

DOI: [10.53287/riiarn.7w618](https://doi.org/10.53287/riiarn.7w618)

Artículo Original

EFFECTO DE BIOINOCULANTES FÚNGICOS EN LA PRODUCCION DE TOMATE CHERRY (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL PATACAMAYA – LA PAZ - BOLIVIA

Effect of Fungal Bioinoculants on Cherry Tomato (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) Production at the Patacamaya Experimental Station – La Paz, Bolivia

Shecid Mariana Zurita Laura¹, Medardo Wilfredo Blanco Villacorta²

2026 | Vol. 13(2) | ISSN 2518 – 6868 | Recibido: [16/04/2026] · Aceptado: [20/09/2026] · Publicado: [30/09/2026]
<https://doi.org/10.53287/riiarn.7w618>

RESUMEN

El tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) es una alternativa hortícola de alto valor, aunque su producción en la región altoandina de Patacamaya enfrenta limitaciones por condiciones ambientales y baja adopción de prácticas sostenibles. El estudio se realizó en la Estación Experimental Patacamaya de la Facultad de Agronomía (UMSA) con el objetivo de evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* y micorrizas arbusculares en la producción de dos variedades de tomate cherry (variedad roja y variedad rosada) bajo condiciones de Walipini (invernadero subterráneo) y manejo orgánico. Se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3×2, seis tratamientos y tres repeticiones. Las micorrizas combinadas con la variedad roja alcanzaron el mayor rendimiento (3,3 kg·m⁻²), número de frutos (42) y velocidad de crecimiento (1,7 mm·día⁻¹). Además, presentaron floración temprana (34 días) y cosecha a los 108 días. Se concluye que ambos bioinsumos mejoran el rendimiento y la rentabilidad del cultivo, representando una alternativa sostenible para las condiciones altoandinas.

Palabras clave: Producción orgánica, tomate cherry, bioinsumos, *Trichoderma harzianum*, micorrizas arbusculares.

ABSTRACT

Cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) are a high-value horticultural alternative, although their production in the high Andean region of Patacamaya faces limitations due to environmental conditions and low adoption of sustainable practices. This study was conducted at the Patacamaya Experimental Station of the Faculty of Agronomy (UMSA) to evaluate the effect of *Trichoderma harzianum* and arbuscular mycorrhizae on two cherry tomato varieties (red and pink) under Walipini (underground greenhouse) conditions and organic management. A completely randomized design with a 3×2 factorial arrangement, six treatments, and three replications was used. The mycorrhizae combined with the red variety resulted in the highest yield (3.3 kg·m⁻²), number of fruits (42), and growth rate (1.7 mm·day⁻¹). Furthermore, these varieties exhibited early flowering (34 days) and harvest at 108 days. It is concluded that both bio-inputs improve crop performance and profitability, representing a sustainable alternative for high Andean conditions.

Keywords: Organic production, cherry tomato, bioinputs, *Trichoderma harzianum*, arbuscular mycorrhizae

¹ Ingeniera Agrónoma - Investigadora. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4786-9792>. Correo: shecidmarianazuritalaura@gmail.com

² Docente Investigador. Estación Experimental Patacamaya. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9266-9972>, Correo: mwblanco1@umsa.bo

INTRODUCCIÓN

El tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) destaca como cultivo hortícola de alto valor en mercados especializados por su sabor y tamaño reducido, con demanda creciente (Márquez-Zambrano et al., 2023). En Bolivia, la producción se basa en sistemas a cielo abierto, agricultura protegida y familiar, pero los rendimientos nacionales promedian solo 15,24 t ha⁻¹, por debajo de estándares internacionales (INE, 2023; Blajos et al., 2022). Esto subraya la urgencia de optimizar manejos y adoptar tecnologías sostenibles, especialmente en el altiplano boliviano (3.800-4.600 m.s.n.m.), donde heladas, radiación intensa y escasez hídrica limitan hortalizas sensibles (DW, 2021).

Los bioinsumos microbianos, como *Trichoderma harzianum* y micorrizas arbusculares, reducen la dependencia de agroquímicos y elevan la productividad hasta un 20%, promoviendo raíces, absorción de nutrientes, floración temprana y rendimiento de los frutos (Viera-Arroyo, 2020; Romero, 2022; Cortés-Hernández et al., 2023). En la región de Patacamaya, los invernaderos subterráneos o Walipinis generan microclimas estables para producción orgánica, aunque faltan datos sobre bioinsumos en tomate cherry (SUCO, 2023).

Este estudio es relevante porque genera evidencia científica local sobre la producción orgánica de tomate cherry mediante el uso de bioinsumos como *Trichoderma harzianum* y micorrizas arbusculares, los cuales contribuyen a mejorar el crecimiento y rendimiento del cultivo sin recurrir a insumos químicos. Desarrollado en un sistema Walipini, demuestra el potencial de tecnologías sostenibles adaptadas a condiciones altoandinas, promoviendo prácticas agroecológicas que favorecen la salud del suelo, la calidad del producto y la sostenibilidad productiva. Además, sus resultados aportan alternativas viables para fortalecer la seguridad alimentaria y la producción orgánica en sistemas hortícolas de pequeña escala.

Por lo tanto, el estudio evaluó el efecto de *Trichoderma harzianum* y micorrizas arbusculares en la producción de dos variedades (roja y rosada) de tomate cherry, cultivadas con enfoque orgánico en condiciones de invernadero subterráneo denominado Walipini de la Estación Experimental de Patacamaya. Los re-

sultados buscan generar evidencia local para impulsar tecnologías sostenibles para la horticultura altoandina

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El experimento se realizó en la Estación Experimental Patacamaya (EEP), perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, ubicada en el municipio de Patacamaya, provincia Aroma, departamento de La Paz (17°15'43,9" S; 67°56'45,5" O; 3.799 m s. n. m.) (Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, 2015).

Condiciones agroecológicas

Según estudios e informes de organizaciones como Centro de Investigación y Promoción del Campesinado, Swisscontact y Plataforma Boliviana Frente al Cambio Climático coinciden en que las condiciones agroecológicas de Patacamaya y el Altiplano boliviano destaca que la producción agropecuaria se desarrolla en un entorno de clima semiárido frío, con baja precipitación, frecuentes heladas y suelos de limitada fertilidad, lo que condiciona sistemas productivos de subsistencia basados en cultivos andinos y ganadería extensiva y que la agroecología emerge como una estrategia clave para enfrentar estos desafíos mediante prácticas sostenibles, manejo de suelos, uso de información agroclimática y fortalecimiento de la resiliencia frente al cambio climático, promoviendo así sistemas productivos más adaptados y sostenibles en la región (Carrasco et al., 2023; CIPCA, 2026; Conde et al., 2023).

Materiales utilizados

a) Material biológico

Se emplearon dos variedades de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*): roja (indeterminada) y rosada (determinada). La variedad roja de tomate cherry se caracteriza por su crecimiento indeterminado, forma de fruto circular y alta adaptación a condiciones climáticas adversas. Destaca por presentar mayor número y peso de frutos, con uno de los promedios más altos (≈257,03 g), lo que refleja su alto potencial productivo. Además, muestra uniformidad en el color del fruto y pulpa, siendo una de las variedades más estables en rendimiento. Por su parte, la variedad rosada presenta un hábito de crecimiento determinado y frutos de forma ovalada. Se diferencia por no presentar hombro verde en la fase previa a la madurez, lo que indica uniformidad en su coloración. En general, su.

rendimiento es menor en comparación con la variedad roja, aunque puede iniciar antes ciertas fases reproductivas. Estas características evidencian diferencias morfológicas y productivas importantes, útiles para la selección varietal según objetivos de producción

También se utilizaron: *Trichoderma harzianum* y un consorcio de micorrizas arbusculares (*Rhizophagus intraradices* y *Funneliformis mosseae*). *Trichoderma harzianum* es un hongo benéfico del suelo que actúa como agente de control biológico y promotor del crecimiento vegetal, gracias a su capacidad para colonizar raíces, inhibir patógenos y mejorar la disponibilidad de nutrientes. Por su parte, el consorcio de micorrizas arbusculares (*Rhizophagus intraradices* y *Funneliformis mosseae*) establece una simbiosis con las raíces que favorece la absorción de fósforo y micronutrientes, además de aumentar la tolerancia al estrés y mejorar la estructura del suelo. En conjunto, estos bioinsumos potencian el desarrollo, la sanidad y la productividad de los cultivos dentro de sistemas agrícolas sostenibles.

b) Equipos e instrumentos

Vernier, termohigrómetro, luxómetro, balanza digital; bandejas de germinación, cinta de goteo, aspersora, cuaderno de campo. Análisis: Microsoft Excel y RStudio.

Metodología de campo

- Ambiente de cultivo:** El ensayo se llevó a cabo en un Walipini (invernadero subterráneo) de 25 m × 6 m (150 m²). Se utilizó un cuarto del área total. El suelo fue preparado mediante limpieza, mullido y aplicación de estiércol ovino.
- Siembra y trasplante:** Las semillas se sembraron en fecha 11 de diciembre de 2024, en sustrato (50 % humus, 30 % estiércol y 20 % arena) previamente inoculado con los bioinsumos. Los plantines fueron tratados con *T. harzianum* y un consorcio de micorrizas arbusculares (*Rhizophagus intraradices* y *Funneliformis mosseae*). Los cuales permanecieron 60 días en almácigo. El trasplante se efectuó el 11 de febrero de 2025, utilizando plantas de 12–15 cm de altura y 4–6 hojas verdaderas. La distancia de siembra fue 0,55 m entre surcos y 0,60 m entre plantas, en

sistema de tresbolillo.

c) Manejo del cultivo

- Riego:** por goteo, dos veces por semana (tres en época seca).
- Tutorado:** sistema vertical con cuerdas y alambre galvanizado.
- Poda y deshoje:** eliminación de brotes axilares y hojas basales según tipo de crecimiento.
- Control preventivo:** aplicación foliar de caldo sulfocálcico (30 ml/20 L) cada 14 días y biol (1 L/20 L) intercalado, ambos en horas de baja radiación.
- Control biológico:** uso de trampas cromáticas amarillas para mosca blanca y liberación de mariquitas contra cochinilla.
- Cosecha:** inició a los 113 días después del trasplante (DDT), prolongándose 35 días. Los frutos se cosecharon al alcanzar su coloración característica.

- Monitoreo ambiental:** Se registraron temperatura y humedad relativa cuatro veces por semana, ajustando la ventilación del Walipini según época (febrero–abril: 9:00–17:00 h; mayo–julio: 10:00–15:30 h).

e) Aplicación de bioinsumos

T. harzianum: Se preparó una suspensión líquida (50×10^6 esporas) disuelta en agua destilada. El sustrato fue inoculado antes de la siembra, permitiendo una colonización de siete días.

Micorrizas arbusculares: Se aplicaron en polvo (50×10^6 esporas) mezcladas homogéneamente con el sustrato. La colonización se permitió antes de la siembra.

f) Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 3×2 , donde:

- Factor A: bioinsumo (testigo, *T. harzianum*, micorrizas)
- Factor B: variedad (roja, rosada)

Total: 6 tratamientos, 3 repeticiones y 18 unidades experimentales, con 5 plantas por unidad (90 en total).

g) Análisis de datos

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico de R - STUDIO, se realizaron análisis de varianza y comparación de medias con prueba de DUNCAN.

h) Variables evaluadas

En la Tabla 1 se describen las variables agronómicas, fenológicas, de rendimiento y económicas evaluadas, indicando su categoría, unidad de medida y método de medición utilizado durante el desarrollo del estudio.

Tabla 1. Descripción de las variables evaluadas y métodos de medición.

Categoría	Variable	Método de medición
Agronómicas	Altura planta (cm)	Flexómetro, base a ápice, semanal.
	Diámetro tallo (mm)	Vernier, 4 dedos sobre suelo, semanal.
	Racimos, botones, flores, frutos/planta	Conteo manual.
	Peso fruto promedio (g)	Balanza, por planta/cosecha.
	Diámetro fruto (mm)	Vernier, cosecha.
	Velocidad crecimiento fruto (mm día ⁻¹)	Fórmula adaptada simplificada basada en Alvarez & Boche (1999): $Velocidad\ (mm/día) = \frac{diámetro\ final - diámetro\ inicial}{número\ de\ días}$
Fenológicas	Días floración	Trasplante a 50%+1 plantas con flor.
	Días fructificación	A primer fruto cuajado.
	Días cosecha	A primer fruto maduro.
Rendimiento	g /planta; kg /m ²	Peso total/área.



Figura 1. Imagen del walipini (invernadero subterráneo)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables intervinientes

Durante el desarrollo del cultivo de tomate cherry (febrero a julio), la temperatura interna del Walipini presentó valores medios entre 16,7 y 23,7 °C, con máximas de 34,4 °C y mínimas de 3,3 °C. A pesar de las heladas externas que alcanzaron -11,9 °C, las plantas no

evidenciaron daños por frío, lo que demuestra la eficiencia del Walipini para mantener un microclima favorable. Estas condiciones se encuentran dentro de los rangos óptimos para el cultivo de tomate (Chen et al., 2017; Jaramillo et al., 2007). Además, la presencia de *T. harzianum* y micorrizas arbusculares pudo contribuir a una mayor tolerancia al estrés térmico, tal como reportan Mastouri et al. (2010) y Rillig et al. (2020).

La humedad relativa fluctuó entre 28 y 66 %, siendo más alta en febrero-marzo y menor en junio-julio. Aunque los valores se situaron por debajo del rango óptimo (60–80 %), no se observaron síntomas de estrés hídrico ni afectaciones en la fructificación, lo que sugiere una adecuada adaptación del cultivo al ambiente protegido. Las prácticas de manejo, como la colocación de recipientes con agua y la nebulización, ayudaron a mantener niveles mínimos de humedad funcionales para la fisiología del cultivo.

El análisis de suelo indicó un pH alcalino (8,28), fósforo disponible alto (80,9 ppm) y materia orgánica moderada (3,9 %). El nitrógeno total (0,23 %) fue bajo, aunque la simbiosis con micorrizas y *Trichoderma* probablemente mejoró la asimilación de nutrientes bajo estas condiciones (Al-Karaki, 2006; Oyesola et al., 2024).

Los valores adecuados de calcio (15,56 meq/100 g) y potasio (1,095 meq/100 g) favorecieron el crecimiento y calidad de frutos. En conjunto, las condiciones microclimáticas y edáficas fueron adecuadas para el desarrollo del cultivo bajo manejo orgánico protegido, permitiendo expresar de forma eficiente el potencial de los bioinsumos aplicados.

Variables agronómicas

El análisis de varianza mostró efectos altamente significativos de los bioinsumos, las variedades y su interacción sobre la mayoría de las variables agronómicas evaluadas. En general, las plantas tratadas con micorrizas arbusculares presentaron los mejores resultados, seguidas por *T. harzianum*, mientras que los testigos registraron los valores más bajos.

Tabla 2. Efecto de los bioinsumos y variedades sobre variables agronómicas del tomate cherry bajo condiciones de Walipini.

Trat.	Bio	Var	Alt (cm)	DT (mm)	NRac/pl	NBot/pl	NFr/pl	VCF (mm/día)
T5	Micorrizas	Roja	163,7 (a)	15,5 (a)	8 (bc)	25 (ab)	42 (a)	1,7 (a)
T3	<i>T. harzianum</i>	Roja	129,2 (b)	11,8 (c)	6 (cd)	21 (b)	17 (bc)	1,6 (b)
T1	Testigo	Roja	89,0 (c)	10,5 (d)	6 (d)	14 (c)	13 (c)	0,7 (d)
T6	Micorrizas	Rosada	48,8 (d)	13,3 (b)	11 (a)	26 (a)	23 (b)	1,5 (b)
T4	<i>T. harzianum</i>	Rosada	45,4 (d)	11,8 (c)	9 (b)	8 (d)	13 (c)	1,2 (c)
T2	Testigo	Rosada	37,6 (e)	10,4 (d)	6 (cd)	8 (d)	11 (c)	0,6 (e)

Nota. Trat. = tratamiento; Bio = Bioinsumo; Var. = variedad; Alt = altura de planta; DT = diámetro de tallo; NRac/pl = número de racimos por planta; NBot/pl = número de botones por planta; NFr/pl = número de frutos por planta; VCF = velocidad de crecimiento del fruto. Letras distintas entre paréntesis en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

En la variable altura de planta, las micorrizas promovieron un crecimiento promedio de 106,2 cm, seguido de *T. harzianum* (87,3 cm) y el testigo (63,3 cm), con una respuesta superior en la variedad roja (indeterminada). Este incremento se atribuye a una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes y a la producción de fitohormonas promotoras del crecimiento (Jakobsen, 1999; Ziane et al., 2021).

El diámetro del tallo también fue mayor con micorrizas (14,4 mm), confirmando su efecto positivo en la estructura y vigor de la planta, similar a lo reportado por Shafiq et al. (2023).

En cuanto al número de racimos, botones, flores y frutos, los tratamientos con micorrizas y *T. harzianum* incrementaron significativamente estos parámetros respecto al testigo, destacando micorrizas x rosado con los valores más altos. Estos resultados coinciden con investigaciones previas (Berruti et al., 2015; Harman et al., 2004), que evidencian que ambos microorganismos actúan como bioestimulantes, mejorando el desarrollo vegetativo y reproductivo.

En la velocidad de crecimiento del fruto ($\text{mm}\cdot\text{día}^{-1}$), los bioinsumos y la variedad tuvieron efectos significativos. Las micorrizas alcanzaron el mayor valor ($1,6 \text{ mm}\cdot\text{día}^{-1}$), seguidas de *T. harzianum* ($1,4 \text{ mm}\cdot\text{día}^{-1}$) y el testigo ($0,7 \text{ mm}\cdot\text{día}^{-1}$). La variedad roja superó a la rosada ($1,3$ vs. $1,1 \text{ mm}\cdot\text{día}^{-1}$). La combinación micorrizas + roja presentó la mayor velocidad ($1,7 \text{ mm}\cdot\text{día}^{-1}$), acortando el tiempo de formación del fruto, lo cual concuerda con Wang et al. (2022).

En el peso promedio del fruto (g) Tanto los bioinsumos como la variedad afectaron significativamente el peso del fruto, sin interacción significativa. Micorrizas (19,6 g) y *T. harzianum* (19,0 g) superaron al testigo (14,1 g), lo que puede relacionarse con una mayor absorción de nutrientes como fósforo y potasio (Song et al., 2024). La variedad rosada presentó frutos más pesados que la roja (18,9 vs. 16,2 g), confirmando la tendencia de las variedades determinadas a acumular más biomasa por fruto (Donoso & Salazar, 2023; Adams et al., 2024).

Para el diámetro del fruto a la cosecha (mm), los bioinsumos y variedades influyeron significativamente en el diámetro del fruto, sin interacción significativa. Micorrizas produjo frutos más grandes (30,1 mm), seguido de *T. harzianum* (27,6 mm) y testigo (23,6 mm), debido a la mejora en la absorción de nutrientes y expansión celular (Minj, 2019; Mamani, 2022). La variedad rosada alcanzó mayor diámetro que la roja (29,3 vs. 24,8 mm), reflejando diferencias en eficiencia de aprovechamiento de recursos durante el ciclo reproductivo (Jaramillo et al., 2007; Nankar et al., 2020).

En conjunto, el uso de micorrizas y *T. harzianum* favoreció la expresión agronómica del tomate cherry bajo condiciones de Walipini y manejo orgánico, demostrando su potencial como tecnología sostenible para zonas altoandinas.

Variables fenológicas

La aplicación de bioinsumos influyó significativamente en los días a la floración, siendo las micorrizas las más efectivas (34 días), seguidas de *T. harzianum* (39 días), y el testigo presentó el mayor tiempo (54 días). La variedad rosada (determinada) floreció más temprano

(40 días) que la roja (indeterminada, 44 días), reflejando diferencias asociadas al hábito de crecimiento (Jaramillo et al., 2007; Wang et al., 2022).

Los bioinsumos aceleraron significativamente la fructificación, con micorrizas alcanzando la fructificación en 50 días, *Trichoderma* en 61 días y el testigo en 69 días. La variedad rosada fructificó antes (57 días) que la roja (63 días), evidenciando un desarrollo reproductivo más rápido en las variedades determinadas (CATIE, 1990; Cordova et al., 2018; FAO, 2013).

Los bioinsumos redujeron los días a la cosecha, siendo micorrizas las más eficientes (108 días), seguidas de *Trichoderma* (115 días) y testigo (122 días). La variedad roja alcanzó la cosecha antes (110 días) que la rosada (120 días), reflejando un desarrollo más acelerado de esta variedad bajo manejo orgánico y compatibilidad con bioinsumos (Mamani, 2022; Urías-García et al., 2022).

Variables de rendimiento

Los bioinsumos, las variedades y su interacción afectaron significativamente el rendimiento por planta. Micorrizas produjo el mayor rendimiento ($743,6 \text{ g/planta}$), seguido por *T. harzianum* ($456,8 \text{ g/planta}$) y el testigo ($199,6 \text{ g/planta}$). Entre variedades, la roja ($591,3 \text{ g/planta}$) superó a la rosada ($342,0 \text{ g/planta}$). La combinación más eficiente fue micorrizas con variedad roja ($976,9 \text{ g/planta}$), evidenciando que la respuesta al bioinsumo depende del genotipo (Wang et al., 2022; Ziane et al., 2021; Ley-Rivas et al., 2015).

El rendimiento por área mostró efectos significativos de bioinsumos, variedades e interacción. Micorrizas alcanzó $2,5 \text{ kg/m}^2$, *Trichoderma* $1,5 \text{ kg/m}^2$ y el testigo $0,7 \text{ kg/m}^2$. La variedad roja ($2,0 \text{ kg/m}^2$) superó a la rosada ($1,1 \text{ kg/m}^2$). La combinación micorrizas-variedad roja obtuvo $3,3 \text{ kg/m}^2$, evidenciando la sinergia entre bioinsumo y genotipo. Estos resultados coinciden con estudios que muestran mejoras en absorción de nutrientes, fotosíntesis y productividad en tomate por efecto de micorrizas y *Trichoderma* (Alvarado et al., 2014; Terry & Leyva, 2006).

Tabla 3. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de la interacción entre

los factores A y B en el rendimiento por planta.

Tratamientos	Bioinsumo	Var	Rend (g/planta)	Duncan 5%
Tratamiento 5	Micorrizas	Rojo	976,9	A
Tratamiento 3	<i>Trichoderma</i>	Rojo	553,8	B
Tratamiento 6	Micorrizas	Rosado	510,3	B
Tratamiento 4	<i>Trichoderma</i>	Rosado	359,9	C
Tratamiento 1	Testigo	Rojo	243,2	D
Tratamiento 2	Testigo	Rosado	155,9	D

Nota. Var.: variedad; Rend.: rendimiento; Duncan (5%): prueba de comparación múltiple de Duncan al 5% de significancia. Medias con letras diferentes indican diferencias significativas.

CONCLUSIONES

La aplicación de bioinsumos incrementó significativamente el desempeño agronómico del tomate cherry en comparación con el testigo. En particular, la combinación de micorrizas con la variedad roja alcanzó los mejores resultados, registrando una altura promedio de 163,7 cm, un diámetro de tallo de 15,5 mm, 42 frutos por planta y una velocidad de crecimiento de 1,7 mm/día. Asimismo, se observó que la variedad rosada produjo frutos de mayor tamaño, mientras que la variedad roja destacó por un mayor número de frutos, lo que evidencia que la selección varietal potencia los efectos de los bioinsumos.

En cuanto a la fenología, ambos bioinsumos aceleraron el desarrollo del cultivo, reduciendo los días a floración, fructificación y cosecha. Las micorrizas resultaron más eficientes en la reducción del ciclo productivo. Además, la variedad rosada inició más tempranamente las fases reproductivas, mientras que la variedad roja alcanzó la cosecha en menor tiempo, confirmando el efecto positivo de los bioinsumos en la optimización del ciclo del cultivo.

Finalmente, la combinación micorrizas–variedad roja presentó los mayores rendimientos, con 976,9 g/planta y 3,3 kg/m².

BIBLIOGRAFIA

- Adams, K., Parlin, J., & Shujuan, L. (2024). Growing Tomatoes. The University of Arizona Cooperative Extension. <https://acortar.link/uYrIM6>. Consultado: 30 de julio de 2025.
- Al-Karaki, G. (2006). Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. *Scientia Horticulturae*, 109(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.02.019>. Consultado: 27 de julio de 2025.
- Alvarez, A., & Boche, S. (1999). Modelos matemáticos para describir crecimientos doble sigmoideos en frutos de un nectarín tardío (c.v. Sun Grand). *Agrosur*, 27(1), 23–31. <http://revistas.uach.cl/html/agrosur/v27n1/bod y/art03.htm>. Consultado: 23 de agosto de 2025.
- Blajos, J., Crespo, L., Mendoza, O., Navia O., Oros R., Pereira R., & Plata G. (2022). Sistemas de producción del tomate en Bolivia. En *La agricultura boliviana del siglo XXI: La experiencia del tomate* (1.^a ed., p. 258). Ediciones UPB. <https://campusvirtual.upb.edu/wp-content/uploads/libro-tomate/La-experiencia-del-tomate-digital.pdf>. Consultado: 20 de abril de 2025.

- Berruti, A., Lumini, E., Balestrini, R., & Bianciotto, V. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: Let's benefit from past successes. *Frontiers in Microbiology*, 6, 1559. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01559>.
- Carrasco-Torrontegui, A., Quispe, M., Pardo, R., Apaza, M., Cota, R., Gallegos-Riofrío, C. A., Bucini, G., Anderson, C., Caswell, M., & Méndez, E. (2023). Acción colectiva para la transición agroecológica en el Altiplano boliviano. *Mundos Plurales. Revista Latinoamericana de Políticas y Acción Pública*.
- CATIE. (1990). Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2264>. Consultado: 8 de julio de 2025.
- Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA). (2026). *CIPCA* presenta investigación sobre el escalamiento de la agroecología en Bolivia.
- Chen, M., Yang, G., Sheng, Y., Li, P., Qiu, H., Zhou, X., Huang, L., & Chao, Z. (2017). *Glomus mosseae* inoculation improves the root system architecture, photosynthetic efficiency and flavonoids accumulation of liquorice under nutrient stress. *Frontiers in Plant Science*, 8, 931. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00931>. Consultado: 19 de julio de 2025.
- Conde-Viscarra, E., Condori-Apanqui, R., & García-Apaza, E. (2023). Manejo de praderas nativas como estrategia de adaptación al cambio climático en el Altiplano central de Bolivia. *Universidad Mayor de San Andrés*.
- Cordova, H., Gómez, S., & Núñez, C. (2018). Evaluación del rendimiento y fenología de tres genotipos de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 113-125. Consultado: 1 de julio de 2025.
- Cortés-Hernández, F., Alvarado-Castillo, G., & Sánchez-Viveros, G. (2023). *Trichoderma* spp., una alternativa para la agricultura sostenible. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 25(2), 73-87. Consultado: 27 de abril de 2025.
- Donoso, A., & Salazar, E. (2023). Yield Components and Development in Indeterminate Tomato Landraces: An Agromorphological Approach to Promoting Their Utilization. *Agronomy*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy13020434>
- DW. (2021). Los huertos subterráneos de Bolivia. Dw.com. <https://acortar.link/ZwLxYs>. Consultado: 2 de julio de 2025.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species Opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43-56. <https://doi.org/10.1038/nrmicro797>. Consultado: 27 de julio de 2025.
- INE. (2023). Bolivia: Superficie, producción y rendimiento por año agrícola según cultivo.
- Jakobsen, I. (1999). Transport of Phosphorus and Carbon in Arbuscular Mycorrhizas. En A. Varma & B. Hock (Eds.), *Mycorrhiza: Structure, Function, Molecular Biology and Biotechnology* (pp. 305-332). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-03779-9_13. Consultado: 27 de julio de 2025.
- Jaramillo, J., Rodríguez, V., Guzmán, M., Zapata, M., & Rengifo, T. (2007). Manual técnico buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Corporación Colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13469>. Consultado: 28 de abril de 2025.
- FAO. (2013). El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana. [Manual en línea]. FAO. <https://www.fao.org/4/i3359s/i3359s.pdf>. Consultado: 14 de julio de 2025.
- Ley-Rivas, J. F., Sánchez, J. A., Ricardo, N. E., & Collazo, E. (2015). Efecto de Cuatro Especies de Hongos Micorrizógenos Arbusculares en la Producción de Frutos de Tomate. *Agronomía Costarricense*, 39(1), 47-59. Consultado: 30 de julio de 2025.
- Mamani, R. I. (2022). Efecto de la aplicación de (*Trichoderma harzianum*) y dosis de humus de lombriz en el cultivo de tomate cherry (*Lycopersicum esculentum*) en la estación experimental Patacamaya [Tesis de grado, UMSA].

- <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/27739/T-2991.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado: 14 de julio de 2025.
- Márquez-Zambrano, B., Prado-Carpio, E., Montea-
legre, V., & Romero, H. (2023). Sistema de
producción sustentable de tomates cherry
(*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*):
Riego permanente y cultivo alternativo. Cien-
cia Latina Revista Científica Multidisciplinar,
7(1).
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5093.
Consultado: 20 de abril de 2025.
- Mastouri, F., Björkman, T., & Harman, G.
(2010). Seed Treatment with *Trichoderma*
harzianum alleviates biotic, abiotic, and
physiological stresses in germinating seeds
and seedlings. Phytopathology, 100(11),
1213-1221. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-03-10-0091> Consultado: 25 de julio de
2025.
- Minj, A. (2019). Effect of various mycorrhizal strains on
growth and yield of tomato (*Solanum lycopersi-
cum* L.) cv. Kashi Aman [Tesis de maestría,
Banaras Hindu University]. Department of Hor-
ticulture, Institute of Agricultural Sciences.
Consultado: 27 de julio de 2025.
- Nankar, A., Tringovska, I., Grozeva, S., Ganeva, D., &
Kostova, D. (2020). Tomato phenotypic diversity
determined by combined approaches of con-
ventional and high-throughput tomato analyzer
phenotyping. Plants, 9(2), 197.
<https://doi.org/10.3390/plants9020197>. Con-
sultado: 30 de julio de 2025.
- Oyesola, O., Tonjock, R., Bello, A., Taiwo, O., &
Obembe, O. (2024). *Trichoderma*: A review of
its mechanisms of action in plant disease con-
trol. Plant Sciences. <https://doi.org/10.20944/preprints202405.1378.v1>. Consultado: 19 de julio de 2025.
- PDM - Patacamaya. (2005). Plan de desarrollo munici-
pal PDM Patacamaya 2006-2010.
[https://es.scribd.com/doc/290412297/PDM-
PATACAMAYA](https://es.scribd.com/doc/290412297/PDM-PATACAMAYA). Consultado: 28 de abril de
2025.
- Rillig, M., Aguilar-Trigueros, C., Anderson, I., Antono-
vics, J., Ballhausen, M., Bergmann, J., Bielcik,
M., ... Zhang, H. (2020). Myristate and the
ecology of AM fungi: Significance, opportuni-
ties, applications and challenges. New Phyto-
logist, 227(6), 1610-1614.
<https://doi.org/10.1111/nph.16527>. Consultado:
19 de julio de 2025.
- Romero, L. (2022). Efecto de tres dosis de micorrizas
en diferentes momentos de aplicación en la
producción de *Solanum lycopersicum* bajo in-
vernadero, en el sector La Argelia, Loja [Tesis
de Licenciatura, Universidad Nacional de Loja].
[https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/2
5434](https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/25434). Consultado: 27 de abril de 2025.
- Shafiq, M., Casas-Solís, J., Neri-Luna, C., Kiran, M.,
Yasin, S., González-Eguiarte, D., & Muñoz-
Urias, A. (2023). Arbuscular mycorrhizal fungi
as a plant growth stimulant in a tomato and on-
ion intercropping system. Agronomy, 13(8).
<https://doi.org/10.3390/agronomy13082003>.
Consultado: 27 de julio de 2025.
- Song, M., Lin, X., Wei, X., Zeng, Q., Mu, C., & Zhou, X.
(2024). *Trichoderma viride* improves phospho-
rus uptake and the growth of *Chloris virgata*
under phosphorus-deficient conditions. Fron-
tiers in Microbiology, 15.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1425034>.
Consultado: 30 de julio de 2025.
- SUCO. (2023). Walipini: Una solución agroecológica
innovadora para la adaptación al clima imple-
mentada por una comunidad de mujeres andi-
nas. [Sitio web]. SUCO.
[https://suco.org/es/walipini-una-solucion-
agroecologica-innovadora-para-la-adaptacion-
al-clima-implementada-por-una-comunidad-de-
mujeres-andinas/](https://suco.org/es/walipini-una-solucion-agroecologica-innovadora-para-la-adaptacion-al-clima-implementada-por-una-comunidad-de-mujeres-andinas/). Consultado: 27 de abril de
2025.
- Terry, A., & Leyva, G. (2006). Evaluación agrobiológica
de la coinoculación micorrizas-rizobacterias en
tomate. Agronomía Costarricense. <https://doi.org/10.15517/rac.v30i1.6832>. Con-
sultado: 30 de julio de 2025.
- Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agro-
nomía. (2015). Memorial institucional gestión
2012-2015. La Primera S.R.L. Artes Gráficas.
Consultado: 20 de julio de 2025.
- Urías-García, C., Alvarez, S., Héctor-Ardisana, E., &
Córdova, M. (2022). Promotion of tomato
growth by *Trichoderma* ssp. Under shade,
mesh conditions. Notulae Botanicae Horti Ag-
robotanici Cluj-Napoca, 50(4), 12962-12962.
<https://doi.org/10.15835/nbha50312962>. Con-
sultado: 31 de julio de 2025.
- Viera-Arroyo, W. (2020). Rol de los microorganismos
benéficos en la agricultura sustentable. Journal
of the Selva Andina Biosphere, 8(2). Con-
sultado: 20 de abril de 2025.

- Wang, L., Chen, X., Du, Y., Zhang, D., & Tang, Z. (2022). Nutrients regulate the effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth and reproduction of cherry tomato. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.843010>. Consultado: 28 de julio de 2025.
- Ziane, H., Hamza, N., & Meddad-Hamza, A. (2021). Los hongos micorrízicos arbusculares y las tasas de fertilización optimizan el crecimiento y el rendimiento del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en un agroecosistema mediterráneo. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20(7), 454-458. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.05.009>. Consultado: 27 de agosto de 2025.