



## Aplicación de compost y biofertilización con hongos micorrizógenos arbusculares en vivero decuatomate (*Solanum glauscescens* Zucc)

### Compost application and biofertilization with arbuscular mycorrhizal fungi in cuatomate (*Solanum glauscescens* Zucc) nursery

 Gabriel López-Salvador<sup>1</sup>,  Fortunato Jiménez-Cruz<sup>1</sup>,  Antonio Gómez-Salazar<sup>1</sup>,  
 Pedro J. González-Cañizares<sup>2\*</sup>,  Eduardo Jerez-Mompié<sup>2</sup>,  Nicolás Medina-Basso<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de México Campus Tecamatlán. Carretera Palomas-Tlapa km 19.5, Tecamatlán, Puebla, México

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Carretera a Tapaste km 3½, San José de las Lajas, Mayabeque. Cuba. CP 32 700

**RESUMEN:** El cuatomate (*Solanum glauscescens* Zucc) constituye un cultivo importante para la Mixteca Poblana, y disponer de tecnologías para aumentar su productividad es una prioridad para los productores de la región. Se realizó un experimento para evaluar el efecto de la adición de compost y la biofertilización con hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), en cuatomate durante la etapa de vivero. Se estudiaron 12 tratamientos, resultantes de la combinación de cuatro sustratos elaborados mediante diferentes relaciones suelo:compost, y la inoculación con las cepas de HMA *Glomus cubense*, *Rhizoglosum irregulare* y un testigo sin inocular, en un diseño completamente aleatorizado, con arreglo factorial y diez repeticiones, y se evaluaron indicadores del funcionamiento micorrízico y el crecimiento de las plantas. No se encontró interacción entre las relaciones suelo: compost y la biofertilización con HMA para las variables micorrízicas ni del crecimiento. Tampoco se observó respuesta a la inoculación con HMA en el crecimiento de las plantas. La mayor altura, diámetro del tallo y número de hojas se alcanzaron con las relaciones suelo: compost 0,50:0,50 y 0,25:0,75 v:v. Se encontraron ecuaciones de regresión de segundo orden con altos valores de R<sup>2</sup>, entre los contenidos de N-NO<sub>3</sub>, P asimilable y K intercambiable de los sustratos y la altura y el número de hoja de las plantas. Se concluye que la mezcla de suelo y compost en relación 0,50:0,50, resulta un sustrato adecuado para el cultivo de cuatomate, durante la etapa de vivero. Se recomienda profundizar en los estudios sobre la micorrización del cultivo de cuatomate.

**Palabras clave:** abono orgánico, crecimiento, nutrientes.

**ABSTRACT:** Cuatomate (*Solanum glauscescens* Zucc) is an important crop for the Mixteca Poblana, and the availability of technologies to increase its productivity is a priority for producers in the region. An experiment was conducted to evaluate the effect of compost addition and biofertilization with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on cuatomate during the nursery stage. Twelve treatments, resulting from the combination of four substrates prepared with different soil:compost ratios and inoculation with AMF strains *Glomus cubense*, *Rhizoglosum irregulare* and a control without inoculation, were studied in a completely randomized design, with factorial arrangement and ten replications, and indicators of mycorrhizal performance and plant growth were evaluated. No interaction was found between soil:compost ratios and biofertilization with AMF for mycorrhizal and growth variables. No response to AMF inoculation on plant growth was observed either. The greatest height, stem diameter and number of leaves were achieved with soil:compost ratios 0.50:0.50 and 0.25:0.75 v:v. Second order regression equations with high R<sup>2</sup> values were found between N-NO<sub>3</sub>, assimilable P and exchangeable K contents of the substrates and plant height and leaf number. It is concluded that the mixture of soil and compost in a 0.50:0.50 ratio is a suitable substrate for cuatomate cultivation during the nursery stage. Further studies on the mycorrhization of the cuatomate crop are recommended.

**Key words:** organic fertilizer, nutrients, growth.

\*Autor para correspondencia: [pgonzalez@inca.edu.cu](mailto:pgonzalez@inca.edu.cu)

Recibido: 15/03/2021

Aceptado: 14/09/2021



## INTRODUCCIÓN

El cuatomate (*Solanum glauscenscens* Zucc) es una planta silvestre de tallo semileñoso y hábito de crecimiento trepador, perteneciente a la familia *Solanaceae*, que habita en los bosques caducifolios de la región de la Mixteca Baja Poblana, México. Esta especie constituye un recurso fitogenético muy valioso, íntimamente ligado a la cultura y al conocimiento de los campesinos.

Sus frutos son muy apetecidos por los pobladores de la región, que lo utilizan para la elaboración de diferentes platos culinarios y la comercialización, la cual se extiende rápidamente, a partir de un mercado potencial incipiente entre la población mexicana residente en los EEUU (1).

Ello ha estimulado su domesticación con el propósito de incrementar los niveles de producción (2); sin embargo, la carencia de una tecnología integral para el manejo agronómico del cuatomate, limita sus potencialidades para alcanzar rendimientos que satisfagan la creciente demanda para el consumo y la comercialización.

Como parte de la tecnología integral para el cultivo del cuatomate, la producción de posturas en viveros puede resultar aconsejable, ya que garantiza la obtención de plantas vigorosas para el trasplante, y en consecuencia, una población deseada en la futura plantación; pero para lograr el éxito en esta fase, resulta imprescindible la selección de un lecho adecuado para la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas en sus primeros estadios.

Se conoce que la elaboración de sustratos a partir de la mezcla de suelo y abonos orgánicos acelera el crecimiento de las plantas en el vivero, tanto por el aporte de nutrientes y microorganismos benéficos, como por la mejora de sus propiedades físicas (3,4), aunque la relación adecuada de ambos componentes depende de las propiedades del suelo, la naturaleza del abono orgánico y las exigencias del cultivo (5,6).

Por otra parte, la biofertilización con microorganismos benéficos, entre ellos los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), también produce resultados positivos en el crecimiento y el incremento del vigor de las plantas cultivadas en fase de vivero, por su papel en la mejora de la absorción de los nutrientes y el agua del sustrato, así como en la protección contra agentes patógenos (7,8).

Sin embargo, existen muy pocos estudios agronómicos sobre el cultivo del cuatomate (1), y no hay reportes en la literatura relacionados con la micorrización de esta especie.

A partir de tales antecedentes, así como la necesidad de disponer de prácticas agronómicas efectivas para el

incremento de la producción de cuatomate en la Mixteca Poblana, se realizó este trabajo, con el objetivo de determinar la relación suelo-abono orgánico más adecuada y el efecto de la inoculación con hongos micorrizógenos arbusculares en el crecimiento de esta especie durante la etapa de vivero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el vivero del Instituto Tecnológico de Tecamatlán ubicado en los 17° 53'N y 98° 21' W, a 950 ms.n.m., en el municipio de Tecamatlán, Puebla, México. La **Tabla 1** muestra el comportamiento de algunas variables meteorológicas durante el período en que se condujo el experimento.

Se estudiaron 12 tratamientos, resultantes de la combinación de cuatro sustratos (mezclas de suelo: compost, en relaciones 1:0; 0,75:0,25; 0,50:0,50 y 0,25:0,75, v:v) y la inoculación con las cepas de HMA *Glomus cubense*, *Rhizoglomus irregulare* y un testigo sin inocular, en un diseño completamente aleatorizado, con arreglo factorial 4x3 y diez repeticiones. El experimento se realizó del 5 de agosto al 14 de septiembre de 2019 y del 2 de octubre al 15 de noviembre de 2020.

Para la elaboración de los sustratos se tomaron 20 cm de la capa superficial de un suelo Regosol Eutricto (9) y compost elaborado a partir de estiércol de cabra (80 %) y residuos de cosechas (20 %), ambos procedentes del Instituto Tecnológico de Tecamatlán. Las características químicas y el contenido de humedad del compost se presentan en la **Tabla 2**.

Para la caracterización del compost se utilizaron los siguientes métodos analíticos, establecidos en los laboratorios de Fertilab (10).

- Humedad: gravimetría.
- Materia orgánica: Walkley y Black.
- Nitrógeno: Kjeldahl.
- pH: potenciometría, relación compost-agua 1:5.
- Incineración de la muestra en la mufla durante 2 horas y determinación de P por colorimetría, Ca y Mg por espectrometría de absorción atómica, y K y Na por fotometría de llama.

A los diez días después de la elaboración de los sustratos, estos se depositaron en vasos de 8,5 y 5,5 cm de diámetro superior e inferior y 10 cm de altura, con capacidad de 385 cm<sup>3</sup>, a los que previamente se les abrieron seis orificios pequeños en el fondo para facilitar el drenaje y se llenaron hasta la superficie.

**Tabla 1.** Valores promedio de temperaturas máxima, mínima y media, humedad relativa y precipitaciones, prevalecientes durante la etapa de vivero de cuatomate inoculado con HMA y sin inocular, sembrado en diferentes combinaciones de suelo: compost

Períodos de ejecución del experimento	Temperaturas (°C)			Humedad Relativa (%)	Precipitaciones (mm)
	Máxima	Mínima	Media		
5 de agosto-14 de septiembre 2019	34	19	26,5	68,0	6
2 de octubre- 15 de noviembre de 2020	32	14	23,0	64,5	1

Datos tomados en el Instituto Tecnológico de Tecamatlán

Antes del llenado de los vasos, en cada período se tomaron cinco muestras de los sustratos y se determinaron los contenidos de materia orgánica, N-NO<sub>3</sub>, P asimilable, Ca, Mg, K y Na intercambiables y pH-H<sub>2</sub>O, según las técnicas analíticas utilizadas en los laboratorios de Fertilab (10).

Para la aplicación de los HMA se utilizaron sendos inoculantes sólidos que contenían las cepas INCAM-4 de la especie *Glomus cubense* (DAOM 241198) (11) e INCAM-11 de la especie *Rhizoglyphus irregularis* (DAOM 711363) (12), con una concentración de 30 esporas g<sup>-1</sup> y abundantes fragmentos de raicillas de la planta hospedera (*Brachiaria decumbens*). Ambos inóculos certificados, procedían de la colección del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba.

En el centro superior de cada vaso se abrió un orificio a una profundidad de 1 cm, se depositaron 5 gramos de inoculante micorrízico y se colocaron dos semillas de cuatamate, que posteriormente se cubrieron con el sustrato. A los cinco días después de la germinación se dejó una planta en cada vaso. Se efectuó un riego cada tres días a razón de 60 mL por vaso, desde el inicio hasta el final del experimento. El vivero se mantuvo cubierto con malla del tipo Rashell, que garantizó el paso de un 50 % de la luz solar, atendiendo a las necesidades de sombra del cultivo.

Al final del experimento se midieron la altura de las plantas con una regla graduada de 1 mm de precisión, el diámetro de los tallos mediante el uso de un pie de rey, y se contó el número de hojas por planta.

De cada vaso se extrajeron 50 g de sustrato y 1 g de raicillas. Las raicillas, después de lavadas, se secaron en estufa a 70 °C para su tinción y clarificación (13). Se evaluaron la frecuencia de colonización micorrízica (14) y la

densidad visual (DV) o intensidad de la colonización (15); en los 50 g de sustrato, se determinó el número de esporas en la rizosfera, a partir del tamizado y decantado por vía húmeda de dichas estructuras y su observación en microscopio (16).

Los datos, una vez comprobados la normalidad y homogeneidad de varianzas, se procesaron estadísticamente mediante el análisis de varianza y la prueba de Tukey a P<0,05. Se realizaron análisis de regresión entre los contenidos de N-NO<sub>3</sub>, P y K de los sustratos y la altura y el número de hojas de las plantas y se seleccionaron las ecuaciones de mayor ajuste. En todos los casos se utilizó el programa estadístico SPSS 25 (17).

## RESULTADOS

Se encontró un efecto significativo de la adición del compost en los contenidos de materia orgánica y los nutrientes de los sustratos (Tabla 3).

El sustrato compuesto solamente por suelo, aunque presentó un contenido medio de Ca intercambiable, poseía bajos contenidos de materia orgánica y Mg intercambiable, y muy bajos de P asimilable, K y Na intercambiables (18). Sin embargo, a medida que disminuyó la relación suelo: abono orgánico, estos, al igual que el contenido de N-NO<sub>3</sub>, fueron aumentando hasta alcanzar los valores más altos con la mezcla de 0,25 y 0,75 partes de suelo y compost. Con respecto a la reacción del sustrato, no se observó efecto de la adición del abono orgánico, debido, probablemente, a que el suelo tenía un pH alcalino, con valores cercanos al del compost.

En relación con las variables micorrízicas, no se encontró interacción entre la relación suelo: compost y la inoculación con HMA en ninguno de los dos momentos en que se

**Tabla 2.** Características químicas (datos expresados en base seca) y contenido de humedad del compost utilizado en la elaboración de los sustratos para el cultivo de cuatamate durante la etapa de vivero

Periodos	MO (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	Relación C: N	P (g kg <sup>-1</sup> )	Ca (g kg <sup>-1</sup> )	Mg (g kg <sup>-1</sup> )	Na (g kg <sup>-1</sup> )	K (g kg <sup>-1</sup> )	pH	Humedad (%)
Agosto-septiembre 2019	520,8	18,7	16,5	5,1	40,3	5,2	2,5	11,3	8,0	36,1
IC (α = 0,05)	±8,7	±0,4	±1,5	±0,1	±0,5	±0,1	±0,1	±0,2	±0,2	±0,9
Octubre-noviembre 2020	532,7	20,5	18,7	4,1	38,4	5,6	3,2	12,2	8,1	34,9
IC (α = 0,05)	±9,8	±0,7	±1,9	±0,2	±0,7	±0,2	±0,1	±0,4	±0,2	±1,2

MO: materia orgánica. Promedios de cinco muestras tomadas en cada período, al momento de la elaboración de los sustratos. IC: intervalo de confianza

**Tabla 3.** Efecto de la adición de compost en las características químicas de los sustratos elaborados para el cultivo de cuatamate durante la etapa de vivero

Relación suelo:compost	N-NO <sub>3</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	P (mg kg <sup>-1</sup> )	M.O (g kg <sup>-1</sup> )	Ca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Na (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	K (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	pH
1:0	19,7 d	3,27 d	16,1 d	14,24 d	1,19 d	0,13 c	0,22 d	7,9
0.75:0.25	25,4 c	4,21 c	90,8 c	17,88 c	2,15 c	0,15 bc	0,47 c	8,1
0.5:0.5	32,9 b	5,52 b	149,0 b	21,58 b	3,31 b	0,19 ab	0,69 b	8,0
0.25:0.75	40,3 a	7,28 a	187,5 a	25,62 a	4,05 a	0,22 a	0,92 a	8,1
ES $\bar{x}$	0,3**	0,10**	3,3**	0,6**	0,1**	0,1**	0,1**	0,2

Promedios con letras diferentes en la misma columna difieren significativamente según prueba de Tukey a P<0,05

realizó el experimento. Los sustratos tampoco tuvieron efectos sobre estas variables; pero tanto la frecuencia e intensidad de la colonización, así como el número de esporas en la rizosfera, aumentaron significativamente con la inoculación de ambas especies de HMA en relación con el testigo sin inocular (Tabla 4).

En los dos momentos en que se ejecutó el experimento, tampoco se encontró interacción entre la relación suelo: compost y la inoculación con HMA en las variables del crecimiento (Tabla 5), pero tanto la altura de las plantas, como el diámetro del tallo y el número de hojas, aumentaron significativamente a medida que se incrementó la cantidad del abono orgánico en el sustrato, hasta alcanzar los mayores valores con las relaciones suelo: compost más bajas (0,50:0,50 y 0,25:0,75), sin diferencias entre ambas, excepto para la altura de las plantas en octubre de 2019, La inoculación con HMA no tuvo efectos en estos indicadores.

Al relacionar los valores promedio de las variables altura de las plantas y número de hojas que se obtuvieron en

ambas fechas de ejecución del experimento, con los contenidos de N-NO<sub>3</sub>, P y K de los sustratos, se encontraron ecuaciones de regresión de segundo orden con altos niveles de ajuste (valores de R<sup>2</sup> superiores a 0,90), según se muestra en la Figura 1, A medida que aumentaron los contenidos de estos nutrientes en los sustratos, se incrementaron la altura y el número de hojas de las plantas; los valores más altos se alcanzaron con valores cercanos a 35 mg kg<sup>-1</sup> de N-NO<sub>3</sub>, 6 mg kg<sup>-1</sup> de P y 0,7 cmol<sub>c</sub>kg<sup>-1</sup> de K, a partir estos, se observó una tendencia al decrecimiento de ambas variables, Resultó interesante el alto nivel de ajuste entre los contenidos de P del sustrato y los indicadores del crecimiento de las plantas, con valores de R<sup>2</sup> cercanos a 1.

## DISCUSIÓN

Una de las ventajas de la elaboración de sustratos a partir de la adición de abonos orgánicos para el cultivo de plantas en fase de vivero, radica en el aporte de materia orgánica y nutrientes (19,20), A juzgar por la respuesta de

**Tabla 4.** Efecto de la relación suelo: compost y la inoculación con HMA en las variables micorrízicas de cuatomate durante la etapa de vivero

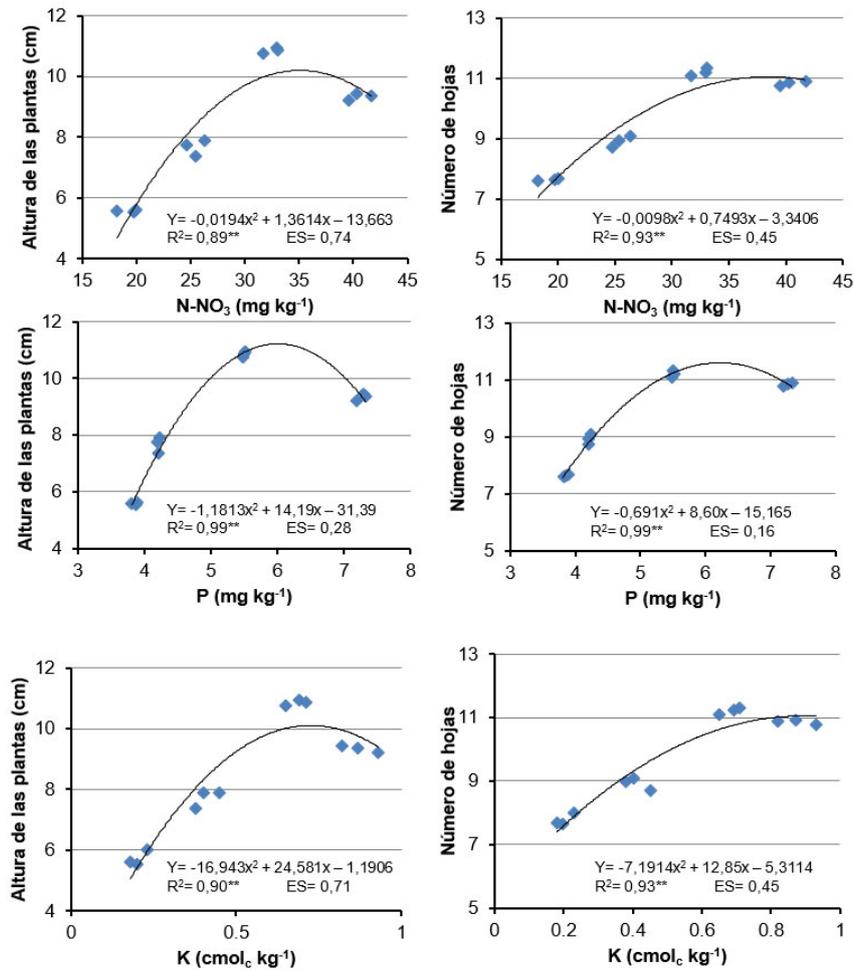
Relación suelo:compost	Agosto 2019			Octubre 2020		
	Frecuencia de colonización (%)	Intensidad colonización (%)	Esporas/ 50 g	Frecuencia de colonización (%)	Intensidad colonización (%)	Esporas/ 50 g
<b>Efecto de la relación suelo:compost</b>						
1:0	6,76	0,15	38	10,75	0,18	43
0,75:0,25	7,14	0,13	34	11,32	0,21	46
0,50:0,50	7,47	0,14	36	10,57	0,18	53
0,25:0,75	6,71	0,15	39	11,40	0,22	48
ES $\bar{x}$	0,31	0,02	3	0,43	0,03	4
<b>Efecto de la inoculación con HMA</b>						
Sin inocular	5,13 b	0,06 b	25 b	6,87 b	0,13 b	32 b
<i>G.cubense</i>	8,10 a	0,17 a	42 a	12,81 a	0,22 a	52 a
<i>R.irregularis</i>	7,82 a	0,19 a	43 a	13,32 a	0,24 a	58 a
ES $\bar{x}$	0,29**	0,02**	2**	0,37**	0,02**	3**

Promedios con letras diferentes en la misma columna difieren significativamente según prueba de Tukey a P<0,05

**Tabla 5.** Efecto de la relación suelo: compost y la inoculación con HMA en la altura, diámetro del tallo y número de hojas de las plantas de cuatomate durante la etapa de vivero

Relación suelo:compost	Agosto 2019			Octubre 2020		
	Altura de las plantas (cm)	Diámetro del Tallo (mm)	Número de hojas	Altura de las plantas (cm)	Diámetro del Tallo (mm)	Número de hojas
<b>Efecto de la relación suelo:compost</b>						
1:0	6,25 c	1,60 c	5,61 c	4,61 c	2,45 c	9,68 c
0,75:0,25	8,71 b	1,88 b	6,72 b	6,02 b	3,06 b	11,20 bc
0,50:0,50	12,4 a	2,31 a	10,28 a	9,51 a	3,57 a	12,14 a
0,25:0,75	11,5 a	2,52 a	9,72 a	7,38 b	3,51 a	12,00 ab
ES $\bar{x}$	0,15**	0,08**	0,16**	0,19**	0,09**	0,22**
<b>Efecto de la inoculación con HMA</b>						
Sin inocular	9,64	1,91	8,40	6,76	3,18	11,17
<i>G.cubense</i>	10,03	2,00	8,40	7,26	3,22	11,49
<i>R.irregularis</i>	10,36	2,02	8,13	6,66	3,35	11,55
ES $\bar{x}$	0,11	0,04	0,20	0,17	0,08	0,16

Promedios con letras diferentes en la misma columna difieren significativamente según prueba de Tukey a P<0,05



**Figura 1.** Relaciones entre las concentraciones de macronutrientes (N-NO<sub>3</sub>, P y K) en el sustrato con la altura y el número de hojas de las plantas de cuatomate

las plantas de cuatomate, se puede inferir que los valores que se alcanzaron en el sustrato elaborado con la mezcla de suelo y compost en relación 50:50 v:v, fueron suficientes para que alcanzaran su mayor crecimiento, Esta respuesta se atribuye a los bajos contenidos de nutrientes del suelo, sobre todo de aquellos que pudieron limitar el crecimiento y desarrollo de las plantas,

Lo anterior lo confirman las altas relaciones que se obtuvieron entre el aumento de los contenidos de N-NO<sub>3</sub>, P y K en el sustrato y el incremento de la altura y el número de hojas, tres macronutrientes esenciales para garantizar un óptimo crecimiento y desarrollo de las plantas desde sus primeros estadios (21,22), y cuyos contenidos en el suelo, de por sí muy bajos, se vieron favorecidos por la adición del compost.

Las altas relaciones entre el contenido de P del sustrato y la altura y el número de hojas, que se demostraron mediante ecuaciones de regresión con valores de R<sup>2</sup> de 0,99, indican que este elemento juega un papel fundamental en el crecimiento del cuatomate, al menos durante la fase de vivero, En este sentido, algunos autores observaron que el incremento de las cantidades de compost en el sustrato, provocaron aumentos en las

concentraciones de P y consecuentemente, en el crecimiento de la biomasa aérea y radical de plantas con altas necesidades de este elemento durante la etapa de vivero (19,20).

Los beneficios del compost en el crecimiento de diferentes especies de plantas durante la etapa de vivero, han sido indicados por varios autores (6,22) y aunque las cantidades de abono orgánico más adecuadas dependen de las necesidades del cultivo, las propiedades del resto de los materiales que conforman el sustrato y la naturaleza del compost (23), todos plantean que los mismos están relacionados con el aporte de materia orgánica y nutrientes asimilables desde los primeros estadios.

Pero no puede descartarse que los beneficios del compost también hayan estado relacionados con la mejora de las propiedades físicas del sustrato, tales como la densidad aparente y la capacidad de retención de humedad (19,24) e incluso con la mejora de sus propiedades biológicas, a partir de los microorganismos presentes en el abono orgánico, que pudieron ejercer un efecto benéfico en el crecimiento de las plantas (25,26).

En términos absolutos, las plantas que se sembraron en agosto alcanzaron, como promedio, mayor altura, menor

diámetro del tallo y menor número de hojas que las que se observaron en la siembra de octubre, lo cual pudo estar relacionado con diferencias en el comportamiento de las variables meteorológicas en cada período en que se ejecutó el experimento. De hecho, los valores de temperatura máxima, mínima y media, y de humedad relativa, fueron mayores en agosto de 2019 que en octubre de 2020.

El hecho de que con el uso del compost las plantas hayan alcanzado el mayor crecimiento en tan sólo 45 días, también puede tener implicaciones económicas, pues ello significa un acortamiento de la estancia de las plantas en el vivero, una disminución del empleo de agua para el riego durante este período, y posiblemente, un comienzo más temprano de la cosecha de los frutos en la futura plantación.

En relación con la inoculación con hongos micorrizógenos arbusculares para la obtención de posturas en fase de vivero, varios autores coinciden al plantear que esta resulta una estrategia positiva para mejorar los indicadores del crecimiento y desarrollo de las plantas (27,28). En este experimento, si bien se encontró un efecto significativo de la inoculación con HMA en las estructuras micorrízicas, ello no significó una mejora en los indicadores del crecimiento del cuatomate, y aunque varios factores pudieran estar involucrados en este comportamiento, todo parece indicar que 45 días después de la germinación no fueron suficientes para que las plantas alcanzaran niveles de colonización que pudieran inducir una respuesta adecuada su crecimiento.

En la literatura revisada no se encontraron trabajos sobre la micorrización del cuatomate, de modo que se desconoce la dinámica de colonización de esta especie de planta por los HMA y su grado de dependencia micorrízica; sin embargo, se puede inferir que tanto la frecuencia como la intensidad de colonización que alcanzaron las posturas al momento del trasplante fueron bajas, si se tiene en cuenta que en la mayoría de los trabajos donde se encontraron respuestas positivas de las plantas a la inoculación con HMA, estas alcanzaron frecuencias de colonización superiores al 40 %, independientemente de la especie vegetal (29,30).

En este sentido, algunos autores, al evaluar el efecto de la inoculación con HMA en plantas con bajos niveles de colonización durante la etapa de vivero, obtuvieron los mejores resultados con la aplicación del inoculante micorrízico al momento del trasplante (31).

Por otra parte, las cepas de HMA que se utilizaron en este experimento, han mostrado una alta eficiencia en diferentes cultivos, lo cual se traduce en altos niveles de colonización e incrementos de hasta un 40% en los rendimientos, aunque su efectividad ha estado asociada al ambiente edáfico en que se desarrollan las plantas (32). En el caso específico de *R. irregulare*, su inoculación en diferentes cultivos ha arrojado resultados positivos, en suelos o sustratos con características químicas y valores de pH muy similares al utilizado en este trabajo (33,34). No obstante, se requerirán otros estudios para conocer el grado de dependencia micorrízica del cuatomate y su respuesta a la inoculación con HMA.

## CONCLUSIONES

No se encontró interacción entre la relación suelo:compost en el sustrato, y la inoculación con HMA para el crecimiento de cuatomate durante la etapa de vivero. El incremento la altura y el número de hojas de las plantas estuvo relacionado con el aumento de los contenidos de N-NO<sub>3</sub>, P y K del sustrato. La mezcla de suelo y compost en relación 0,50:0,50, garantizó un óptimo crecimiento del cultivo durante esta etapa.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda profundizar en los estudios sobre la micorrización del cultivo de cuatomate.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Hernández-Rojas CJ, Sandoval-Castro E, Gutiérrez-Rangel N, Pineda-Pineda J, Sánchez-Vélez A, Espinoza-Hernández V, et al. Concentración de la solución nutritiva y rendimiento de “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.). Revista mexicana de ciencias agrícolas. 2018;9(1):123-36. doi:10.29312/remexca.v9i1.853
2. Gómez Salazar, Antonio, Vidal Corona AM, López Salvador G, De la Cruz Meléndez R, Ortiz Sarabia GF. La propagación del cuatomate *Solanum glaucescens* Zucc [Internet]. 1st ed. Altres Costa-Amic Editores; 2019 [cited 13/07/2022]. 64 p. Available from: <https://isbnmexico.indautor.cerlalc.org/catalogo.php?mode=detalle&nt=285315>
3. Priadi D, Mulyaningsih ES. Effects of Compost Type and Rootstock Length on Fruit and Vegetable Seedlings Growth in the Nursery. Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education. 2016;8(3):301-7. doi: 10.15294/biosaintifika.v8i3.7292
4. Ariyanti M, Rosniawaty S, Dewi IR, Fernando A. The Growth Response of Oil Palm Seedling at Main Nursery Against Watering at Different Volume and Frequency and Against Provision of Compost. International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR). 2018;37(3):226-33.
5. Asif M, Saqib H, Ahmad I, Rashid M, Farooq T, Asif M, et al. Effect of Compost Application on the Growth of *Acacia nilotica*. Cercetari Agronomice in Moldova. 2019;52:66-73. doi: 10.2478/cerce-2019-0007
6. Shah R, Abid M, Qayyum MF. Effects of Composted and Vermicomposted Sugarcane Industry Wastes and Farm Manure on Tomato Quality and Yield. Mehran University Research Journal of Engineering and Technology. 2020;39(2):380-9. doi: 10.22581/muet.1982.2002.14
7. Jiménez-Moreno MJ, Moreno-Márquez M del C, Moreno-Alías I, Rapoport H, Fernández-Escobar R. Interaction between mycorrhization with *Glomus intraradices* and phosphorus in nursery olive plants.

- Scientia Horticulturae. 2018;233:249-55. doi: [10.1016/j.scienta.2018.01.057](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.057)
8. Tadeu H, Carneiro MA, Miranda M, Alho L, Neto P, Viana Á. Influence of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Phosphorus Doses in the Production of *Parkia nitida* (Miquel) in Seedling Nursery in the South of Amazonas. *Journal of Experimental Agriculture International*. 2018;28:1-10. doi: [10.9734/JEAI/2018/44675](https://doi.org/10.9734/JEAI/2018/44675)
  9. FAO. World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update. 2015;106:203.
  10. Fertilab. Laboratorio mexicano de análisis agrícolas, Diagnóstico de fertilidad del suelo, Guanajuato, México, 2018 [Internet]. <https://www.fertilab.com.mx>. 2018 [cited 31/05/2022]. Available from: <https://www.fertilab.com.mx>
  11. Yakelín R, Dalpé Y, Séguin S, Suárez K, Felix F, Espinosa R. *Glomus cubense* sp. nov., an arbuscular mycorrhizal fungus from Cuba. *Mycotaxon -Ithaca Ny-*. 2011;118:93-4666. doi:[10.5248/118.337](https://doi.org/10.5248/118.337)
  12. Sieverding E, Silva G, Berndt R, Oehl F. *Rhizoglomus*, a new genus of the Glomeraceae. *Mycotaxon -Ithaca Ny-*. 2014;129(2):373-86. doi:[10.5248/129.373](https://doi.org/10.5248/129.373)
  13. Rodríguez Yon Jy, Arias Pérez L, Medina Carmona A, Mujica Pérez Y, Medina García LR, Fernández Suárez K, et al. Alternativa de la técnica de tinción para determinar la colonización micorrízica. *Cultivos Tropicales*. 2015;36(2):18-21.
  14. Giovannetti M, Mosse B. An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. *New Phytologist*. 1980;84(3):489-500. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x>
  15. Trouvelot A. Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. *Physiological and genetical aspects of mycorrhizae*. 1986;217-21.
  16. Herrera RA, Ferrer RL, Furrázola E, Orozco MO. Estrategia de funcionamiento de las micorrizas VA en un bosque tropical. *Biodiversidad en Iberoamérica. Ecosistemas, Evolución y Procesos sociales*. (Eds. Maximina Monasterio) programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo. Subprograma XII, Diversidad Biológica, Mérida. 1995;
  17. SPSS. Statistical software, version 25, SPSS Institute, Chicago, Illinois, 2017, [Internet]. 2017 [cited 08/07/2022]. Available from: <https://www.ibm.com/support/pages/www.ibm.com/support/pages/download-ibm-spss-statistics-25>
  18. Paneque VM, Calaña JM. La fertilización de los cultivos. Aspectos teórico-prácticos para su recomendación. La Habana, Cuba: INCA; 2001 p. 29.
  19. Garbanzo G, Molina E, Serrano E, Ramírez F. Efecto de mezclas de fibra semicompostada con suelo en el crecimiento y la tolerancia de enfermedades en vivero de palma aceitera. *Agronomía Costarricense [Internet]*. 2017 [cited 08/07/2022];41(2). doi:[10.15517/rac.v41i2.31299](https://doi.org/10.15517/rac.v41i2.31299)
  20. Suliza Salamat S, Ali Hassan M, Shirai Y, Husni A, Arifin I, Shakhkhirat Norizan M. Application of compost in mixed media improved oil palm nursery's secondary root structure thereby reducing the fertilizer requirement for growth. 2019;27(3):39-49.
  21. Quaye A, Konlan S, Arthur A, Pobee P, Dogbatse J. Effect of media type and compost mixtures on nutrient uptake and growth of cocoa *Theobroma cacao* L.) seedling in the nursery. 2019;14(1):11-21.
  22. Bayoumi YA, El-Henawy AS, Abdelaal KAA, Elhawat N. Grape Fruit Waste Compost as a Nursery Substrate Ingredient for High-Quality Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Seedlings Production. *Compost Science & Utilization*. 2019;27(4):205-16. doi:[10.1080/1065657X.2019.1682086](https://doi.org/10.1080/1065657X.2019.1682086)
  23. Mladenov M. Chemical composition of different types of compost. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. 2018;53(4):712-6.
  24. Głąb T, Żabiński A, Sadowska U, Gondek K, Kopeć M, Mierzwa-Hersztek M, et al. Effects of co-composted maize, sewage sludge, and biochar mixtures on hydrological and physical qualities of sandy soil. *Geoderma*. 2018;315:27-35. doi:[10.1016/j.geoderma.2017.11.034](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.11.034)
  25. Strachel R, Wyszowska J, Baćmaga M. The Role of Compost in Stabilizing the Microbiological and Biochemical Properties of Zinc-Stressed Soil. *Water, Air, & Soil Pollution*. 2017;228(9):349. doi:[10.1007/s11270-017-3539-6](https://doi.org/10.1007/s11270-017-3539-6)
  26. Burges A, Fievet V, Oustriere N, Epelde L, Garbisu C, Becerril JM, et al. Long-term phytomanagement with compost and a sunflower - Tobacco rotation influences the structural microbial diversity of a Cu-contaminated soil. *Science of The Total Environment*. 2020;700:1-10. doi:[10.1016/j.scitotenv.2019.134529](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134529)
  27. Machineski GS, Victola CAG, Honda C, Machineski O, de Fátima Guimarães M, Balota EL. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on early development of persimmon seedlings. *Folia Horticulturae*. 2018;30(1):39-46.
  28. Anguiby BLA, Bomisso EL, N'goran KSB, Ake S. Supply of Compost and Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Enhancing Quality of Ceiba pentandra (Kapok Tree) Seedlings. 2020;32(9):1-14.
  29. Jiang Q, Li Q, Chen Y, Zhong C, Zhang Y, Chen Z, et al. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Enhanced Growth of *Magnolia macclurei* (Dandy) Figlar Seedlings Grown under Glasshouse Conditions. *Forest Science*. 2017;63(4):441-8. doi:[10.5849/forsci.2016-004](https://doi.org/10.5849/forsci.2016-004)
  30. Djenatou P, Dooh JPN, Philippe K, Mangaptche ELN. Evaluation of the Inoculation Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on the Growth of Cocoa Seedlings (*Theobroma cacao* L.) in the Nursery. *International Journal of Sciences*. 2020;9(07):6-13.

31. Davidson BE, Novak SJ, Serpe MD. Consequences of inoculation with native arbuscular mycorrhizal fungi for root colonization and survival of *Artemisia tridentata* ssp. *wyomingensis* seedlings after transplanting. *Mycorrhiza*. 2016;26(6):595-608. doi:[10.1007/s00572-016-0696-1](https://doi.org/10.1007/s00572-016-0696-1)
32. Espinosa R, Martín Alonso GM, Simo González J, Pentón Fernández G, Rubido M, Pedroso J, et al. Benefits of joint management of green manure and mycorrhizal inoculants in crop production. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2020;23(97):1-20.
33. Simo JE, Rivera RA, Martínez LA, Martín GM. The integration of AMF inoculants, green manure and organo-mineral fertilization, in banana plantations on Calcic haplic phaeozems. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2020;23(1):1-15.
34. Reyes R, Cañizares PJG, Pedroso JFR. Biofertilization with *Azospirillum brasilense*, and *Rhizoglyphus irregularis* and reduction of nitrogen fertilization in *Urochloa* hybrid cv. Mulatto II. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 2020;54(4):1-10.