

**Coinoculación de *Rhizophagus irregularis*  
y *Trichoderma viride* en *Carica papaya*  
(Caricaceae) “papaya” en condiciones de  
invernadero**

**Coinoculation of *Rhizophagus irregularis* and  
*Trichoderma viride* in *Carica papaya* (Caricaceae)  
under greenhouse conditions**



## Resumen

Los microorganismos benéficos tienden a promover el crecimiento y desarrollo de *Carica papaya* en diferentes niveles. El presente trabajo tiene el objetivo de evaluar el efecto de la inoculación de los hongos benéficos *Rhizopagus irregularis* y *Trichoderma viride* en *Carica papaya* (Caricaceae) en condiciones de invernadero hasta los 28 días. Se utilizaron plántulas de *C. papaya* obtenidas por micropropagación, luego de su aclimatación. De manera aleatoria, cada plántula recibió un tratamiento con aproximadamente 500 esporas *R. irregularis* y  $5 \times 10^7$  esporas de *T. viride*. Las plántulas fueron cultivadas en condiciones de invernadero, con riego a capacidad de campo con una solución NPK de mantenimiento 15-15-15 por 28 días. Los resultados demuestran que los tratamientos con *R. irregularis* y la coinoculación con *R. irregularis* y *T. viride* promovieron el crecimiento vegetativo de plántulas de papaya incrementando la longitud de tallo, diámetro de tallo, número de hojas y área foliar. El tratamiento con *T. viride* no ocasionó diferencias significativas. Se concluye que el uso de organismos benéficos como *R. irregularis* y *T. viride* permite incrementar los parámetros de crecimiento de *C. papaya* en los primeros días de cultivo en condiciones de invernadero.

**Palabras clave:** *Rhizopagus irregularis*, *Trichoderma viride*, micorrizas, *Carica papaya*.

## Abstract

Beneficial microorganisms tend to promote growth and development of *Carica papaya* at different levels. The objective of this study was to evaluate the effect of *Rhizopagus irregularis* and *Trichoderma viride* on *C. papaya* (Caricaceae) growth under greenhouse conditions for 28 days. *C. papaya* plantlets obtained through micropropagation were used after acclimation. Each plantlet received a treatment with 500 *R. irregularis* spores and/or  $5 \times 10^7$  *T. viride* spores randomly. The plants were cultured under greenhouse conditions and watered with an 15-15-15 NPK solution for 28 days. The results demonstrate that the treatments with *R. irregularis* and the coinoculation with *R. irregularis* and *T. viride* promoted the vegetative growth of papaya plants by increasing shoot length, shoot diameter, number of leaves and leaf area. Treatment with *T. viride* did not induce significant changes. It is concluded that the use of beneficial microorganisms such as *R. irregularis* and *T. viride* increases the growth parameters of *C. papaya* in the first days of culture under greenhouse conditions.

**Keywords:** *Rhizopagus irregularis*, *Trichoderma viride*, mycorrhiza, *Carica papaya*.

**Citación:** Hidalgo, J.; C. Ramos; J. Pedro; B. Luis & M. Chaman. 2021. Coinoculación de *Rhizopagus irregularis* y *Trichoderma viride* en *Carica papaya* (Caricaceae) "papaya" en condiciones de invernadero. *Arnaldoa* 28(2):349-364 doi: <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.282.28206>

## Introducción

*Carica papaya* (Caricaceae) "papaya", es un frutal originario del Noroccidente Amazónico y distribuida actualmente por todos los trópicos y subtrópicos a nivel mundial. Es una planta de crecimiento relativamente rápido y de vida corta cuyo cultivo dura de 1 a 3 años (Mostacero et al., 2002). Esta planta puede ser cultivada desde el nivel del mar hasta los 1000 msnm, dependiendo de las condiciones climáticas. Soportando entre 22° y 30°C, pero su

óptima es entre 23° y 26°C (Rodríguez, 2004). Su cultivo se ha incrementado considerablemente y su demanda ha aumentado especialmente en mercados internacionales en años recientes, ya sea en su forma fresca o como producto procesado (Sankat & Maharaj, 1997). Su importancia económica radica en la calidad de sus frutos, los cuales presentan propiedades alimenticias, medicinales, agroindustriales, y alto contenido de vitaminas A1, B1, B2 y C (Rodríguez, 2004). Por su importancia

económica y alimentaria, se vienen realizando diferentes trabajos orientados a actualizar la tecnología de su cultivo en lo concerniente al manejo integrado y fertilización (OIRSA, 2002).

Entre las nuevas tecnologías empleadas en papaya, se encuentra el uso de microorganismos benéficos, que tienden a incrementar notablemente el crecimiento y desarrollo de este frutal (Sánchez, 2001; Hidalgo, 2012). Además, estos microorganismos pueden favorecer a las plantas permitiéndoles contrarrestar factores de estrés bióticos y abióticos (Hidalgo *et al.*, 2014). Dentro de estos microorganismos, se han realizado experiencias independientes que evalúan el efecto de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y de hongos antagonistas como *Trichoderma* spp. (López, 2019; Quiñones, 2019). Es así que existen trabajos que han llegado a incrementar los diversos parámetros de crecimiento en diferentes etapas de desarrollo de *C. papaya* L. (Sánchez, 2001).

Los HMA forman una simbiosis biotrófica con las raíces de las plantas. En esta simbiosis se da un intercambio recíproco de nutrientes en el que el hongo recibe carbohidratos del hospedero, al tiempo que proporciona nutrientes minerales a través del micelio extrarradicular (Smith and Read, 2008). En *C. papaya*, los beneficios de los HMA incluyen aumento en el peso de la planta, aumento en la longitud de tallo y raíz, e índice de área foliar (Sharda & Rodríguez, 2009). Además, se ha observado que los árboles de papaya inoculados, reducen la necesidad de fertilización con P, hasta la etapa de producción (Mamatha *et al.*, 2002). Además, estos microorganismos son capaces de disminuir el estrés y la pérdida de crecimiento sufrido por las plántulas luego de la aclimatación y a la vez

promover el desarrollo vegetativo a nivel de invernadero (Hidalgo, 2012)

Por otra parte, la utilización de microorganismos antagonistas que se utilizan para disminuir el estrés producido por la presencia de organismos fitopatógenos a nivel de invernadero constituye una práctica creciente. Dentro de estos organismos, se encuentra *Trichoderma viride*. Este hongo es un saprófito capaz de estimular el crecimiento vegetal y rendimiento (Yadav *et al.*, 2015). Esta acción podría estar ligada a la producción de metabolitos secundarios que tienen diversas propiedades sobre el desarrollo y defensa vegetal, tales como fitohormonas y antibióticos capaces de contrarrestar agentes patógenos (Contreras *et al.*, 2016). En "papaya", incluso se ha demostrado el efecto antagonístico de *Trichoderma* spp., en contra de *Fusarium oxysporum*, responsable de la pudrición en plántulas (González *et al.*, 2005).

Dado que las plantas de *C. papaya* tienden a ser más susceptibles al estrés por trasplante durante el primer mes, disminuyendo su crecimiento vegetativo y retardando su desarrollo, el presente trabajo tiene el objetivo de evaluar el efecto de la inoculación de los hongos benéficos *Rhizophagus irregularis* y *Trichoderma viride* en *Carica papaya* en condiciones de invernadero hasta los 28 días.

## Materiales y métodos

### Material biológico

Se emplearon plántulas clones de *C. papaya* obtenidas por micropropagación *in vitro* de meristemos en el Laboratorio de Biotecnología del Proyecto Especial Chavimochic. Estas fueron aclimatadas y enraizadas en invernadero durante 15 días, usando turba Kekkila comercial como

sustrato. Las plántulas empleadas midieron entre 1,9 y 2,6 cm.

El inóculo de *R. irregularis* fue obtenido del producto comercial AEGIS Endo Gránulo, donado por la Empresa Agrotecnologías Naturales ATENS.

El inóculo de *T. viride* fue facilitado por el Laboratorio de Hongos Benéficos del Campamento San José del Proyecto Especial Chavimochic.

### Tratamientos

Las cantidades de inóculo de ambos microorganismos fueron establecidas teniendo en cuenta las recomendaciones del personal técnico del P. E. Chavimochic para

frutales en invernadero: 500 esporas de *R. irregularis* y  $5 \times 10^7$  esporas de *T. viride* por planta. Los tratamientos estuvieron dados por las combinaciones de estas cantidades de inóculo, estableciéndose un control no inoculado, tal y como se indica en la Tabla 01. Los inóculos de ambos microorganismos fueron aplicados el mismo día al momento del trasplante a bolsas de plástico negro de 2 litros conteniendo arena y turba comercial esterilizada en una proporción 1:1. Los tratamientos fueron asignados de forma aleatoria a cada unidad experimental y las unidades experimentales se dispusieron en diseño completamente aleatorizado en el invernadero por 28 días.



Fig. 1. Inoculación de plántulas de *C. papaya* con *R. irregularis* y *T. viride*.

Para realizar la inoculación se colocaron 5 g de inóculo sólido del hongo *R. irregularis* (100 propágulos.g<sup>-1</sup> de inóculo) en contacto directo con las raíces de la plántula, mientras que el inóculo de *T. viride* fue agregado al sustrato en 50 ml una solución de 100 g inóculo por litro (concentración del inóculo: 10<sup>6</sup> esporas). Los 4 tratamientos fueron

establecidos en un Diseño Completamente Aleatorio (DCA), con 5 repeticiones cada uno, cada unidad experimental constaba de una planta por bolsa. Las plantas fueron regadas con solución NPK 15-15-15 hasta los 28 días, momento en que se realizó la evaluación final.

**Cuadro 01:** Tratamientos utilizados en el experimento.

Tratamiento	<i>R. irregularis</i> (g de inóculo)	<i>T. viride</i> (ml de solución 100 g inóculo.L <sup>-1</sup> )
Control	0	0
Tratamiento 01	5	0
Tratamiento 02	0	50
Tratamiento 03	5	50

**Recolección y análisis de datos**

Se evaluó longitud y diámetro de tallo, y número de hojas cada 7 días. El área foliar de la segunda hoja fue calculada a los 28 días, tomando como referencia la proporción gravimétrica (el área foliar de las siluetas se estimó tomando como referencia el peso de 18 cm<sup>2</sup> de papel utilizado).

Los datos obtenidos fueron trabajados utilizando el software Minitab®, versión 19.1 (64 bit). Se realizó el análisis de varianza (ANVA) y el test de comparación múltiple

de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para cada una de las variables consideradas. Los datos fueron organizados en gráficos resumen indicando la significancia con letras diferentes.

**Resultados**

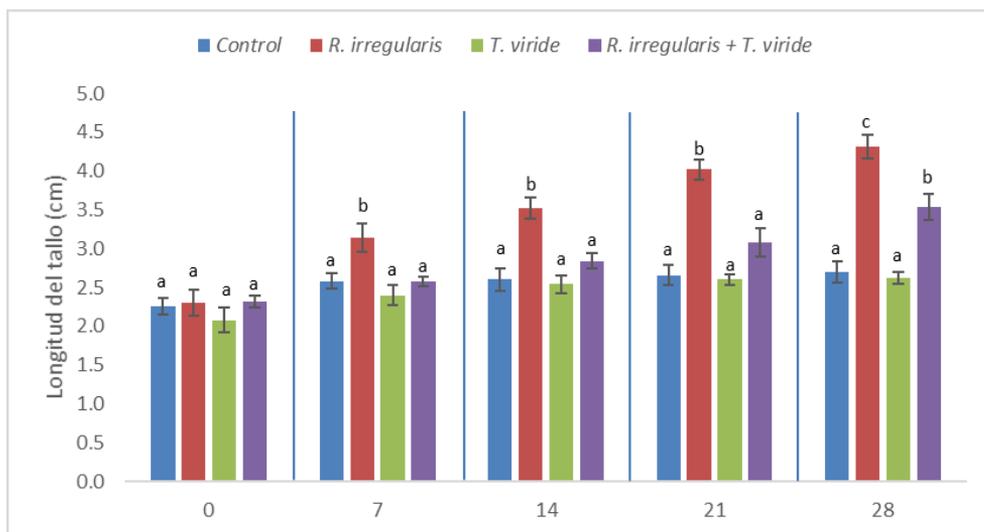
La inoculación con *R. irregularis* y *T. viride*, originó cambios significativos en el crecimiento en invernadero tras 29 días de tratamiento (Fig. 2).



**Fig. 2.** *C. papaya* cultivada en condiciones de invernadero, a los 0 y 28 días de tratamiento con *R. irregularis* y *T. viride*.

La longitud del tallo se incrementó de forma significativa desde el día 7 empleando el tratamiento con *R. irregularis*. Este incremento se mantuvo sobre los demás tratamientos a los 14, 21 y 28 días de tratamiento. Sin embargo, a los 28 días de tratamiento, se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento con *R.*

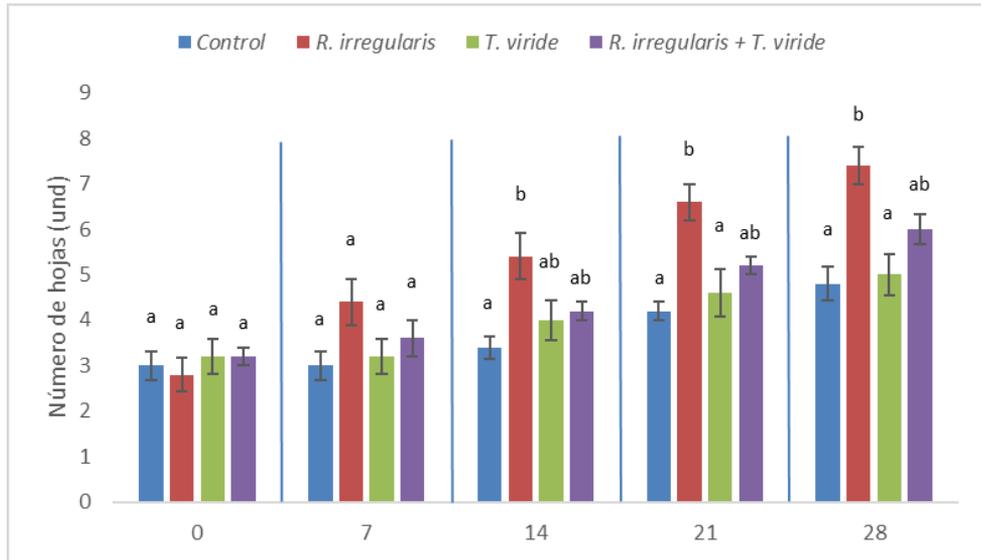
*irregularis* (4,32 cm) y el tratamiento con la coinoculación de *R. irregularis* y *T. viride* (3,54 cm), siendo ambos estadísticamente superiores a los tratamientos Control (2,70 cm) y con *T. viride* (2,62 cm) que a su vez fueron similares entre sí (Fig. 3).



**Fig. 3.** Longitud de tallo de plántulas de *C. papaya* a los 0, 7, 14, 21 y 28 días de tratamiento. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), según la prueba de comparación de medias múltiple de Tukey HSD. La línea vertical en la parte superior de cada barra representa el error estándar.

Al evaluarse el número de hojas (Fig. 4), no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos hasta los 7 días. Posteriormente, al día 14 de tratamiento, se observa un incremento en el número de hojas en el tratamiento con *R. irregularis* (5,4 hojas.planta) con respecto al tratamiento control (3,4 hojas.planta). En tanto, en la misma fecha, se observaron valores intermedios en los tratamientos con *T. viride* (4 hojas.planta) y la coinoculación entre *R. irregularis* y *T. viride* (4,2 hojas.planta).

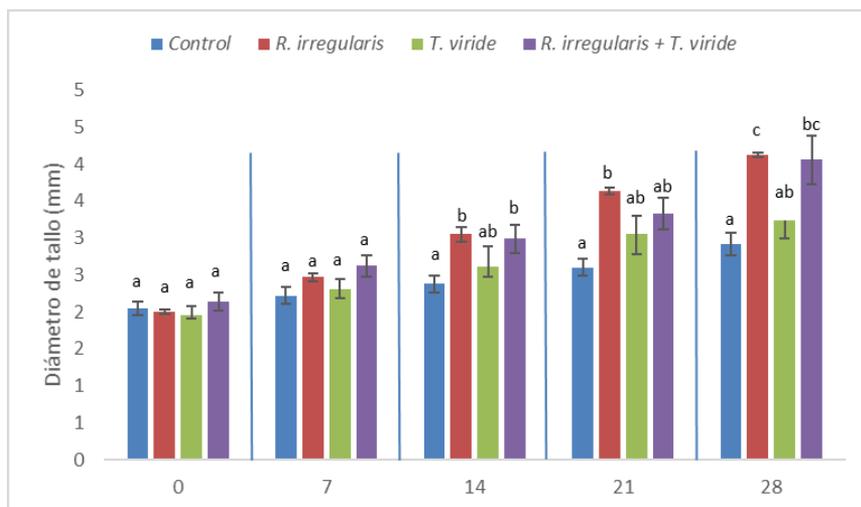
Para los días 21 y 28, el tratamiento con *T. viride* quedó rezagado junto al grupo control, mostrando los menores números de hojas (4,6 y 4,2 hojas.planta al día 21 y 5 y 4,8 hojas.planta, respectivamente). Estos tratamientos, no mostraron diferencias significativas con respecto a la coinoculación de *T. viride* y *R. irregularis* (5,2 a los 21 días y 6 a los 28 días). Sin embargo, fueron estadísticamente inferiores al tratamiento con *R. irregularis* (6,6 hojas.planta al día 21 y 7,4 hojas.planta al día 28).



**Fig. 4.** Número de hojas de plántulas de *C. papaya* a los 0, 7, 14, 21 y 28 días de tratamiento. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), según la prueba de comparación de medias múltiple de Tukey HSD. La línea vertical en la parte superior de cada barra representa el error estándar.

Los tratamientos indujeron diferencias significativas en el incremento en el diámetro de tallo a partir del día 14 de tratamiento, tal como se puede apreciar en la Fig. 5. En esta fecha, los tratamientos con *R. irregularis* y la coinoculación con *R. irregularis* y *T. viride* mostraron un diámetro de tallo (3,05 y 2,99 mm, respectivamente) mayor a las plantas del grupo control (2,38 mm). Hacia el día 21, el mayor diámetro de tallo se mantuvo en las plantas tratadas con *R. irregularis* (3,63 mm), las cuales mostraron un diámetro mayor que el de las plantas del grupo control (2,60 mm), en contraste con las plantas tratadas con *T. viride* y las coinoculadas con *T. viride* y *R. irregularis* (3,06 y 3,33 mm, respectivamente), que no mostraron diferencias con estos dos tratamientos.

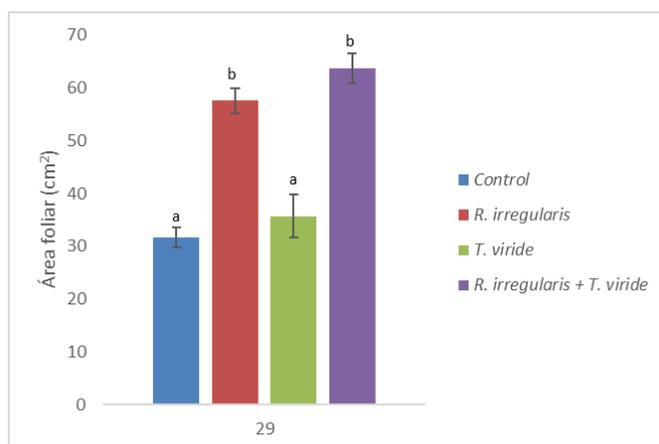
Al llegar el día 28, las plántulas tratadas con *R. irregularis* (4,67 mm) mostraron un diámetro de tallo mayor que las plantas del grupo control (3,18 mm) y las inoculadas con *T. viride* (3,27 mm). Sin embargo, estas plantas mostraron valores de diámetro de tallo estadísticamente similares a las coinoculadas con *T. viride* y *R. irregularis* (4,05 mm).



**Fig. 5.** Diámetro de tallo de plántulas de *C. papaya* a los 0, 7, 14, 21 y 28 días de tratamiento. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), según la prueba de comparación de medias múltiple de Tukey HSD. La línea vertical en la parte superior de cada barra representa el error estándar.

En cuanto al área foliar, se pueden apreciar las variaciones en el área foliar de *C. papaya* inducidas por los tratamientos a los 28 días. En la Fig. 6 se aprecia la ausencia de diferencias significativas entre el grupo control ( $31,63\text{cm}^2$ ) y el grupo de plantas inoculadas con *T. viride* ( $35,74\text{cm}^2$ ). En

tanto, se aprecia un incremento inducido por la inoculación con *R. irregularis* ( $57,60\text{cm}^2$ ) con respecto al grupo control. El grupo tratado con las HMA mostró valores estadísticamente similares a las plántulas coinoculadas con *T. viride* y *R. irregularis* ( $63,77\text{cm}^2$ ).



**Fig. 6.** Área foliar de *C. papaya* a los 0, 7, 14, 21 y 28 días de tratamiento. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), según la prueba de comparación de medias múltiple de Tukey HSD. La línea vertical en la parte superior de cada barra representa el error estándar.

## Discusión

El uso adecuado de organismos benéficos, permite establecer sistemas autosostenibles, con reducidas aplicaciones de productos químicos y resultados económicamente rentables (Baar, 2008), lo cual es esencial en frutales, permitiendo reducir el tiempo de estancia de las plantas a nivel de invernadero. En particular, la utilización de *R. irregularis* y el hongo antagonista *T. viride*, son capaces de inducir efectos benéficos sobre el contenido de nutrientes de las plantas, su crecimiento vegetativo y su producción (Yadav et al., 2015). Esto coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio, en el cual el uso de los tratamientos con *R. irregularis* y *T. viride* incrementaron las variables de crecimiento durante los primeros 28 días, ocasionando incrementos en la longitud y diámetro de tallo, número de hojas y área foliar de *C. papaya*. Tal como se puede apreciar en las figuras 2, 3, 4, 5 y 6, las variables de crecimiento evaluadas, se incrementaron principalmente en respuesta a la inoculación con *R. irregularis*. Este hongo es capaz de formar asociaciones biotróficas con las raíces de las plantas. Estas relaciones se caracterizan por un intercambio recíproco de nutrientes que permiten la supervivencia del hongo y mejoran la nutrición del hospedero, así como su tolerancia a diversos factores de estrés (Cornejo et al., 2017, Fuentes et al., 2016).

Es notorio el hecho de que el uso de *T. viride* por sí solo no tuvo un efecto positivo sobre las variables evaluadas, manteniendo valores de longitud y diámetro de tallo, número de hojas y área foliar similares al grupo control. Esta especie es capaz de establecer interacción con especies como *Arabidopsis*, "tomate", "zapallo", "arveja",

"canola" e incluso plantas leñosas (Vinale et al., 2008; Contreras et al., 2009; Samolski et al., 2012; Carrero et al., 2018). Además, pertenece a un grupo de hongos saprófitos, que son indispensables en la descomposición de la materia orgánica debido a la amplitud de su maquinaria enzimática (Mineki et al., 2015). Más específicamente, especies del género *Trichoderma* son conocidos como organismos promotores del crecimiento e inductores de la salud vegetal, principalmente por su producción de metabolitos secundarios activos biológicos, que incluyen fitohormonas y antibióticos contra fitopatógenos (Contreras et al., 2016). Este hongo antagonista establece relaciones antagónicas como micoparasitismo, antibiosis o competición en presencia de fitopatógenos y nemátodos, lo cual puede favorecer el desarrollo de las plantas (Lorito et al., 2010; Medeiros et al., 2017). Sin embargo, carece de mecanismos que permitan absorber los nutrientes presentes en el suelo e intercambiarlos con las plantas en una relación benéfica, en contraste con los HMA. Esto podría explicar la razón por la cual, la inoculación con *T. viride* no mostró efecto positivo con respecto al grupo control.

Al comparar los valores inducidos por *R. irregularis* por sí solo, se observa una ventaja con mayores valores de longitud y diámetro de tallo, así como mayor número de hojas en comparación a los obtenidos por la coinoculación de plantas con *R. irregularis* y *T. viride*. Eso podría ser explicado por la naturaleza de la interacción entre ambos microorganismos. Tal como lo reportaron Lagos et al. (2018), se puede observar inhibición mutua fuerte entre *R. irregularis* y *T. viride*, lo cual puede mitigar sus efectos promotores del crecimiento vegetal. Los mecanismos involucrados en la inhibición del crecimiento de *R. irregularis*

por *T. viride* pueden estar ligados a la competición por nutrientes (Green *et al.*, 1999), micoparasitismo o producción de compuestos secundarios antagonísticos o cambios en la comunidad microbiana del suelo (Lagos *et al.*, 2018).

En este sentido, se deben tener en cuenta los resultados obtenidos por Contreras *et al.* (2016) y Dehariya *et al.* (2015), quienes encontraron inhibición y promoción de la colonización de raíces por hongos micorrízicos en presencia de diferentes especies de *Trichoderma*. Esto denota que el resultado de las interacciones entre *R. irregularis* y *Trichoderma* es bastante complejo, dependiendo de las especies involucradas, así como de las condiciones ambientales. Lo cual hace necesario tomar en consideración la compatibilidad entre los organismos involucrados y la complejidad de sus interacciones en el desarrollo de complejos fúngicos con diferentes propósitos, como biofertilización, biocontrol o biorremediación (Lagos *et al.*, 2018).

Por otra parte, la variación inducida por los tratamientos en cuanto al área foliar observados en las plántulas de *C. papaya*, muestra resultados discordantes con respecto a las otras variables tomadas en consideración. Tal como se observa en la Fig. 6, la coinoculación con *R. irregularis* y *T. viride* indujo una mayor área foliar en las plántulas de 28 días, en contraste con los resultados obtenidos en longitud y diámetro de tallo, así como en número de hojas. Esta variación puede deberse a la alteración de los niveles hormonales inducidos por el complejo micorrizas-*Trichoderma*, los cuales al interactuar ocasionan una atenuación de los niveles de ácido salicílico, ácido jasmónico y etileno, los cuales son capaces de alterar la localización de biomasa (Martínez *et al.*, 2011). Esto podría potenciar

los efectos benéficos sobre el crecimiento de hormonas como auxinas y citoquininas (Alcántara *et al.*, 2019). El hecho de que este efecto no se pueda observar en presencia únicamente de *T. viride*, indica que la promoción del desarrollo de la lámina foliar requiere el establecimiento de una interacción entre los microorganismos evaluados en este estudio.

## Conclusiones

El uso de organismos benéficos como *R. irregularis* y *T. viride* permite incrementar los parámetros de crecimiento de *C. papaya* (Caricaceae) en los primeros días de cultivo, desde los 7 hasta los 28 días en condiciones de invernadero.

La interacción de plántulas con *R. irregularis* indujo valores mayores de longitud y diámetro de tallo, así como número de hojas en *C. papaya* a los 7, 14, 21 y 28 días de tratamiento en condiciones de invernadero.

La utilización de *T. viride* no indujo cambios significativos en el crecimiento de plántulas de *C. papaya* a los 7, 14, 21 y 28 días de tratamiento en condiciones de invernadero.

La coinoculación de plántulas de *C. papaya* con *T. viride* y *R. irregularis* permitió incrementar los parámetros de crecimiento evaluados, mostrando mayor efecto en el incremento del área foliar de las plántulas a los 7, 14, 21 y 28 días de tratamiento en condiciones de invernadero.

## Agradecimientos

Al Mblgo. José Peredo Arias, Jefe del Laboratorio de Biotecnología del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, quien donó las plantas clones de *Carica papaya* necesarias para realizar el experimento.

A la Dra. Adriana Hernández Dorrego, Jefa del Laboratorio de Producción de la empresa Agrotecnologías Naturales Sociedad Limitada – Madrid, España, quien facilitó las esporas de *Rhizophagus irregularis* a través del producto comercial AEGIS Endo Gránulo.

A la Blga. Roxana Luyo Ramírez, por Jefe del Laboratorio de Producción de Hongos Entomopatógenos y Antagonistas del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, quien brindó el material para la preparación del inóculo de *Trichoderma viride*.

### Contribución de los autores

J. H., C. R., M. C.: Concepción, diseño del trabajo de investigación; J. H., C. R., J. P. Recolección de datos o información, análisis e interpretación de los resultados obtenidos; J. H., J. P., M. C.: Preparación, redacción del artículo y revisión crítica.

Todos los autores han leído el manuscrito final y aprobado la revisión.

### Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés tanto de tipo financiero, como financiero.

### Literatura citada

- Alcántara, J.; J. Acero; J. Alcántara & R. Sánchez.** 2019. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *NOVA*. 17(32): 109-129
- Baar, J.** 2008. From Production to Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Agricultural Systems: Requirements and Needs. *Mycorrhiza* 4(1): 361- 373.
- Carrero-Carrón, I.; M. Rubio; J. Niño-Sánchez; J. Navas-Cortés; R. Jiménez-Díaz & E. Monte.** 2018. Interactions between *Trichoderma harzianum* and defoliating *Verticillium dahlia* in resistant and susceptible wild olive clones. *Plant Pathol.* 67(1): 1758–1767.
- Contreras-Cornejo H., L. Macías-Rodríguez; C. Cortés-Penagos & J. López-Bucio.** 2009. *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 149(1): 1579–1592.
- Contreras-Cornejo, H.; J. Macías-Rodríguez; E. del-Val & J. Larsen.** 2016. Ecological functions of *Trichoderma* spp. And their secondary metabolites in the rhizosphere: interactions with plants. *FEMS Microbiol. Ecol.* 92, fiw036.
- Cornejo, P.; S. Meier; S. García; N. Ferrol; P. Durán; F. Borie & A. Seguel.** 2017. Contribution of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi to the bioremediation of a copper contaminated soil using *Oenothera picensis*. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 17(1): 14-21.
- Dehariya, K.; A. Shukla; M. Ganaie & D. Vyas.** 2015. Individual and interactive role of *Trichoderma* and Mycorrhizae in controlling wilt disease and growth reduction in *Cajanus cajan* caused by *Fusarium udum*. *Arch. Phytopathology. Plant Protect.* 48(1): 50-61.
- Fuentes, A.; L. Almonacid; J. Ocampo & C. Arriagada.** 2016. Synergistic interactions between a saprophytic fungal consortium and *Rhizophagus irregularis* alleviate oxidative stress in plants grown in heavy metal contaminated soil. *Plant Soil.* 407(1): 355-366.
- González-Cárdenas, J.; J. Maruri-García & A. Gonzalez-Acosta.** 2005. Evaluación de diferentes concentraciones de *Trichoderma* spp. Contra *Fusarium oxysporum* agente causal de la pudrición de plántulas en papaya (*Carica papaya* L.) en Tuxpan, Veracruz, México. *Revista UDO Agrícola* 5(1): 45-47.
- Green, H.; J. Larsen; P. Olsson; D. Jensen; I. Jakobsen.** 1999. Suppression of the biocontrol agent *Trichoderma harzianum* by mycelium of the arbuscular mycorrhizal fungus *R. irregularis* in root-free soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 65(1): 1428-1434
- Hidalgo-Rodríguez, JEM; C. Ramos & M. Chaman.** 2014. Efecto de diferentes concentraciones NPK y simbiosis con *Glomus intraradices*, sobre el contenido de proteínas solubles totales de *Plukenetia volubilis* L. *Arnaldoa* 21(2): 329-339.
- Hidalgo-Rodríguez, JEM.** 2012. Efecto de *Glomus intraradices* Schenk & Smith y fósforo en el crecimiento de *Carica papaya* L. Tesis para optar

- el título de Biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo.
- Lagos, C.; J. Larsen; E. Correa; A. Saucedo; L. Herrera; H. Fuentes & C. Arriagada.** 2018. Dual inoculation with mycorrhizal and saprotrophic fungi suppress the maize growth and development under phenanthrene exposure. *Journal of soil science and plant nutrition*, 18(3): 721-734.
- López-Pérez, L.; E. Quiñones-Aguilar & G. Rincón-Enriquez.** 2019. Hongos micorrizicos arbusculares y vermicomposta en el crecimiento de papaya (*Carica papaya* L) en invernadero. *Agro Productividad*, 12(3).
- Lorito, M.; S. Woo; G. Harman & E. Monte.** 2010. Translational research on *Trichoderma*: from omics to the field. *Annu. Rev. Phytopathol.* 48(1): 395–417.
- Martínez-Medina, A; A. Roldán; A. Albacete & J. Pascual.** 2011. The interaction with arbuscular mycorrhizal fungi or *Trichoderma harzianum* alters the shoot hormonal profile in melon plants. *Phytochemistry*. 72(2-3): 223-9.
- Medeiros, H.; J. Vieira; L. Grassi & P. Castillo.** 2017. Tomato progeny inherit resistance to the nematode *Meloidogyne javanica* linked to plant growth induced by the biocontrol fungus *Trichoderma atroviride*. *Sci. Rep.* 7(1): 40216.
- Mineki, S.; K. Suzuki; K. Iwata; D. Nakajima & S. Goto.** 2015. Degradation of polyaromatic hydrocarbons by fungi isolated from soil in Japan. *Polycycl. Aromat. Comp.* 35(1): 120-128.
- Quiñones-Aguilar, E.; G. Rincón-Enriquez & L. López-Pérez.** 2019. Arbuscular mycorrhizal fungi and vermicompost on papaya (*Carica papaya* L.) plant growth in greenhouse. *Agro productividad* 12(3): 47-52.
- Samolski, I.; A. Rincón; L. Pinzón; A. Viterbo & E. Monte.** 2012. The *quid74* gene from *Trichoderma harzianum* has a role in root architecture and plant biofertilization. *Microbiology*. 158(1): 129–138.
- Sánchez, E.** 2001. Inducción de Vigor en Plántulas de *Carica papaya* L. por efecto de la micorriza arbuscular *Glomus* sp. Tesis de Biología. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma Metropolitana. México.
- Serbelló, F.; J. Mesa & R. Soto.** 2014. Efecto de diferentes alternativas biológicas, sobre el porcentaje y velocidad de germinación de las semillas de fruta bomba (*Carica papaya* L.) *Revista Agroecosistemas* 2(1): 247-253, 2014.
- Smith, S. & D. Read.** 2008. *Mycorrhizal symbiosis*. 3rd Ed. Academic Press.
- Vinale, F.; K., Sivasithamparam; E. Ghisalberti & R. Marra.** 2008. *Trichoderma*-plant pathogen interactions. *Soil. Biol. Biochem.* 40(1):1–10.
- Yadav, A.; K. Yadav & A. Aggarwal.** 2015. Impact of arbuscular mycorrhizal fungi with *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* on growth, yield and oil content in *Helianthus annuus* L. *J. Essent. Oil Bear. Plants.* 18, 444-454

## ANEXOS

### I. Análisis Estadístico

#### Análisis de Varianza para Longitud de Tallo, día 28

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Glomus	1	8.0645	8.06450	87.90	0.000
<i>Trichoderma</i>	1	0.9245	0.92450	10.08	0.006
Glomus* <i>Trichoderma</i>	1	0.6125	0.61250	6.68	0.020
Error	16	1.4680	0.09175		
Total	19	11.0695			

Información de agrupación utilizando el método de Tukey y 95% de confianza

Glomus* <i>Trichoderma</i>	N	Mean	Grouping
1 0	5	4.32	A
1 1	5	3.54	B
0 0	5	2.70	C
0 1	5	2.62	C

Las medias que no comparten la misma letra son significativamente diferentes.

#### Análisis de Varianza para Número de Hojas, día 28

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Glomus	1	16.200	16.2000	21.60	0.000
<i>Trichoderma</i>	1	1.800	1.8000	2.40	0.141
Glomus* <i>Trichoderma</i>	1	3.200	3.2000	4.27	0.055
Error	16	12.000	0.7500		
Total	19	33.200			

Información de agrupación utilizando el método de Tukey y 95% de confianza

Glomus* <i>Trichoderma</i>	N	Mean	Grouping
1 0	5	7.4	A
1 1	5	6.0	A B
0 1	5	5.0	B
0 0	5	4.8	B

Las medias que no comparten la misma letra son significativamente diferentes.

### Análisis de Varianza para Diámetro de Tallo, día 28

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Glomus	1	5.17145	5.17145	21.81	0.000
<i>Trichoderma</i>	1	0.08064	0.08064	0.34	0.568
Glomus* <i>Trichoderma</i>	1	0.18625	0.18625	0.79	0.389
Error	16	3.79432	0.23715		
Total	19	9.23266			

Información de agrupación utilizando el método de Tukey y 95% de confianza

Glomus* <i>Trichoderma</i>	N	Mean	Grouping
1 0	5	4.120	A
1 1	5	4.054	A B
0 1	5	3.230	B C
0 0	5	2.910	C

Las medias que no comparten la misma letra son significativamente diferentes.

### Análisis de Varianza para Área Foliar, día 28

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Glomus	1	3645.00	3645.00	86.47	0.000
<i>Trichoderma</i>	1	132.24	132.24	3.14	0.096
Glomus* <i>Trichoderma</i>	1	5.29	5.29	0.13	0.728
Error	16	674.45	42.15		
Total	19	4456.98			

Información de agrupación utilizando el método de Tukey y 95% de confianza

Glomus* <i>Trichoderma</i>	N	Mean	Grouping
1 1	5	63.7714	A
1 0	5	57.6000	A
0 1	5	35.7429	B
0 0	5	31.6286	B

Las medias que no comparten la misma letra son significativamente diferentes.

II. Fotos

Inóculo preparado de *T. viride*.



Transplante de plántulas de *C. papaya* luego de la aclimatación.



Plántulas de *C. papaya* a los 28 días de tratamiento

