

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA
TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO

EFFECTO DE HONGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES (HMA) EN EL CRECIMIENTO Y
PRODUCCIÓN DEL TOMATE (*Lycopersicum esculentum*
L.)

Autor :
Bach. Limber Becerra Fonseca

Asesor :
Ing. Guillermo Idrogo Vásquez

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2022

REGISTRO ORCID

Ing. Guillermo Idrogo Vásquez

Nº: 0000-0003-1044-5006

<https://orcid.org/0000-0003-1044-5006>

**Campo de investigación y desarrollo OCDE, según la Organización para la
Cooperación y el desarrollo Económico.**

4.00.00 -- Ciencias agrícolas

4.01.00 -- Agricultura, Silvicultura, Pesquería

4.01.06 -- Agronomía

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Teodocio Becerra Ramos y Justina Fonseca Pérez, por su apoyo incondicional, durante la ejecución de mi trabajo de investigación y por sus consejos brindados para formarme como profesional.

A MIS HERMANOS

Lenin Cieza Fonseca, Luzmery Becerra Fonseca, Nuri Becerra Fonseca, Heysin Becerra, Leyton Becerra Fonseca y Alver Jesús Becerra Fonseca por su apoyo moral y consejos en todo momento, para seguir adelante.

A MI ESPOSA

Elena Noemí Añazco Cruz, por su ayuda moral en todo momento para ser perseverante durante la elaboración del informe.

A MI HIJA

Itzel Hellen Thais Becerra Añazco, por ser mi fortaleza, la fuerza y motivación para persistir en mi meta trazada.

Limber Becerra Fonseca

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la vida, salud, sabiduría y bendiciones a través de su palabra que me fortalece; a mi esposa por apoyarme día a día.

A mi asesor, el Ing. Guillermo Idrogo Vásquez, por su asesoramiento científico y apoyo moral brindado.

A mi alma mater la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), por contribuir en mi formación profesional.

Limber Becerra Fonseca

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

DR. POLICARPIO CHAUCA VALQUI

Rector

DR. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

Vicerrector Académico

DRA. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN

Vicerrectora de Investigación

Ing. Mg. Sc. ARMSTRONG BARNARD FERNANDEZ JERI

Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

VISTO BUENO DEL ASESOR



ANEXO 3-K

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (☒)/Profesional externo (☐), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada EFEECTO DE HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES (HMA) EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DEL TOMATE (*Lycopersicon esculentum* L.) del egresado Limber Becerra Frasesca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 19 de Octubre del 2021


Firma y nombre completo del Asesor
Ing. Guillermo Idrego Vázquez

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Ing. Ms. C. Cesar Guevara Hoyos
PRESIDENTE



Ph.D. Ligia Magali García Rosero
SECRETARIO



Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz
VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



ANEXO 3-O

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Efecto de Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) en el Crecimiento y Producción del tomate (Lycopersicon esculentum)

presentada por el estudiante ()/egresado (x) *Amber Becerra Fonseca*

de la Escuela Profesional de *Ingeniería Agrónoma*

con correo electrónico institucional *0710234101@untrm.edu.pe*

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 21 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (x) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 13 de Abril del 2022


SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES:

ACTA DE SUSTENTACION DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-Q

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 29 de Abril del año 2022 siendo las 11:00 horas, el aspirante: Limber Becerra Fonseca, defiende en sesión pública presencial (☒) a distancia () la Tesis titulada: "Efecto de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el crecimiento y producción del tomate (Lycopersicon esculentum L.)" teniendo como asesor a Mg. Guillermo Idiogo Vázquez, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Ing. M.C. César Guevara Hoyos

Secretario: PhD. Ligia Nagali García Rosero

Vocal: Dr. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (☒)

Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 12:04 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

SECRETARIO

PRESIDENTE

VOCAL

OBSERVACIONES:

ÍNDICE GENERAL

REGISTRO ORCID DEL ASESOR.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS.....	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	viii
ACTA DE SUSTENTACION DE LA TESIS.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	15
II. MATERIALES Y MÉTODOS	17
2.1. Materiales, métodos y procedimientos.....	17
2.1.1. Ubicación	17
2.1.2. Características del área experimental.....	18
2.1.3. Población, muestra y muestreo	18
2.1.4. Diseño experimental	18
2.1.5. Conducción del experimento	19
2.1.6. Análisis estadístico de los datos.....	22
III. RESULTADOS.....	23
3.1. Crecimiento del cultivo	23
3.1.1. Curva de crecimiento por etapas.....	23
3.1.2. Altura total de planta (cm)	23
3.2. Desarrollo del cultivo	24
3.2.1. Número de frutos	24
3.2.2. Rendimiento (t/ha)	25
IV. DISCUSIÓN.....	27
V. CONCLUSIONES.....	29
VI. RECOMENDACIONES.....	30
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
ANEXOS.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los tratamientos.....	19
Tabla 2. ANOVA para la altura de planta, bajo el efecto de dosis de micorriza.....	24
Tabla 3. ANOVA para número de frutos, bajo el efecto de dosis de micorriza.....	25
Tabla 4. ANOVA para rendimiento, bajo el efecto de dosis de micorriza.....	26
Tabla 5. Matriz de datos sistematizados en excel.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica donde se realizó la investigación. Fuente: elaboración propia, 2021.	17
Figura 2. Distribución de tratamientos bajo un DBCA	18
Figura 3. Curva de crecimiento de tomate bajo los efectos de dosis de HMA <i>Glomus</i> sp.	23
Figura 4. Diagrama Box-Plot para la altura de planta de tomate.....	24
Figura 5. Diagrama Box-Plot para el número de frutos de tomate.	25
Figura 6. Diagrama Box-Plot para el rendimiento de tomate.	26
Figura 7. Siembra de semillas de tomate en turba.	37
Figura 8. Plántulas de tomate a los 20 días después de la germinación	37
Figura 9. Labores culturales y preparación terreno	38
Figura 10. Pesado de HMA <i>Glomus</i> sp.....	38
Figura 11. Plantas de tomate inoculadas en bolas de 5” x 8” x 1 mm (<i>Glomus</i> sp.)	39
Figura 12. Inoculación con HMA directo a la rizosfera de planta de tomate	39
Figura 13. Conteo de frutos de tomate inoculadas con HMA (<i>Glomus</i> sp.).....	40
Figura 14. Pesado de frutos de tomate para estimar el rendimiento	40

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) *Glomus* sp. en el crecimiento y producción del tomate (*Lycopersicum esculentum* L.) en campo. Se instaló bajo un diseño en bloque completo al azar, con tres tratamientos (dosis de hongo micorrízico arbuscular 30, 60, 90 g) y un tratamiento control (testigo), con 8 submuestras y 96 plantas en total. Las variables dependientes fueron evaluadas por etapa fenológica del cultivo (fase inicial (20 días), fase vegetativa (60 días) y fase reproductiva (100 días)). Se encontró que las dosis de HMA *Glomus* sp. tuvieron influencia positiva en el crecimiento y productividad de tomate, sobresaliendo la dosis 90 g por planta, en la altura total de planta (70,75 cm), número de frutos (28,96) y rendimiento (23,58 t/ha), seguido por la dosis 60 y 30 g, ambos sin diferencias significativas entre sí; por su parte, el testigo mostró valores inferiores en todas las variables evaluadas. Se concluye que la dosis 90 g/planta de *Glomus* sp. manifiestan mejor crecimiento y productividad en las plantas de tomate, dosis inferiores manifiestan resultados similares a plantas sin inoculante.

Palabras claves: *Glomus* sp., micorrizas arbusculares, simbiosis, tomate orgánico

ABSTRACT

The research aimed to evaluate the effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) *Glomus* sp. in the growth and production of tomato (*Lycopersicum esculentum* L.) in the field. It was installed under a randomized complete block design, with three treatments (doses of arbuscular mycorrhizal fungus 30, 60, 90 g) and a control treatment (control), with 8 subsamples and 96 plants in total. The dependent variables were evaluated by phenological stage of the crop (initial phase (20 days), vegetative phase (60 days) and reproductive phase (100 days)). It was found that the doses of AMF *Glomus* sp. had a positive influence on growth and productivity of tomato, standing out the dose 90 g per plant, in the total height of the plant (70,75 cm), number of fruits (28,96) and yield (23,58 t/ha), followed by the dose 60 and 30 g, both without significant differences between them, on the other hand, the control showed lower values in all the variables evaluated. It is concluded that the dose of 90 g/plant of *Glomus* sp., show better growth and productivity in tomato plants, lower doses show similar results to plants without inoculant.

Keywords: *Glomus* sp., arbuscular mycorrhizae, symbiosis, organic tomato

I. INTRODUCCIÓN

En países de Latinoamérica el cultivo de tomate es una actividad primordial, ya que tiene una alta demanda para consumo en fresco y para la industria (FAO, 2018).

No obstante, durante los últimos años el uso de agroquímicos ha generado muchas controversias en los cultivos, especialmente en hortalizas que comúnmente son consumibles de momento; esto evidentemente ha provocado reacciones diversas a nivel mundial y ambientalmente ha generado impactos negativos (Raza *et al.*, 2019). Dentro de los efectos negativos resaltan la pérdida de fertilidad de los suelos, contaminación de cuerpos de aguas, disminución de la microflora e incremento de poblaciones patógenas perjudiciales para los cultivos; consecuentemente generando severos daños en la salud humana (Piculell *et al.*, 2018).

Por lo que, resulta fundamental plantear alternativas que permitan mitigar el uso de estos productos, usar aquellos que sean amigables con el medio ambiente y mejoren los rendimientos en los cultivos. De los cuales, sobresalen compuestos o microorganismos capaces de brindar múltiples beneficios para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Abd-El-Aziz *et al.*, 2019).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) se encuentran asociadas con una diversidad de cultivos, aportando múltiples beneficios como la absorción de nutrientes y agua (Ho-Plágaro *et al.*, 2019).

Su efectividad se ha investigado particularmente en tomate, donde reportaron que al inocular con estos microorganismos benéficos han incrementado el diámetro, longitud del tallo, tamaño radicular y biomasa total de la planta, superando hasta el 50% más a plantas sin microorganismos (Reyes-Pérez *et al.*, 2020). Similar reportó Pérez-Méndez (2021), sobre el efecto de micorrizas asociadas con microorganismos solubilizadores de fósforo, incrementando el crecimiento y rendimiento (22,59 Kg/m²); Mujica & Median (2008), *Glomus mosseae* con dosis de 40 g/planta logrando acelerar el crecimiento y producción. Todas las investigaciones realizadas en micorrizas reportan incrementos significativos en el comportamiento de las plantas, tal como describen Mujica *et al.* (2014) en tomate inoculado con *Glomus cubense* (20 g/planta) y especies no identificadas (*Glomus* sp.) (Dell'Amico *et al.*, 2007).

Fernández *et al.* (2006), reportaron que las plantas de tomate inoculado con HMA comerciales (LicoMic: *Glomus* sp.), alcanzaron 21 frutos y un rendimiento promedio 12 kg/m². Similar, reportaron Ley-Rivas *et al.* (2015), donde las cepas *Glomus* sp. 1 y *Glomus intraradices* incrementaron los índices de cosecha (56,3 % y 65 %) y calidad de frutos.

Por su parte, Romero *et al.*, (2016), aplicando dosis mínimas (1 kg/m²) de EcoMic (*Glomus* sp.), en plantas en campo lograron un rendimiento de 4,18 kg/m².

Por lo descrito, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la efectividad de *Glomus* sp. a diferentes concentraciones en tomate a nivel campo; con la finalidad de implementar una agricultura sostenible y mejorar las condiciones de vida de las familias en su alimentación balanceada especialmente por el aporte nutricional que brinda el consumo de tomate de la variedad “rio grande” a los pobladores del anexo Canaán, distrito Mariscal Cáceres, región San Martín.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales, métodos y procedimientos

2.1.1. Ubicación

La investigación se ejecutó en la parcela de la Asociación de Productores Agroecológicos del Caserío de Canaán (AGROECAN), en el anexo de Canaán se ubica en el distrito Huicungo, provincia de Mariscal Cáceres, región San Martín. Con coordenadas 228468 E; 9236794 N, posición 18 M.

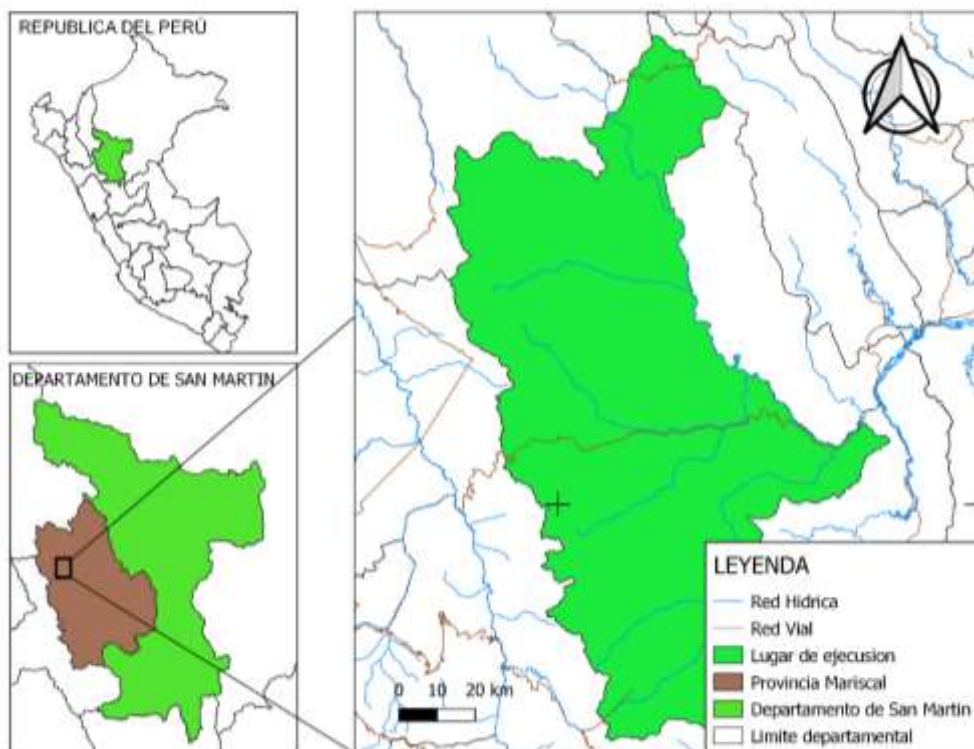


Figura 1. Ubicación geográfica donde se realizó la investigación. Fuente: elaboración propia, 2021.

2.1.2. Características del área experimental

La parcela en estudio tuvo una dimensión total de 76,5 m², en las que estuvieron distribuidos los tratamientos separados entre sí de 1,50 m y bloques de 1,00 m.

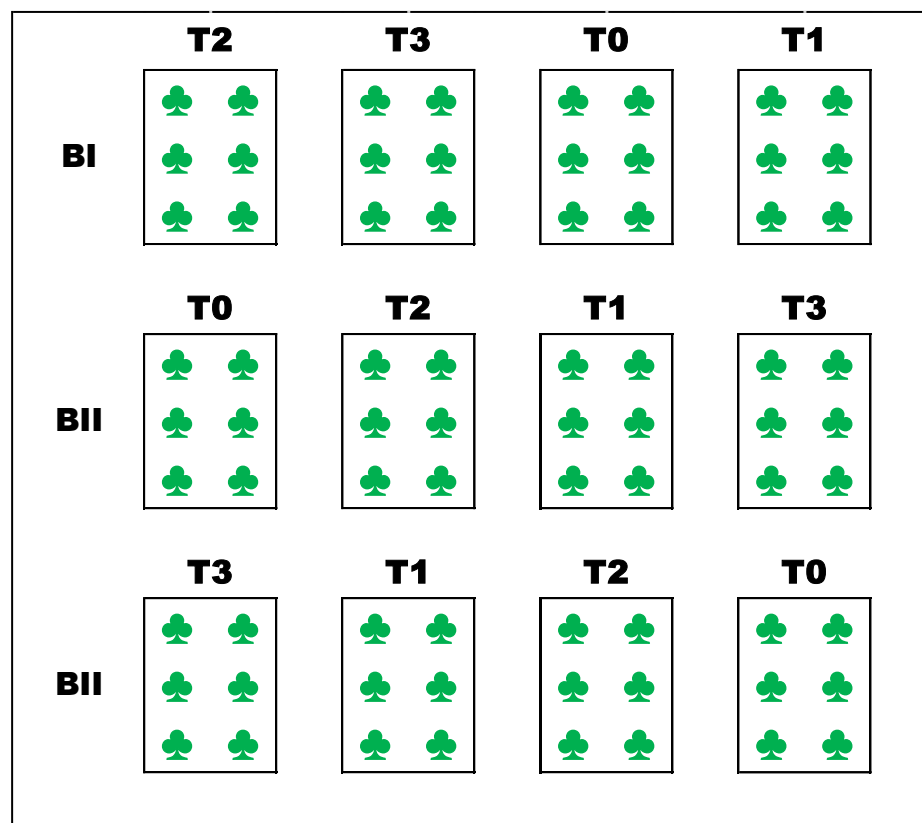


Figura 2. Distribución de tratamientos bajo un DBCA

2.1.3. Población, muestra y muestreo

Población: estuvo conformada por 96 plantas de tomate instaladas en campo.

Muestra: la muestra fue igual a la población, por tratarse de una investigación experimental.

2.1.4. Diseño experimental

La investigación se instaló bajo un diseño en bloque completo al azar (DBCA) con 4 tratamientos, tres repeticiones y 12 unidades experimentales.

Se tuvieron 3 bloques y 8 submuestras por cada unidad experimental.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos

TRATAMIENTO	Descripción (<i>Glomus</i> sp. g/planta)
T0 (TESTIGO)	0
T1	30
T2	60
T3	90

Fuente: Elaboración propia, 2021

2.1.5. Conducción del experimento

a. Adquisición y germinación de semillas

Las semillas fueron adquiridas de una agro-veterinaria local; éstas pasaron por un proceso de imbibición en agua fría por 12 horas. Como sustrato se empleó turba o material vegetal descompuesto de bosque, el cual fue desinfectado con agua hervida (100 °C), depositándola uniformemente en una bandeja de polietileno (40 cm x 25 cm). Posteriormente se removió el sustrato y se colocaron las semillas al boleó, luego se cubrieron con una capa fina del mismo sustrato con un aproximado del doble del tamaño de la semilla; se aplicó un riego pulverizado y se dejó en un ambiente protegida de la radiación solar y precipitación directa para la germinación (Figura 7 - anexo).

b. Adquisición de hongos micorrízicos arbusculares

El material biológico fue adquirido en una agroveterinaria local, conteniendo hongos formadores de micorrizas arbusculares del género *Glomus*. Para el estudio se compraron 5kg, en un paquete y conservados en ambientes secos, con baja radiación solar.

c. Colecta de sustratos, preparación y repicado en vivero.

Para esta actividad se recolectó tierra agrícola y arena, ambos fueron desinfectados con agua hervida en una carretilla, luego se dejó secar expuestas directamente al sol. Los sustratos secos pasaron por un proceso de tamizado (malla metálica 3/8") y mezclados en proporción volumétrica de 2:1 v/v tierra agrícola y arena. Éstos se colocaron en bolsas de polietileno (5" x 8" x 1 mm). Finalmente se trasplantaron las plántulas de tomate con edad de 7 días después de su germinación y tamaño de 5 a 6 cm (Figura 8 – anexo).

d. Preparación del suelo

En el campo experimental se realizó una labranza convencional con zapapico y lampa a una profundidad de 20 cm, realizando tres veces para mullir terrones del suelo; la actividad ayudó también a eliminar malezas y mejorar la aireación de la capa arable del suelo (figura 9 – anexo).

e. Trazado y siembra de plantas

En el suelo preparado, se realizó el trazado para plasmar el diseño, apoyándonos con herramientas de medición y labranzas, para ello primeramente se procedió a subdividir toda la parcela en parcelas pequeñas, a la distribución de plantas, dejándolas marcadas con estacas para el ahoyado. El ahoyado se realizó con las siguientes dimensiones ancho 20 cm x largo 20 cm x profundidad 20 cm, retirando la tierra y separándose en fracciones, según la profundidad. Los hoyos estuvieron distribuidos en pequeñas parcelas (unidades experimentales) con distanciamientos de 1,0 entre hilera y 0,5 metros entre planta, teniendo una densidad de 8 plantas en 1,5 m². La siembra fue colocando las plantas de tomate sin bolsa, donde el cuello de la planta quede alineado con la superficie del suelo, posteriormente se realizó el tapado con la primera fracción de suelo a 5 cm, sobre ésta capa se inoculó con HMA en fracciones: la primera aplicación fue con T1=10 g, T2=20 g y T3=30 g, cubriéndose con tierra de la otra mitad hasta rellenar el hoyo, luego se presionó el suelo para evitar formación de cámaras de aire; la segunda aplicación fue a los 15 días y la tercera a los 35 días después de la siembra con cantidades iguales a la primera, para ello se excavó 5 cm en forma de media luna (por la pendiente del terreno) y a 10 cm del tallo de la planta, colocando el inóculo con HMA, luego se cubrió con la misma tierra (Figura 10, 11 y 12 – anexo).

f. Entutorado

El entutorado se realizó a los 20 días después de la siembra, para ello se colocaron postes verticales de madera (1,20 cm) y palos horizontales, paralelos a las hileras de tomates. Luego con una rafia se sujetó el tallo principal de la planta en los palos horizontales (tutores), para sostener el peso de la planta durante la etapa productiva.

g. Labores culturales

Se realizó tres deshierbes cada 30 días, empleando lampas y palanas rectas, esta actividad se realizó con bastante cuidado para evitar lastimar el tallo de las plantas; también se realizó la poda de las ramas laterales, dejando solamente el tallo principal, esto con la finalidad de que no genere lesiones durante la fase reproductiva.

h. Evaluación de variable dependientes

Las variables evaluadas fueron, altura de la planta (cm), número de frutos (unidades/planta) y rendimiento (t/ha).

Altura de planta

Con una cinta métrica las plantas se midieron desde la base hasta el ápice, con un intervalo de tiempo de 21, 60 y 100 días. Los datos fueron registrados en una cartilla física.

Número de frutos

Esta variable fue estimada contando el número de frutos por planta verdes y maduros, con intervalos de 60 (etapa vegetativa) y 100 días (etapa reproductiva) (Figura 13 – anexo).

Rendimiento

Para determinar esta variable se pesaron los frutos de tomate por cada planta y promediados por tratamiento (Figura 14 - anexo); así mismo, se estimó la densidad de plantas por hectárea, usando los distanciamientos de siembra realizada en el estudio (1,0 m x 0,5 m). El peso promedio de cada tratamiento, se multiplicó por el número de plantas proyectadas en una hectárea, obteniendo el rendimiento en toneladas.

Fórmula para estimar el número de plantas

$$\#P = \frac{1ha}{DP \times DH}$$

Dónde:

Ha: hectárea

DP: distancia entre plantas

DH: distancia entre hileras

2.1.6. Análisis estadístico de los datos

Los datos de crecimiento, número de frutos y rendimiento fueron registrados en un cuaderno de campo y sistematizados en una hoja de cálculo Excel (Tabla 5 - anexo); luego, se realizó el análisis de varianza de los datos (*p-valor* < 0,05) bajo la prueba de Tukey; para los tratamientos con diferencias estadísticas significativas por cada variable, se realizó el análisis mediante el diagrama de bigotes o Box-Plot. Se utilizó software estadístico InfoStat versión 2019 y Excel para el procesamiento de los datos.

III. RESULTADOS

3.1. Crecimiento del cultivo

3.1.1. Curva de crecimiento por etapas

En la figura 3 se observa la curva de crecimiento del tomate bajo la aplicación de 3 dosis de *Glomus* sp., dónde todos los tratamientos presentan una curva polinómica; así mismo, el crecimiento máximo se mostró desde los 60 hasta los 100 días, sobresaliendo el T3 = 90 g de HMA, seguido por T1, 30 g y T2 ,60 g; los tres tratamientos superaron al testigo.

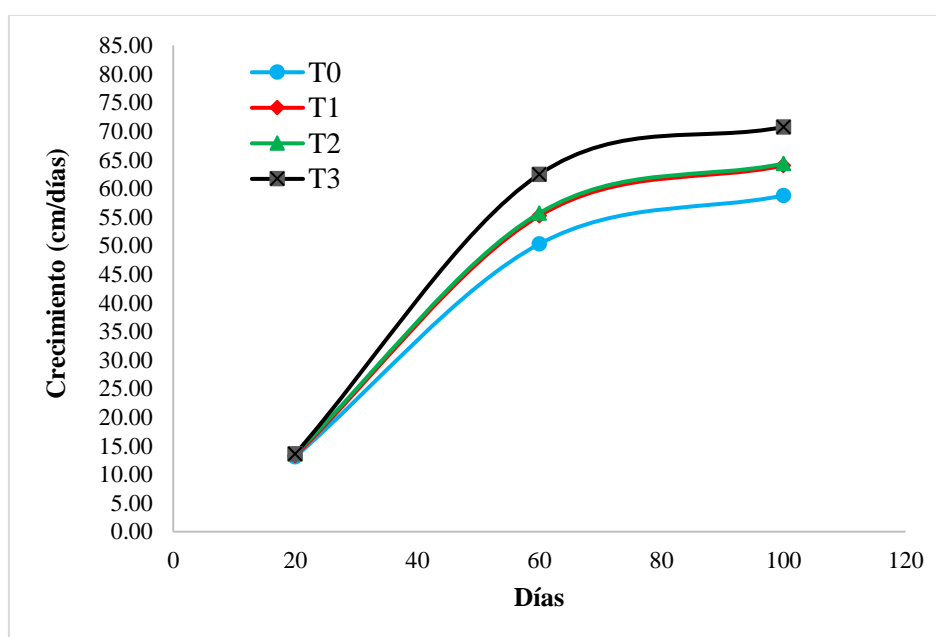


Figura 3. Curva de crecimiento de tomate bajo los efectos de dosis de HMA *Glomus* sp.

3.1.2. Altura total de planta (cm)

Para esta variable, el ANOVA reporta diferencias estadísticas altamente significativas entre todos los tratamientos ($p\text{-valor} < 0,05$). Denotando que existe un efecto positivo de las dosis de HMA aplicadas en las plantas de tomate.

Tabla 2. ANOVA para la altura de planta, bajo el efecto de dosis de micorriza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	1735,17	3	578,39	18,31	0,0000**
Error	2843,68	90	31,6		
Total	4634,11	95			

*= diferencia significativa ($p\text{-valor} < 0,05$); **= diferencia alta significativa ($p\text{-valor} < 0,01$); F.V.: fuente de variación; SC: suma de cuadrados; gl: grado de libertad; CM: cuadrado medio; F: Fisher.

En la figura 4, se muestra el diagrama Box-Plot para la altura de planta, observando que el T3 = 90 g, manifestó mayor altura con 70,75 cm respecto a T1 63,5 cm y T2. 64,6 cm mostrándose que todas las plantas de tomate inoculadas con *Glomus* sp., alcanzaron mayores tamaños, superando ampliamente al testigo (sin HMA) con 57,55 cm.

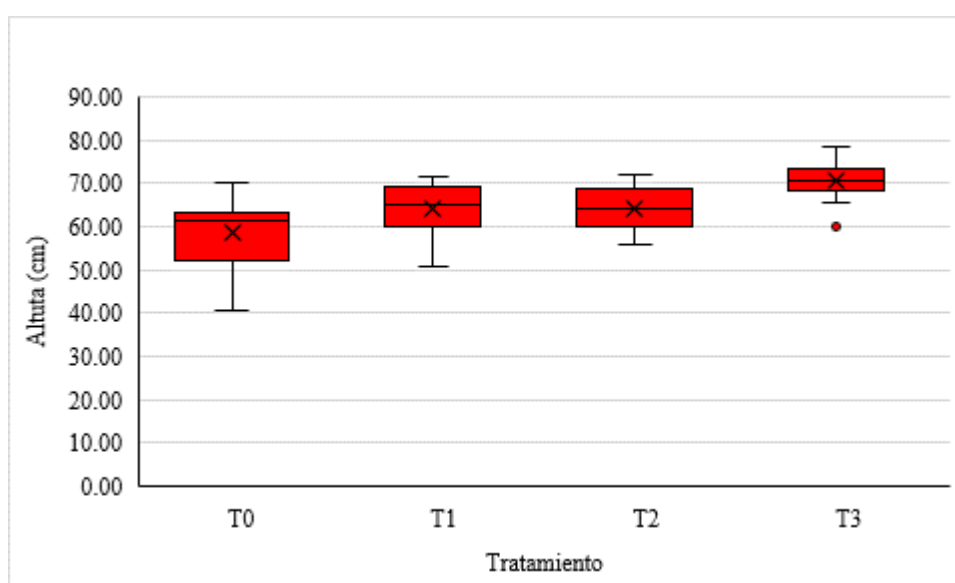


Figura 4. Diagrama Box-Plot para la altura de planta de tomate.

3.2. Desarrollo del cultivo

3.2.1. Número de frutos

En la tabla 3, se aprecia el ANOVA para el número de frutos, efectuados por las dosis de HMA *Glomus* sp.; manifestando la existencia de diferencias significativas altas ($p\text{-valor} < 0,05$) entre los tratamientos.

Tabla 3. ANOVA para número de frutos, bajo el efecto de dosis de micorriza

S.C.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	836,58	3	278,86	30,33	0,0000**
Error	827,60	90	9,20		
Total	1675,83	95			

*= diferencia significativa ($p\text{-valor} < 0,05$); **= diferencia alta significativa ($p\text{-valor} < 0,01$);

F.V.: fuente de variación; SC: suma de cuadrados; gl: grado de libertad; CM: cuadrado medio;

F: Fisher.

La figura 5, muestra el diagrama Box-Plot para el número de frutos, observando diferencias entre las medias del T3 = 90 g con 29 frutos/planta superando al T1 y T2 (24 y 26) frutos/planta respectivamente, ambos sin diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, superan al T0 de 21 frutos/planta determinados en este estudio.

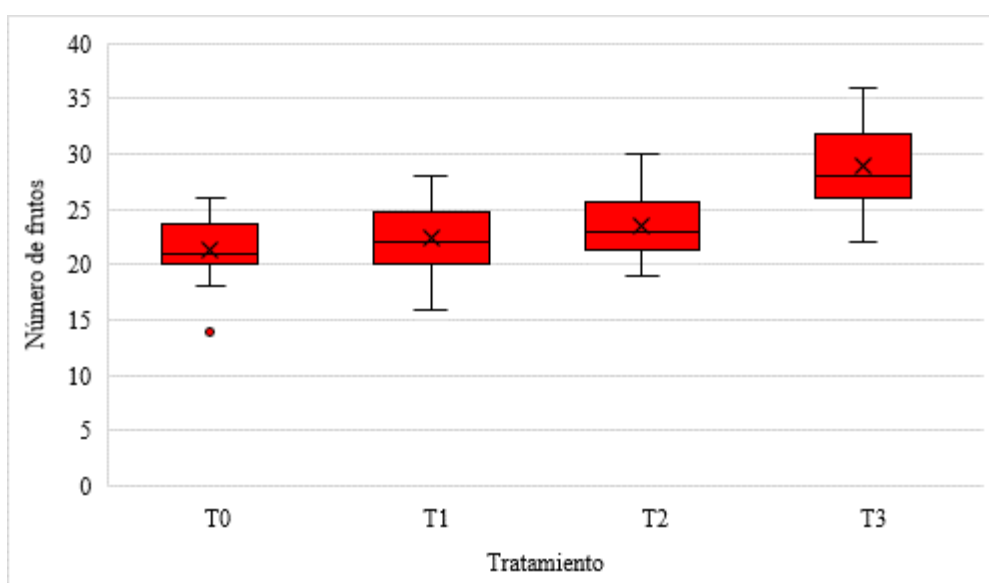


Figura 5. Diagrama Box-Plot para el número de frutos de tomate.

3.2.2. Rendimiento (t/ha)

El ANOVA muestra la existencia de diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p\text{-valor} < 0,05$); manifestando que al menos una dosis de *Glomus* sp, ha influenciado positivamente en el rendimiento de tomate (Tabla 4).

Tabla 4. ANOVA para rendimiento de la planta, bajo el efecto de dosis de micorriza

S.C.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	12386,21	3	4128,74	43,44	0,0000**
Error	8553,67	90	95,04		
Total	21203,30	95			

*= diferencia significativa (p-valor < 0,05); **= diferencia alta significativa (p-valor < 0,01); F.V.: fuente de variación; SC: suma de cuadrados; gl: grado de libertad; CM: cuadrado medio; F: Fisher.

Para el rendimiento el diagrama Box-Plot, reporta que la proyección de las medias del T3 = 90 g, no cae en las cajas de los otros tratamientos, por lo que es diferente y supera a los demás tratamientos junto al testigo; denotando que el mejor rendimiento se reportó con 90 g/planta de *Glomus* sp. con 23,58t/ha seguido del T2 con 15,54 t/ha y T1 con 14,62 t/ha estando todos los datos anteriores por encima de T0 (testigo) (Figura 6).

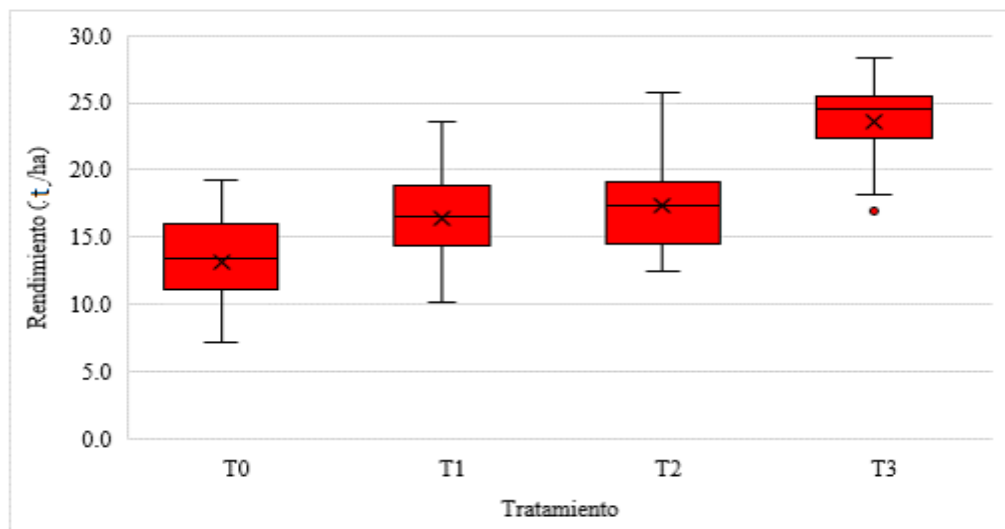


Figura 6. Diagrama Box-Plot para el rendimiento de tomate.

IV. DISCUSIÓN

Las plantas de tomate manifestaron buena respuesta al inoculante HMA *Glomus* sp., influenciado positivamente en los indicadores de crecimiento y productividad.

Las dosis estudiadas corresponden a T1 = 30 g, T2 = 60 g y T3 = 90 g por planta; observando que las plantas de tomate con la dosis T3 = 90 g obtuvieron una altura 70,75 cm; similar sucedió en la curva de crecimiento, dónde los tratamientos mostraron una curva polinómica, pero, que a partir del día 40 las plantas tratadas con T3 = 90 g sobrepasaron a los demás tratamientos hasta los 100 días, estando por encima de los otros tratamientos y el testigo. Por su parte Terry & Leyva (2006), con micorrizas comerciales alcanzaron tamaños de planta de 48 cm a los 51 días.

El estudio denota que las micorrizas tienen efectos directamente proporcionales en las plantas, mostrando crecimientos significativos a medida se incrementa la dosis, similar a lo reportado por Mujica & Median (2008) con 40 g/planta de *G. Mosseae* que tienen efecto durante su ciclo fenológico de la planta de tomate.

Por su parte, Brito et al. (2011) que las plantas de tomate inoculadas con *G. hoy-like* y 14,72 inoculadas con *G. mosseae*; logrando una altura total de 80,70 cm a 70,10 asemejándose a los valores encontrados en este estudio.

Las micorrizas son claros promotores de crecimiento; en estudios realizados en tomate, las plantas inoculadas con micorrizas superaron hasta en un 25 % de su tamaño a las plantas con humus de lombriz (Charles & Alonso, 2015).

Respecto a la productividad, las plantas de tomate inoculadas con la dosis T3 = 90 g de *Glomus* sp. alcanzaron un rendimiento de 23,58 t/ha y 28,96 frutos por planta, seguido por T2 = 60 g. Las plantas sin inoculante presentaron rendimientos por debajo del promedio total producido.

Al respecto, Fernández *et al.* (2006), encontraron que, las plantas inoculadas con 20 esporas de micorrizas comerciales (LicoMic: *Glomus* sp.), producen en promedio 21 frutos, valores que se asemejan a los encontrado en el estudio. El rendimiento, fue similar a los reportados por Cos *et al.* (2013), alcanzando rendimiento de 3,53 kg/m²; sin embargo, fue superado en hasta 4 veces a los resultados obtenidos por Pérez-Méndez (2021) con 12 kg/m².

Romero *et al.*, (2016), mencionan que, las micorrizas comerciales EcoMic (*Glomus* sp.) en dosis mínimas (1 kg/m²) incrementan el rendimiento, afirmación que no concuerda a lo reportado en este estudio; no obstante, resaltan que el momento de aplicación, es fundamental, sugiriendo inocular después de la siembra (planta establecida), para alcanzar rendimientos promedio de 4,18 kg/m².

Sin duda, la inoculación con HMA (*Glomus* sp.) mejoran el crecimiento y productividad de tomate; éstos son capaces de maximizar los índices de cosecha (56,3% a 65), en comparación a plantas no inoculadas (Ley-Rivas *et al.*, 2015).

Todas las investigaciones reportan efectos positivos de las micorrizas en tomate respecto a plantas no inoculadas, con resultados diversos, variando que pueden variar por diversos factores edafoclimáticos; las micorrizas se forman de manera natural, en la mayoría de suelos y con el 80% de las plantas terrestres (Smith & Read, 2008), no obstante, la inoculación con micorrizas comerciales y del género *Glomus*, potencian el crecimiento y productividad de tomate.

Los hongos micorrízicos arbusculares al asociarse con las plantas, funcionan con complemento de las raíces, ayudando en la absorción de nutrientes (Colozzi Filho & Cardoso, 2000), principalmente el fósforo(P), un elemento indisponible en la mayoría de suelos tropicales, pero indispensable en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Blanco & Salas, 1997); éstos microorganismos también fortalecen la tolerancia de las plantas a condiciones de estrés abiótico, mejoran el suelo y contribuyen en la fijación de nitrógeno atmosférico (Barea *et al.*, 2005), promoviendo una agricultura sostenible y permite minimizar el uso de fertilizantes químicos hasta un 25% (Ramos *et al.*, 2013).

Los resultados consignados respecto a la aplicación de HMA *Glomus* sp. en el cultivo de tomate de variedad comercial “rio grande” fue eficiente de acuerdo a los datos determinados en este estudio en crecimiento y producción; obteniendo los más altos promedios para el T3 con una altura de planta 70,75 cm, 29 frutos y 23, 58 t/ha. Seguido del T2 con 64,6 cm, frutos 26 y 15,54 t/ha. Así mismo el T1 con 63,5 cm, 24 frutos/planta y 14,62 t/ha presentado diferencias estadísticas significativas respecto al T0 (figura – 4, 5 y 6).

CONCLUSIONES

La dosis 90 g/planta de *Glomus* sp. influenciaron positivamente en el crecimiento de tomate; logrando plantas con altura de 70,75 cm y una curva crecimiento polinómica durante su ciclo fenológico del tomate.

Las plantas de tomate inoculadas con 90 g/planta de *Glomus* sp. T3, incrementan la productividad; obteniendo plantas con 29 frutos y un rendimiento promedio de 23,58 t/ha, frente al T1, T2 y T0 (Testigo).

La eficiencia de *Glomus* sp. determina resultados importantes bajo los tres niveles de aplicación diferenciándose simultáneamente del TESTIGO.

Es rentable la aplicación de micorrizas a 90g/planta ya que demanda de un bajo costo para la producción de tomates de variedad “rio grande” y a la vez garantiza su efectividad en crecimiento y producción de las mismas.

La inoculación de HMA influye significativamente a pequeñas, medianas y grandes escalas de dosificaciones según la biomasa de la planta, aplicadas de manera fraccionada durante sus tres etapas; inicial, vegetativa y reproductiva asegurando la estabilidad nutricional en su desarrollo.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda inocular 90 g/planta de *Glomus* sp. a plantas de tomate de la variedad “rio grande” a nivel de campo, para lograr un buen crecimiento y desarrollo.
- Validar la investigación empleando micorrizas del género *Glomus* en diferentes pisos altitudinales y condiciones ambientales.
- Validar la investigación con las dosis empleadas de *Glomus* sp. empleando otras densidades de siembra.
- Replicar la información determinada en este estudio para fortalecer capacidades en el cultivo de tomate (*lycopersicum esculentum* L.) en diferentes zonas del país, región, distrito o comunidad donde las familias no tienen la oportunidad de consumir verduras frescas y orgánicas de vital importancia, debido al desconocimiento y otros factores adversos en su comercialización.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd El-Aziz, M., Morsi, S., Salama, D., Abdel-Aziz, M., Abd Elwahed, M., Shaaban, E. y Youssef, A. (2019). Preparación y caracterización de nanocompuestos de quitosano/ácido poliacrílico/cobre y su impacto en la producción de cebolla. *Revista internacional de macromoléculas biológicas*, 123, 856-865. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.155>.
- Barea, J., Pozo, M., Azcon, R., & Azcon-Aguilar, C. (2005). Cooperación microbiana en la rizosfera. *Revista de botánica experimental*, 56 (417), 1761-1778.
- Blanco, F., & Salas, E. (1997). Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. *Agronomía costarricense*, 21(1), 55-67.
- Brito, A., Daza, N., Coipel, R., Rocaful, Y., Hernández, L., Alonso, J., ... & Encinosa, S. (2011). Efecto agronómico de dos cepas de *Glomus* (*G. hoi-like* y *G. mosseae*) en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. inifat-28 cultivado en condiciones de organoponía. *Agrotecnia de Cuba*, 35(1), 42-48.
- Charles, N., & Martín Alonso, N. (2015). Uso y manejo de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y humus de lombriz en tomate (*Solanum lycopersicum* L.), bajo sistema protegido. *Cultivos Tropicales*, 36(1), 55-64.
- Colozzi Filho, A., & Cardoso, E. (2000). Detecção de fungos micorrízicos arbusculares em raízes de cafeeiro e de crotalária cultivada na entrelinha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(10), 2033-2042.
- Cos, J., Nelson, M., Turro, A., Esmilda, J., & Ruiz, G. (2013). Respuesta del tomate al uso de alternativas orgánicas y micorriza en producción protegido en Guantánamo. *Centro Agrícola*, 40(3), 15-21.
- Dell'Amico, J., Fernández, F., Nicolás, E., López, L., & Sánchez-Blanco, M. (2007). Respuesta fisiológica del tomate a la aplicación de dos inoculantes a base de *Glomus* sp1 (INCAM 4) por dos vías de inoculación diferentes. *Cultivos Tropicales*, 28 (2), 51-58. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217731007>

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2018. FAOStat. Obtenido de Obtenido de <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/QC/S> (Consulta: marzo 29, 2022).
- Fernández, F., Dell, J. y Rodríguez, P. (2006). Efectividad de algunos tipos de inoculantes micorrizicos a base de *Glomus hoi*"like" en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. var. Amalia). *Cultivos Tropicales*, 27 (3), 25-30.
- Ley-Rivas, J., Sánchez, J., Ricardo, N., & Collazo, E. (2015). Efecto de cuatro especies de hongos micorrizógenos arbusculares en la producción de frutos de tomate. *Agronomía Costarricense*, 39 (1), 47-59.
- Mujica, Y., & Medina, N. (2008). Respuesta del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la formulación líquida de cuatro cepas de *Glomus* en condiciones de campo. *Cultivos Tropicales*, 29 (3), 23-25.
- Mujica Pérez, Y., Mena Echevarría, A., Medina Carmona, A., & Rosales Jenquis, P. (2014). Respuesta de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la biofertilización líquida con *Glomus* cúbense. *Cultivos tropicales*, 35(2), 21-26.
- Piculell, B., Eckhardt, L. y Hoeksema, J. (2018). La tolerancia a patógenos fúngicos determinada genéticamente y la variación del suelo influyen en los rasgos ectomicorrízicos del pino insulso. *Ecología y Evolución*, 8 (19), 9646-9656. <https://doi.org/10.1002/ece3.4355>
- Ramos Hernández, L., Reyna García, Y., Lescaille Acosta, J., Telo Crespo, L., Arozarena Daza, N. J., Ramírez Peña, M., & Martín Alonso, G. M. (2013). Hongos micorrízicos arbusculares, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megatherium* y FitoMas-E: una alternativa eficaz para la reducción del consumo de fertilizantes minerales en *Psidium guajava* L. var. Enana Roja cubana. *Cultivos Tropicales*, 34(1), 05-10.
- Raza, A., Razzaq, A., Mehmood, S., Zou, X., Zhang, X., & Xu, J. (2019). Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A review. *Plants*, 8(2), 34. <https://doi.org/10.3390/plants8020034>
- Reyes-Pérez, J., Enríquez-Acosta, E., Ramírez-Arrebato, M., Rodríguez-Pedroso, A., & Falcón-Rodríguez, A. (2020). Efecto de ácidos húmicos, micorrizas y quitosano en indicadores del crecimiento de dos cultivares de tomate (*Solanum*

lycopersicum L.). *Terra Latinoamericana*, 38(3), 653-666.
<https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.671>

- Romero, Y., Izquierdo, E., & Baños, Y. (2016). Efectividad y momentos de aplicación del biofertilizante EcoMicâ en la producción de *Solanum lycopersicum* L. var. Mamonal 21. *Avances*, 18(1), 76-84.
- Smith, S., & Read, D. (2008). Mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry. En S. E. Smith & D. Read (Eds.), *Mycorrhizal Symbiosis (Third Edition)* (pp. 611-XVIII). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012370526-6.50019-2>
- Terry Alfonso, E., & Leyva Galán, A. (2006). Evaluación agrobiológica de la coinoculación micorrizas-rizobacterias en tomate. *Agronomía Costarricense*, v. 30 (no. 1) p. 65-73. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/6832>

ANEXOS

Tabla 5. Matriz de datos sistematizados en Excel

BLOQUE	SUB_MUESTRA	TRATAMIENTO	Crecimiento - altura (cm)			Producción	
			21 días	60 días	100 días	NÚMERO DE FRUTOS	t/ha
1	1	T0	13.20	55.50	62.20	21	11.1
1	2	T0	14.10	42.30	49.40	18	9.5
1	3	T0	12.50	40.20	50.10	22	16.0
1	4	T0	13.30	56.40	62.30	24	15.4
1	5	T0	13.00	60.80	67.50	26	15.1
1	6	T0	12.70	59.00	63.20	23	11.9
1	7	T0	12.20	38.90	50.30	18	7.3
1	8	T0	14.90	54.00	60.80	22	11.4
1	1	T1	12.60	54.70	61.50	21	14.7
1	2	T1	13.40	60.00	67.40	23	16.9
1	3	T1	14.10	49.10	59.60	20	16.0
1	4	T1	12.30	41.80	69.10	22	15.7
1	5	T1	15.20	59.20	71.00	24	20.0
1	6	T1	15.40	56.00	64.20	18	14.3
1	7	T1	12.60	48.20	60.00	20	17.1
1	8	T1	13.50	51.30	60.00	20	13.3
1	1	T2	12.20	55.40	63.20	22	17.6
1	2	T2	14.40	49.90	58.10	20	16.7
1	3	T2	13.70	58.10	64.60	24	16.8
1	4	T2	12.80	47.80	59.80	22	14.4
1	5	T2	13.20	60.30	69.00	25	12.5
1	6	T2	13.60	51.50	58.20	21	17.5
1	7	T2	15.20	62.00	69.50	26	20.8
1	8	T2	13.60	59.80	68.40	23	17.7
1	1	T3	12.40	59.50	69.50	26	24.1
1	2	T3	13.20	67.20	73.00	29	25.4
1	3	T3	15.10	64.00	72.00	34	17.0
1	4	T3	14.70	58.60	65.40	26	25.7

1	5	T3	12.50	68.60	76.20	34	28.3
1	6	T3	13.30	59.70	68.00	25	24.7
1	7	T3	13.40	64.30	72.20	32	24.5
1	8	T3	12.80	65.00	73.40	36	25.2
2	1	T0	11.90	45.00	55.90	20	16.4
2	2	T0	13.00	46.80	59.00	22	14.1
2	3	T0	14.10	50.00	60.10	23	16.0
2	4	T0	13.20	47.20	55.80	20	16.1
2	5	T0	12.00	56.50	62.40	24	15.1
2	6	T0	15.00	60.10	70.00	26	19.2
2	7	T0	14.30	39.00	51.20	20	7.3
2	8	T0	12.60	48.40	56.00	21	11.3
2	1	T1	13.60	65.30	60.20	25	16.3
2	2	T1	12.40	48.30	58.30	22	16.9
2	3	T1	14.80	50.60	59.00	20	17.7
2	4	T1	13.00	57.30	65.70	24	19.7
2	5	T1	14.70	59.10	70.00	26	18.2
2	6	T1	12.60	62.30	71.40	28	23.5
2	7	T1	13.40	62.40	70.00	28	18.3
2	8	T1	14.20	55.80	60.00	24	19.3
2	1	T2	13.20	49.90	60.00	24	19.3
2	2	T2	12.00	53.00	61.30	20	12.7
2	3	T2	14.50	57.40	65.40	25	16.8
2	4	T2	13.70	48.70	56.80	24	20.5
2	5	T2	15.00	56.30	64.50	26	18.2
2	6	T2	12.40	49.10	60.00	21	17.6
2	7	T2	13.10	60.00	70.20	30	25.8
2	8	T2	14.90	55.50	63.60	22	14.1
2	1	T3	13.30	59.50	69.40	26	18.2
2	2	T3	14.60	58.80	68.80	27	19.8
2	3	T3	12.80	60.20	70.00	30	25.0
2	4	T3	14.00	56.90	66.50	22	18.9
2	5	T3	13.80	62.00	70.10	28	23.3
2	6	T3	14.00	63.20	71.50	28	22.9
2	7	T3	13.50	54.80	60.00	26	22.3
2	8	T3	13.80	69.50	72.20	32	27.5
3	1	T0	12.00	50.00	62.00	20	10.0
3	2	T0	12.50	40.20	48.00	18	15.0
3	3	T0	13.00	63.00	70.20	24	16.0

3	4	T0	12.30	54.00	63.00	21	11.3
3	5	T0	14.00	57.00	65.20	24	17.6
3	6	T0	12.70	55.40	63.20	20	12.7
3	7	T0	13.40	35.60	40.80	14	7.3
3	8	T0	12.50	52.00	61.70	19	12.1
3	1	T1	14.00	60.00	68.50	22	12.1
3	2	T1	12.30	57.50	67.40	20	11.3
3	3	T1	12.00	46.70	50.70	22	13.2
3	4	T1	12.40	61.00	69.10	26	19.1
3	5	T1	13.00	62.50	70.00	25	20.0
3	6	T1	12.48	57.00	66.50	22	15.4
3	7	T1	13.20	48.20	56.30	20	15.3
3	8	T1	12.00	51.30	60.20	16	10.1
3	1	T2	13.20	56.50	64.30	21	14.7
3	2	T2	12.40	60.00	72.00	26	19.4
3	3	T2	14.00	57.70	65.80	22	18.5
3	4	T2	13.50	46.70	55.90	23	14.4
3	5	T2	14.70	60.20	68.20	23	17.1
3	6	T2	12.60	55.00	63.40	19	15.3
3	7	T2	15.00	61.40	70.00	28	13.3
3	8	T2	13.90	64.50	72.10	28	23.9
3	1	T3	13.60	64.00	71.40	27	24.1
3	2	T3	15.00	69.10	76.00	30	25.4
3	3	T3	14.00	60.20	78.40	26	17.0
3	4	T3	12.50	57.90	66.00	31	25.7
3	5	T3	13.70	67.30	74.50	34	28.3
3	6	T3	14.00	58.30	67.10	28	24.7
3	7	T3	13.50	63.00	70.20	28	22.4
3	8	T3	13.00	68.00	76.30	30	25.6

Fuente: elaboración propia

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 7. Siembra de semillas de tomate en turba.



Figura 8. Plántulas de tomate a los 20 días después de la germinación



Figura 9. Labores culturales y preparación terreno



Figura 10. Pesado de HMA Glomus sp.



Figura 11. Plantas de tomate inoculadas en bolas de 5" x 8" x 1 mm (Glomus sp.)



Figura 12. Inoculación con HMA directo a la rizosfera de planta de tomate



Figura 13. Conteo de frutos de tomate inoculadas con HMA (Glomus sp.)



Figura 14. Pesado de frutos de tomate para estimar el rendimiento