

**Evaluación de cuatro cepas de micorriza  
vesículo arbuscular en los cultivos de tomate y  
pasto Marandú en macrotúnel, Zamorano,  
Honduras**

**Kelvin Leonardo Maldonado Ortíz  
Miguel Andrés Reyes Pozo**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2018

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Evaluación de cuatro cepas de micorriza  
vesículo arbuscular en los cultivos de tomate y  
pasto Marandú en macrotúnel, Zamorano,  
Honduras**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingenieros Agrónomos en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Kelvin Leonardo Maldonado Ortíz  
Miguel Andrés Reyes Pozo**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2018

## Evaluación de cuatro cepas de micorriza vesículo arbuscular en los cultivos de tomate y pasto Marandú en macrotúnel, Zamorano, Honduras

Kelvin Leonardo Maldonado Ortíz  
Miguel Andrés Reyes Pozo

**Resumen.** Las micorrizas son hongos benéficos que viven en simbiosis con las plantas por la interacción creada con el sistema radicular. La simbiosis es la asociación benéfica de dos organismos de diferentes especies. Las micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) aumentan la extracción de nutrientes en el suelo mediante las hifas extra radicales del hongo. El objetivo fue evaluar cuatro cepas de MVA *Glomus* sp.(M7), *Glomus etunicatum* (SECRA), *Entrophospora* sp. (SE3) y *Acaulospora* sp. (M8) en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L) y pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*) establecidos en macro-túnel. El estudio se llevó a cabo de julio a septiembre de 2018. Se utilizaron 40 esporas de inoculante por planta, aplicando el 20% del total en la etapa de semillero y 80% restante en vivero. En tomate las cepas de MVA no mostraron un efecto significativo en el desempeño de la planta con respecto a altura, número de brotes y características de las raíces; sin embargo, con las cepas SE3 y M8 se obtuvieron los mejores resultados de peso seco. Las plantas inoculadas con MVA se adelantaron tres días a la floración en relación al testigo sin inóculo. En pasto Marandú las cepas de MVA M7, M8 y SE3 mostraron un mejor desempeño en altura de planta, macollamiento y peso seco sobre el testigo sin inóculo; la cepa SECRA fue inferior y no difirió del testigo.

**Palabras clave:** *Acaulospora*, *Braquiaria brizantha*, *Entrophospora*, *Glomus*, simbiosis, *Solanum lycopersicum*.

**Abstract.** Mycorrhizae are the beneficial fungi that live in symbiosis with plants for the interaction created with the root system. Symbiosis is the beneficial association of two organisms of different species. The vesicular-arbuscular mycorrhizae (MVA) increase the availability of nutrients in the soil through the extra-radical hyphae of the fungus. The objective was to evaluate four strains of MVA *Glomus* sp. (M7), *Glomus etunicatum* (SECRA), *Entrophospora* sp. (SE3) and *Acaulospora* sp. (M8) in tomato plants (*Solanum lycopersicum* L) and Marandú grass (*Brachiaria brizantha*) established in the macro-tunnel. The study was carried out from July to September 2018. 40 inoculant spores were used per plant, applying 20% of the total in the seedling stage and the remaining 80% in the nursery garden. In the tomato plant, the strains of MVA there is not a significant effect in the performance of the plant based on the variables: height, number of buds and characteristics of the roots. However, with the strains SE3 and M8 the best results in dry weight were obtained. The plants inoculated with MVA were advanced three days before flowering in relation to the control without inoculum. In the Marandú grass, the M7 M7, M8 and SE3 strains presented a better performance in the height of the plant, tillering and weight on the control without inoculum; and the SECRA strain was lower and did not differ from the control.

**Key Words:** *Acaulospora*, *Braquiaria brizantha*, *Entrophospora*, *Glomus*, symbiosis, *Solanum lycopersicum*.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros .....	vi
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>20</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>21</b>
<b>6. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>22</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Cepas de micorriza vesículo arbuscular utilizadas como inóculo, año de producción y número de esporas/gramo de suelo, Zamorano, Honduras.....	3
2. Cantidad de inóculo para ajuste de la dosis requerida de 40 esporas/planta en semillero y maceteros, en la evaluación de cuatro cepas de micorriza vesículo arbuscular en los cultivos de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) y pasto Marandú ( <i>Brachiaria brizantha</i> ), Zamorano, Honduras. ....	4
3. Tratamientos para la evaluación de cuatro cepas de micorriza vesículo arbuscular en los cultivos de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) y pasto Marandú ( <i>Brachiaria brizantha</i> ), a una dosis de 40 esporas/planta.....	6
4. Significancia de variables altura de la planta y número de brotes, obtenidas semanalmente, en plantas de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) inoculadas con cuatro cepas seleccionadas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.....	7
5. Significancia en variables de peso en diferentes órganos de la planta, dimensiones de la raíz, días a floración, porcentaje de infección y número de esporas en el sustrato, medidas en plantas de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) a la final de la etapa de crecimiento, inoculadas con cuatro cepas seleccionadas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.....	8
6. Altura del tallo en plantas de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en semillero, semana tres después de inocular cuatro cepas seleccionadas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.....	9
7. Variación semanal de la altura del tallo en plantas de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) inoculadas con cuatro cepas seleccionadas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.....	10
8. Variación semanal del número de brotes en plantas de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) inoculadas con cuatro cepas seleccionadas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.....	10

9.	Días a primera floración de las plantas de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) inoculadas con cuatro cepas de micorriza vesículo arbuscular, Zamorano, Honduras..	11
10.	Pesos secos de raíces, tallos, hojas y total a la floración (semana 11) de plantas de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) inoculadas con cuatro cepas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.....	12
11.	Longitud, área superficial, diámetro promedio y volumen de raíces de plantas de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) inoculadas con cuatro cepas de micorriza vesículo-arbuscular, a la floración (semana 11), Zamorano, Honduras. ....	12
12.	Esporas de micorriza por gramo de sustrato a la floración (semana 11), en la evaluación de cuatro cepas de micorriza vesículo arbuscular en plantas de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.), Zamorano, Honduras.....	13
13.	Significancia de variables obtenidas semanalmente, en plantas de Pasto Marandú ( <i>Brachiaria brizantha</i> ) inoculadas con cuatro cepas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.....	14
14.	Significancia en variables medidas en plantas de pasto Marandú ( <i>Brachiaria brizantha</i> ) al final de la etapa de crecimiento, inoculadas con cuatro cepas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras. ....	14
15.	Altura del tallo en plantas de pasto Marandú ( <i>Brachiaria brizantha</i> ) en semillero, semana tres después de inocular cuatro cepas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras. ....	15
16.	Variación semanal de la altura en plantas de pasto Marandú ( <i>Brachiaria brizantha</i> ) inoculadas con cuatro cepas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.....	15
17.	Número de macollas desarrolladas en plantas de pasto Marandú ( <i>Brachiaria brizantha</i> ) en semillero, semana tres después de inocular con cuatro cepas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras. ....	16
18.	Variación semanal del número de macollas desarrolladas en plantas de pasto Marandú ( <i>Brachiaria brizantha</i> ) establecidas en vivero, inoculadas con cuatro cepas de micorriza vesículo arbuscular, Zamorano, Honduras.....	17
19.	Peso seco de raíces, hojas y total a la floración (semana 11) de plantas de pasto Marandú ( <i>Brachiaria brizantha</i> ) inoculadas con cuatro cepas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.....	17
20.	Longitud, área superficial, diámetro promedio y volumen de raíces de plantas de pasto Marandú ( <i>Brachiaria brizantha</i> ) inoculadas con cuatro cepas de micorriza vesículo-arbuscular en la etapa final de crecimiento (semana 11), Zamorano, Honduras.....	18

21. Esporas de micorriza por gramo de sustrato y porcentaje de infección de raíces evaluadas en la etapa final del crecimiento vegetativo (semana 11) en plantas de pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*), Zamorano, Honduras..... 19

# 1. INTRODUCCIÓN

La concientización de las personas a la contaminación ambiental, ha creado la necesidad de producir alimentos eco-amigables, los cuales, por su manejo, lograran mitigar los efectos nocivos del cambio climático (Solórzano-Quintana *et al.* 2018). Actualmente la implementación de bioestimulantes en la agricultura, constituyen una alternativa para disminuir el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas, los cuales son la principal causa de contaminación de aguas subterráneas producto de la infiltración de dichos productos (FAO 2004).

Los bioestimulantes se producen a base de sustancias, microorganismos o una mezcla de ambos (García-Seco 2017), estos permiten incrementar la absorción de nutrientes disponibles en el suelo para la planta, al igual que permiten elevar el nivel tolerancia de las plantas a diferentes tipos de estrés o ataques tanto bióticos como abióticos. Entre las principales categorías de clasificación de los bioestimulantes se encuentran los hongos benéficos (García-Seco 2017). En esta clasificación se encuentran las micorrizas, las cuales se consideran como hongos benéficos por la interacción generada con el sistema radicular de las plantas, en el que ambos organismos se benefician mutuamente, este beneficio mutuo se conoce como simbiosis. La simbiosis se define como la capacidad de convivencia de dos organismos de diferentes especies, en donde ambos obtienen beneficios para su supervivencia. Las micorrizas al momento de infectar las raíces de las plantas, incrementan el volumen de la raíz y su resistencia contra el ataque de patógenos (Camargo-Ricalde *et al.* 2012).

Las micorrizas se dividen en dos grandes grupos ectomicorrizas y endomicorrizas. El 96% de las micorrizas pertenecen al tipo micorriza vesículo-arbuscular (VAM, siglas en inglés) las cuales se encuentran en el grupo de la endomicorrizas (Andrade-Torres 2010). Este grupo se caracteriza por su modo de infección, el cual, a diferencia de las ectomicorrizas que envuelven a la raíz formando un manto, las VAM penetran intercelularmente a la raíz a través de las células del córtex, en donde se alojarán y desarrollarán diferentes tipos de estructuras como los micelios, hifas y vesículas (Camargo-Ricalde *et al.* 2012). Las hifas o micelios se encargan de transportar los nutrientes encontrados en el suelo hasta la raíz de la planta. El fósforo es el nutriente que más aumenta su disponibilidad cuando las micorrizas actúan, aunque se encuentre limitado por su baja movilidad en el suelo, esto ocurre por el aumento de volumen de suelo explorado ocasionado por las hifas de los hongos (Blanco y Salas 1997). Las VAM son hongos que pueden asociarse con más del 80% de las especies de plantas del planeta (Dreyer 2007).

Las VAM proporcionan a la planta una mayor tolerancia a diferentes tipos de estrés como: hídrico, concentraciones elevadas de salinidad y ataque de patógenos del suelo (Andrade-Torres 2010). También se ha observado un incremento en la fijación de nitrógeno de las plantas leguminosas. Por tratarse de una asociación simbiótica obligada entre hongo y

planta, las VAM no se pueden mantener, reproducir o multiplicarse en cultivos de laboratorio (medios artificiales) (Blanco y Salas 1997).

Las VAM protegen a la raíz contra el ingreso de patógenos, esto ocurre por la penetración de los micelios del hongo al interior de la célula, de esta forma las VAM impiden el ingreso de patógenos a la raíz, debido a que las mismas ocupan el espacio intercelular de las raíces donde los patógenos se alojan (Camargo Ricalde *et al.* 2012).

Mycoral<sup>®</sup> es un bioestimulante 100% natural y ecológico, el mismo contiene sustrato de suelo de textura franca y tres géneros de micorrizas vesículo-arbusculares: *Glomus* sp. (M7), *Acaulospora* sp. (M8), *Glomus etunicatum* (SECRA) y *Entrophospora* sp. (SE3). Estas se consideran especies de VAM altamente eficaces, las cuales permiten a la planta mejorar su adaptación en el campo, mejoran la estructura del suelo, disminuyen el uso de fertilizantes y aumentan la vigorosidad de las plantas (Lagos Molina 2010).

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) pertenece a la familia de las solanáceas, es una planta herbácea bianual con un hábito de crecimiento determinado o indeterminado. Su hábito de crecimiento permite cultivarlas en diferentes formas y tiempos, este último permite planificar la fecha a cosecha. El tomate se considera la hortaliza de mayor valor económico consumida en Honduras y Centro América, por lo que su producción se extiende a lo largo del país (López 2016). En Honduras los departamentos que poseen las producciones más altas son: La Paz, Francisco Morazán, El Paraíso, Comayagua, Yoro y Copán. Dentro de Centro América, Honduras ocupa el segundo lugar en producción de tomate, únicamente siendo ganado por Guatemala (Portillo 2009). El consumo de tomate sigue creciendo al igual que su área de producción. Esto se debe al incremento de los rendimientos a cosecha, por la implementación de nuevas tecnologías (López 2016). Sakata es un híbrido de tomate, el cual posee crecimiento indeterminado. Esta línea fue desarrollada por el método de selección por pedegree y nombrada por el profesor James Nienhuis de la Universidad de Wisconsin-Madison (información proporcionada por M.Sc. Erick Gutiérrez instructor de la unidad de Conservación de suelos, EAP, Zamorano, Honduras).

El pasto Marandú (*Brachiaria Brizantha*) es originario de África tropical, por lo que tienen una gran resistencia a la sequía, puede desarrollarse sin ningún problema en zonas con periodos secos largos y que dispongan de al menos 800 mm de lluvia al año (INTA 2014). La simbiosis de las VAM con el pasto, permiten incrementar la tolerancia a la sequía (Rivera Reyes 2016). Esta especie de pasto se encuentra entre las más dependiente de las VAM (Perez *et al.* 2011).

Los objetivos de este estudio fueron:

- La evaluación de cuatro cepas de micorriza vesículo arbuscular: *Glomus* sp., *Acaulospora* sp., *Entrophospora* sp. y *Glomus etunicatum*.
- Determinar la eficiencia individual del desarrollo en plantas de tomate y pasto Marandú.
- Renovar las cuatro cepas de VAM para su mantenimiento y propagación en el programa Mycoral<sup>®</sup> de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización.

El experimento se llevó a cabo en los macrotúneles del PIF (Programa de Investigaciones en Frijol) ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, a 30 km de Tegucigalpa en el Valle del Yeguaré, Honduras. A una altitud de 800 msnm, a partir de junio hasta agosto del 2018 con temperatura promedio de 23.2 °C. (Estación climatológica EAP, Zamorano, Honduras)

### Inóculo.

Se utilizaron cuatro diferentes cepas de micorriza vesículo arbuscular, las cuales se inocularon en semillero con 20% y posteriormente en maceteros el 80% del total requerido por planta, se analizó el número de esporas de cada cepa con el objetivo de ajustar el inóculo a 40 esporas por planta en el Laboratorio de Biotecnología del PIF (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cepas de micorriza vesículo arbuscular utilizadas como inóculo, año de producción y número de esporas/gramo de suelo, Zamorano, Honduras.

Cepas de micorriza	Identificación en Zamorano	Año de producción	Esporas/g suelo
<i>Glomus</i> sp.	M7	2006	3
<i>Acaulosphora</i> sp.	M8	2006	3
<i>Entrophosphora</i> sp.	SE3	2006	6
<i>Glomus etunicatum</i>	SECRA	2016	4

Las cepas de micorriza *Glomus* sp., *Acaulosphora* sp. y *Entrophosphora* sp. estuvieron almacenadas en el cuarto frío de la Unidad de Control Biológico de Zamorano a una temperatura de 8 °C y una humedad relativa 65%. La cepa de micorriza *Glomus etunicatum* estuvo almacenada en los cuartos de almacenamiento de micorriza en Zona 3 a temperatura ambiente bajo condiciones de aislamiento con poliestireno expandido en el techo, para aislarlo de cambios extremos de temperatura.

### Medio de crecimiento del cultivo.

La germinación se realizó en semillero con un medio de crecimiento Kekkilä compuesto por turba parda tipo Sphagnum, con aditivos como dolomita cálcica (Ca, Mg), agentes humectantes y fertilizante 14-16-18 y micronutrientes.

En la etapa de trasplante a maceteros, se utilizó una mezcla de suelo: arena en una proporción 2:1 respectivamente. Para evitar la competencia con otros organismos o exclusión competitiva, se pasteurizó el medio a 90 °C por seis horas. Esto se llevó a cabo en la Unidad de Oleicultura Intensiva ubicado en Zona 3 de Zamorano. Posteriormente se realizó un análisis de macronutrientes en el Laboratorio de Suelos de Zamorano en donde se obtuvo: 5.96 de pH, considerado medianamente ácido; 11.90% de materia orgánica,

0.60% de nitrógeno, 1227 mg/kg de fósforo, 1460 mg/kg de potasio, estos por sus concentraciones en el medio se consideran elevados; 4518 mg/kg de calcio, 667 mg/kg de Mg y 95 mg/kg de sodio, los cuales por saturación de bases se encuentran en rangos óptimos en el medio. Concentraciones superiores a 30 mg/kg de fósforo dificultan la reproducción del hongo. Según estudios niveles superiores a 30 mg/kg de fósforo en el medio no limitan la interacción que existe entre el hongo y la planta (Faggioli *et al.* 2012). Por lo cual el fosforo no restringe el efecto simbiótico generado entre ambos organismos.

### **Establecimiento del cultivo en semillero.**

Para el establecimiento se sembró el día 01 de junio del 2018, en el vivero de la sección de Propagación de Plantas de la unidad de Ornamentales de Zamorano, donde permanecieron 21 días. Se utilizaron semillas de tomate de la línea sakata y pasto Marandú. En las bandejas llenas con el medio Kekkila, se procedió a abrir un pequeño agujero en cada pilón de dos a tres cm de profundidad dependiendo la cantidad de inóculo a usar por cepa de micorriza para suplir el 20% de las 40 esporas que requiere cada planta (Cuadro 2). Se comenzó a sembrar con el propósito que la semilla estuviera en contacto superficial con el hongo.

Cuadro 2. Cantidad de inóculo para ajuste de la dosis requerida de 40 esporas/planta en semillero y maceteros, en la evaluación de cuatro cepas de micorriza vesículo arbuscular en los cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*), Zamorano, Honduras.

Cepas de micorriza	Esporas /gramo	Inóculo (g)		
		semillero (20%)	macetero (80%)	Total
<i>Glomus</i> sp. (M7)	3	2.66	10.64	13.30
<i>Acaulosphora</i> sp. (M8)	3	2.66	10.64	13.30
<i>Entrophosphora</i> sp. (SE3)	6	1.33	5.34	6.67
<i>Glomus etunicatum</i> (SECRA)	4	2.00	8.00	10.00

Durante su estancia en el vivero se regó dos veces al día para mantener húmedo el sustrato, se hicieron aplicaciones de nitrato de potasio con una dosis de 1.48 g/L por medio de fertiriego tres veces a la semana (Insuasti Benitez 2017).

### **Establecimiento de plántulas en maceteros.**

Al día 21 de haber germinado se trasplantó a maceteros plásticos de dimensiones 20 cm de altura, 19 cm de diámetro mayor y 13.5 cm de diámetro menor, teniendo un volumen total de 1,320 cm<sup>3</sup>. Fueron establecidos en el macrotúnel 4 del PIF, inoculando el 80% restante (Cuadro 2) a las raíces de la plántula y en la base del hoyo de siembra para que aumentara el contacto superficial de las diferentes cepas de micorriza con la raíz de la plántula.

La duración en el invernadero fue de ocho semanas hasta cuando los cultivos entraron en etapa de floración esperando un 50%, donde se espera la máxima interacción simbiótica de la micorriza con las raíces.

El tomate desde el trasplante hasta la floración, se regó dos veces por día, proporcionando una lámina total de 162.45 mm (Torres 2017). En pasto Marandú igualmente se regó dos veces por día, al finalizar el experimento se administró 198.89 mm (Huamán Febres 2005).

### **Variables medidas.**

Las variables analizadas en las plantas de tomate fueron altura, número de brotes; por su crecimiento indeterminado y días a floración después de siembra. En las plantas de pasto Marandú fueron altura y macollamiento las cuales se tomaron semanalmente desde el establecimiento en maceteros hasta que ocurrió el 50% de la floración en los dos cultivos. A las nueve semanas en el tomate y a las diez semanas del pasto Marandú se determinó el peso seco de hojas, tallos, raíces y el total de la planta se secaron en un horno a 80 °C durante 48 horas.

El porcentaje de infección del hongo en la raíz y el número de esporas se realizó por el método para clarificar y teñir muestras de raíces (Jarstfer 1970). Las muestras tomadas de los cultivos se enviaron al Laboratorio de Biotecnología del (PIF) para ser analizadas. En la semana nueve se tomó una muestra del sustrato con el tubo Hoffer en la orilla y centro del macetero para obtener las suficientes raíces para el análisis.

A la floración se sacaron las plantas para determinar el área superficial de las raíces (cm<sup>2</sup>), largo (cm), diámetro promedio (mm) y volumen de raíz (cm<sup>3</sup>), usando el programa WinRHIZO<sup>®</sup> en el Laboratorio de Biotecnología del PIF.

### **Tratamientos.**

Se utilizaron dos cultivos; tomate y pasto Marandú. En cada uno se establecieron cinco tratamientos, que consistieron en inocular cepas de micorriza vesículo arbuscular; *Glomus* sp.(M7), *Acaulospora* sp. (M8), *Entrophospora* sp. (SE3), *Glomus etunicatum* (SECRA) y un testigo sin inóculo, el sustrato utilizado contuvo 0.5 esporas/ 100 gramos de suelo después del pasteurizado (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tratamientos para la evaluación de cuatro cepas de micorriza vesículo arbuscular en los cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*), a una dosis de 40 esporas/planta.

<b>Cultivo</b>	<b>Cepa</b>	<b>Identificación en Zamorano</b>
Tomate	<i>Glomus</i> sp.	M7
	<i>Acaulosphora</i> sp.	M8
	<i>Entrophosphora</i> sp.	SE3
	<i>Glomus etunicatum</i>	SECRA
	Testigo sin inóculo	
Pasto Marandú	<i>Glomus</i> sp.	M7
	<i>Acaulosphora</i> sp.	M8
	<i>Entrophosphora</i> sp.	SE3
	<i>Glomus etunicatum</i>	SECRA
	Testigo sin inóculo	

#### **Diseño experimental.**

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con cinco tratamientos (cuatro cepas y un testigo sin inóculo) con tres repeticiones (bloques) cada uno, con un total de 15 unidades experimentales en cada cultivo. Cada unidad estuvo formada por ocho plantas; las ocho fueron utilizadas para analizar las variables de altura, número de brotes y macollamiento, una planta por repetición para peso seco, una para el análisis de raíces con el programa WinRHIZO® y otra para determinar el porcentaje de infección en las raíces y el número de esporas.

#### **Análisis estadístico.**

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias mediante la prueba Duncan, a un nivel de significancia de  $P \leq 0.05$ , con el programa estadístico SAS versión 9.4.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **Evaluación de variables de crecimiento, raíces y peso seco en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).**

El análisis de varianza indicó que la variable de crecimiento altura mostró diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) únicamente en la semana tres de semillero, adicionalmente en la variable número de brotes no se presentaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en semillero ni en vivero (Cuadro 4).

Cuadro 4. Significancia de variables altura de la planta y número de brotes, obtenidas semanalmente, en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) inoculadas con cuatro cepas seleccionadas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.

Variables	Semanas	
	3	4 - 11
Altura	0.04*	0.09ns – 0.26ns
Brotes	0.54ns	0.56ns – 0.69ns

\*, ns Significativo al  $P \leq 0.05$ , y no significativo  $P > 0.05$ .

En las variables medidas en la semana 11, cuando se alcanzó el 50% de floración en toda la población evaluada, los días a floración se mostraron diferencias muy significativas ( $P$  0.01 a 0.0001). En las variables de peso seco se presentó diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) únicamente en raíz, tallo y total de peso seco en la planta, adicionalmente en la longitud, diámetro, área superficial, volumen de raíces, número de esporas en el sustrato y porcentaje de infección, no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Significancia en variables de peso en diferentes órganos de la planta, dimensiones de la raíz, días a floración, porcentaje de infección y número de esporas en el sustrato, medidas en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la final de la etapa de crecimiento, inoculadas con cuatro cepas seleccionadas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.

<b>Variables</b>	<b>Significancia</b>
Días a floración	0.004**
Peso seco raíz	0.050*
Peso seco tallo	0.040*
Peso seco hojas	0.640 ns
Peso seco total	0.050*
Longitud de raíces	0.480 ns
Área superficial de raíces	0.510 ns
Diámetro de raíces	0.640 ns
Volumen de raíces	0.590 ns
Número de esporas en el sustrato	0.530 ns
Porcentaje de infección de raíces	0.660 ns

\*, \*\*, ns Significativo al  $P \leq 0.05$  y  $P \leq 0.01$ , y no significativo  $P > 0.05$ .

**Altura de la planta.** Se presentaron diferencias significativas en la variable altura, en la semana tres de semillero; las plantas inoculadas con las cepas *Glomus* sp. (M7), *Acaulospora* sp.(M8) y *Entrophosphora* sp. (SE3) alcanzaron una mayor altura de planta, difiriendo de las plantas inoculadas con la cepa *Glomus etunicatum* (SECRA) que mostraron una menor altura respecto a los demás tratamientos, pero no fueron diferentes al testigo sin inóculo (Cuadro 6).

Los resultados concuerdan con Lagos Molina (2010), quien encontró diferencias significativas en la semana tres de semillero en plantas de tomate variedad XP, su mayor crecimiento se obtuvo utilizando la cepa *Entrophosphora* sp. (SE3) y producto Mycoral® 2009.

Cuadro 6. Altura del tallo en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en semillero, semana tres después de inocular con cuatro cepas seleccionadas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.

<b>Tratamientos</b>	<b>Altura de la planta (cm)</b>
<i>Glomus</i> sp. (M7)	10.10 a
<i>Acaulosphora</i> sp. (M8)	10.44 a
<i>Entrophosphora</i> sp. (SE3)	10.30 a
<i>Glomus etunicatum</i> (SECRA)	8.57 b
Testigo sin inóculo	9.68 ab
R <sup>2</sup>	0.23
CV (%)	23.39
Probabilidad	0.04*

\* Significativo al  $P \leq 0.05$ .

En vivero no se presentaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en la altura de las plantas, a través del tiempo en once semanas evaluadas, lo cual muestra que las cepas seleccionadas de micorriza vesículo arbuscular no intervienen en esta variable medida (Cuadro 7).

Los resultados difieren de Lagos Molina (2010), quien encontró diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ), en las plantas inoculadas con la cepa *Entrophosphora* sp. (SE3) y el producto Mycoral<sup>®</sup> 2009 que alcanzaron mayor altura en comparación con las plantas que no fueron inoculadas. En plantas de palma aceitera establecidas en vivero no se encontraron diferencias en altura en plantas inoculadas y no inoculadas con Mycoral<sup>®</sup> (Cruz Ortiz 2007).

Cuadro 7. Variación semanal de la altura del tallo en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) inoculadas con cuatro cepas seleccionadas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Semanas en vivero (cm/planta)							
	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Glomus</i> sp.	22.0	42.3	59.7	78.1	94.6	106.0	117.0	129.0
<i>Acaulosphora</i> sp.	21.4	40.7	57.3	77.7	96.9	110.0	122.0	135.0
<i>Entrophosphora</i> sp.	22.5	44.3	63.0	81.8	100.0	112.0	124.0	136.0
<i>Glomus etunicatum</i>	20.1	40.3	57.5	75.2	92.5	104.0	115.0	126.0
Testigo sin inóculo	21.9	43.2	61.4	81.5	99.7	112.0	124.0	133.0
R <sup>2</sup>	0.33	0.41	0.42	0.55	0.47	0.45	0.43	0.41
CV (%)	14.8	14.2	14.5	12.7	13.4	13.8	14.4	15.2
Probabilidad	0.09 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>	0.21 <sup>ns</sup>	0.22 <sup>ns</sup>	0.24 <sup>ns</sup>	0.26 <sup>ns</sup>

ns No significativo P>0.05.

**Número de brotes.** Las plantas de tomate inoculadas con cuatro cepas seleccionadas de micorriza vesículo arbuscular no generaron más brotes en comparación con las plantas sin inóculo (Cuadro 8).

En rosas se encontraron diferencias (P≤0.05) en el número de brotes, donde las rosas sin inóculo fueron superiores a las inoculadas con el producto Mycoral® (De La Cadena Vera 2005). En perejil se encontró diferencias significativas en el número de brotes utilizando la cepa *Acaulosphora* sp. (M8) que fue superior a los demás tratamientos (Rivera Reyes 2016).

Cuadro 8. Variación semanal del número de brotes en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) inoculadas con cuatro cepas seleccionadas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Brotes/planta								
	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Glomus</i> sp.	2.42	2.89	4.67	6.33	10.42	12.67	14.50	16.33	18.35
<i>Acaulosphora</i> sp.	2.33	2.96	4.50	6.34	10.50	13.38	15.13	16.88	18.64
<i>Entrophosphora</i> sp.	2.33	2.92	4.58	6.50	10.54	12.89	14.71	16.54	18.63
<i>Glomus etunicatum</i>	2.29	2.83	4.41	6.58	10.67	13.04	14.71	16.38	18.28
Testigo	2.26	2.81	4.39	6.08	10.38	12.56	14.33	16.31	18.26
R <sup>2</sup>	0.31	0.50	0.63	0.58	0.50	0.47	0.44	0.44	0.47
CV (%)	5.77	5.76	6.02	5.20	4.35	5.46	4.29	3.65	3.44
Probabilidad	0.54 <sup>ns</sup>	0.56 <sup>ns</sup>	0.33 <sup>ns</sup>	0.46 <sup>ns</sup>	0.67 <sup>ns</sup>	0.49 <sup>ns</sup>	0.53 <sup>ns</sup>	0.59 <sup>ns</sup>	0.69 <sup>ns</sup>

ns No significativo P>0.05.

**Días a floración.** Las plantas inoculadas con la cepa seleccionadas de micorriza vesículo arbuscular entre ellas; *Glomus etunicatum* (SECRA), *Glomus* sp. (M7), *Entrophosphora* sp. (SE3) y *Acaulosphora* sp.(M8), florecieron en un promedio de tres días antes con respecto al testigo sin inóculo, presentando diferencias muy significativas (Cuadro 9).

Las plantas de tomate sembradas en invernadero, en promedio inician su floración 60 a 75 días después de la siembra (Restrepo *et al.* 2008).

Cuadro 9. Días a primera floración de las plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) inoculadas con cuatro cepas de micorriza vesículo arbuscular, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Días a floración
<i>Glomus</i> sp. (M7)	58.6 a
<i>Acaulosphora</i> sp. (M8)	59.2 a
<i>Entrophosphora</i> sp. (SE3)	59.0 a
<i>Glomus etunicatum</i> (SECRA)	57.8 a
Testigo sin inóculo	61.2 b
R <sup>2</sup>	0.83
CV (%)	1.21
Probabilidad	0.004**

\*\* Significativo al  $P \leq 0.01$ .

**Peso seco de las plantas.** El peso seco de la raíz fue superior en plantas inoculadas con las cepas *Acaulosphora* sp.(M8) y *Entrophosphora* sp.(SE3) difiriendo significativamente del testigo sin inóculo y de la *Glomus* sp. (M7), en peso seco del tallo se encontraron diferencias significativas donde las plantas inoculadas con la cepa *Glomus etunicatum* (SECRA) obtuvo el menor peso seco comparado con las demás cepas y el testigo sin inóculo, en peso seco de hojas no se encontraron diferencias significativas con ningún tratamiento. En total de peso seco, las plantas inoculadas con las cepas *Acaulosphora* sp. (M8) y *Entrophosphora* sp. (SE3) obtuvieron el mayor resultado, difiriendo significativamente del testigo sin inóculo y de la cepa *Glomus etunicatum* (SECRA), pero no de la *Glomus* sp.(M7) (Cuadro 10).

Esto concuerda con Lagos Molina (2010), quien encontró diferencias significativas en el peso seco de las plantas tendiendo como mejor resultado las plantas inoculadas con las cepas *Glomus* sp. y *Entrophosphora* sp.

Cuadro 10. Pesos secos de raíces, tallos, hojas y total a la floración (semana 11) de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) inoculadas con cuatro cepas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Peso materia seca (g/planta)			
	Raíz	Tallo	Hojas	Total
<i>Glomus</i> sp. (M7)	8.07 b	13.83 a	4.30	26.20 ab
<i>Acaulosphora</i> sp. (M8)	9.60 a	13.90 a	4.00	27.50 a
<i>Entrophosphora</i> sp. (SE3)	9.30 a	13.87 a	4.63	27.80 a
<i>Glomus etunicatum</i> (SECRA)	9.00 ab	11.80 b	3.57	24.37 b
Testigo sin inóculo	7.67 b	13.50 ab	3.93	25.10 b
R <sup>2</sup>	0.36	0.65	0.46	0.46
CV (%)	23.06	7.21	21.13	8.80
Probabilidad	0.05*	0.04*	0.64 ns	0.05*

\*, ns Significativo al  $P \leq 0.05$ , y no significativo  $P > 0.05$ .

**Evaluación de raíces.** No se encontraron diferencias significativas en los tratamientos con las diferentes cepas de micorriza vesículo-arbuscular con respecto a longitud, área superficial, diámetro y volumen de las raíces del tomate al final de la etapa de crecimiento (Cuadro 11), lo cual concuerda con Lagos Molina (2010), quien no encontró diferencias significativas en las mismas variables en plantas de tomate variedad XP y obtuvo mejores rendimientos con las plantas inoculadas con el producto Mycoral® 2009.

Cuadro 11. Longitud, área superficial, diámetro promedio y volumen de raíces de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) inoculadas con cuatro cepas de micorriza vesículo-arbuscular, a la floración (semana 11), Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Longitud (m)	Área superficial (cm <sup>2</sup> )	Diámetro (mm)	Volumen raíz (cm <sup>3</sup> )
<i>Glomus</i> sp. (M7)	170	1595	1.1	12.1
<i>Acaulosphora</i> sp. (M8)	148	1465	1.0	11.7
<i>Entrophosphora</i> sp. (SE3)	105	1091	1.1	9.3
<i>Glomus etunicatum</i> (SECRA)	129	1194	1.1	9.1
Testigo sin inóculo	131	1255	1.0	9.8
R <sup>2</sup>	0.47	0.40	0.36	0.29
CV (%)	31.39	28.61	15.18	26.98
Probabilidad	0.48 ns	0.51 ns	0.64 ns	0.59 ns

ns No significativo  $P > 0.05$ .

**Esporas en el sustrato.** En los resultados del conteo de esporas, no se obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos, Esto indica que en otro estudio se deberá aumentar el número de muestras analizadas en laboratorio a fin de aumentar la precisión del experimento. Pero en promedio de la magnitud de los datos las plantas inoculadas con *Glomus* sp.(M7) y *Glomus etunicatum* (SECRA), mostraron el mayor número de esporas con respecto a los demás tratamientos (Cuadro 12).

Los resultados concuerdan con Lagos Molina (2010) quién tampoco encontró diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en el número de esporas y porcentaje de infección de las raíces, pero difieren de este experimento, porque en promedio de los datos, el testigo utilizado fue inferior a los demás tratamientos examinados.

Cuadro 12. Esporas de micorriza por gramo de sustrato a la floración (semana 11), en la evaluación de cuatro cepas de micorriza vesículo arbuscular en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), Zamorano, Honduras.

<b>Tratamientos</b>	<b>Esporas / g ¥</b>
<i>Glomus</i> sp. (M7)	5.58
<i>Acaulosphora</i> sp. (M8)	3.00
<i>Entrophosphora</i> sp. (SE3)	3.67
<i>Glomus etunicatum</i> (SECRA)	3.83
Testigo sin inóculo	3.42
R <sup>2</sup>	0.31
CV (%)	37.73
Probabilidad	0.53 ns

¥ Alto > 30 esporas/g, > 30% infección; Medio 21-30 esporas/g, 21-30% infección; Bajo < 20 esporas/g, < 20% infección  
 ns No significativo  $P>0.05$ .

**Evaluación de variables de crecimiento, raíces y peso seco en plantas de Pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*).**

En las variables de crecimiento medidas semanalmente; altura de la planta, se encontró diferencias ( $P\leq 0.05$ ) de la semana cinco en adelante, manteniendo una uniformidad en el crecimiento de las plantas a lo largo del establecimiento en vivero. El macollamiento fue irregular en el desarrollo, ya que en la semana tres de semillero no se encontraron diferencias significativas, posteriormente en la semana cuatro si presentó diferencias ( $P\leq 0.05$ ), en las semanas cinco, seis y siete no mostraron diferencias ( $P>0.05$ ), a partir de la semana ocho se encontró las diferencias significativas que continuaron hasta el final del experimento (Cuadro 13).

Cuadro 13. Significancia de variables obtenidas semanalmente, en plantas de Pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*) inoculadas con cuatro cepas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.

Variables	Semanas								
	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Altura	0.43ns	0.18ns	0.008**	0.0002**	0.002**	0.001**	0.0001**	0.0004**	0.002**
Macollas	0.11ns	0.037*	0.31ns	0.32ns	0.29ns	0.051*	0.054*	0.031*	0.054*

\*, \*\*, ns Significativo al  $P \leq 0.05$  y  $P \leq 0.01$ , y no significativo  $P > 0.05$ .

En la etapa final de crecimiento del pasto Marandú se obtuvo significancia ( $P \leq 0.05$ ) en los resultados con las variables: peso seco de hojas, peso total de la planta y en el porcentaje de infección de raíces, mientras que en las variables de: peso seco raíz y evaluación de raíces que engloba longitud, área superficial, diámetro y volumen, no se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) (Cuadro 14).

Cuadro 14. Significancia en variables medidas en plantas de pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*) al final de la etapa de crecimiento, inoculadas con cuatro cepas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.

Variables	Significancia
Peso seco raíz	0.94 ns
Peso seco hojas	0.036*
Peso seco total	0.048*
Longitud de raíces	0.26 ns
Área superficial de raíces	0.64 ns
Diámetro de raíces	0.60 ns
Volumen de raíces	0.47 ns
Número de esporas	0.49 ns
Porcentaje de infección	0.03*

\*, ns Significativo al  $P \leq 0.05$ , y no significativo  $P > 0.05$ .

**Altura de la planta.** En la última semana de semillero no se encontraron diferencias significativas en esta variable por efecto de las cepas de micorriza seleccionadas *Glomus* sp., *Glomus etunicatum*, *Entrophospora* sp. y *Acaulospora* sp. (Cuadro 15).

Cuadro 15. Altura del tallo en plantas de pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*) en semillero, semana tres después de inocular cuatro cepas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Altura del tallo (cm)
<i>Glomus</i> sp. (M7)	7.48
<i>Acaulosphora</i> sp. (M8)	7.94
<i>Entrophosphora</i> sp. (SE3)	8.13
<i>Glomus etunicatum</i> (SECRA)	7.17
Testigo sin inóculo	7.09
R <sup>2</sup>	0.11
CV (%)	25.58
Probabilidad	0.43 ns

ns No significativo P>0.05.

En las semanas 5 a la 11 se encontraron diferencias significativas, las plantas inoculadas con *Entrophosphora* sp., *Acaulosphora* sp. y *Glomus* sp. mostraron el mayor desarrollo en altura difiriendo de aquellas inoculadas con la cepa *Glomus etunicatum*, la cual generó una menor altura, no diferente al testigo sin inóculo (Cuadro 16).

Esto concuerda con Rivera Reyes (2016) quien obtuvo resultados superiores en cuanto a variable altura promedio utilizando la cepa *Acaulospora* sp., pero difiere con los resultados del testigo sin inóculo ya que este fue el de menor altura promedio comparado con los demás tratamientos incluido las plantas inoculadas con *Glomus etunicatum*.

Cuadro 16. Variación semanal de la altura en plantas de pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*) inoculadas con cuatro cepas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Altura de planta (cm)							
	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Glomus</i> sp.	10.0	16.3 a	26.9 a	39.0 a	45.7 a	58.7 a	71.7 a	84.7 a
<i>Acaulosphora</i> sp.	10.3	16.2 a	27.1 a	39.8 a	43.9 a	57.6 a	71.4 a	85.1 a
<i>Entrophosphora</i> sp.	10.6	16.8 a	27.5 a	39.8 a	45.4 a	58.2 a	70.9 a	83.6 a
<i>Glomus etunicatum</i>	9.4	14.8 b	24.1 b	34.7 b	39.8 b	51.2 b	62.5 b	74.9 b
Testigo sin inóculo	10.3	16.0 a	25.8 ab	37.0 ab	44.3 a	57.6 a	71.1 a	83.5 ab
R <sup>2</sup>	0.13	0.19	0.40	0.46	0.61	0.62	0.57	0.52
CV (%)	17.86	11.69	10.17	12.82	11.85	10.72	11.74	13.08
Probabilidad	0.18ns	0.008**	0.0002*	0.002**	0.001**	0.0001*	0.0004*	0.002**

\*, \*\*, ns Significativo al P≤0.05 y P≤0.01, y no significativo P>0.05.

**Macollamiento.** En la última semana de semillero no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos incluido el testigo sin inóculo (Cuadro 17).

Cuadro 17. Número de macollas desarrolladas en plantas de pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*) en semillero, semana tres después de inocular con cuatro cepas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.

<b>Tratamientos</b>	<b>Macollas/planta</b>
<i>Glomus</i> sp. (M7)	1.42
<i>Acaulosphora</i> sp. (M8)	1.54
<i>Entrophosphora</i> sp. (SE3)	1.42
<i>Glomus etunicatum</i> (SECRA)	1.33
Testigo sin inóculo	1.17
R <sup>2</sup>	0.95
CV (%)	35.64
Probabilidad	0.11 ns

ns No significativo P>0.05.

El desarrollo de macolla en las plantas de pasto Marandú tuvo diferencias significativas en la semana 2, 8, 9, 10 y 11 las plantas inoculadas con las cepas de *Glomus* sp., *Acaulosphora* sp., *Entrophosphora* sp. y *Glomus etunicatum* obtuvieron el mejor desarrollo de macollas difiriendo significativamente del testigo sin inóculo (Cuadro 18).

En el cultivo de arroz la eficiencia simbiótica superior se obtuvo con las plantas inoculadas con micorrizas, en función al incremento en el ahijamiento o macollamiento (Ruíz *et al.* 2016).

Cuadro 18. Variación semanal del número de macollas desarrolladas en plantas de pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*) establecidas en vivero, inoculadas con cuatro cepas de micorriza vesículo arbuscular, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Macollas/ semana							
	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Glomus</i> sp.	2.7 a	3.8	5.1	6.2	7.5 a	8.8 a	10.1 a	11.0 a
<i>Acaulosphora</i> sp.	2.7 a	3.9	5.1	6.2	7.3 a	8.8 a	10.1 a	11.1 a
<i>Entrophosphora</i> sp.	2.7 a	3.8	5.1	6.2	7.3 a	8.5 a	9.5ab	10.5ab
<i>Glomus etunicatum</i>	2.7 a	3.8	5.2	6.3	7.2 a	8.6 a	9.5ab	10.2ab
Testigo sin inóculo	2.3 b	3.4	4.6	5.6	6.6 b	7.7 b	8.7 b	9.5 b
R <sup>2</sup>	0.17	0.12	0.12	0.13	0.21	0.22	0.26	0.19
CV (%)	20.53	18.96	20.23	18.97	14.64	15.68	17.28	20.30
Probabilidad	0.037*	0.31ns	0.32ns	0.29ns	0.051*	0.054*	0.031*	0.054*

\*, ns Significativo al  $P \leq 0.05$ , y no significativo  $P > 0.05$ .

**Peso seco de la planta.** Hubo diferencias significativas en el peso seco de las hojas y el total teniendo como mejor resultado las plantas inoculadas con las cepas *Acaulosphora* sp. y *Glomus* sp., que difieren significativamente de los resultados obtenidos con las cepas *Entrophosphora* sp. y *Glomus etunicatum*, pero no del testigo sin inóculo (Cuadro 19).

Esto concuerda con Rivera Reyes (2016) quien encontró diferencias significativas en el peso seco de la parte aérea de la planta de pasto Marandú, teniendo la cepa *Acaulosphora* sp. como la mejor de sus tratamientos.

Cuadro 19. Peso seco de raíces, hojas y total a la floración (semana 11), en plantas de pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*) inoculadas con cuatro cepas de micorriza vesículo-arbuscular, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Peso seco (g/planta)		
	Raíz	Hojas	Total
<i>Glomus</i> sp. (M7)	7.73	23.63 a	31.37 a
<i>Acaulosphora</i> sp. (M8)	8.17	24.20 a	32.37 a
<i>Entrophosphora</i> sp. (SE3)	7.43	19.77 b	27.20 b
<i>Glomus etunicatum</i> (SECRA)	6.97	19.90 b	26.87 b
Testigo sin inóculo	7.41	22.03 ab	29.44 ab
R <sup>2</sup>	0.47	0.58	0.59
CV (%)	24.16	13.44	13.89
Probabilidad	0.94 ns	0.036*	0.048*

\*, ns Significativo al  $P \leq 0.05$ , y no significativo  $P > 0.05$ .

**Evaluación de raíces.** En las variables de longitud, área superficial, diámetro y volumen de las raíces en plantas de pasto Marandú, no se encontró diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 20).

Cuadro 20. Longitud, área superficial, diámetro promedio y volumen de raíces de plantas de pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*) inoculadas con cuatro cepas de micorriza vesículo-arbuscular en la etapa final de crecimiento (semana 11), Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Longitud (m)	Área superficial (cm <sup>2</sup> )	Diámetro (mm)	Volumen raíz (cm <sup>3</sup> )
<i>Glomus</i> sp. (M7)	72.45	1139.0	1.70	14.72
<i>Acaulospora</i> sp. (M8)	86.69	1110.0	1.51	13.00
<i>Entrophosphora</i> sp. (SE3)	63.38	934.0	1.74	11.11
<i>Glomus etunicatum</i> (SECRA)	63.59	976.0	1.80	12.04
Testigo sin inóculo	64.71	1024.0	1.51	11.57
CV (%)	19.34	18.07	16.68	20.17
Probabilidad	0.26 ns	0.64 ns	0.60 ns	0.47 ns

ns No significativo  $P > 0.05$ .

#### **Número de esporas en el sustrato y porcentaje de infección de raíces.**

Al final del experimento no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos con respecto al número de esporas en el sustrato, pero si existió diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en la variable de porcentaje de infección en las raíces. La cepa *Entrophosphora* sp. (SE3) obtuvo los valores mayores tanto en el número de esporas como en porcentaje de infección de raíces con respecto a los demás tratamientos (Cuadro 21).

El número de esporas en todos los tratamientos fue bajo, menos 20 esporas/g, sin embargo, las cepas seleccionadas presentaron más número de esporas con respecto al testigo. El tratamiento no inoculado tiene esporas en el sustrato lo cual evidencia la presencia de esporas de micorriza en el sustrato resistentes a la pasteurización, pero sin ningún efecto eficaz como el de las cepas seleccionadas (Cuadro 21).

Este estudio concuerda Rivera Reyes (2016), quien no encontró diferencias en el número de esporas del sustrato, pero si tuvo diferencias ( $P \leq 0.05$ ) con el porcentaje de infección, pero difiere de su mejor resultado que lo obtuvo utilizando la cepa *Glomus etunicatum* (SECRA).

Cuadro 21. Esporas de micorriza por gramo de sustrato y porcentaje de infección de raíces evaluadas en la etapa final del crecimiento vegetativo (semana 11), en plantas de pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*), Zamorano, Honduras.

<b>Tratamientos</b>	<b>No. Esporas/g suelo ¥</b>	<b>% Infección ¥</b>
<i>Glomus</i> sp. (M7)	5.00	10.47 b
<i>Acaulosphora</i> sp. (M8)	5.58	13.81 b
<i>Entrophosphora</i> sp. (SE3)	5.75	33.33 a
<i>Glomus etunicatum</i> (SECRA)	3.17	8.09 bc
Testigo	3.00	3.33 c
R <sup>2</sup>	0.39	0.43
CV (%)	52.77	30.78
Probabilidad	0.49 ns	0.03*

¥ Alto > 30 esporas/g, > 30% infección; Medio 21-30 esporas/g, 21-30% infección; Bajo < 20 esporas/g, < 20% infección

\*, ns Significativo al  $P \leq 0.05$ , y no significativo  $P > 0.05$ .

#### 4. CONCLUSIONES

- Se evaluaron las cuatro cepas de micorriza vesículo arbuscular, y se observó que existe afinidad entre diferentes cepas de micorriza y especies de plantas, así como su efecto sobre las plantas. Todas las cepas de micorrizas mejoraron las variables agronómicas de los cultivos de tomate y pasto Marandú en un grado más alto comparado con la no aplicación.
- En plantas de tomate las cepas de micorriza *Acaulosphora* sp. y *Entrophosphora* sp. tuvieron mayor eficiencia en el desarrollo de las variables de altura en semillero, días a floración, peso seco de raíz y tallo, donde se encontraron diferencias significativas. En plantas de pasto Marandú las cepas *Glomus* sp. y *Acaulosphora* sp. tuvieron mayor efecto en las variables de altura, macollamiento, peso seco de la planta y las características de las raíces.
- La cepa *Glomus etunicatum* renovada en Zamorano, Honduras en 2016, no fue efectiva en el pasto Marandú.
- La calidad de las micorrizas vesículo arbuscular; *Acaulosphora* sp., *Entrophosphora* sp y *Glomus* sp. fue muy bajo dado a la vejez de las cepas, por esto se renovaron las cuatro cepas de micorriza vesículo arbuscular.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Asegurar la pasteurización del sustrato dónde se van a inocular las cepas de micorriza vesículo arbuscular para evitar contaminación o competencia con micorrizas nativas.
- Evaluar hasta la etapa de producción de tomate, para observar el efecto de las cepas de micorrizas en el rendimiento final de la planta.
- Realizar el experimento en campo, para evaluar la interacción de las micorrizas en un ambiente no controlado.
- Mantener la reactivación con pasto Marandú sobre los maceteros y el material trabajado en este experimento, dado a la baja concentración de esporas en el sustrato.

## 6. LITERATURA CITADA

- Andrade-Torres A. 2010. Micorrizas: antigua interacción entre plantas y hongos. *Ciencia*. [consultado 2018 sep 15]. 60(1):84-89. [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61\\_4/PDF/11\\_MICORRIZAS.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_4/PDF/11_MICORRIZAS.pdf)
- Blanco FA, Salas EA. 1997. Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. [Consultado 2018 sep 15]. 21(1):55-67. [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v21n01\\_055.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v21n01_055.pdf)
- Camargo-Ricalde SL, Montaña NM, De la Rosa-Mera CJ, Montaña SA. 2012. *Revista Digital Universitaria UNAM*. [Consultado 2018 sep 15]. 13(7):3-9. <http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/art72.pdf>
- Cruz Ortiz EA. 2007. Efecto de Mycoral® en las etapas de previvero con dos niveles de fertilización en palma africana (*Elaeis guineensis*) en Atlántida, Honduras. [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 27p.
- De la Cadena Vera JE. 2005. Efecto de la inoculación con micorriza vesículo-arbuscular en la producción de rosas en Pichincha, Ecuador. [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 28p.
- Dreyer B. 2007. La investigación de las micorrizas en el salvador: una inversión para el desarrollo de la agricultura. *El Salvador Ciencia & Tecnología*. [Consultado 2018 sep 15]. 12(16):15-22. Esp. <http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/2346/1/revista%20el%20salvador%20ct%20vol.%2012%20no.%2016%2006%202007%2015-22.pdf>
- Faggioli V, Freytes G, Galarza C. 2012. Las micorrizas en trigo y su relación con la absorción de fósforo del suelo. Argentina. INTA. [Consultado 2018 sep. 16]. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-relacin\\_fsforo\\_del\\_suelo.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-relacin_fsforo_del_suelo.pdf)
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2004. Agricultura mundial, hacia los años 2015/2030: informe resumido. [internet]. Roma:FAO. [consultado 2018 sep 25]. <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s11.htm#s>
- Galarza Puga JM. 2003. Producción de inoculante de micorriza vesículo-arbuscular empleando sustratos alternativos. [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 50p.
- García-Seco D. 2017. Bioestimulantes agrícolas, definición, principales categorías y regulación a nivel mundial. [internet]. México: INTAGRI; [consultado 2018 sep 16]. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/bioestimulantes-agricolas-definicion-y-principales-categorias>

- Huamán Febres FG. 2005. Estimación del requerimiento hídrico de cuatro pastos mediante el uso de lisímetros bajo condiciones de El Zamorano, Honduras. [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 27p.
- Insuasti Benítez JP. 2017. Efecto de los fertilizantes triple 20 y nitrato de potasio en pH, conductividad eléctrica en el sustrato y crecimiento de plántulas de lechuga, tomate y chile [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 24p.
- INTA (Instituto nicaragüense de tecnología agropecuaria). 2014. Pasto Marandú [internet]. Managua. INTA. [consultado 2018 sep 26]. <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/plegables/Brochure%20Marandu%202014.pdf>
- Jarstfer AG. 1970. Método para tinción de raíces. University of Florida. Soil Science Department, Gainesville, FL 32611-0151 USA.
- Lagos Molina SM. 2010. Evaluación de cuatro cepas de micorriza arbuscular en plantas de tomate en vivero, Zamorano, Honduras [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 18p.
- López LM. 2016. Manual técnico del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) [internet]. Costa Rica. INTA. [Consultado 2018 sep 15]. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf>
- Pérez CA, Rojas SJ, Montes VD. 2011. Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. RECIA. [consultado 2018 sep 25]. 3(2):366-377. [file:///C:/Users/miguel.reyes/Downloads/Dialnet-HongosFormadoresDeMicorrizasArbusculares-3817504%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/miguel.reyes/Downloads/Dialnet-HongosFormadoresDeMicorrizasArbusculares-3817504%20(1).pdf)
- Portillo O. 2009. Promoción de cultivos de alto valor. [internet]. Honduras: FHIA. [consultado 2018 sep 15]. <https://www.hortalizas.com/noticias/?storyid=1836>
- Restrepo EF, Vallejo FA, Lobo M. 2008. Fenología de la floración en tomate cultivado y especies silvestres relacionadas. SciELO. [consultado 2018 sep 29]. 57(2):89-93. <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v57n2/v57n2a02.pdf>
- Rivera Reyes IM. 2016. Renovación de cuatro cepas de micorriza vesícula arbuscular en cultivo de perejil (*Petroselinum crispum*) y pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*) en macrotúnel, Zamorano, Honduras [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, zamorano-Honduras. 16p.
- Ruiz M, Muñoz Y, Dell'Amico JM, Simó J, Cabrera JA. 2016. Evaluación de diferentes cepas de micorrizas arbusculares en el desarrollo de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones inundadas del suelo. SciELO. [consultado 2018 sep 29]. 30(4):67-75. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v37n4/ctr05416.pdf>

- Solórzano-Quintana M, Cordero R, Molina R, Mora JF, Arguello JF, Carmona G, López AJ, Benavides C, Monge JE. 2018. Efecto del cambio climático en la producción de hortalizas en Costa Rica. [internet]. Costa Rica. TEC. [consultado 2018 sep 25]. <http://hdl.handle.net/2238/9985>
- Torres A. 2017. Manual de cultivo del tomate al aire libre. [internet]. Chile: INDAP. [consultado 2018 sep 17]. <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/11%20Manual%20Tomate%20Aire%20Libre.pdf>