

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE INOCULACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS SOBRE LA INCIDENCIA DE PATÓGENOS DEL SUELO

Autores



Cedeño Hugalde Ariel Joao
Velasco Reascos Rashel Dayanara

Tutor



Ing. Mgs. Romero Salguero, Edison Javier



INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Capsicum chinense* es fundamental para la economía regional, pero su producción se ve gravemente limitada por la alta incidencia de patógenos del suelo como *Fusarium spp.* y enfermedades foliares.

Actualmente, el manejo depende del uso excesivo de fungicidas sintéticos, lo que incrementa los costos, genera resistencia en los patógenos y provoca el rechazo del producto en mercados internacionales debido a la contaminación química.





Como alternativa sostenible, esta investigación propone la inoculación de Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) para crear una barrera bioprotectora en las raíces y activar las defensas naturales de la planta.

El estudio evalúa diferentes métodos de inoculación para determinar cuál es el más eficiente en reducir el uso de agroquímicos, y mejorar la rentabilidad del cultivo para el productor.





OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de diferentes métodos de inoculación de hongos micorrízicos sobre la incidencia de patógenos del suelo.

Objetivos específicos

- Determinar la incidencia y severidad de patógenos del suelo en las plantas tratadas con diferentes métodos de inoculación de hongos micorrízicos.
- Cuantificar el efecto de los métodos de inoculación sobre el rendimiento y la calidad de la producción del cultivo.
- Analizar la relación costo–beneficio de los diferentes métodos de inoculación con micorrizas arbusculares.





HIPÓTESIS

Hipótesis Nula

Ningún método de inoculación de hongos micorrízicos influye significativamente en la reducción de la incidencia de patógenos del suelo, o la mejora de los parámetros de rendimiento y calidad del cultivo de *Capsicum chinense*.

Hipótesis Alternativa

Al menos uno de los métodos de inoculación de hongos micorrízicos influye significativamente en la reducción de la incidencia de patógenos del suelo y mejora los parámetros de rendimiento y calidad del cultivo de *Capsicum chinense*.





Ubicación del área de investigación

Ubicación geográfica

Ubicación política

Este ensayo se llevó a cabo en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, en la parroquia Luz de América, en el kilómetro 24 de la vía Santo Domingo – Quevedo.

Ubicación ecológica

Zona de vida

Bosque húmedo tropical bhT

Temperatura

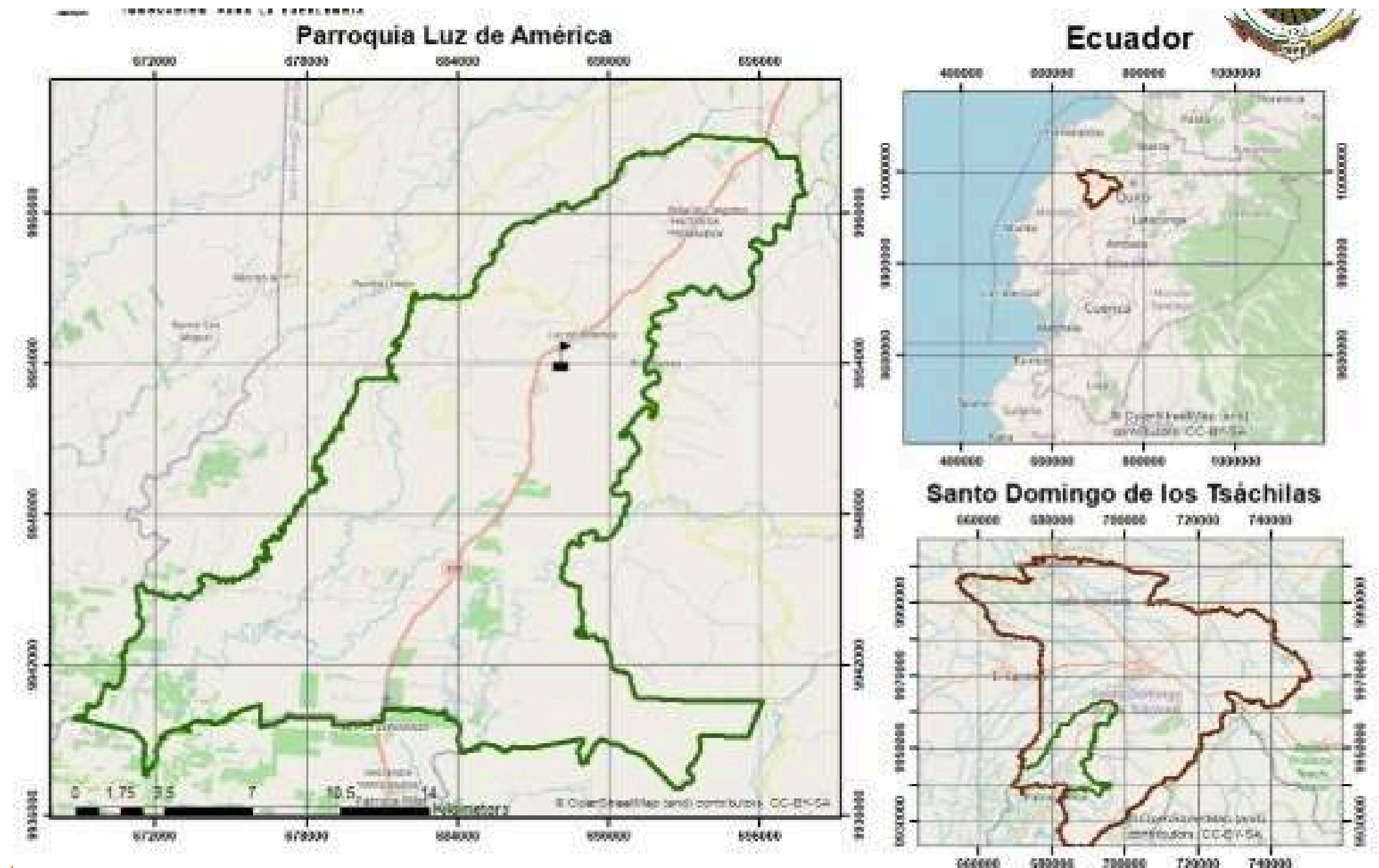
24-26 °C

Humedad

89%

Pluviosidad

2980 mm anuales



Nota: Ubicación del IASA II campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE



MATERIALES Y MÉTODOS



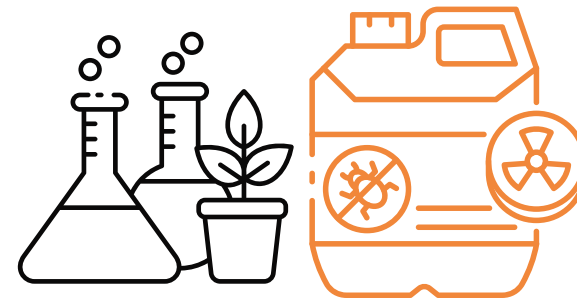
MATERIALES

MATERIALES



- Azadón
- Motoguadaña
- Rastrillo
- Machete
- Cinta métrica
- Estacas
- Piola
- Martillo
- Alambre
- Manguera
- Madera
- Tornillos
- Flexómetro
- Lápiz
- Letreros
- Estacas
- Cinta doble faz
- Tanque de 500 litros
- Uniones
- Tubos
- Codos
- Niples
- Uniones tipo T
- Abrazadera
- Llaves de paso
- Aspersores
- Adaptadores
- Teflón
- Amarras
- Estacas

INSUMOS



- Plántulas de ají var. Escorpión rojo
- Gasolina
- Agua
- Humus
- Melaza
- Agua
- **Micorrizas**
- Gallinaza
- Glufosinato de amonio
- Agua
- Jabón potásico
- Skemata
- Aniquilador
- Fosetil-Al
- Agua
- Agrotafol combi
- Newfol NPK Algas SL
- Enraizador HV
- Agua
- Urea
- Muriato de potasio
- DAP

EQUIPOS



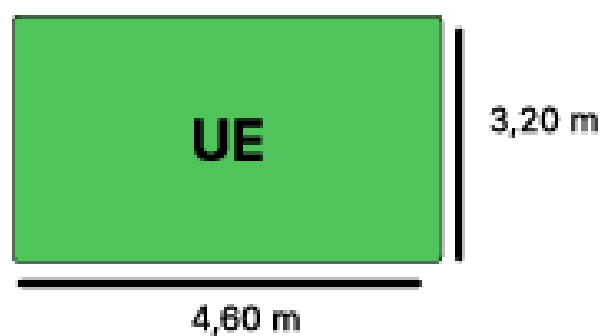
- GPS
- Celular
- Bomba 3HP
- Caja de brocas
- Destornillador
- Taladro
- Sierra
- Martillo
- Balanza
- Cavadora
- Bomba de fumigar



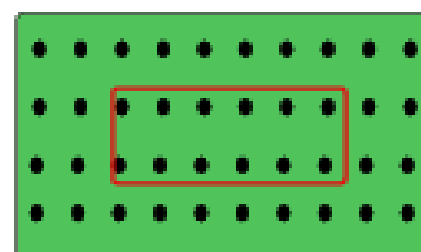
METODOLOGÍA



Dimensiones de cada UE



Plantas a evaluar por UE



Tratamientos

- T1 Enriquecido con M.O.
- T2 Enriquecido con M.O. + Micorrizas
- T3 Enriquecido con M.O. + Raíz inoculada
- T4 Suelo testigo
- T5 Suelo + Micorrizas
- T6 Suelo + Raíz inoculada

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se implementó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo bifactorial, evaluando un total de 6 tratamientos con 4 repeticiones (24 unidades experimentales en total).

DENSIDAD DE SIEMBRA

0,5 m entre planta
1 m entre hilera
Población total de 960 plantas
Área total del ensayo: 512 m²

VARIABLES A EVALUAR

Altura
Diámetro
Peso del fruto
Peso de raíz
Evaluación físico-químicas del fruto



FACTORES A EVALUAR

Factores	Simbología	Niveles
Suelo	S1	Suelo testigo
	S2	Enriquecido con M.O
Inóculo	I1	Testigo
	I2	Enriquecido con M.O + micorrizas
	I3	Enriquecido con M.O + plantas inoculadas

Tratamientos a evaluar

Tratamiento	Codificación	Designación
T1	T1R1	Enriquecido con M.O testigo
T2	T2R2	Enriquecido con M.O + micorrizas
T3	T3R3	Enriquecido con M.O + plantas inoculadas
T4	T4R4	Suelo testigo
T5	T5R5	Suelo + micorrizas
T6	T6R6	Suelo + plantas inoculadas





FASE DE CAMPO ESTABLECIMIENTO

1. Preparación del terreno



2. Establecimiento de unidades experimentales



3. Instalación del sistema de riego



4. Elaboración e instalación de Sustrato enriquecido con M.O.



- 10 L de agua
- 150 ml de melaza
- 7,5 kg de micorriza

5. Preparación del sustrato con inóculo



- 5 L de agua
- 1 kg de micorrizas
- 5 ml de melaza

6. Siembra y fertilización





FASE DE LABORATORIO

– MICROBIOLOGÍA –

1. Preparación de Medios (PDA)



2. Aislamiento e Identificación



3. Replicación de Patógenos



4. Ensayo In Vitro (Interacción)

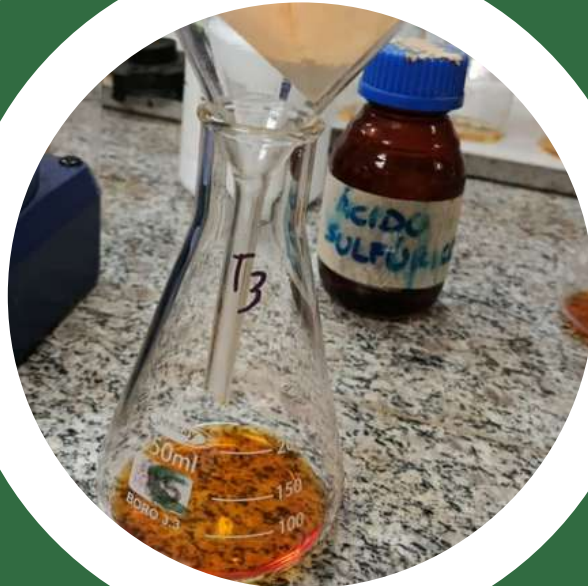




FASE DE LABORATORIO

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL FRUTO

Extracción de capsaicina



*Lectura por
Espectrofotometría*

Firmeza del Fruto



Penetrómetro

**Sólidos Solubles Totales
(°Brix)**



Refractómetro

pH (Acidez)



Peachímetro digital.



FASE DE LABORATORIO

EVALUACIÓN DE BIOMASA Y RENDIMIENTO

**Peso del Fruto
(Rendimiento)**



**Peso de la Raíz
(Biomasa Radicular)**





RESULTADOS

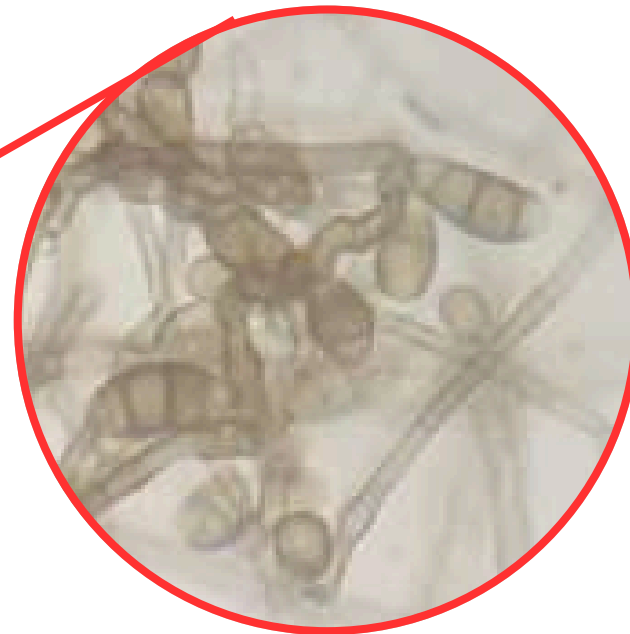


IDENTIFICACIÓN PATÓGENOS

Alternaria sp.



Micelio aterciopelado, color marrón oscuro a negro



Conidios en forma de mazo

Fusarium sp.



Micelio lanoso, color crema amarillento



Hifas septadas con monofialides que sostienen microconidios

CONTROL



Alternaria sp.

Grupo control, se observó la colonización fúngica sobre los segmentos radiculares.



Fusarium sp.

INOCULACIÓN AL SUSTRATO

Alternaria sp.



Colonización de hongos
oportunistas

Fusarium sp.



Proliferación de colonias
granulares verdes

INOCULACIÓN DIRECTA

Resistencia Sistémica
Inducida (MIR)



Alternaria sp.

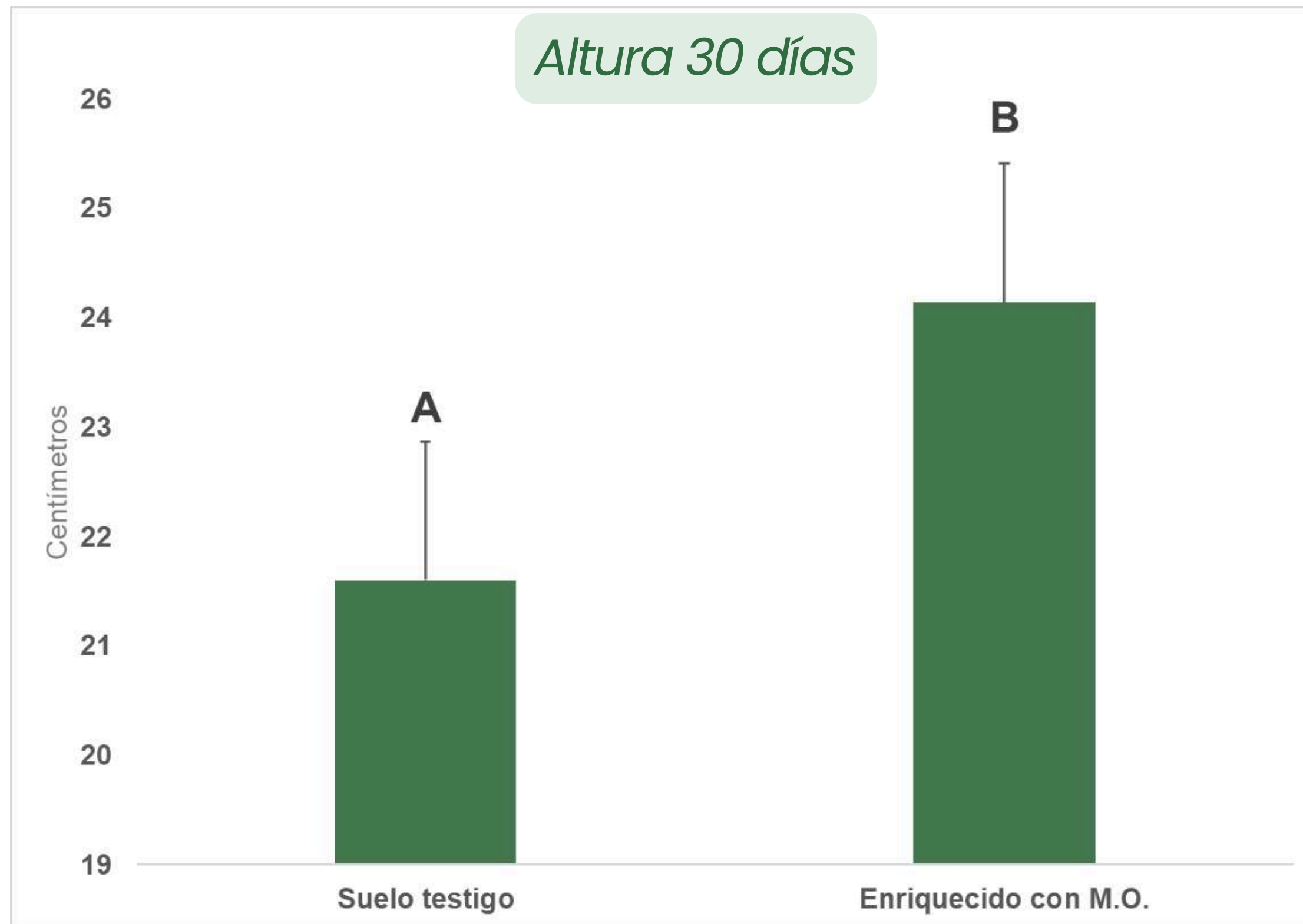
Mecanismo de
competencia por espacio



Fusarium sp.

ANÁLISIS PRODUCTIVO

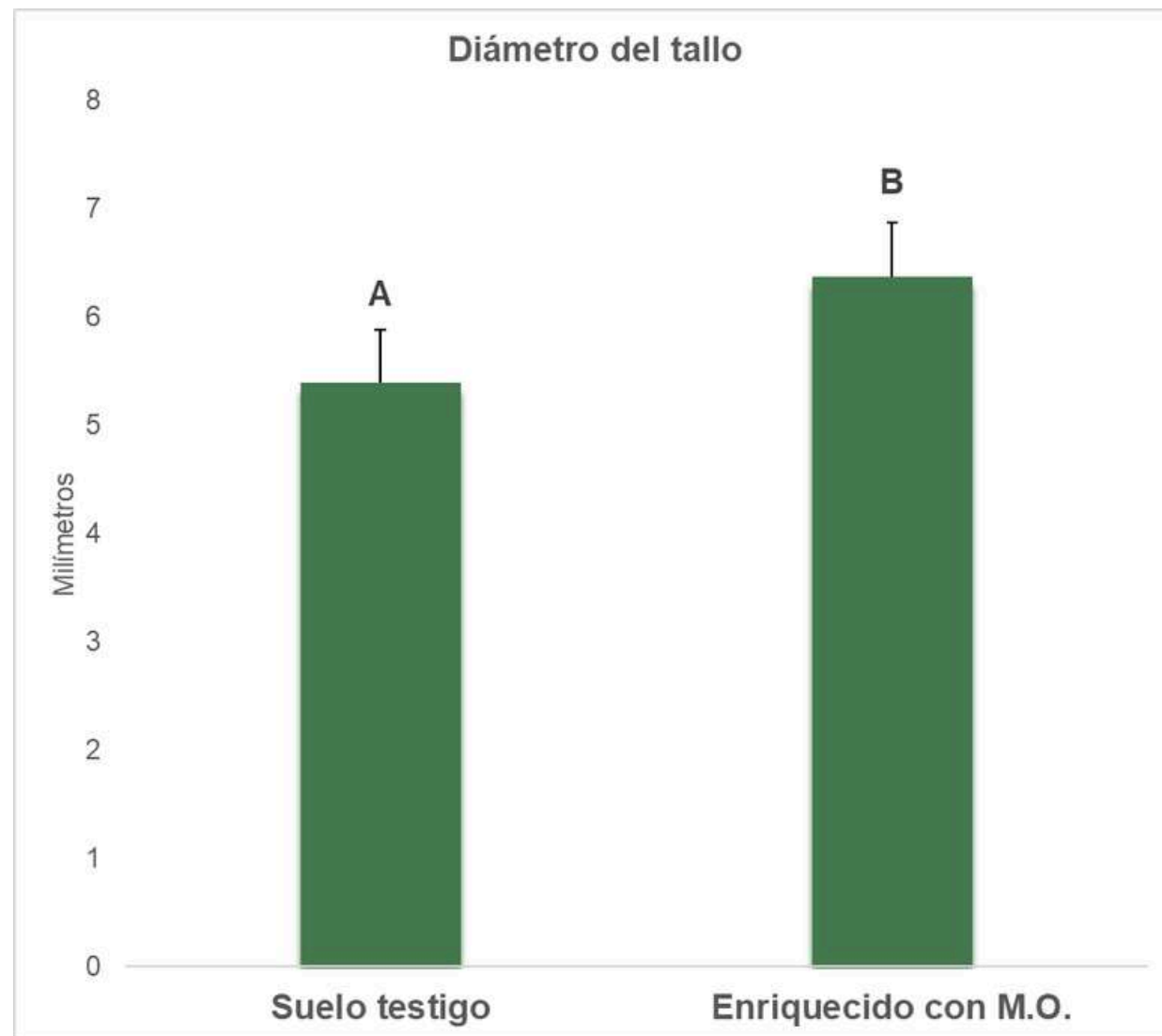
Comparación de medias para la variable altura



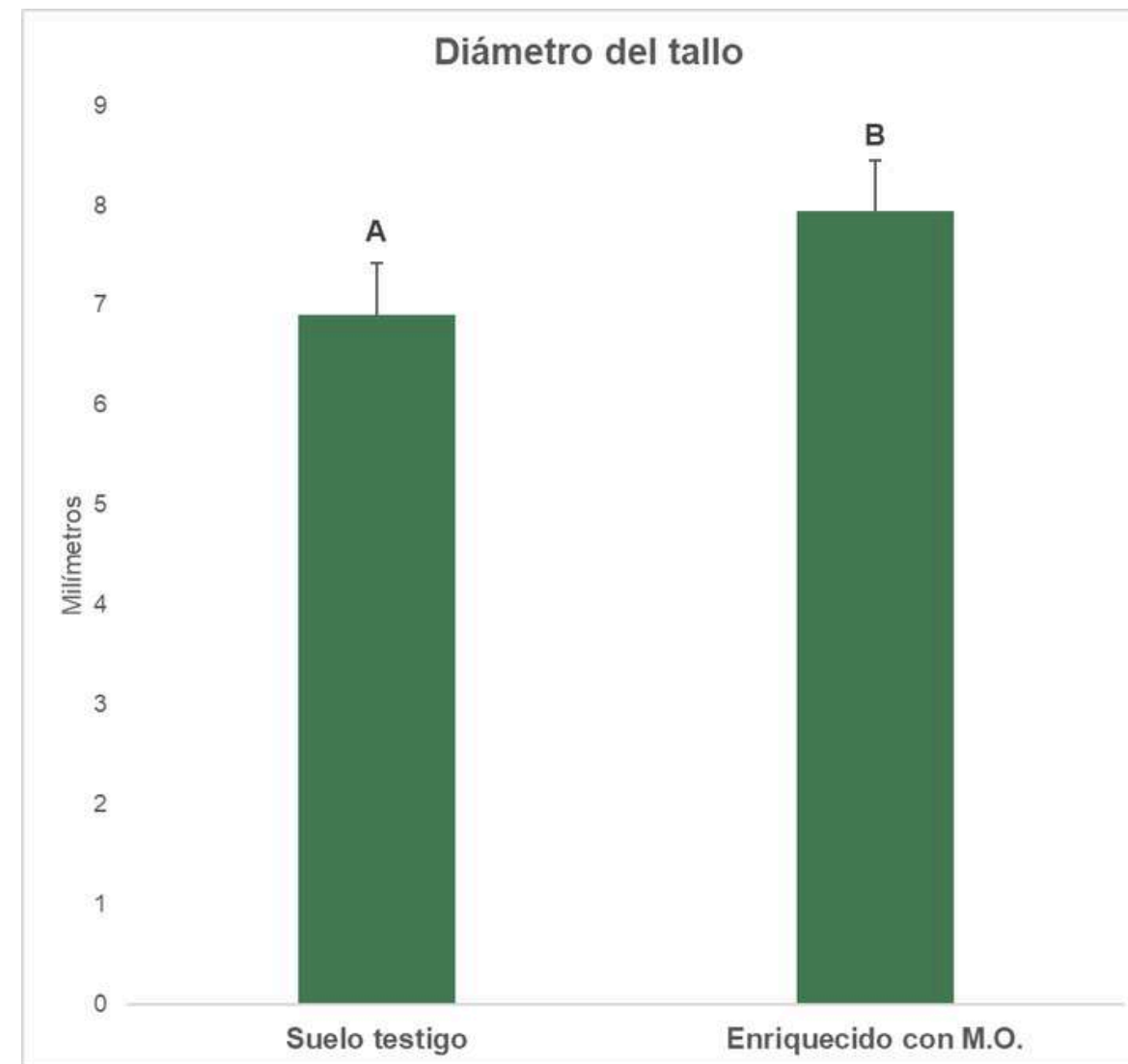
La menor altura registrada en la siembra directa (21,60 cm) se atribuye mayor tensión mecánica frente a los sustratos enriquecidos. Según Dias et al. (2013), el éxito agronómico del *Capsicum chinense* depende de su sistema radical fibroso, diseñado para la exploración y absorción superficial

Comparación de medias para la variable diámetro

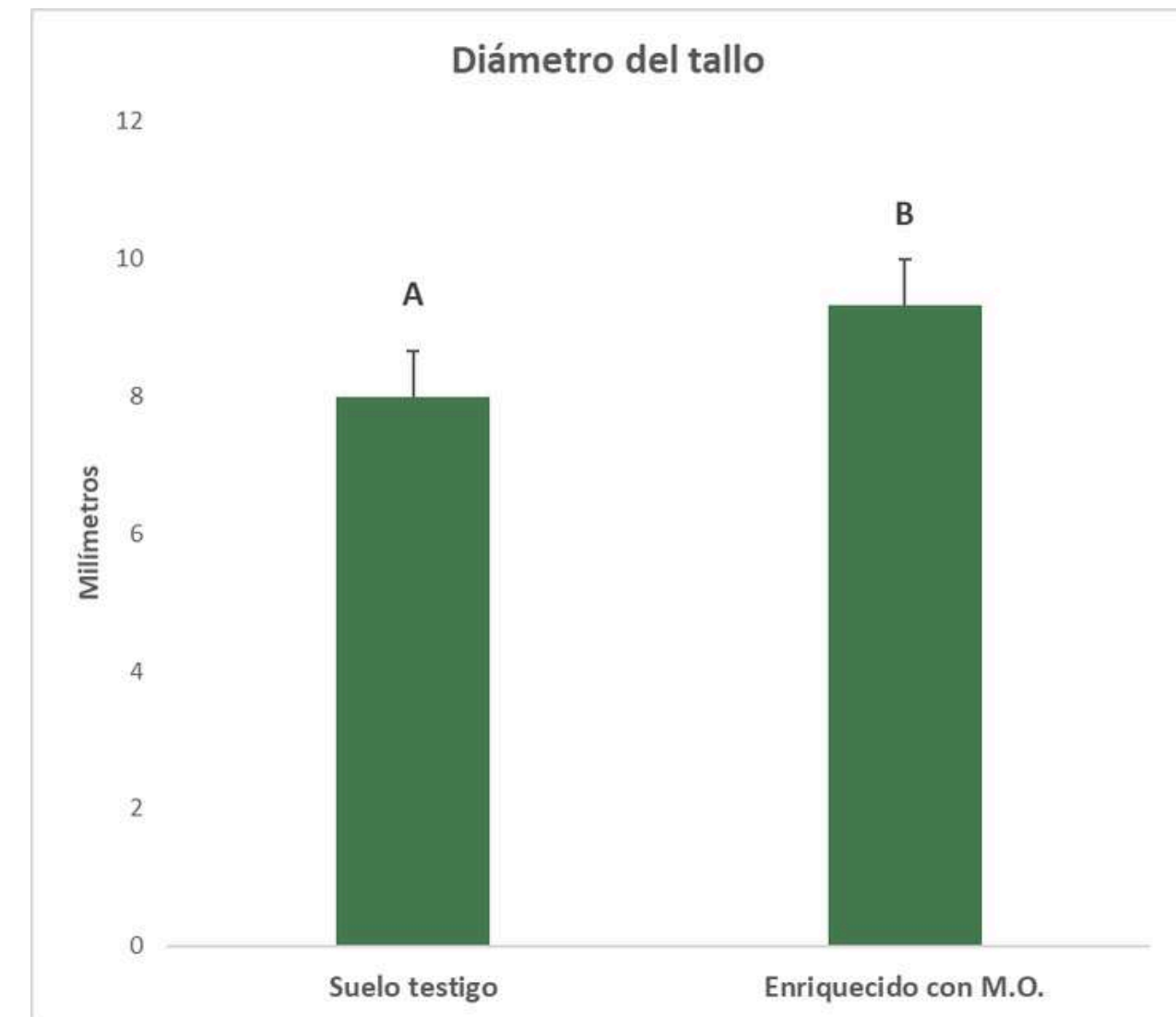
30 días



45 días



60 días



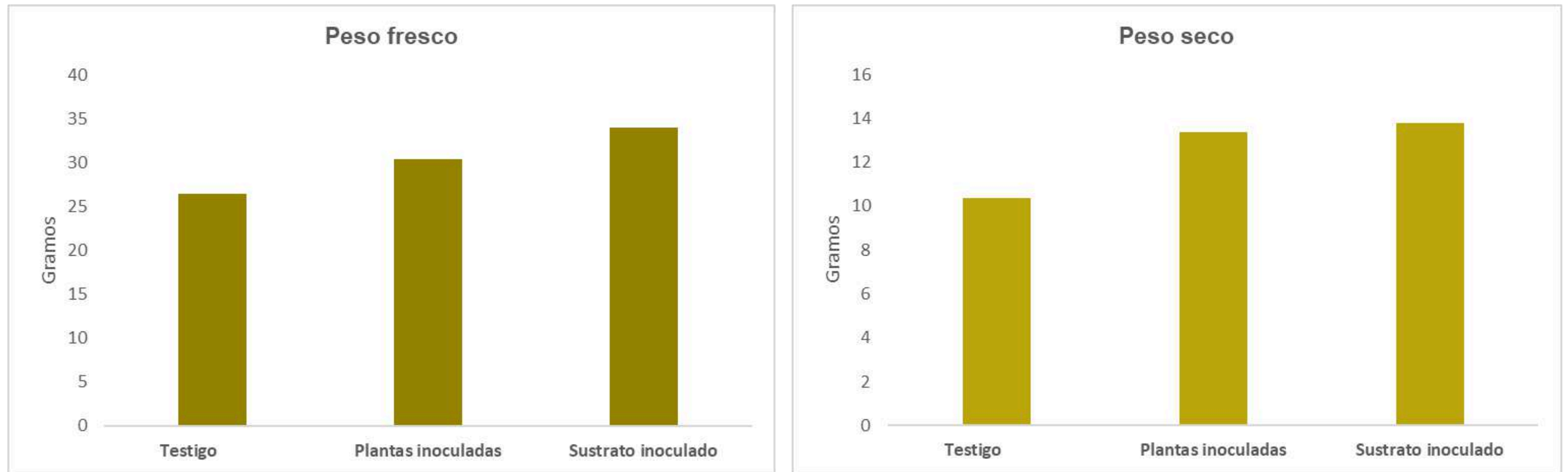
Esta ganancia se atribuye a una mayor absorción de Calcio y su fijación como pectatos en la pared celular (Magalhães et al., 2023)

Comparación de medias para la variable peso de 10 frutos



El peso individual del fruto se mantuvo estable debido a un equilibrio metabólico. Según Weng et al. (2022), las plantas micorrizadas distribuyen su energía de manera balanceada entre sostener la producción de frutos y mantener activa su barrera de defensa biológica manteniendo un promedio de 61gr.

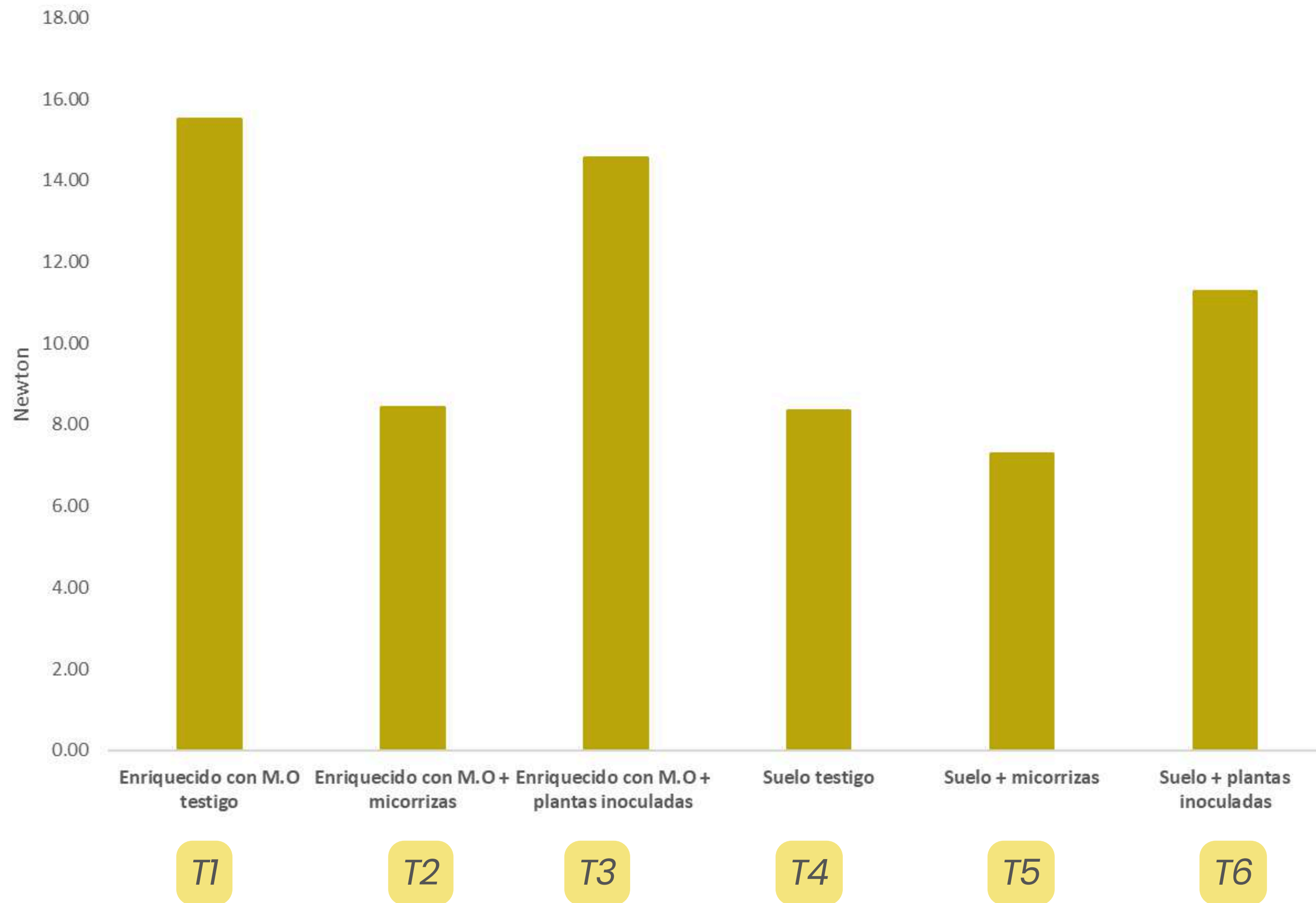
Comparación de medias para biomasa radicular



La red de micorrizas asumió la función de absorción en el suelo. Como indica Wu et al. (2023), esta alta eficiencia simbiótica hace innecesario que la planta gaste energía extra en expandir su propio tejido radicular.

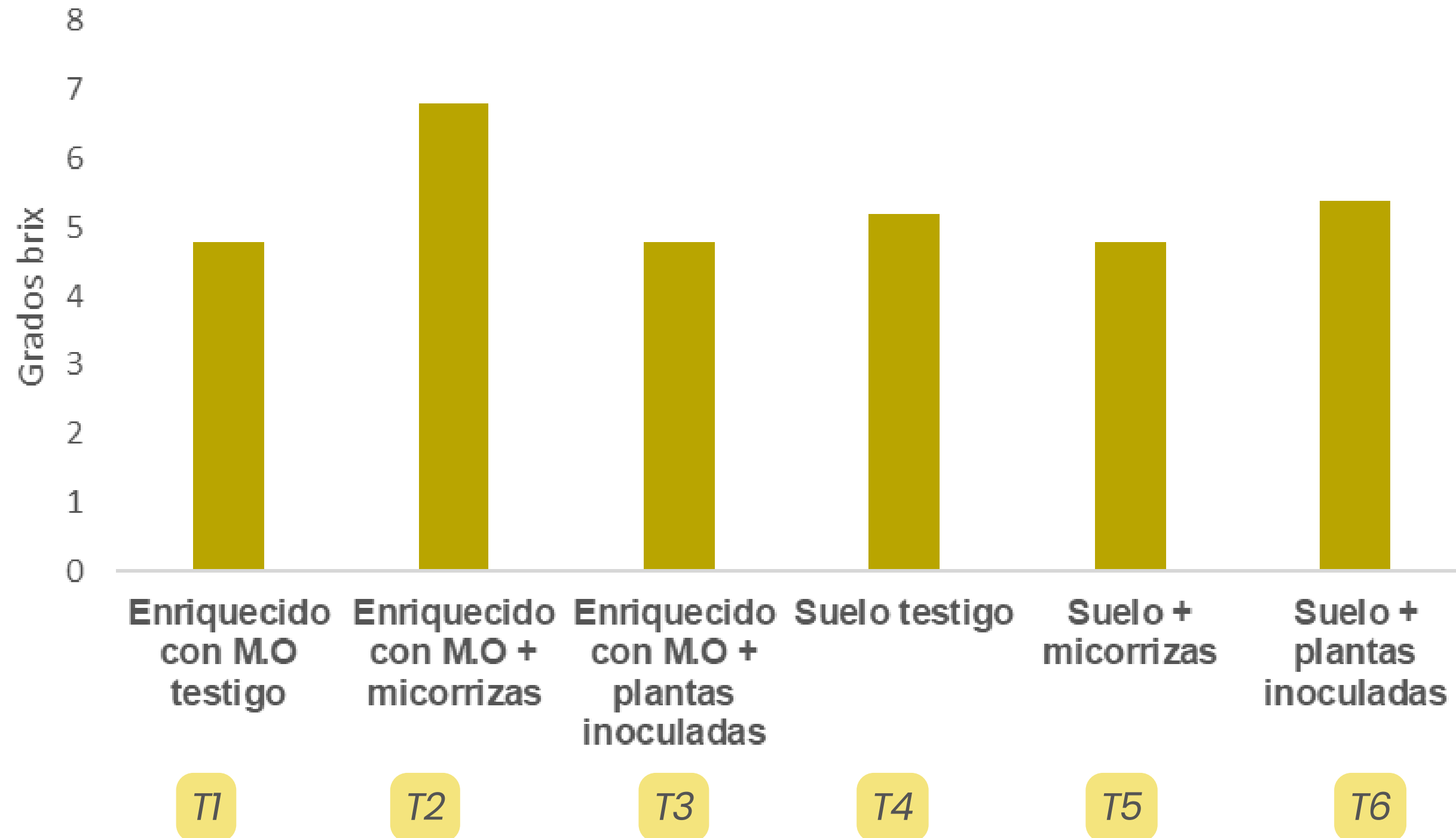
FÍSICO QUÍMICO

Firmeza del fruto



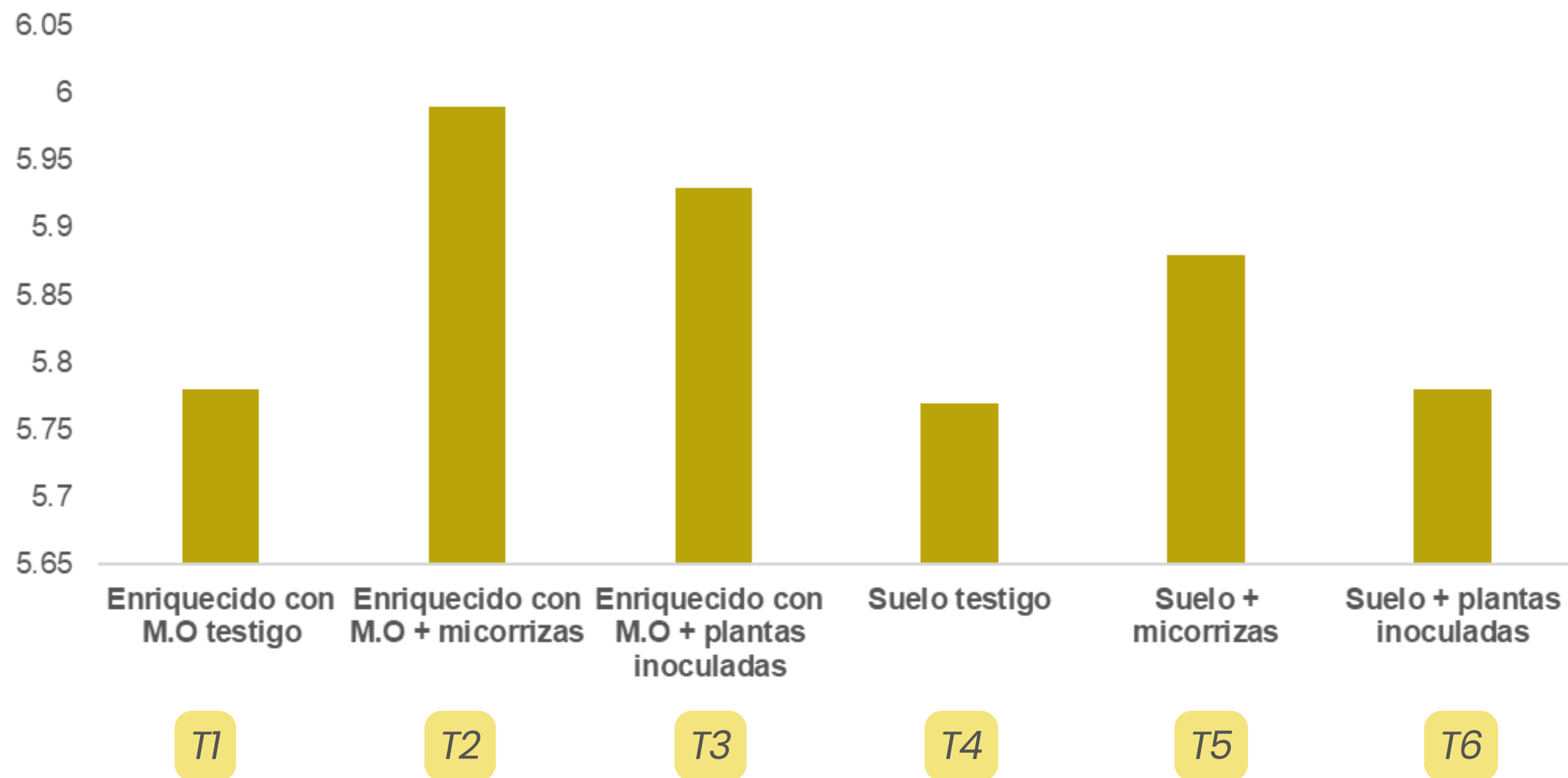
Bonomelli et al. (2021) indicaron que el rápido crecimiento del tallo desvió el flujo de Calcio hacia las hojas (mayor transpiración), reduciendo el aporte de pectatos al fruto.

Grados Brix



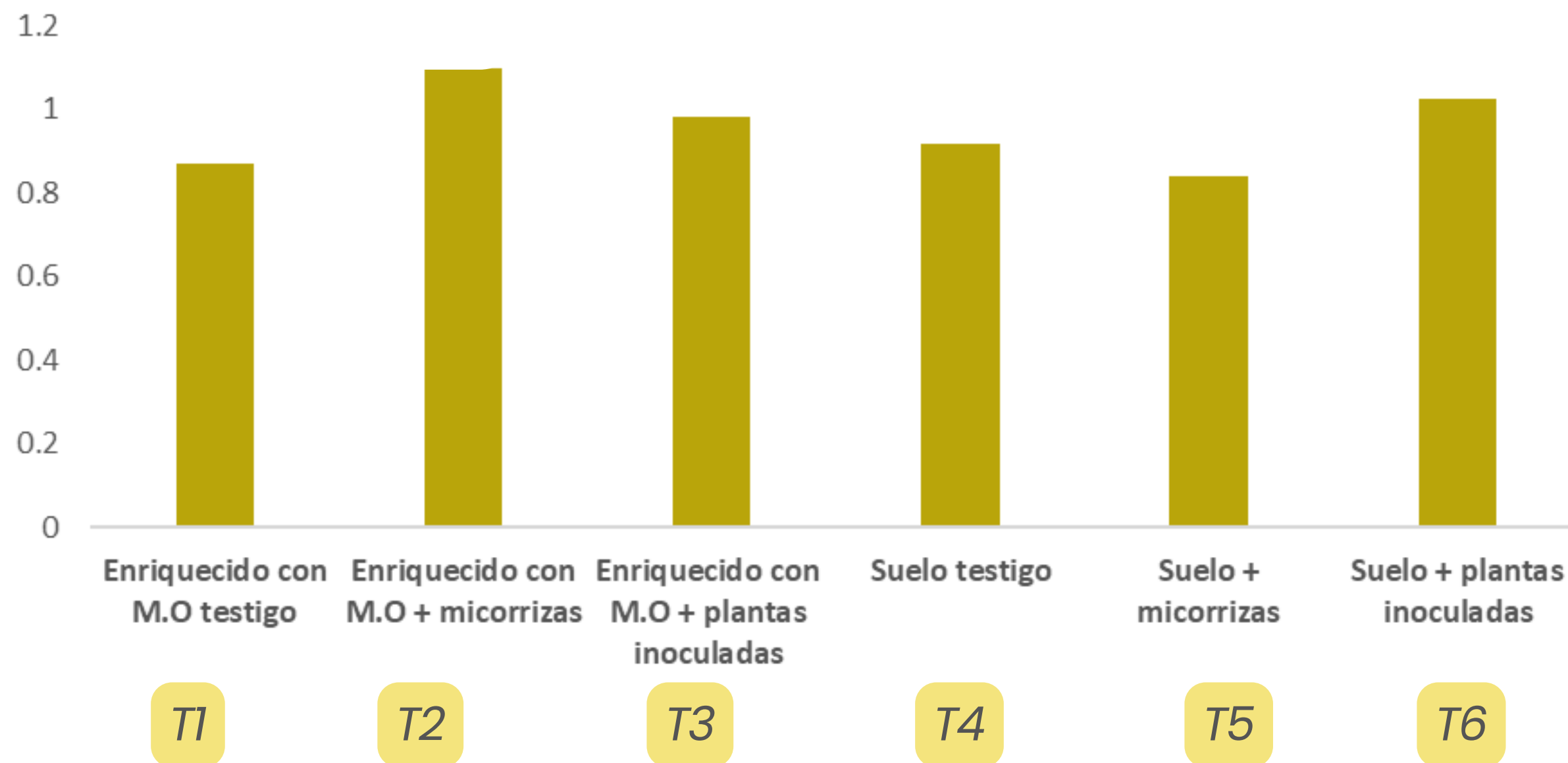
Según Wu et al. (2023), un fruto con alto Brix y menor Firmeza es un fruto que ha completado exitosamente su metabolismo de maduración, priorizando el sabor y la calidad interna sobre la rigidez estructural.

pH del Fruto



Wu et al. (2023) manifestaron que el suministro adecuado de nutrientes minerales neutraliza los ácidos orgánicos del fruto, impactando en la calidad interna del fruto al modular su pH

Capsaicina



Según Saha et al. (2022), existe un vínculo directo entre el metabolismo primario (azúcares) y el secundario (capsaicina). El adelanto en la madurez del T2 permitió que los carbohidratos disponibles se canalizaran exitosamente hacia la síntesis de compuestos picantes.

COSTO **BENEFICIO**

Costos fijos

Rubro / Concepto	Cantidad	V. Unitario (\$)	Valor Total (\$)
A. COSTOS DIRECTOS GENERALES			
Plántulas de Ají Escorpión	960	0,07	67,2
Fertilizantes (Químicos/Solubles)	1	40	40
Fitosanitarios (Insect/Fungicidas)	1	35	35
Materiales (Piolas, Estacas, Tutorado)	1	25	25
Herramientas (Depreciación)	1	10	10
Sistema de riego (Bomba, tuberías, mangueras, aspersores)	1	250	250
B. MANO DE OBRA DE MANTENIMIENTO			
Riegos, Deshierbas, Podas (6 meses)	10	18	180
Cosecha General	6	18	108
C. COSTOS INDIRECTOS			
Imprevistos (5% sobre directos)	1	25,66	25,66
TOTAL COSTOS COMUNES			740,86
<i>Costo proporcional por Tratamiento</i>			123,47

Costos variables

Concepto Variable	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1. SUSTRATOS						
Humus de Lombriz + Gallinaza	24	24	24	6	6	6
2. MANO DE OBRA (Instalación)						
Prep. Mezcla y Llenado vs Hoyado	24	24	24	12	12	12
Aplicación del Inóculo (Jornal)	0	2,5	0,9	0	2,5	0,9
3. INSUMOS BIOLÓGICOS						
Micorrizas + Melaza	0	3,8	0,5	0	3,8	0,5
TOTAL COSTO VARIABLE	48	54,3	49,4	18	24,3	19,4

Rentabilidad

Tratamiento	Peso 10 Frutos (g)	Frutos estimados /planta	Rendimiento Total (kg)	Ingreso Bruto (\$)	Costo Total (Fijo + Var)	UTILIDAD NETA (\$)	Relación B/C
T1	65.5 g	178	186,54	186,54	171,48	15,06	1,09
T2	65.3 g	216	225,68	225,68	177,78	47,90	1,27
T3	59.1 g	238	225,04	225,04	172,88	52,16	1,30
T4	61.7 g	149	147,1	147,10	141,48	5,62	1,04
T5	61.5 g	201	197,78	197,78	147,78	50,00	1,34
T6	55.3 g	226	199,96	199,96	142,88	57,08	1,40



CONCLUSIONES

- Se acepta la hipótesis alternativa ya que al menos uno de los métodos de inoculación aplicados generó diferencias significativas en la calidad metabólica del fruto y en la eficiencia económica del cultivo.
- El tratamiento T2, enriquecido con materia orgánica y micorrizas, demostró una capacidad superior de adaptación debido a que la simbiosis temprana potenció el desarrollo radicular y la vigorosidad inicial de la planta.
- El tratamiento T2 optimiza la calidad del ají escorpión al alcanzar niveles de 6,8 grados Brix en sólidos solubles y 1,100 abs de capsaicina, lo que acelera la maduración fisiológica.
- El tratamiento T6 de inoculación directa a la raíz representa la mayor eficiencia financiera del estudio con una relación beneficio-costos de 1,40, maximizando la utilidad neta al reducir la inversión en sustratos.





RECOMENDACIONES

- Inocular micorrizas en trasplante con 140 g/planta para garantizar una colonización temprana y maximizar la calidad del fruto.
- Aplicar inmersión radicular (5 L agua / 1 kg micorrizas / 5 mL melaza) por ser la opción más rentable con B/C de 1,40.
- Realizar podas de formación (35-40 días) y mantenimiento (65 días) para equilibrar la carga y prevenir patógenos.
- Reforzar la fertilización con Calcio y Boro a los 45 días para mejorar la firmeza del fruto ante el alto vigor.
- Controlar el riego de 1,04 L/planta/día evitando el lavado del inóculo superficial para mantener activa la simbiosis.
- Para una inoculación efectiva se necesita temperaturas (20-30 °C) junto a una buena aireación y optima radiación solar.





MUCHAS
GRACIAS

