, G. A., Tirado Torres, J. L., Villarreal Romero, M., Sánchez Peña, P., y Hernández Verdugo, S. (2009). Calidad del fruto, composición y distribución de elementos minerales en pepino en respuesta a silicio y al potencial osmótico de la solución nutritiva. *Terra Latinoamericana*, 27(2), 123–131. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792009000200005
- Przemieniecki, S. W., Zapałowska, A., Skwiercz, A., Damszel, M., Telesiński, A., Sierota, Z., & Gorczyca, A. (2021). An evaluation of selected chemical, biochemical, and biological parameters of soil enriched with vermicompost. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(7). <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10981-z>
- Ramírez-Iglesias, E. (2022). La elaboración de abonos orgánicos y aprendizaje significativo para la transformación educativa en un contexto de transición agroecológica. *Cuadernos Inter.c.a.mbio sobre Centroamérica y el Caribe*, 19(2), e50595. <https://doi.org/10.15517/c.a.v19i2.50595>

- Ramírez, I. E. (2022). La elaboración de abonos orgánicos y aprendizaje significativo para la transformación educativa en un contexto de transición agroecológica. *Cuadernos Inter.c.a.mbio sobre Centroamérica y el Caribe*, 19(2), e50595. <https://doi.org/10.15517/c.a.v19i2.50595>
- Ramírez, J. M. M., Segovia, C. P., Díaz, R. D. V., & Aguilar, L. P. (2024). Fertilización orgánica de mango Haden en Lombardía Michoacán: Biofertilizantes en mango Haden. *Revista Bio Ciencias*, 11, e1579. <https://doi.org/10.15741/revbio.11.e1579>
- Rehman, S. ur, De Castro, F., Aprile, A., Benedetti, M., & Fanizzi, F. P. (2023). Vermicompost: Enhancing plant growth and combating abiotic and biotic stress. *Agronomy*, 13(4), 1134. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041134>
- Reyes-Pérez, J. J., Rivero-Herrada, M., Andagoya-Fajardo, C. J., Beltrán-Morales, F. A., Hernández-Montiel, L. G., García-Liscano, A. E., & Ruiz-Espinoza, F. H. (2021). Emergencia y características agronómicas del *Cucumis sativus* a la aplicación de quitosano, *Glomus cubense* y ácidos húmicos. *Biotecnia*, 23(3), 38–44. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i3.1427>
- Santoyo, L. M., Saavedra, T. M., Figueroa, G. A., Santoyo, A. M., & Martínez, P. R. (2022). Uso de estiércol bovino en la elaboración y maduración de un bocashi. *Journal of Agricultural Sciences Research*, 2(15). <https://doi.org/10.22533/at.ed.9732152212118>
- Sayara, T., Basheer-Salimia, R., Hawamde, F., & Sánchez, A. (2020). Recycling of organic wastes through composting: Process performance and compost application in agriculture. *Agronomy*, 10(11), 1838. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111838>
- Shirokov, Y., Borul'ko, V., Mochunova, N., & Tihnenko, V. (2023). Cavitation technology for the production of bionutrients from coprolites and evaluation of their effectiveness. In *E3S Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346001005>
- Tucuch Haas, C. J., Angulo Castro, A., & Tucuch Haas, J. I. (2021). Production and quality of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) with chemical and organic fertilization. *Agro Productividad*, 14(1). <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i14.1777>
- Yatoo, A. M., Ali, M. N., Baba, Z. A., & Hassan, B. (2021). Sustainable management of diseases and pests in crops by vermicompost and vermicompost tea: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41, 7. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00657-w>
- Zayas Sierra, F., Sánchez Bautista, N. I., Pedro Kesell, I. ., & Hernandez Trujillo, A. I. . (2022). Empleo del humus de lombriz como alternativa agroecológica para el incremento de los rendimientos agrícolas del cultivo plátano macho $\frac{3}{4}$ (musa sp.) en un sistema extra denso. *Investigación Y Ciencia Aplicada a La Ingeniería*, 5(29), 53–60. <https://ojsincaing.com.mx/index.php/ediciones/article/view/106>