



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2026,
Volumen 10, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i4

EFFECTO DE MICROTÚNELES SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PIMIENTO EN EL CANTÓN LA TRONCAL

**EFFECTS OF MICROTUNNELS ON PEPPER CROP YIELD IN
LA TRONCAL CANTON.**

Óscar Willian Quizhpi Bustos
Universidad Católica de Cuenca

Cristhian Orlando Farez Calderón
Universidad Católica de Cuenca

Diego Josué Fares Farez
Universidad Católica de Cuenca

Josue Aldahir Molina Llivicota
Universidad Católica de Cuenca

Boris Lenin Romero Sandoval
Universidad Católica de Cuenca

Efecto de microtúneles sobre el rendimiento del cultivo de pimiento en el cantón La Troncal.

Óscar Willian Quizhpi Bustos¹

osca.quizhpi@est.ucacue.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0007-9456-6345>

Universidad Católica de Cuenca
Ecuador

Cristhian Orlando Farez Calderón

cristhian.farez@est.ucacue.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0007-6380-1365>

Universidad Católica de Cuenca
Ecuador

Diego Josué Fares Farez

diego.fares@est.ucacue.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0008-9617-3307>

Universidad Católica de Cuenca
Ecuador

Josue Aldahir Molina LLivicota

josue.molina@est.ucacue.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0000-4521-0755>

Universidad Católica de Cuenca
Ecuador

Boris Lenin Romero Sandoval

Boris.romero@ucacue.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-9797-9937>

Universidad Católica de Cuenca
Ecuador

RESUMEN

El cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) constituye una actividad de gran relevancia económica en Ecuador; no obstante, su productividad se ve afectada por diversos factores limitantes, entre los que destacan la variabilidad climática, la incidencia de plagas y enfermedades, así como la inestabilidad en los rendimientos. Frente a esta problemática, la implementación de tecnologías de protección agrícola, como los microtúneles, se presenta como una alternativa viable para mejorar las condiciones de producción, ya que permiten modificar el microclima y favorecer el desarrollo del cultivo. Para ello, se establecieron dos tratamientos: cultivo bajo microtúnel y cultivo en campo abierto, evaluando variables agronómicas como la altura de planta y el número de frutos por planta, mediante el uso de estadística inferencial. Los resultados obtenidos evidenciaron que el sistema bajo microtúnel favoreció significativamente el crecimiento vegetativo, registrando mayores alturas de planta en comparación con el cultivo a cielo abierto, lo cual se atribuye a condiciones microclimáticas más estables, mayor humedad relativa y protección frente a factores ambientales adversos. Sin embargo, el número de frutos fue superior en el sistema de campo abierto, lo que sugiere que, aunque el microtúnel promueve el vigor vegetativo, puede influir negativamente en procesos reproductivos como la floración y el cuajado de frutos. En conclusión, los microtúneles constituyen una tecnología relevante, cuyo éxito depende de un adecuado manejo agronómico.

Palabras clave: Producción, microtunel, pimiento y microclima.

¹ Autor principal

Correspondencia: osca.quizhpi@est.ucacue.edu.ec

Effects of Microtunnels on Pepper Crop Yield in La Troncal Canton.

ABSTRACT

Pepper (*Capsicum annum* L.) cultivation plays a significant role in Ecuador's agricultural economy. Nevertheless, its productivity is constrained by multiple limiting factors, including climate variability, the prevalence of pests and diseases and instability in crop yields. In response to these limitations, the adoption of agricultural protection technologies, such as microtunnels, represents an effective strategy for improving production conditions, owing to their capacity to modify the microclimate and stimulate crop development. For this purpose, two treatments were established: microtunnel cultivation and open-field cultivation. Agronomic parameters, including plant height and fruit number per plant, were assessed through inferential statistical analysis. The results demonstrated that the microtunnel production system significantly enhanced vegetative growth, with plants reaching greater heights compared to open-field cultivation. This response is attributed to more stable microclimatic conditions, elevated relative humidity and protection from unfavorable environmental factors. However, fruit production was higher under the open-field system. This implies that while microtunnel conditions promote vegetative vigor, they might negatively affect reproductive processes, particularly flowering and fruit set. In conclusion, microtunnels constitute a promising agricultural technology, however, their effectiveness depends on appropriate agronomic management.

Keywords: Production, microtunnel, pepper, microclimate.

*Artículo recibido 20 mayo 2026
Aceptado para publicación: 20 junio 2026*



INTRODUCCIÓN

El cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) constituye una actividad agrícola de relevante importancia económica en el Ecuador, especialmente en las zonas de clima tropical y subtropical. No obstante, su producción se ve afectada por diversos factores limitantes, entre los que destacan las condiciones climáticas adversas, la elevada incidencia de plagas y enfermedades, así como la variabilidad en los niveles de rendimiento, lo que repercute directamente en la productividad y rentabilidad del cultivo (Zhang, 2023).

En Ecuador, la adaptación de tecnologías de protección de cultivos representa una oportunidad para enfrentar la variabilidad climática y aumentar la eficiencia productiva de hortalizas sensibles a fluctuaciones ambientales (Bhalawe, 2024).

Bajo estas condiciones, las tecnologías de protección de cultivos, como los microtúneles, han surgido como alternativas viables para optimizar la producción hortícola. Los sistemas de protección mediante microtúneles permiten mejorar significativamente las condiciones micro climáticas del cultivo, al incrementar la temperatura del suelo y del aire, lo cual favorece el desarrollo vegetativo y reproductivo de las plantas (Gruda *et al.*, 2025).

Considerando que el pimiento es un cultivo altamente sensible a cambios en la temperatura y la humedad relativa, requiriendo rangos óptimos de 20–25 °C durante el día, 16–18 °C en la noche y humedades relativas entre 50 y 70 % para un desarrollo adecuado (Blog Camposcopio - BASF, 2023).

Los microtúneles estructuras ligeras y de bajo costo que cubren las hileras de cultivo con materiales plásticos o mallas han demostrado capacidad para modificar las condiciones microclimáticas, favoreciendo aumentos en la temperatura y en la humedad relativa bajo la cubierta, lo que puede potenciar procesos fisiológicos del cultivo y reducir el estrés por factores ambientales adversos (Gualan, Nagua, & Guerrero, 2023).

El cantón La Troncal se caracteriza por presentar condiciones climáticas variables que pueden constituir una limitante para la producción del cultivo de pimiento, especialmente debido a las fluctuaciones de temperatura, la irregularidad en el régimen de precipitaciones y los elevados niveles de radiación solar, factores que inciden directamente en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo ((PDOT, 2023).



La literatura científica reciente señala que las estructuras de agricultura protegida, como los túneles y los invernaderos, mitigan el impacto de las variaciones climáticas adversas, permitiendo temporadas de producción más largas o continuas y reduciendo significativamente el riesgo de pérdidas productivas. Estas estructuras ofrecen ambientes más favorables para el crecimiento vegetal, lo que genera mayor rendimiento y calidad con menor presión de plagas en comparación con la agricultura tradicional (Shukla, *et al.*, 2024).

La investigación en regiones tropicales ha evidenciado beneficios sustanciales del uso de microtúneles. Torres *et al* (2024) reportan diferencias notables en el crecimiento de pimiento dulce puertorriqueño cultivado bajo microtúnel comparado con campo abierto durante el verano de 2007 en las Islas Vírgenes de Estados Unidos, donde el crecimiento vegetativo mejorado bajo microtúneles puede resultar en cosecha más temprana y mayor rendimiento tanto de cultivos de estación fría como cálida.

Además, análisis recientes de producción bajo estructuras protegidas muestran que los cultivos bajo túneles pueden alcanzar rendimientos superiores en comparación con los sistemas tradicionales. Por ejemplo, una revisión sobre cultivos de fresa bajo túneles revela que las cosechas protegidas poseen rendimientos significativamente más altos que las cultivadas en campo abierto, lo que respalda la utilidad de las estructuras protegidas para mejorar la producción hortícola (Menzel, 2025)

La adopción de agricultura protegida también ha sido destacada desde la perspectiva de la gestión productiva y climática en regiones vulnerables: proyectos de innovación tecnológica en Centroamérica han promovido el uso de estructuras de protección (casas malla, túneles altos y bajos) combinadas con sistemas de riego y fertirriego, lo que ha permitido a los agricultores enfrentar retos como plagas, enfermedades y variabilidad climática con mayor resiliencia (Quezada, 2023).

En este sentido, el presente estudio evaluó el efecto de los microtúneles sobre el rendimiento del cultivo de pimiento en el cantón La Troncal, con el fin de determinar si la implementación de esta tecnología de protección agrícola puede mejorar parámetros de rendimiento y calidad.

METODOLOGÍA

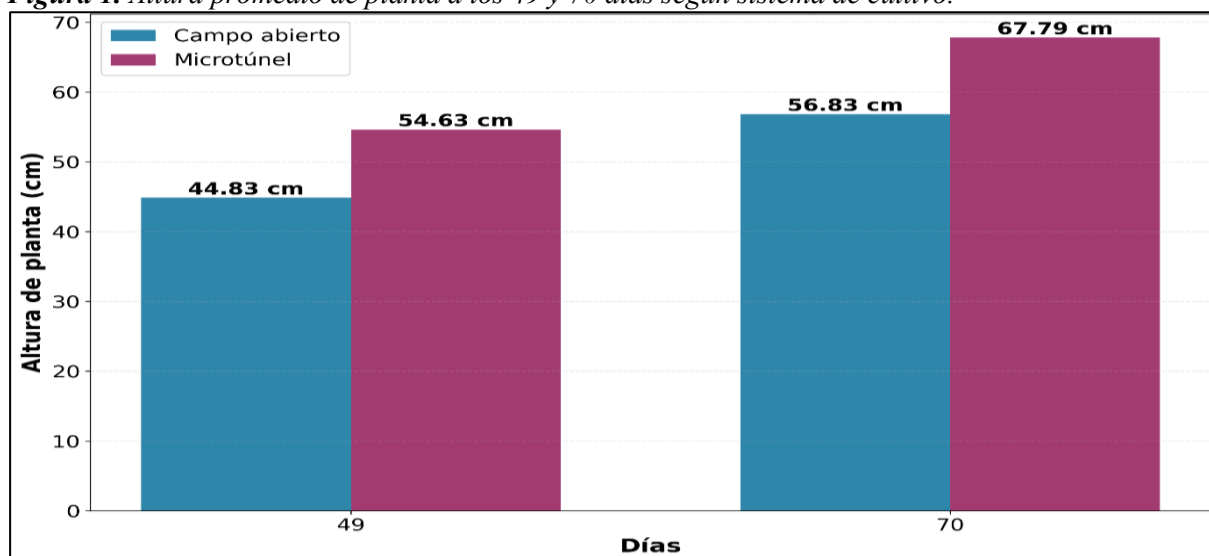
El presente estudio se llevó a cabo en el cantón La Troncal, provincia del Cañar, específicamente en el sector La Puntilla, dentro de la granja experimental de la Universidad Católica de Cuenca, sede San Pablo de La Troncal. El área de estudio se localiza a una altitud aproximada de 200 m s. n. m., con una

temperatura promedio de 25 °C, una precipitación media anual de 2 000 mm y una humedad relativa cercana al 87 %.

Los tratamientos fueron T1: cultivo de pimiento bajo microtúnel, y T2: cultivo de pimiento a cielo abierto. Para el análisis de los resultados se utilizó estadística inferencial, con el propósito de determinar si las diferencias observadas entre los tratamientos son estadísticamente significativas y pueden atribuirse al efecto del uso de microtúneles. Las variables evaluadas fueron altura de planta y número de frutos por planta, las cuales permitieron medir el desempeño del cultivo bajo las distintas condiciones de manejo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 1. *Altura promedio de planta a los 49 y 70 días según sistema de cultivo.*



La figura evidencia que las plantas cultivadas bajo microtúnel alcanzaron una mayor altura promedio, con valores de 54,63 cm a los 49 días y 67,79 cm a los 70 días, en comparación con las plantas establecidas en campo abierto, que registraron 44,83 cm a los 49 días y 56,83 cm a los 70 días. Mostrando un incremento de 9,80 cm a los 49 días y 10,96 cm a los 70 días a favor del sistema microtúnel, lo que confirma su efecto positivo sobre el crecimiento vegetativo de las plantas.

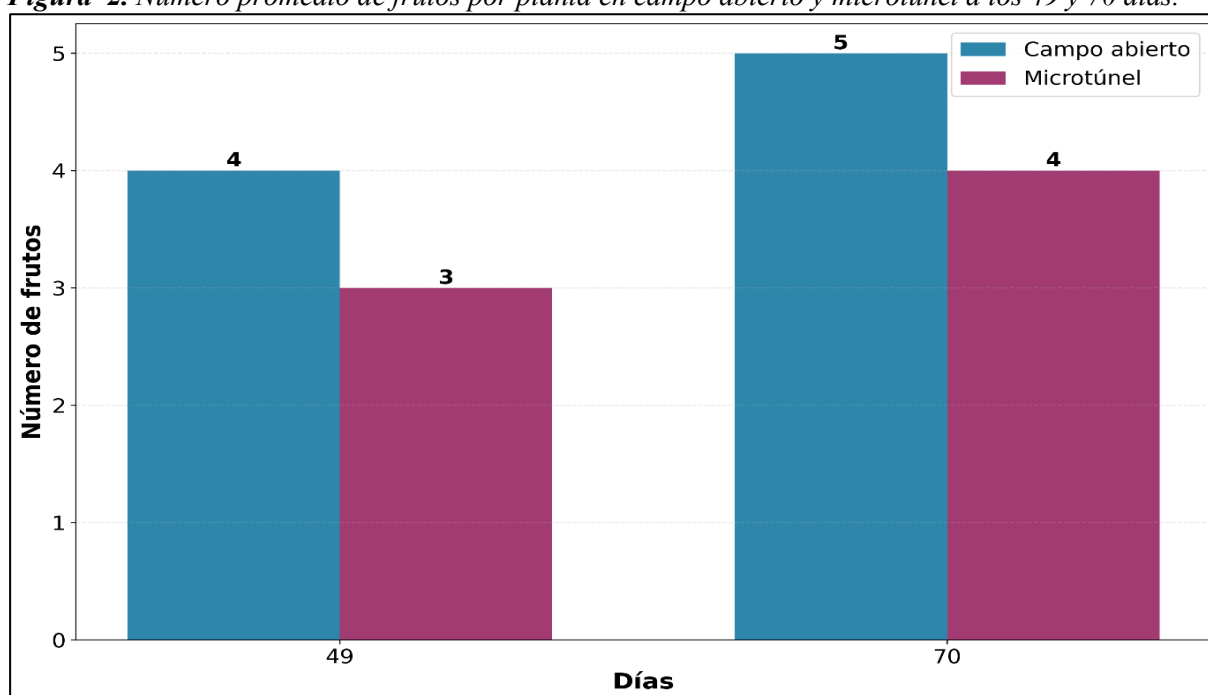
Este resultado muestra que el uso de microtúneles genera un microclima más favorable para el desarrollo vegetativo, caracterizado por temperaturas más estables, mayor humedad relativa y reducción del impacto directo de factores adversos como viento, lluvias intensas y radiación solar excesiva. Estas condiciones promueven una

mayor actividad fotosintética y una mejor eficiencia en la absorción de agua y nutrientes, reflejándose en un mayor crecimiento en altura de las plantas.

Los resultados obtenidos coinciden con estudios previamente realizados, los cuales reportan que el uso de sistemas de cultivo protegido, como microtúneles e invernaderos, genera condiciones microclimáticas más favorables que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas (Bhalawe, 2024).

Jain et al. (2023) señala que el cultivo protegido modifica favorablemente el ambiente, incrementando la temperatura media y reduciendo el estrés térmico, lo cual favorece la elongación celular y el crecimiento de las plantas.

Figura 2. Número promedio de frutos por planta en campo abierto y microtúnel a los 49 y 70 días.



La figura muestra que el número de frutos por planta aumenta con el tiempo en ambos sistemas de cultivo, pasando de 49 a 70 días. Sin embargo, en las dos fechas de evaluación, el sistema de campo abierto presentó consistentemente un mayor número de frutos por planta en comparación con el microtúnel.

Estos resultados permiten inferir que, si bien el microtúnel favorece el crecimiento vegetativo y protege al cultivo frente a condiciones climáticas extremas, también puede restringir ciertos factores beneficiosos, como la ventilación natural y la exposición a variaciones moderadas de temperatura, las

cuales pueden desempeñar un papel importante en la estimulación de la floración, la polinización y, en consecuencia, la producción de frutos.

Diversos estudios señalan que los ambientes protegidos pueden modificar el balance entre crecimiento vegetativo y reproductivo:

Jayasuriya *et al.* (2024) indican que, en sistemas de agricultura en ambiente controlado, el incremento de temperatura y disponibilidad de recursos suele estimular inicialmente el crecimiento vegetativo, pudiendo retrasar o reducir temporalmente la floración y el cuajado de frutos si no se ajusta el manejo agronómico.

Villagrán *et al.* (2025) reportan que la modificación del microclima (temperatura, CO₂ y humedad) en sistemas protegidos incrementa la fotosíntesis y el vigor de las plantas, pero el impacto sobre el número de frutos depende del equilibrio entre condiciones ambientales y manejo de nutrición y poda.

FAO (2022) menciona que el éxito de la fructificación está estrechamente relacionado con factores como ventilación, polinización y estrés térmico; condiciones que, si no se regulan adecuadamente en estructuras protegidas, pueden afectar negativamente el cuajado de frutos.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que el uso de microtúneles se manifiesta principalmente en el crecimiento vegetativo del cultivo de pimiento, constituyéndose en una alternativa tecnológica viable, especialmente en las etapas tempranas, al favorecer la uniformidad y el vigor de las plantas; sin embargo, su influencia sobre el rendimiento en términos de número de frutos requiere un mejor manejo del sistema.

El microtúnel crea condiciones microclimáticas favorables como temperatura estable, mayor humedad, protección contra factores adversos, pero, la restricción de factores como ventilación natural y variaciones moderadas de temperatura puede afectar negativamente procesos como la floración, polinización y cuajado de frutos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bhalawe, S. (2024). Impacto de la baja altura de los túneles y los regímenes de riego en los parámetros de crecimiento del pimiento. *Revista Internacional de Agricultura Experimental* 46(1):7-16.
- Blog Camposcopio - BASF. (2023). *El cultivo de pimiento bajo invernadero: principales plagas y enfermedades*. Obtenido de https://www.nunhems.com/es/es/news_events/News/2023/Elcul



- FAO. (2024). *Buenas prácticas agrícolas para cultivos hortícolas bajo invernadero*. Obtenido de <https://www.fao.org/4/i3284e/i3284e.pdf>
- Gruda, N., & Fatnassi, H. (2025). *Producción de hortalizas en invernadero desde el punto de vista del cambio climático*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/391579805_Greenhouse_vegetable_production_from_the_point_of_view_of_climate_change
- Gualan, L. Y., Nagua, K. M., & Guerrero, J. N. (2023). *Efecto de micro túneles y estufas en el comportamiento agronómico de dos cultivares de papa*. Obtenido de <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes/article/view/605>
- Jain, S., Kore, D. S., GK, K., & Mohapatra, A. (2023). *Una revisión exhaustiva sobre el cultivo protegido de cultivos hortícolas: estado actual y perspectivas futuras*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/375824950_A_Comprehensive_Review_on_Protected_Cultivation_of_Horticultural_Crops_Present_Status_and_Future_Prospects
- Jayasuriya, N., Guo, Y., Hu, W., & Ghannoum, O. (2024). *Tecnologías de monitoreo de cultivos basadas en imágenes en horticultura protegida: una revisión*. Obtenido de <https://arxiv.org/abs/2401.13928>
- Menzel. (2025). *Una revisión de la fresa bajo cultivo protegido: los rendimientos son mayores en túneles que en campo abierto*. Obtenido de <https://era.dpi.qld.gov.au/id/eprint/14589>
- PDOT. (2023). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia del Cañar – Actualización 2023 -2027*. Obtenido de <https://www.gobiernodelcanar.gob.ec/project/pdot-2030/>
- Quezada, E. T. (2023). *Microtúneles en cultivos hortícolas: más allá de la extensión de la temporada*. Obtenido de <https://www.pubs.ext.vt.edu/HORT/HORT-291/HORT-291.html>
- Torres-Quezada, E., Zotarelli, L., Treadwell, D. D., & Santos, B. M. (2021). *Growth habit and in-row distance for bell pepper under protected culture*. *International Journal of Vegetable Science*, 27(6), 561–573.
- Villagran, E., Espitia, J. J., Amado, G., Rodriguez, J., Gomez, L., Flores-Velasquez, J., Gil, R., Baeza, E., Aguilar, C. E., Akrami, M., & Arias, L. A. (2025). *Enriquecimiento de CO2 en la agricultura*

protegida: una revisión sistemática de invernaderos, sistemas de ambiente controlado y granjas verticales (Parte 2). Obtenido de <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/7/2809>

Shukla, R. M., Nazir, N. B., Pandey, Y., & Dadhich, S. M. (2024). *Influencia de las estructuras de cultivo protegidas en los cultivos hortícolas*. Obtenido de <https://doi.org/10.9734/jaeri/2024/v25i1577>.

Zhang. (2023). *Importancia economica del pimiento* . Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111532>

