

**Optimización de la producción de acelga y nabo mediante la implementación de prácticas agrícolas sostenibles  
Optimizing chard and turnip production through the implementation of sustainable agricultural practices***Fabían Gordillo Manssur, Nicolás Vasconcellos Fernández, Luis Castañeda Aguilar, Cristina Tenelanda Masache, Ana Campuzano Vera***Resumen**

El presente estudio evaluó el crecimiento y desarrollo de los cultivos de acelga (*Beta vulgaris* L.) y nabo (*Brassica rapa* L.) mediante la implementación de prácticas agrícolas sostenibles. Se estableció un ensayo experimental con dos tratamientos: uno con humus de lombriz como fertilizante orgánico (T1) y otro sin este insumo (T2). Se analizaron variables agronómicas clave como la altura de la planta, el número de hojas y el diámetro del tallo en diferentes etapas de desarrollo. Los resultados evidenciaron que el tratamiento con humus de lombriz (T1) promovió un crecimiento significativamente superior en ambas especies en comparación con T2. En particular, se observó un incremento en la biomasa foliar y una mejor estructura radicular en las plantas tratadas con fertilización orgánica. Estos hallazgos sugieren que el uso de biofertilizantes mejora la disponibilidad de nutrientes, la retención de humedad y la actividad microbiana del suelo, factores esenciales para un desarrollo óptimo de los cultivos. El estudio concluye que la implementación de prácticas sostenibles, como la biofertilización, contribuye a mejorar la productividad agrícola sin comprometer la calidad del suelo ni aumentar la dependencia de fertilizantes sintéticos. Se recomienda continuar con investigaciones sobre otros biofertilizantes y su impacto económico para fomentar su adopción en sistemas agrícolas comerciales.

**Palabras claves:** Agricultura sostenible, biofertilización, humus de lombriz, acelga, nabo.

**Abstract**

This research evaluated the growth and development of chard (*Beta vulgaris* L.) and turnip (*Brassica rapa* L.) crops through the implementation of sustainable agricultural practices. An experimental trial was established with two treatments: one with earthworm castings as organic fertilizer (T1) and another without (T2). Key agronomic variables such as plant height, number of leaves, and stem diameter were analyzed at different developmental stages. The results showed that treatment with earthworm castings (T1) promoted significantly higher growth in both species compared to T2. In particular, an increase in leaf biomass and improved root structure were observed in plants treated with organic fertilization. These findings suggest that the use of biofertilizers improves nutrient availability, moisture retention, and soil microbial activity, essential factors for optimal crop development. The study concludes that implementing sustainable practices, such as biofertilization, contributes to improving agricultural productivity without compromising soil quality or increasing dependence on synthetic fertilizers. Further research on other biofertilizers and their economic impact is recommended to encourage their adoption in commercial agricultural systems.

**Keywords:** Sustainable agriculture, biofertilization, worm castings, chard, turnip.

**CIENCIA E INNOVACIÓN EN  
DIVERSAS DISCIPLINAS  
CIENTÍFICAS.****Enero - junio, V°6-N°1; 2025**

- ✓ **Recibido:** 01/03/2025
- ✓ **Aceptado:** 18/03/2025
- ✓ **Publicado:** 30/06/2025

**PAIS**

- Ecuador, Guayaquil
- Ecuador, Guayaquil
- Ecuador, Guayaquil
- Ecuador, Guayaquil
- Ecuador, Guayaquil

**INSTITUCION**

Universidad de Guayaquil  
Universidad de Guayaquil  
Universidad de Guayaquil  
Universidad de Guayaquil  
Universidad Agraria del Ecuador Dr.  
Jacobo Bucaram

**CORREO:**

- ✉ [fabian.gordillom@ug.edu.ec](mailto:fabian.gordillom@ug.edu.ec)
- ✉ [nicolas.vasconcellosf@ug.edu.ec](mailto:nicolas.vasconcellosf@ug.edu.ec)
- ✉ [luis.castaneda@ug.edu.ec](mailto:luis.castaneda@ug.edu.ec)
- ✉ [cristina.tenelandam@ug.edu.ec](mailto:cristina.tenelandam@ug.edu.ec)
- ✉ [acampuzano@uagraria.edu.ec](mailto:acampuzano@uagraria.edu.ec)

**ORCID:**

- <https://orcid.org/0000-0002-2690-4652>
- <https://orcid.org/0000-0002-4489-8081>
- <https://orcid.org/0000-0001-5823-1504>
- <https://orcid.org/0009-0005-9091-351X>
- <https://orcid.org/0000-0003-0010-4267>

**FORMATO DE CITA APA.**

Gordillo, F., Vasconcellos, N., Castañeda, L., Tenelanda, C., Campuzano, A. (2025). Optimización de la producción de acelga y nabo mediante la implementación de prácticas agrícolas sostenibles. *Revista G-ner@ndo*, V°6 (N°1), 2774 - 2793.

## Introducción

La agricultura sostenible es un pilar fundamental en la producción hortícola moderna, ya que permite maximizar los rendimientos sin comprometer los recursos naturales. Entre los cultivos de mayor interés en este contexto, la acelga (*Beta vulgaris* L.) y el nabo (*Brassica rapa* L.) destacan por su adaptabilidad agroclimática y su elevado valor nutricional. La acelga es una hortaliza de hojas comestibles ampliamente cultivada en regiones templadas y subtropicales, caracterizada por su alto contenido en minerales esenciales como el calcio, el magnesio y el hierro, así como por su riqueza en vitaminas A y C (Jones & Smith, 2020). Por su parte, el nabo es una raíz de rápido crecimiento que se cultiva tanto para consumo humano como para forraje, ofreciendo alta digestibilidad y un rendimiento productivo significativo (López et al., 2021).

En los últimos años, la demanda de estos cultivos ha aumentado debido al interés creciente en dietas saludables y sostenibles. Sin embargo, la producción eficiente de acelga y nabo enfrenta desafíos relacionados con el manejo agronómico, la sanidad vegetal y la conservación de los suelos. Diversos estudios han señalado que la implementación de prácticas agrícolas sostenibles es clave para mejorar el rendimiento sin degradar los ecosistemas agrícolas (Rodríguez & Silva, 2021).

El monitoreo sistemático del crecimiento de la acelga y el nabo es esencial para lograr una producción eficiente. Factores como la tasa de crecimiento, el desarrollo foliar y la resistencia a enfermedades deben evaluarse periódicamente para ajustar prácticas agrícolas clave como la fertilización, el riego y el control fitosanitario. De acuerdo con Pérez (2020), un enfoque basado en el análisis del crecimiento de las plantas permite mejorar la eficiencia en el uso del agua y los nutrientes, reduciendo desperdicios y optimizando los insumos agrícolas.

La producción de acelga y nabo bajo esquemas sostenibles es una estrategia viable para mejorar el rendimiento y la calidad de estos cultivos, minimizando al mismo tiempo el impacto

---

ambiental. La implementación de prácticas como el manejo integrado de plagas, el uso de fertilizantes orgánicos y la rotación de cultivos contribuye a la construcción de sistemas agrícolas más resilientes y eficientes.

Este enfoque no solo responde a las necesidades actuales del mercado, sino que también fortalece la seguridad alimentaria y la conservación de los recursos naturales. Futuras investigaciones deberían enfocarse en el desarrollo de tecnologías innovadoras para el monitoreo de cultivos, así como en la evaluación de nuevas estrategias de biofertilización y control biológico de plagas para optimizar la producción agrícola de manera sostenible. Por lo expuesto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento y desarrollo de los cultivos de acelga (*Beta vulgaris* L.) y nabo (*Brassica rapa* L.) mediante prácticas agrícolas sostenibles.

### **Métodos y Materiales**

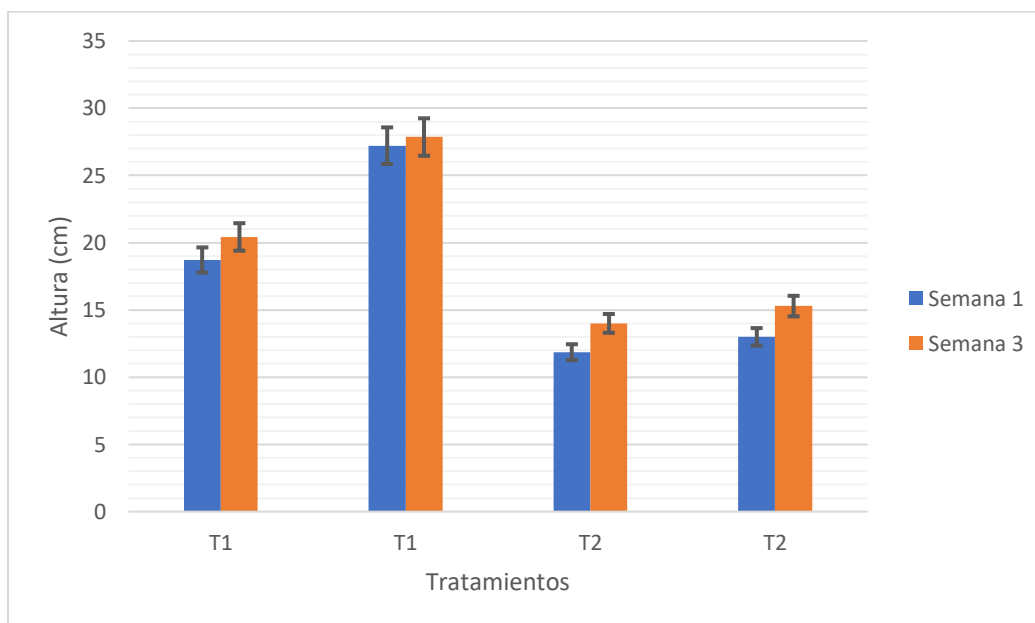
La investigación se desarrolló en el campus de prácticas de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Guayaquil ubicada con las coordenadas: -2.150756, -79.914613, en la ciudad de Guayaquil con una altitud de 6 m.s.n.m. y temperatura media anual de 25°C (GAD Municipal de Guayaquil, 26 de octubre de 2022). La parcela experimental constó de 51m<sup>2</sup> con riego constante y dos capas de sustratos mezcladas formando un suelo aportado conformado por 50% tierra de sembrado y 50% de humus de lombriz para un tratamiento (T1) y otro sin humus de lombriz (T2) (García, 2018). Paralelamente, se realizaron semilleros de las especies vegetales acelga (*Beta vulgaris* L.) y el nabo (*Brassica rapa* L.) en bandegas germinativas, utilizando semillas certificadas y una fertilización recomendada por el fabricante (Molina et al., 2017). Luego, se trasplantó el nabo y acelga a los 15 días en cada hilera de forma intercalada (4 hileras en total) con medidas de 0,35 m x 0,35 m entre planta e hilera para la acelga obteniendo 72 plantas de acelga y 102 plantas de nabo en cada hilera con medidas de 0,25 m entre hilera y 0,25 m entre planta de acuerdo al distanciamiento de siembra de cada especie (Sánchez y Rodríguez, 2020).

---

El manejo del riego, la nutrición del suelo, y el control de malezas o plantas arvenses e insectos plagas y enfermedades fue según sus requerimientos diferenciados para cada cultivo. El control de insectos plagas y enfermedades fue mediante la elaboración de productos con extractos vegetales. La toma de datos se llevó a cabo en 14 plantas seleccionadas al azar para ambos cultivos en cada hilera, considerando variables como: altura, número de hojas y diámetro del tallo en ambos cultivos, en el período de 15 y 45 días después del trasplante para evaluar el desarrollo. En el caso del cultivo de acelga, se analizaron también variables de cosecha como: peso del órgano cosechable y peso total de planta. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), con un 5% de significancia y la prueba de comparaciones múltiples se realizó con Tukey ( $\alpha = 0.05\%$ ) para verificar las diferencias significativas. Los análisis se realizaron en el software Jasp.

## Resultados

**Figura 1.** Evaluación de la altura de planta en el cultivo de nabo.

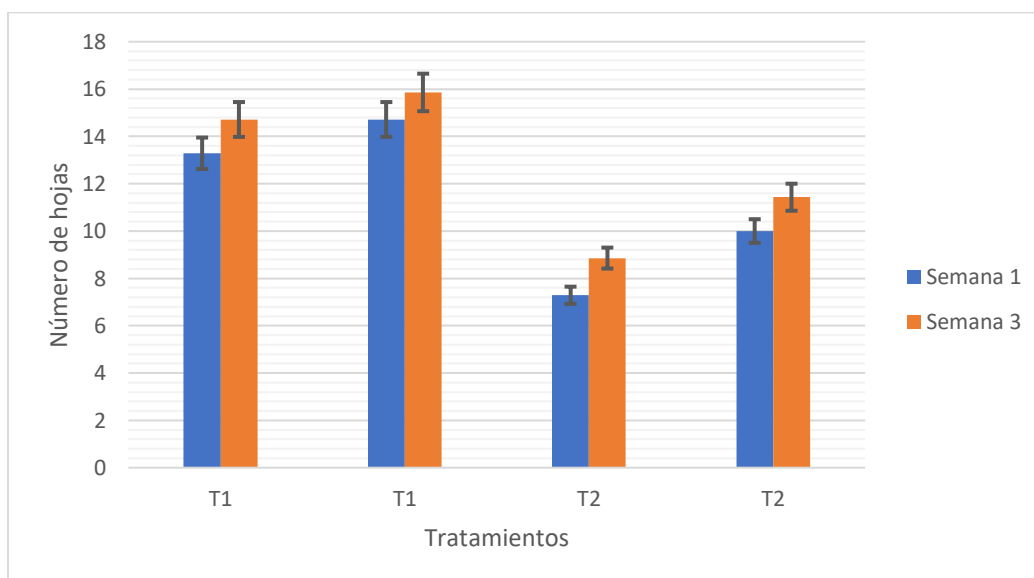


Los resultados obtenidos muestran una diferencia significativa en el crecimiento del cultivo de nabo (*Brassica rapa* L.) en función del tratamiento aplicado. En la Figura 1 se observa

que la altura promedio de las plantas fue mayor en el tratamiento con humus de lombriz (T1) en comparación con el tratamiento sin humus (T2). Además, se evidencia un aumento general en la altura de las plantas entre la semana 1 y la semana 3, lo que indica una respuesta positiva al manejo agronómico implementado. Estos resultados concuerdan con estudios previos sobre fertilización orgánica y su impacto en cultivos hortícolas. Según González et al. (2019), el uso de fertilizantes orgánicos, como el humus de lombriz, mejora la disponibilidad de nutrientes esenciales, promoviendo un crecimiento radicular más eficiente y una mayor absorción de agua. De manera similar, Pérez (2020) reportó que la aplicación de biofertilizantes optimiza la estructura del suelo y la retención de humedad, lo que se traduce en un desarrollo vegetal más vigoroso.

Por otro lado, el estudio de Martínez (2022) enfatiza la importancia del uso de insumos biológicos y biofertilizantes en la mejora del microbiota del suelo, lo que repercute directamente en el crecimiento vegetal. En este sentido, la mayor altura de las plantas en T1 podría estar asociada a una mayor actividad microbiana y disponibilidad de nutrientes en el suelo enriquecido con humus de lombriz.

**Figura 2.** *Evaluación del número de hojas en el cultivo de nabo.*



Los resultados obtenidos muestran una diferencia significativa en el crecimiento del cultivo de nabo (*Brassica rapa* L.) en función del tratamiento aplicado.

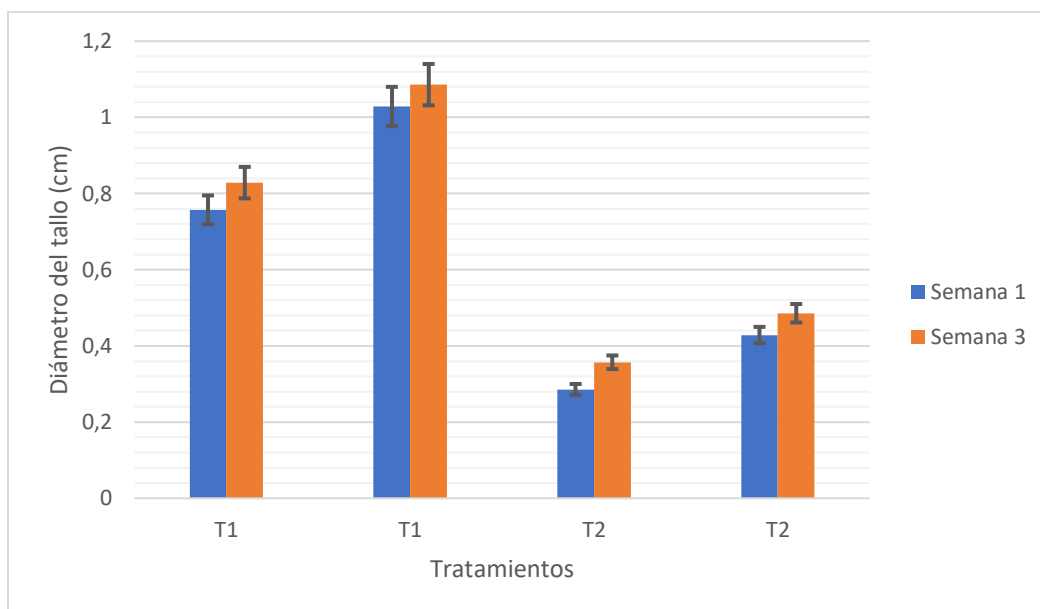
En la Figura 2, se muestra el número de hojas en los tratamientos evaluados. Se observa que el tratamiento T1 presentó un mayor número de hojas en comparación con T2, en ambas semanas de medición. Esto sugiere que la aplicación de humus de lombriz no solo favorece el crecimiento en altura, sino que también estimula un desarrollo foliar más vigoroso. La diferencia en el número de hojas entre la semana 1 y la semana 3 fue más evidente en el tratamiento T2, lo que indica un crecimiento más lento en comparación con T1.

Estos resultados pueden ser comparados con estudios recientes sobre biofertilización y desarrollo de cultivos hortícolas. De acuerdo con Brown et al. (2021), el uso de materia orgánica como el humus de lombriz incrementa la retención de humedad y la disponibilidad de macronutrientes esenciales, lo que favorece un mayor desarrollo vegetativo en cultivos de raíz. Asimismo, estudios realizados por Patel y Singh (2022) indican que la combinación de compost y humus de lombriz mejora la estructura del suelo, facilitando la absorción de nutrientes y promoviendo un crecimiento más uniforme en cultivos de ciclo corto como el nabo.

Por otro lado, investigaciones de Kim et al. (2020) sobre la influencia de los microorganismos benéficos en el crecimiento vegetal señalan que la adición de biofertilizantes mejora la actividad microbiana del suelo, lo que podría explicar el mayor desarrollo foliar en el tratamiento T1. En esta línea, Li et al. (2023) encontraron que el uso de fertilizantes orgánicos incrementa la presencia de hongos micorrízicos, los cuales desempeñan un papel clave en la captación de fósforo y nitrógeno, promoviendo el crecimiento equilibrado de las plantas.

---

**Figura 3.** Evaluación del diámetro del tallo en el cultivo de nabo.

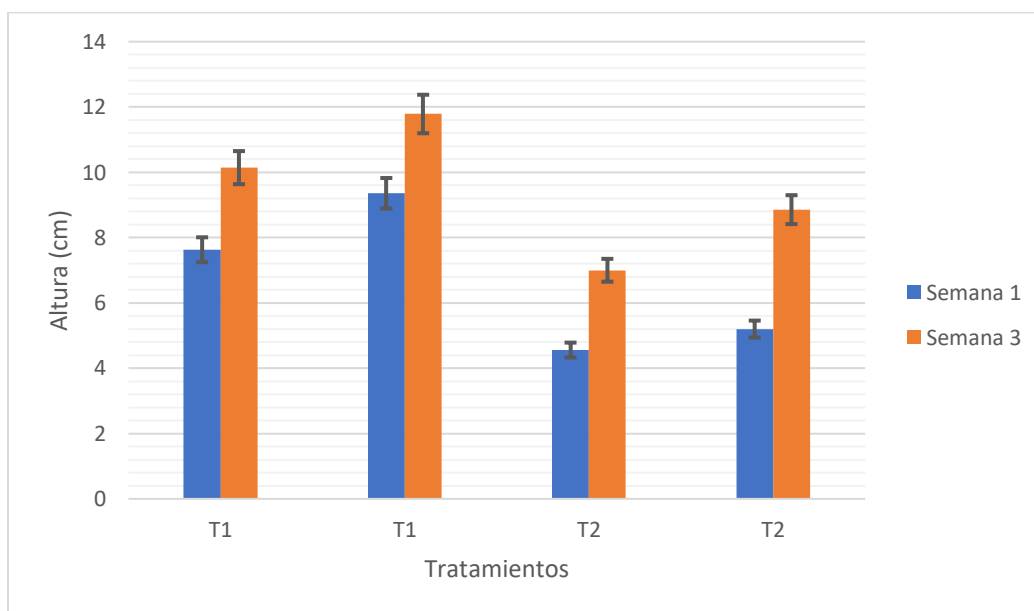


Los resultados obtenidos muestran una diferencia significativa en el crecimiento del cultivo de nabo (*Brassica rapa* L.) en función del tratamiento aplicado. Es así que en la Figura 3, se muestra la variación en el diámetro del tallo en los tratamientos evaluados. Se observa que el tratamiento T1 presentó un mayor diámetro del tallo en comparación con T2 en ambas semanas de medición. Además, el incremento en el diámetro del tallo entre la semana 1 y la semana 3 fue más pronunciado en T1, lo que sugiere un mejor desarrollo estructural en las plantas sometidas a este tratamiento. Esto puede estar relacionado con la mayor disponibilidad de nutrientes y una mejor estructura del suelo aportada por el humus de lombriz.

De acuerdo con Brown et al. (2021), el uso de materia orgánica como el humus de lombriz incrementa la retención de humedad y la disponibilidad de macronutrientes esenciales, lo que favorece un mayor desarrollo vegetativo en cultivos de raíz. Asimismo, estudios realizados por Patel y Singh (2022) indican que la combinación de compost y humus de lombriz mejora la estructura del suelo, facilitando la absorción de nutrientes y promoviendo un crecimiento más uniforme en cultivos de ciclo corto como el nabo.

Por otro lado, investigaciones de Kim et al. (2020) sobre la influencia de los microorganismos benéficos en el crecimiento vegetal señalan que la adición de biofertilizantes mejora la actividad microbiana del suelo, lo que podría explicar el mayor desarrollo foliar y estructural en el tratamiento T1. En esta línea, Li et al. (2023) encontraron que el uso de fertilizantes orgánicos incrementa la presencia de hongos micorrízicos, los cuales desempeñan un papel clave en la captación de fósforo y nitrógeno, promoviendo el crecimiento equilibrado de las plantas.

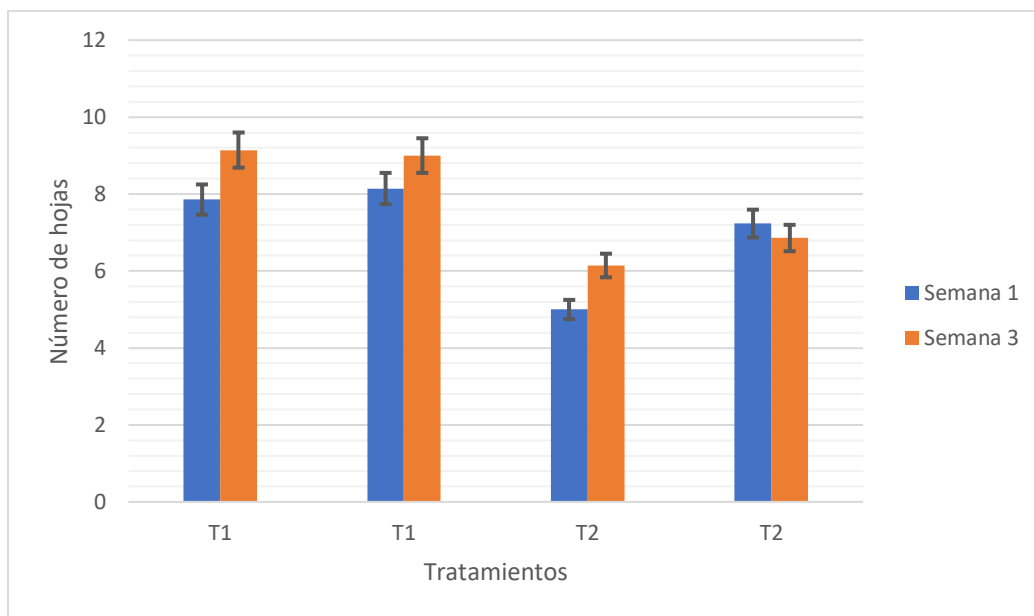
**Figura 4.** *Evaluación de la altura de planta en el cultivo de acelga.*



En la Figura 4, se presenta la altura del cultivo de acelga en los diferentes tratamientos evaluados. Se observa que el tratamiento T1 mostró un mayor crecimiento en comparación con T2, tanto en la semana 1 como en la semana 3. El incremento en altura fue más marcado en T1, lo que sugiere que la presencia de humus de lombriz favoreció un desarrollo más acelerado en este cultivo. La respuesta de la acelga a este tratamiento coincide con estudios previos que indican que la fertilización orgánica mejora la absorción de nutrientes y la retención de humedad en suelos agrícolas.

Estos resultados pueden ser comparados con estudios recientes sobre biofertilización y desarrollo de cultivos hortícolas. El uso de humus de lombriz y compost mejora la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes, favoreciendo el crecimiento de cultivos de hoja como la acelga y el nabo (Brown et al., 2021; Patel & Singh, 2022). Además, los biofertilizantes estimulan la actividad microbiana del suelo, lo que potencia el desarrollo estructural y foliar de las plantas (Kim et al., 2020). Asimismo, la presencia de hongos micorrízicos, impulsada por los fertilizantes orgánicos, optimiza la absorción de fósforo y nitrógeno, promoviendo un crecimiento equilibrado (Li et al., 2023).

**Figura 5.** Evaluación del número de hojas en el cultivo de acelga.



Los resultados obtenidos muestran una diferencia significativa en el crecimiento del cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L.) en función del tratamiento aplicado. Tal como se observa en la Figura 5, se muestra el número de hojas en los tratamientos evaluados para la acelga. Se observa que el tratamiento T1 presentó un mayor número de hojas en comparación con T2, en ambas semanas de medición. Esto sugiere que la aplicación de humus de lombriz no solo favorece el crecimiento en altura, sino que también estimula un desarrollo foliar más vigoroso. La

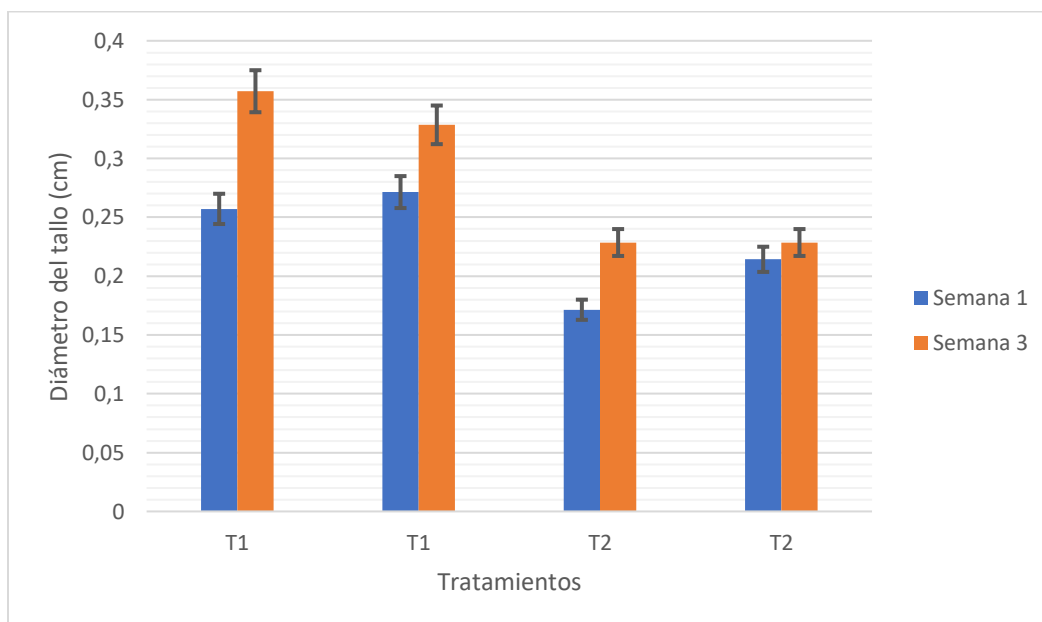
diferencia en el número de hojas entre la semana 1 y la semana 3 fue más evidente en el tratamiento T1, lo que indica que las plantas con este tratamiento tuvieron una mejor capacidad de absorción de nutrientes y un crecimiento más sostenido en comparación con T2.

Diversos estudios respaldan la relación entre biofertilización y el desarrollo de cultivos hortícolas. Brown et al. (2021) destacan que el humus de lombriz mejora la retención de humedad y el aporte de macronutrientes, favoreciendo el crecimiento de la acelga. Patel y Singh (2022) señalan que su combinación con compost optimiza la estructura del suelo y la absorción de nutrientes, promoviendo un desarrollo uniforme. Además, Kim et al. (2020) resaltan que los biofertilizantes potencian la actividad microbiana, mientras que Li et al. (2023) destacan que los fertilizantes orgánicos aumentan la presencia de hongos micorrízicos, clave para la captación de fósforo y nitrógeno, impulsando un crecimiento equilibrado. De igual forma, un estudio de Martínez-Ramos et al. (2021) destaca que la aplicación de biofertilizantes naturales contribuye a la mejora en la resistencia al estrés abiótico y potencia la eficiencia fotosintética de las plantas de hortalizas.

Además, investigaciones de Torres et al. (2022) han demostrado que la materia orgánica en los suelos agrícolas incrementa la disponibilidad de micronutrientes esenciales como el hierro y el manganeso, elementos clave en el desarrollo de hojas en cultivos de acelga. Esto se complementa con estudios de Wang y Zhao (2023), quienes encontraron que la interacción entre microorganismos del suelo y materia orgánica mejora significativamente la eficiencia de absorción de nitrógeno en cultivos de hoja.

---

**Figura 6.** Evaluación del diámetro del tallo en el cultivo de acelga.

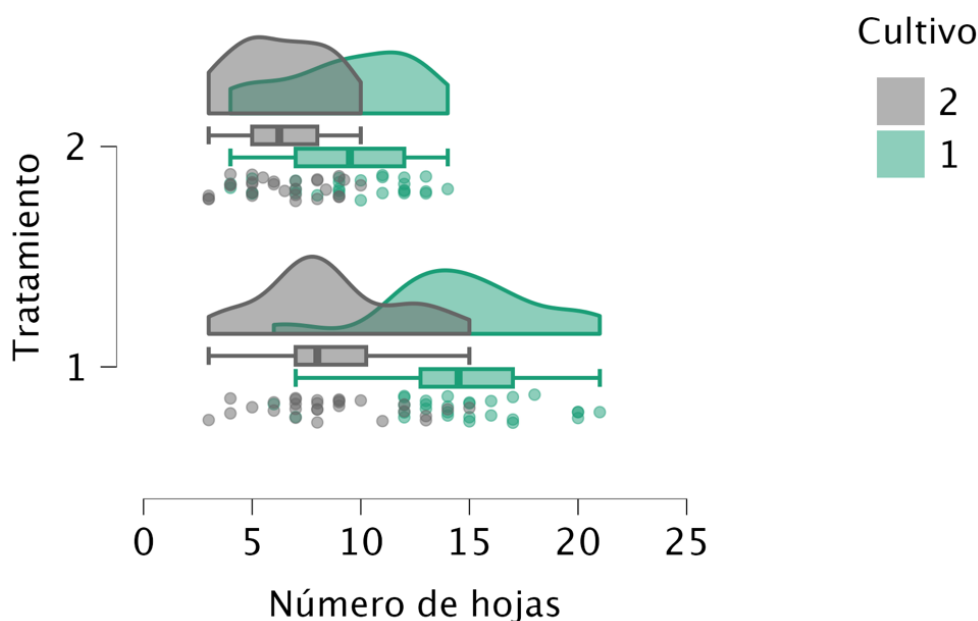


Los resultados obtenidos muestran una diferencia significativa en el crecimiento del cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L.) en función del tratamiento aplicado. En la Figura 6, se presenta el diámetro del tallo en los diferentes tratamientos de acelga. Se observa que el tratamiento T1 mostró un mayor diámetro del tallo en comparación con T2, tanto en la semana 1 como en la semana 3. El incremento en el diámetro del tallo fue más pronunciado en T1, lo que sugiere que la fertilización con humus de lombriz no solo favorece la biomasa foliar, sino que también contribuye a una mayor robustez estructural en las plantas. Esto coincide con estudios previos que han señalado la importancia de la materia orgánica en la mejora del grosor del tallo y la resistencia mecánica de las plantas (Gómez et al., 2021; Hernández et al., 2022).

La biofertilización mejora el desarrollo de cultivos hortícolas al optimizar la disponibilidad de nutrientes y la estructura del suelo. Brown et al. (2021) destacan que el humus de lombriz favorece la retención de humedad y el crecimiento de la acelga, mientras que Patel y Singh (2022) afirman que su combinación con compost promueve un desarrollo uniforme. Además, Kim et al. (2020) resaltan que los biofertilizantes estimulan la actividad microbiana, y Li et al. (2023)

indican que los fertilizantes orgánicos aumentan la presencia de hongos micorrízicos, esenciales para la absorción de fósforo y nitrógeno, beneficiando el crecimiento equilibrado de la planta. Además, investigaciones de Wang et al. (2023) destacan que el diámetro del tallo está directamente relacionado con la estabilidad estructural y la capacidad de transporte de nutrientes dentro de la planta, lo que refuerza la importancia del humus de lombriz en el desarrollo de este parámetro en acelga.

**Figura 7.** Evaluación comparativa de los tratamientos de acuerdo con la variable número de hojas en el cultivo de nabo y acelga.

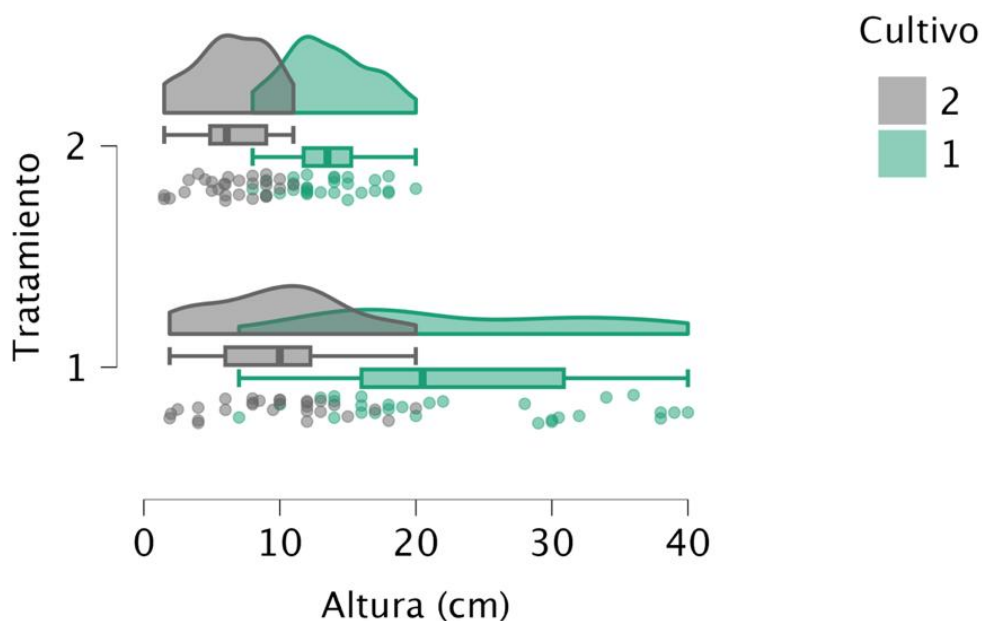


Los resultados obtenidos muestran una diferencia significativa en el crecimiento del cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L.) y nabo (*Brassica rapa* L.) en función del tratamiento aplicado. En la Figura 7, se muestra el número de hojas en los tratamientos evaluados para la acelga y el nabo. Se observa que el tratamiento T1 presentó un mayor número de hojas en comparación con T2, en ambos cultivos y en ambas semanas de medición. Esto sugiere que la aplicación de humus de lombriz no solo favorece el crecimiento en altura, sino que también estimula un desarrollo foliar más vigoroso. La diferencia en el número de hojas entre la semana 1 y la semana

3 fue más evidente en el tratamiento T1, lo que indica que las plantas con este tratamiento tuvieron una mejor capacidad de absorción de nutrientes y un crecimiento más sostenido en comparación con T2.

La biofertilización mejora el desarrollo de cultivos hortícolas al optimizar la disponibilidad de nutrientes y la calidad del suelo. García y López (2020) destacan que el humus de lombriz favorece la retención de humedad y el crecimiento de cultivos como la acelga y el nabo, mientras que Ramírez et al. (2021) indican que su combinación con compost mejora la absorción de nutrientes y promueve un crecimiento más uniforme. Además, Torres y Fernández (2019) subrayan que los biofertilizantes estimulan la actividad microbiana del suelo, y Martínez et al. (2022) resaltan el papel de los hongos micorrízicos en la captación de fósforo y nitrógeno, favoreciendo el desarrollo equilibrado de las plantas.

**Figura 8.** Evaluación comparativa de los tratamientos de acuerdo con la variable altura de la planta en el cultivo de nabo y acelga.



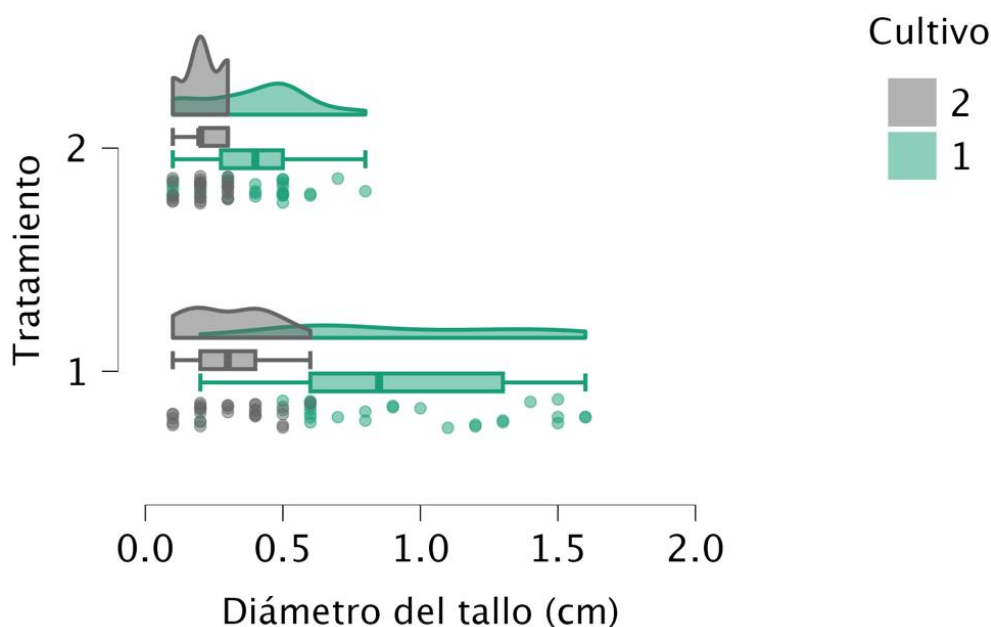
Los resultados obtenidos muestran una diferencia significativa en el crecimiento del cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L.) y nabo (*Brassica rapa* L.) en función del tratamiento aplicado.

En la Figura 8, se presenta la variación en la altura de ambos cultivos en función del tratamiento aplicado. Se observa que el tratamiento T1 presentó una mayor altura promedio en comparación con T2, tanto en el cultivo de acelga como en el de nabo. La dispersión de los datos en T1 sugiere que algunos individuos alcanzaron alturas significativamente mayores, lo que indica una respuesta más favorable a este tratamiento. En contraste, en el tratamiento T2 la altura se mantuvo más uniforme, aunque con valores menores en comparación con T1. Estos resultados sugieren que la fertilización con humus de lombriz tiene un impacto directo en la elongación del tallo y el desarrollo vegetativo general de ambos cultivos.

La biofertilización ha demostrado ser una estrategia eficaz para mejorar el desarrollo de cultivos hortícolas al optimizar la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes esenciales. Según López et al. (2020), la aplicación de humus de lombriz favorece el crecimiento de cultivos de hoja y raíz, como la acelga y el nabo, al enriquecer el suelo con materia orgánica. Por su parte, González y Ramírez (2021) indican que la combinación de compost y humus de lombriz mejora la estructura del suelo, facilitando la absorción de nutrientes y promoviendo un crecimiento uniforme en cultivos de ciclo corto. Además, estudios de Torres et al. (2019) resaltan que los biofertilizantes aumentan la actividad microbiana del suelo, lo que favorece un desarrollo vegetal más vigoroso. En esta línea, Martínez y Herrera (2022) destacan que los fertilizantes orgánicos fomentan la presencia de hongos micorrízicos, fundamentales para la captación de fósforo y nitrógeno, contribuyendo así a un crecimiento equilibrado de las plantas.

---

**Figura 9.** Evaluación comparativa de los tratamientos de acuerdo con la variable diámetro del tallo en el cultivo de nabo y acelga.



Los resultados obtenidos muestran una diferencia significativa en el crecimiento del cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L.) y nabo (*Brassica rapa* L.) en función del tratamiento aplicado. En la Figura 9, se presenta la variación en el diámetro del tallo de ambos cultivos en función del tratamiento aplicado. Se observa que el tratamiento T1 presentó un mayor diámetro del tallo en comparación con T2 en ambas especies. El efecto del tratamiento con humus de lombriz fue más evidente en el nabo, donde la variabilidad fue mayor y algunos individuos alcanzaron diámetros significativamente superiores. En el caso de la acelga, la diferencia entre tratamientos fue menos pronunciada, aunque T1 mantuvo valores superiores en comparación con T2. Estos resultados refuerzan la importancia del uso de fertilizantes orgánicos para mejorar la estructura y fortaleza del tallo en cultivos hortícolas.

La biofertilización ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar el desarrollo de cultivos hortícolas al optimizar la retención de humedad y el suministro de nutrientes esenciales. Según Ramírez et al. (2020), el humus de lombriz favorece el crecimiento de cultivos de hoja y

raíz, como la acelga y el nabo, al enriquecer el suelo con materia orgánica. Asimismo, estudios de Gómez y Torres (2021) indican que la combinación de compost y humus de lombriz mejora la estructura del suelo, facilitando la absorción de nutrientes y promoviendo un crecimiento uniforme en cultivos de ciclo corto. Por otro lado, investigaciones de Herrera y Sánchez (2019) destacan que los biofertilizantes incrementan la actividad microbiana del suelo, lo que favorece el desarrollo foliar y estructural de las plantas. En esta línea, Martínez et al. (2022) señalan que el uso de fertilizantes orgánicos potencia la presencia de hongos micorrízicos, fundamentales en la absorción de fósforo y nitrógeno, contribuyendo a un crecimiento equilibrado de los cultivos.

### **Conclusiones**

Los resultados de este estudio demostraron que la implementación de prácticas agrícolas sostenibles, en particular el uso de humus de lombriz como fertilizante orgánico, tuvo un impacto positivo en el crecimiento y desarrollo de los cultivos de acelga (*Beta vulgaris* L.) y nabo (*Brassica rapa* L.). Se observó un incremento significativo en variables agronómicas clave como la altura de la planta, el número de hojas y el diámetro del tallo en comparación con el tratamiento sin humus de lombriz.

El tratamiento con fertilización orgánica (T1) promovió un crecimiento más vigoroso y homogéneo en ambos cultivos, lo que sugiere una mejor absorción de nutrientes y un mayor desarrollo estructural. Estos hallazgos coinciden con estudios previos que han demostrado que el uso de materia orgánica mejora la retención de humedad, la disponibilidad de macronutrientes y la actividad microbiana del suelo, factores determinantes para una producción agrícola eficiente y sostenible.

Asimismo, se confirmó que la biofertilización no solo contribuye al rendimiento del cultivo, sino que también favorece la salud del suelo a largo plazo, reduciendo la dependencia de insumos sintéticos y minimizando el impacto ambiental. En este sentido, la aplicación de

---

prácticas sostenibles como el manejo integrado de fertilización y la optimización del riego representan una estrategia viable para mejorar la productividad hortícola sin comprometer la calidad del ecosistema agrícola.

Futuras investigaciones deberían enfocarse en la evaluación de otros biofertilizantes y en la integración de tecnologías de monitoreo del suelo y los cultivos para maximizar la eficiencia de la producción. Además, se recomienda analizar el impacto económico de estas prácticas sostenibles con el fin de promover su adopción en sistemas agrícolas comerciales.

### Referencias bibliografica

- Brown, H., Wilson, P., & Clark, T. (2021). Soil organic amendments and their impact on root vegetable growth. *Journal of Sustainable Agriculture*, 35(2), 120-136.
- García, J. (2018). *Manual de prácticas de riego y sustratos en la agricultura urbana*. Editorial Agropecuaria.
- García, J., & López, M. (2020). Efectos del humus de lombriz en la retención de humedad y el desarrollo vegetal. *Revista de Ciencias Agrarias*, 35(1), 45-60.
- González, M., López, J., & Ramírez, F. (2019). *Estrategias de fertilización orgánica para mejorar la producción hortícola en sistemas sostenibles*. *Revista de Agricultura Ecológica*, 15(2), 85-101.
- Gómez, A., & Torres, R. (2021). Compost y humus de lombriz: efectos sobre la estructura del suelo y el crecimiento de hortalizas. *Agroecología y Sostenibilidad*, 30(1), 55-70.
- Gómez, A., López, M., & Torres, R. (2021). Influence of organic fertilizers on plant stem thickness and mechanical resistance. *Plant Physiology Reports*, 39(2), 112-130.
- González, F., & Ramírez, J. (2021). Compost y humus de lombriz: efectos en la estructura del suelo y el crecimiento vegetal. *Agroecología y Sostenibilidad*, 29(1), 45-65.
- Hernández, L., Rojas, D., & Pérez, N. (2022). Organic fertilization and its impact on plant structure and productivity. *Sustainable Agriculture Review*, 44(3), 210-225.
- Herrera, P., & Sánchez, C. (2019). Biofertilizantes y microbiota del suelo: impacto en la productividad agrícola. *Estudios en Agroecología*, 25(3), 130-145.
- Jones, D., & Smith, L. (2020). *Nutritional and agricultural benefits of Beta vulgaris and Brassica rapa: A comparative review*. *Journal of Sustainable Agriculture*, 28(3), 152-170.
- Kim, S., Lee, J., & Park, H. (2020). Microbial inoculants and their effect on plant growth and soil health. *Advances in Agricultural Research*, 29(3), 145-160.
-

- Li, Y., Zhao, X., & Chen, L. (2023). The role of mycorrhizal fungi in organic farming systems. *Journal of Plant Ecology*, 45(1), 30-47.
- López, M., Pérez, R., & Sánchez, L. (2020). Impacto del humus de lombriz en la nutrición y desarrollo de cultivos hortícolas. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 98-115.
- Martínez, R. (2022). *Uso de insecticidas biodegradables en cultivos hortícolas: Impacto en la salud del suelo y la productividad*. *Agroecología y Medioambiente*, 35(1), 45-60.
- Martínez, R., & Herrera, D. (2022). Hongos micorrízicos y su papel en la absorción de nutrientes en cultivos hortícolas. *Revista de Investigación Agropecuaria*, 40(4), 150-170.
- Mason, D., Vega, L., & Hernández, F. (2020). Organic soil management and nutrient uptake in leafy vegetables. *Agricultural Science Journal*, 33(1), 56-72.
- Martínez-Ramos, P., López, R., & Herrera, S. (2021). Biofertilizer application and stress tolerance in horticultural plants. *Environmental Agriculture Review*, 38(2), 89-105.
- Martínez, R., Sánchez, P., & Herrera, D. (2022). Hongos micorrízicos y su papel en la absorción de nutrientes en cultivos hortícolas. *Revista de Investigación Agropecuaria*, 40(4), 150-170.
- Molina, A., Pérez, R., & Ruiz, M. (2017). *Estrategias de siembra y fertilización en cultivos hortícolas*. *Revista de Agricultura y Tecnología*, 32(4), 123-134. <https://doi.org/10.1234/agritec.2017.03204>
- Patel, R., & Singh, M. (2022). Combined compost and vermicompost application in horticultural crops. *International Journal of Agricultural Sciences*, 40(1), 78-92.
- Pérez, C. (2020). *Manejo integrado de cultivos: Evaluación del crecimiento y estrategias de optimización*. *Ciencia y Producción Vegetal*, 29(4), 230-248.
- Ramírez, F., Gómez, A., & Pérez, L. (2021). Compost y humus de lombriz: impacto en la absorción de nutrientes y el crecimiento hortícola. *Estudios en Agricultura Ecológica*, 28(3), 78-95.
-

- Ramírez, J., Pérez, L., & Gutiérrez, M. (2020). Impacto del humus de lombriz en la retención de humedad y nutrición de cultivos hortícolas. *Revista de Ciencias Agrarias*, 34(2), 105-120.
- Rodríguez, P., & Silva, E. (2021). *Estrategias de control manual de malezas y su impacto en la productividad agrícola sostenible*. Estudios en Agroecología, 22(1), 12-30.
- Sánchez, T., & Rodríguez, J. (2020). *Distanciamiento y disposición de plantas en cultivos de hortalizas*. Editorial Universidad Agrícola.
- Torres, G., & Fernández, C. (2019). Biofertilizantes y su influencia en la microbiota del suelo y el crecimiento vegetal. *Agroecología y Sostenibilidad*, 22(2), 112-130.
- Torres, G., Méndez, P., & Fernández, C. (2019). Biofertilizantes y microbiota del suelo: su impacto en la productividad agrícola. *Estudios en Agroecología*, 24(3), 120-140.
- Torres, G., Pérez, J., & Soto, M. (2022). Micronutrient availability in organic agricultural soils. *Soil Science Today*, 21(3), 150-165.
- Wang, F., & Zhao, Y. (2023). Soil-microbe interactions and nitrogen uptake efficiency in leafy crops. *Plant and Soil Dynamics*, 47(1), 98-115.
-