

HONGOS ENDÓFITOS COMO PROMOTORES DEL CRECIMIENTO VEGETATIVO DE LA VID A NIVEL DE VIVERO

Jefferson Rosas-Martínez¹, Betsabe León-Ttacca² y Luis A. Álvarez-Bernaola²

RESUMEN

Los hongos endófitos son organismos que pueden promover crecimiento y resistencia a estreses abióticos en las plantas. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diversos hongos endófitos sobre el crecimiento vegetativo del portainjerto de vid 'Salt Creek' a nivel de vivero. Se emplearon 14 cepas de los hongos más un testigo no inoculado, para constituir un ensayo con 15 tratamientos y 4 repeticiones mediante un diseño completamente al azar. Las cepas fueron inoculadas cada 15 días en las plantas con una concentración de 1×10^6 ufc·g⁻¹ de sustrato y luego de 105 días se realizaron las mediciones del crecimiento. Los resultados indicaron que la cepa de *Aspergillus niger* superó a la gran mayoría de las cepas, excepto a *Trichoderma inhamatum* y *Cladosporium halotolerans*, con las cuales compartió significancia estadística en las variables de longitud y diámetro de los brotes, longitud de la raíz, y biomasa aérea, y con *T. asperellum* y *Penicillium steckii* en la variable biomasa total. En la biomasa radical los mayores promedios lo presentaron dos cepas de *T. asperellum*. Se concluye que las cepas de *A. niger*, *T. inhamatum* y *C. halotolerans* son las que mejor promueven el crecimiento vegetativo del portainjerto de vid en sus etapas iniciales, a la vez que demuestran muy buen potencial para su aplicación en los cultivos para una agricultura sostenible.

Palabras clave adicionales: Biomasa aérea, biomasa de raíces, portainjerto

ABSTRACT

Endophytic fungi as promoters of vegetative growth in nursery-grown grapevines

Endophytic fungi are organisms that can promote growth and resistance to abiotic stresses in plants. The objective of this study was to evaluate the effect of various endophytic fungi on the vegetative growth of the 'Salt Creek' vine rootstock at nursery conditions. Fourteen fungal strains plus a non-inoculated control were evaluated to constitute a trial with 15 treatments and 4 repetitions under a completely randomized design. The strains with concentration of 1×10^6 ufc·g⁻¹ were inoculated every 15 days on the plants, and measurements of growth were made after 105 days. The results indicated that the *Aspergillus niger* strain outperformed the vast majority of strains, except for *Trichoderma inhamatum* and *Cladosporium halotolerans*, with which it shared statistical significance in the variables of shoot length and diameter, root length, and aerial biomass, and with *T. asperellum* and *Penicillium steckii* in the variable of total biomass. In the root biomass, the highest averages were found in two strains of *T. asperellum*. It is concluded that the strains of *A. niger*, *T. inhamatum* and *C. halotolerans* are the ones that best promote the vegetative growth of the vine rootstock in its initial stages, while demonstrating very good potential for its application in crops for sustainable agriculture.

Additional Keywords: Rootstock, root biomass, shoot biomass

Editor Asociado: Dra. Georgina Vargas-Simón

INTRODUCCIÓN

Los hongos endófitos son organismos que viven parte o todo su ciclo de vida dentro de los tejidos de una planta sin causar algún tipo de daño, y estableciendo con ésta una relación simbiótica

(Uitzil, 2019; Bogas *et al.*, 2022). En la relación el hongo recibe protección y nutrientes de su hospedera, mientras que a la planta se le atribuyen beneficios como mayor crecimiento e incremento de su tolerancia al estrés debido a sequía, temperaturas extremas y salinidad, así como

Recibido: Marzo 11, 2025

Aceptado: Agosto 4, 2025

¹Escuela profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cañete, Jr. San Agustín 124, San Vicente de Cañete, Lima, Perú. e-mail: jefersonrosas340@gmail.com

²Departamento Académico de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cañete, Jr. San Agustín 124, San Vicente de Cañete Lima, Perú. e-mail: bleon@undc.edu.pe. (autor de correspondencia); lalvarez@undc.edu.pe

potencial adaptativo ante diferentes condiciones adversas (Khan *et al.* 2013; Moghaddam *et al.*, 2021; Solís *et al.*, 2023). Los hongos endofíticos producen compuestos útiles como fitohormonas, antimicrobianos y muchos metabolitos bioactivos agroquímicos que pueden promover crecimiento y resistencia a estreses abióticos en las plantas (Abo, 2019; Olunike *et al.*, 2023). Entre otros, se han descrito especies de hongos endofíticos como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Trichoderma asperellum* y *Pochonia chlamydosporia*, así como los géneros *Paecilomyces* y *Penicillium* en diferentes cultivos (Ortiz *et al.*, 2020; Peteira *et al.*, 2021). En cuanto a su mecanismo de acción, se ha encontrado que las especies de *Penicillium* así como *Aspergillus niger* han mostrado buena capacidad para solubilizar fosfatos (Márquez *et al.*, 2022; Arias *et al.*, 2023). Así mismo, el género *Trichoderma* ha mostrado alta capacidad para promover crecimiento, lo cual es atribuido a su potencial para sintetizar ácido indol acético (AIA) (Hermosa *et al.*, 2012; Ortuño *et al.*, 2013).

Rashmi *et al.* (2019) publicaron una extensa lista sobre la diversidad geográfica de la microbiota endofítica, y al respecto, Gómez *et al.* (2016) habían señalado que las zonas tropicales son focos de gran diversidad, la cual aumenta conforme se acerca al Ecuador, por lo que se infiere que la vegetación tropical es un gran depósito de organismos endofitos aún sin conocer ni caracterizar.

Por su parte, la uva se ha consolidado como uno de los principales productos frutales de exportación en el Perú alcanzando un total aproximado de 514.515 toneladas y una superficie cultivada de 22.343 hectáreas en la campaña 2023-2024, según León-C (2024). Sin embargo, este autor señala que la producción de uva de mesa tuvo una reducción del 12 % con respecto a la campaña anterior. Este cambio fue atribuido a fenómenos climatológicos adversos ocurridos en buena parte del país que provocaron altas temperaturas de hasta 4 % por encima del promedio y lluvias intensas que generaron estrés en las plantas.

Partiendo de la hipótesis de que la inoculación de microbiota endofítica puede ayudar a incrementar el potencial adaptativo de las plantas ante causas adversas, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de diferentes

cepas de hongos endofitos sobre el crecimiento vegetativo del portainjerto de vid 'Salt Creek' en condiciones de vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se ejecutó en un cobertizo de 5 m de largo, 4 m de ancho y 2 m de alto, cubierto con malla antiáfidos, instalado en el barrio Las Magnolias, del distrito de Sunampe, provincia de Chíncha, departamento de Ica, Perú (13°26' S, 76°10' W, 76 msnm). Se evaluaron 14 cepas de hongos endofitos más un testigo no inoculado, para constituir un ensayo con 15 tratamientos y 4 repeticiones, utilizando 2 plantas como unidad experimental mediante un diseño completamente al azar. Cada una de las cepas fue inoculada en 120 plantas del portainjerto de vid 'Salt Creek', también conocida como Ramsey, (*Vitis x champinii*) donadas por la empresa Vivero Los Viñedos S.A.C. para fines de investigación. Las plantas fueron recibidas en forma de estacas de 25 cm de longitud, en sustrato estéril compuesto por un 70 % de arena y un 30 % de turba, dentro de bolsas de polietileno negro de 15 cm de alto.

Los datos climáticos registrados directamente dentro del cobertizo oscilaron en valores máximos y mínimos de 16,0 y 29,1 °C para la temperatura y 94,4 y 53,3 % para la humedad relativa.

Antes de aplicar los tratamientos, se homogeneizaron los tamaños de las raíces en todas las plantas, dejando las raíces con una longitud de 5 cm. Posteriormente, se aplicó el fungicida Benomil al sustrato, con el objeto de prevenir infecciones de hongos de madera, especialmente del género *Dactylonectria*. Igualmente, se realizó una aplicación de los productos Kelpak (extracto de algas marinas) y quitosano, ambos al 0,01 % para tratar de estimular el desarrollo de las raíces. Se realizó una poda, se cubrieron los cortes con sellador cicatrizante (Sanix Plus) y se permitió el desarrollo de sólo un brote proveniente de una yema vegetativa en la planta.

Reactivación de cepas endofitas. Se realizó una selección de 14 cepas de hongos endofitos conservadas a 5 °C en el Laboratorio de Sanidad Vegetal de la Universidad Nacional de Cañete (Cuadro 1). Los hongos, conservados en tubos con medio papa dextrosa agar (PDA) fueron reactivados en placas con PDA e incubados

durante 7 días a 25 °C (Peteira *et al.*, 2021; Syamsia *et al.*, 2021; León-T., 2022).

Posteriormente, y con el fin de obtener suficiente inóculo de cada cepa, los hongos endófitos se multiplicaron en un sustrato de arroz siguiendo la metodología de Arévalo *et al.* (2017). Para ello, se prepararon bolsas de polipropileno y a cada una se le agregaron 300 g de arroz, 90 mL de agua destilada estéril y 4,5 g·L⁻¹ de carbonato de calcio. Las bolsas fueron mezcladas hasta que el arroz quedara completamente húmedo; luego se sellaron y esterilizaron durante 45 minutos a 121 °C y 0,1 MPa de presión. Una vez estéril el sustrato, se agregaron cuidadosamente cultivos jóvenes (7

días) de hongos endófitos esporulados en placas Petri con PDA a 25 °C, incorporando una cuarta parte del contenido de cada placa al sustrato estéril. Posteriormente se mezcló cuidadosamente el PDA colonizado con el arroz, se sellaron las bolsas y se incubaron a 25 °C en oscuridad durante 5 días. Finalmente, se abrieron las bolsas y se expusieron a luz artificial para secar completamente el arroz colonizado a temperatura ambiente, antes de pesarlo y conservarlo. Así mismo, se determinó la concentración de esporas por gramo de arroz en cada tratamiento utilizando una cámara de Neubauer.

Cuadro 1. Características de las cepas de hongos endófitos empleados en la investigación

Tratamiento	Cepa	Identificación	Cultivo huésped y órgano	Lugar de origen	Cepario
1	HEAH-93	<i>Trichoderma asperellum</i>	Arándano, hoja	Pisco	UNDC
2	HEAH-28	<i>Ulocladium</i> sp.	Arándano, hoja	Cañete	UNDC
3	HEAT-117	<i>Aspergillus niger</i>	Arándano, tallo	Pisco	UNDC
4	HEAT-41	<i>Cladosporium halotolerans</i>	Arándano, tallo	Cañete	UNDC
5	HEPT-07	<i>Trichoderma</i> sp.	Papa, tallo	Cañete	UNDC
6	HEPT-04	<i>Trichoderma asperellum</i>	Papa, tallo	Cañete	UNDC
7	HEVH-13	<i>Nigrospora</i> sp.	Vid, hoja	Cañete	UNDC
8	HEVH-02	<i>Penicillium steckii</i>	Vid, hoja	Cañete	UNDC
9	HEVH-30	<i>Trichoderma</i> sp.	Vid, hoja	Cañete	UNDC
10	HEVR-02	<i>Trichoderma asperellum</i>	Vid, raíz	Chincha	UNDC
11	TCH-03	<i>Trichoderma afroharzianum</i>	Cacao, raíz	Chachapoyas	LABVISAN
12	TCH-06	<i>Trichoderma asperelloides</i>	Cacao, raíz	Chachapoyas	LABVISAN
13	TCH-07	<i>Trichoderma inhamatum</i>	Cacao, raíz	Chachapoyas	LABVISAN
14	TCH-10	<i>Trichoderma parareesei</i>	Cacao, raíz	Chachapoyas	LABVISAN
15	-	Testigo	-	-	-

Inoculación de los hongos endófitos. Transcurridos 10 días desde la aplicación del enraizante y el fungicida, se realizó la primera aplicación de los tratamientos. Las plantas fueron distribuidas aleatoriamente y se procedió con la preparación del inóculo fúngico a una concentración final de 1×10^6 ufc·g⁻¹ de sustrato suelo. Para ello, se tomó la cantidad necesaria del sustrato de arroz colonizado con el hongo endófito y se colocó en recipientes individuales con agua estéril. La mezcla se dejó reposar durante 30 minutos para favorecer la liberación de esporas al medio líquido. Luego, se filtró cuidadosamente la suspensión para eliminar los residuos sólidos del sustrato, obteniéndose un extracto líquido que contenía esporas y micelio del hongo. A cada planta se le aplicaron 200 mL de esta suspensión,

se repitieron seis veces con una frecuencia de 15 días entre aplicaciones.

El riego fue frecuente al inicio, debido a las altas temperaturas y a la necesidad de mantener el sustrato húmedo, aplicando diariamente 200 mL de agua por planta. Así mismo, se realizaron aplicaciones foliares de los productos Amiprid (i.a. acetamipid) para el control de la mosca blanca y Kieto (i.a. emamectin benzoato y lufenuron) para el control de los gusanos de las hojas (géneros *Helicoverpa* y *Spodoptera*).

A los 105 días después de la primera inoculación de los hongos endófitos se evaluaron las siguientes variables en todas las plantas:

-Longitud del brote. Se midió tomando como referencia el punto de origen del brote hasta su zona apical.

-Diámetro del brote. Se midió el diámetro en la base del brote utilizando un vernier digital.

-Longitud de raíz. Se midió la raíz de mayor longitud.

-Peso seco biomasa aérea. Las muestras se pesaron en una balanza de precisión luego de secadas en una estufa de ventilación a 60 °C durante 3 días.

-Peso seco biomasa radical. Las raíces se lavaron con agua potable para remover residuos de sustrato, y se pesaron luego de secadas en estufa en la forma indicada.

-Peso seco total de la biomasa, mediante la suma de las componentes aérea y radical.

Análisis de datos. La normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, ya que el número de observaciones registradas para las distintas variables era superior a 50 y la homogeneidad de varianzas se comprobó mediante la prueba de Bartlett. A continuación, se

aplicó el análisis de la varianza y la prueba de Tukey para la separación de medias, con un nivel de significancia de 5 %. En todas las pruebas se empleó el programa Minitab v.17.

RESULTADOS

Producción de esporas de hongos endófitos en arroz. La cepa HEAH-93 de *Trichoderma asperellum* (T1) alcanzó a producir una concentración de esporas por gramo de arroz de $4,98 \times 10^9$ unidades formadoras de colonias (ufc), lo que representó el mayor promedio encontrado (Cuadro 2). Le siguió la cepa TCH-6 de *Trichoderma asperelloides* (T12) con $1,6 \times 10^9$ ufc. Por el contrario, la cepa HEAT-41 de *Cladosporium halotolerans* (T4) mostró el menor promedio con $6,67 \times 10^6$ ufc, junto a HEAT-117 de *Aspergillus niger* (T3) con $2,62 \times 10^7$ ufc.

Cuadro 2. Producción de esporas de hongos endófitos en sustrato sólido de arroz

Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
Concentración (ufc·g ⁻¹)	4,98 $\times 10^9$	6,42 $\times 10^7$	2,62 $\times 10^7$	6,67 $\times 10^6$	5,0 $\times 10^8$	7,08 $\times 10^7$	6,5 $\times 10^7$	1,89 $\times 10^8$	4,67 $\times 10^7$	6,5 $\times 10^7$	2,75 $\times 10^8$	1,6 $\times 10^9$	3,0 $\times 10^8$	7,0 $\times 10^7$

El análisis de la varianza detectó diferencias estadísticas ($p=0,00$) entre las cepas para todas las variables evaluadas (Cuadro 3).

Longitud del brote. La cepa de *A. niger* (T3) indujo el mayor crecimiento de brotes de la planta, los cuales alcanzaron una longitud promedio de 23,99 cm, superando a las demás cepas, con excepción de *C. halotolerans* (T4) y *T. inhamatum*

(T13), con las que compartió significancia y que presentó un crecimiento promedio de 20,24 cm. En contraste, la cepa *T. afroharzianum* (T11) mostró el menor efecto sobre el crecimiento, con un tamaño promedio del brote de 12,63 cm, incluso por debajo del testigo, el cual alcanzó 15,16 cm (Figura 1).

Cuadro 3. Resumen del análisis de la varianza para las variables evaluadas en el estudio (GL=45)

Fuente de variación	Longitud brote	Diámetro brote	Biomasa seca aérea	Longitud raíz	Biomasa seca raíz	Biomasa total
F	7,03	9,10	10,80	7,84	25,40	22,40
p-valor	0,001	0,001	0,001	0,0001	0,001	0,001
C.V.	13,40	5,35	15,12	7,84	10,94	8,88

GL: grados de libertad del error; C.V: coeficiente de variación (%)

Diámetro del brote. La cepa de *A. niger* (T3) presentó el mayor diámetro promedio de los brotes, con 4,28 mm, superando estadísticamente

($p \leq 0,05$) al resto de las cepas, excepto *T. inhamatum* (T13) y *C. halotolerans* (T4), las cuales ocuparon el segundo y tercer puesto, con

diámetros promedio de 4,08 y 4,00 mm, respectivamente. Por otro lado, la cepa *Trichoderma* sp. (T9) presentó el menor diámetro

promedio de brotes, con 3,13 mm, un valor incluso inferior a los 3,40 mm del testigo (Figura 2).

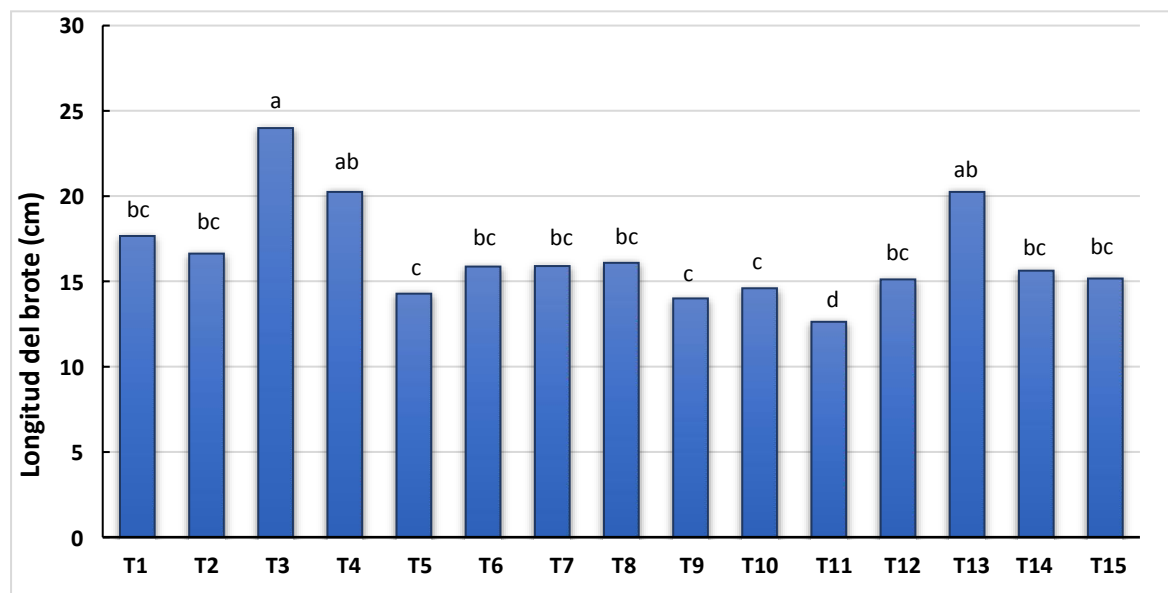


Figura 1. Efecto de hongos endófitos sobre el crecimiento del brote de la vid Salt Creek.

T1...T14: identificación de la cepa según el Cuadro 1. T15: Testigo (planta no inoculada). Columnas con letras distintas son estadísticamente diferentes entre sí, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

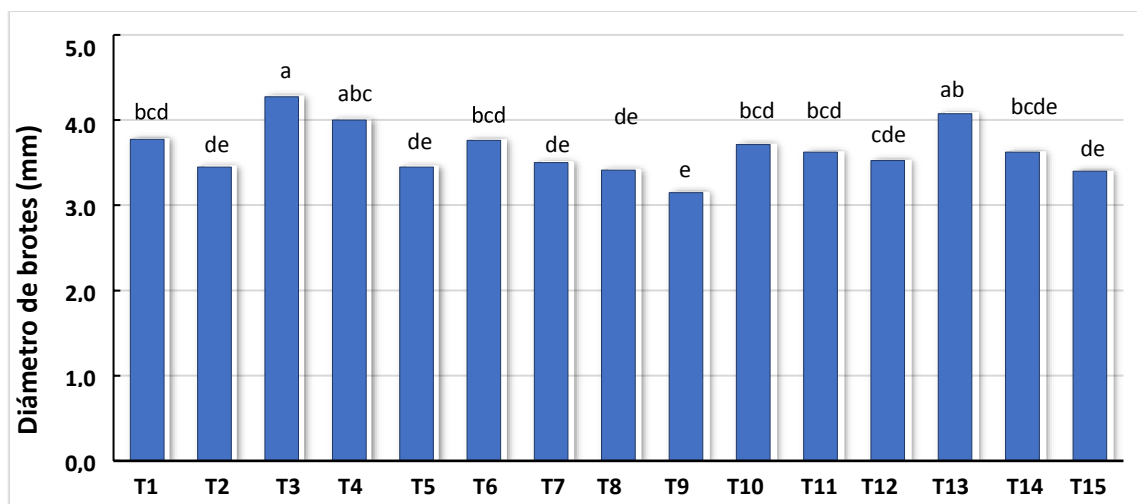


Figura 2. Efecto de hongos endófitos sobre el diámetro del brote de la vid Salt Creek. T1...T14: identificación de la cepa según el Cuadro 1. T15: Testigo (planta no inoculada). Columnas con letras distintas son estadísticamente diferentes entre sí, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Longitud de la raíz. Al evaluar las raíces de mayor longitud en las plantas, las mayores respuestas fueron observadas con las cepas *T. asperelloides* (T12) y *A. niger* (T3), con tamaños

de raíz de 15,14 y 14,75 cm, respectivamente. Por el contrario, *Ulocladium* sp. (T2) tuvo el menor tamaño, con sólo 10,48 cm, incluso por debajo del testigo, que registró 10,82 cm (Figura 3).

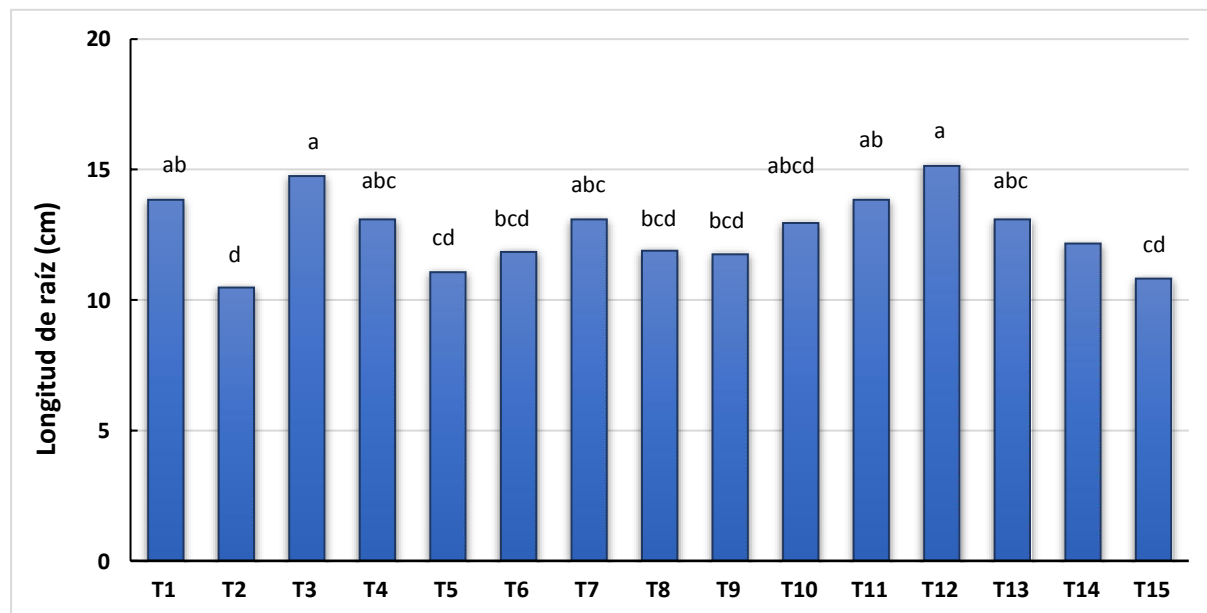


Figura 3. Efecto de hongos endófitos sobre la longitud radical de la vid Salt Creek. T1...T14: identificación de la cepa según el Cuadro 1. T15: Testigo (planta no inoculada). Columnas con letras distintas son estadísticamente diferentes entre sí, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Peso de la biomasa aérea seca. La cepa de *A. niger* (T3) obtuvo el mayor peso, con 2,68 g de biomasa aérea seca (Figura 4). Le siguieron las cepas *T. inhamatum* (T13) y *C. halotolerans* (T4),

con 2,05 g cada una. Por su parte, la cepa *Ulocladium* sp. (T2) presentó el menor peso, con solo 1,15 g, incluso por debajo del testigo que alcanzó 1,35 g.

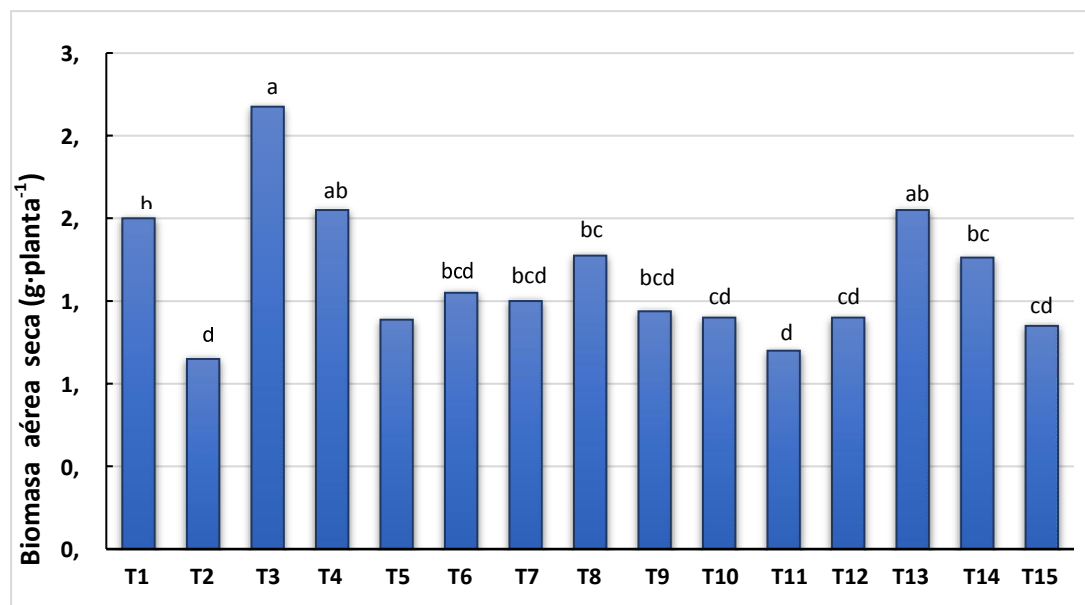


Figura 4. Efecto de hongos endófitos sobre la biomasa aérea seca de la vid Salt Creek. T1...T14: identificación de la cepa según el Cuadro 1. T15: Testigo (planta no inoculada). Columnas con letras distintas son estadísticamente diferentes entre sí, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Peso de biomasa radical seca. La cepa *T. asperellum* (T10) y *T. asperellum* (T6) promovieron el mayor peso, con 3,09 y 3,0 g de

biomasa radical seca, respectivamente (Figura 5). Por su parte, el testigo presentó el menor peso, con 1,11 g.

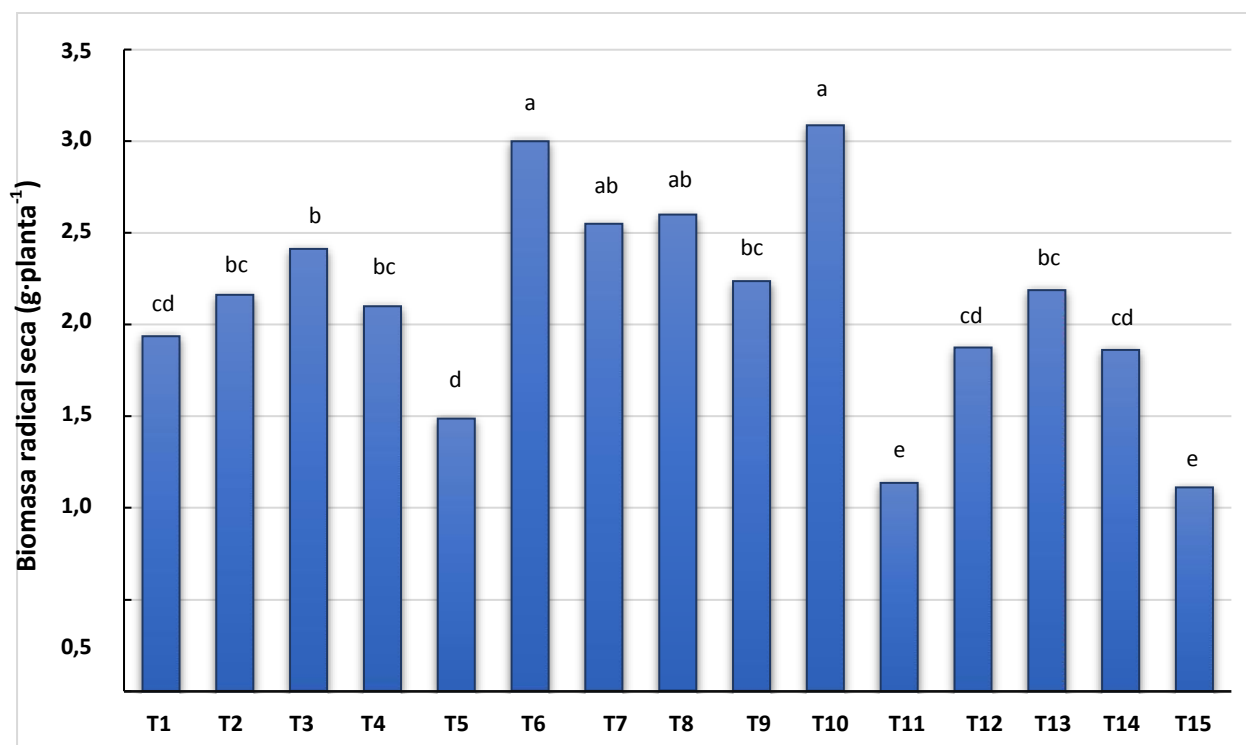


Figura 5. Efecto de hongos endófitos sobre la biomasa radical seca de la vid Salt Creek. T1...T14: identificación de la cepa según el Cuadro 1. T15: Testigo (planta no inoculada). Columnas con letras distintas son estadísticamente diferentes entre sí, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Peso total de la biomasa seca. *A. niger* (T3) seguido de *T. asperellum* (T6 y T10) destacaron en incrementar el peso total de la biomasa seca de la planta (Cuadro 4), lo que resalta la importancia de estudiar estas cepas como factor determinante en el crecimiento vegetativo de la vid Salt Creek. El menor valor lo registró la cepa de *T. afroharzianum* (T11) con sólo 2,337 g por planta, un valor inferior al testigo, el cual alcanzó 2,462 g.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio demuestran el potencial de los hongos endófitos para favorecer la respuesta de las plantas ante los diferentes factores, lo cual resalta la importancia de estudiar estas cepas como factor determinante en el crecimiento vegetativo de la vid Salt Creek. En la promoción del crecimiento del cultivo de vid, las cepas *A. niger* (T3), *T. inhamatum* (T13) y *C.*

halotolerans (T4) destacaron como las más importantes. Fueron seguidas en importancia por *T. asperelloides* (T12) y *T. asperellum* (T10). En la vid, Kulišová *et al.* (2021) hallaron que especies de *Aspergillus* y *Penicillium* mostraron una alta actividad antioxidante; y es conocido que los antioxidantes son muy efectivos en la defensa de las plantas contra los daños al tejido ocasionados por las especies reactivas de oxígeno (Huang *et al.*, 2007). Ambos géneros de hongos fueron los que principalmente fueron hallados en nuestra investigación (Cuadro 4), lo cual sugiere que la capacidad antioxidante de estos endófitos pudiera representar el mecanismo que favoreció el mayor crecimiento de las plantas.

En un estudio reciente, Díaz *et al.* (2024) hallaron baja capacidad de producción de AIA en endófitos de *Penicillium* aislados de raíces de *Araucaria araucana*; sin embargo, Arias *et al.* (2023) encontraron que, entre los endófitos

provenientes de suelos de una plantación de café, mostraron mayor capacidad para solubilizar las especies de *Penicillium* fueron las que fosfatos.

Cuadro 4. Efecto de hongos endófitos sobre la biomasa seca total de la vid 'Salt Creek'.

Trat.	Cepa	Biomasa total (g·planta ⁻¹)
T3	<i>Aspergillus niger</i>	5.0875 a
T6	<i>Trichoderma asperellum</i>	4.5500 ab
T10	<i>Trichoderma asperellum</i>	4.4875 abc
T8	<i>Penicillium steckii</i>	4.3750 abcd
T13	<i>Trichoderma inhamatum</i>	4.2375 bcd
T4	<i>Cladosporium halotolerans</i>	4.1500 bcde
T7	<i>Nigrospora</i> sp.	4.0500 bcdef
T1	<i>Trichoderma asperellum</i>	3.9375 bcdef
T9	<i>Trichoderma</i> sp.	3.6750 cdefg
T14	<i>Trichoderma parareesei</i>	3.6250 defg
T2	<i>Ulocladium</i> sp.	3.3125 efg
T12	<i>Trichoderma asperelloides</i>	3.2750 fgh
T5	<i>Trichoderma</i> sp.	2.8750 ghi
T15	Testigo	2.4625 hi
T11	<i>Trichoderma afroharzianum</i>	2.3375 i

Valores con letras distintas son estadísticamente diferentes entre sí, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Por su parte, la cepa de *Trichoderma* sp. obtenida de un cultivo de papa (T5), tuvo una respuesta similar a la del testigo en todas las variables evaluadas, mientras que *T. afroharzianum* (T11) sólo superó al testigo en la longitud de la raíz y tuvo una respuesta similar a éste en el resto de las variables. Similarmente, *T. parareesei* (T14) sólo superó al testigo en el peso radical seco. Y al considerar las variables de longitud, diámetro del brote y peso de la raíz, la cepa de *Ulocladium* sp. (T2) fue superada por *A. niger* (T3), *T. asperellum* (T6 y T10), y *T. inhamatum* (T13). Lo anterior sugiere que los mencionados hongos endófitos no calificarían para actuar como promotores de crecimiento de la vid 'Salt Creek'.

Entre las cepas que produjeron respuestas particulares en la planta se encuentra *T. asperellum* obtenida en cultivo de papa (T6), la cual promovió el crecimiento de la raíz de la planta, pero no lo hizo en ningún otro órgano. Así mismo, es notorio el hecho de que una misma especie de hongo endófito produjo diferentes respuestas en el crecimiento de la planta dependiendo de la especie vegetal y del lugar de donde provino; por ejemplo, la especie *T. asperellum* (T6) colectada en papa en la zona de

Cañete o colectada en plantas vid en Chinchá (T10) indujo mayor crecimiento de la raíz que *T. asperellum* colectada en arándano en Pisco (T1); este tipo de comportamiento de los hongos endófitos ya había sido mencionado por Almeida *et al.* (2022).

Las especies *Nigrospora* sp. (T7), *P. steckii* (T8) y *Trichoderma* sp. (T9) tuvieron un comportamiento medianamente importante en la mayoría de las variables, siendo superadas por *A. niger* (T3) en casi todos los casos.

Es notorio el hecho de que, aunque *A. niger* se destacó notoriamente en la promoción del crecimiento de la planta, su producción de esporas fue aproximadamente 60 veces inferior a la de *T. asperelloides* (Cuadro 2), una cepa que también destacó, aunque moderadamente, en la promoción de crecimiento. Esta particularidad podría conferirle a esta cepa cierta ventaja al momento en que el productor considere los costos de la obtención de las cepas endófitas para su aplicación en el viñedo.

Investigaciones previas respaldan estos resultados. Mathur *et al.* (2024) demostraron que una cepa endófitas de *A. niger* mejoró significativamente el desarrollo de raíces y brotes en plantas de *Vigna* spp. Estos efectos fueron

atribuidos a la interacción positiva entre la planta huésped y el endófito, la cual mejora la actividad fisiológica de la planta mediante la producción de metabolitos secundarios como compuestos orgánicos volátiles (COV), ácido benzoico y otros compuestos fenólicos. Además, se ha comprobado que *A. niger* puede solubilizar fosfatos, haciéndolos asimilables por las plantas, a la vez que puede producir fitohormonas como ácido indolacético y ácido giberélico, esenciales para la elongación celular (Khan *et al.*, 2015; Márquez *et al.*, 2022). Sin embargo, llama la atención que la única variable en la cual *A. niger* no se destacó en el crecimiento de biomasa radical, siendo que la vid evaluada es un portainjerto donde la formación de raíces reviste particular importancia.

Similarmente, la inoculación de *C. halotolerans* ha producido incrementos significativos en la germinación de hortalizas como repollo, brócoli y zanahoria, así como en el peso de raíces y contenido de clorofila en plántulas de *Nicotiana benthamiana* (Jiang *et al.*, 2021). Estos autores observaron que el efecto se debió a los metabolitos secundarios 2-metil-butanol y el 3-metil-butanol producidos de forma natural por el endófito, lo cual demuestra la efectividad de los COV como compuestos bioactivos para promover el crecimiento de la planta.

El género *Trichoderma* ha sido ampliamente estudiado por su capacidad como promotor del crecimiento, lo cual es atribuido a su potencial para sintetizar ácido indolacético (AIA), una de las principales fitohormonas inductoras del crecimiento vegetal (Ortuño *et al.*, 2013). Además, *Trichoderma* spp. tienen la habilidad de adaptarse a un amplio rango de condiciones extremas lo cual les da ventaja frente a otros organismos durante su interacción en un suelo (Delgado *et al.*, 2000). Phoka *et al.* (2020) evaluaron los efectos de *T. asperelloides* en plantas de *Arabidopsis thaliana* y confirmaron su capacidad para incrementar el tamaño de las raíces, peso fresco y contenido de clorofila, y atribuyeron a los COV emitidos como responsables de estimular el crecimiento de las plantas. Por su parte, Tseng *et al.* (2020) realizaron ensayos en invernadero con plantas de *A. thaliana* inoculadas con *Trichoderma* y encontraron que a las cuatro semanas las plantas tratadas habían duplicado su tamaño en

comparación con el control, demostrando un efecto significativo como promotor de crecimiento en las etapas iniciales. Sin embargo, posteriormente, las diferencias se redujeron y no se evidenciaron mejoras significativas al final del experimento, lo que sugiere que el impacto de *Trichoderma* es más evidente en las primeras etapas de desarrollo de la planta. Por su parte, en un estudio de invernadero, Rodríguez y Vargas (2022) analizaron el efecto de distintas especies de *Trichoderma* en el crecimiento del tomate y hallaron que la cepa *T. asperelloides* fue la más destacada al lograr la mayor longitud de raíz, altura de planta y biomasa seca total. Le siguió *T. asperellum*, que también mostró resultados significativos en comparación con otras cepas y el control, lo que sugiere el alto potencial de las cepas de *Trichoderma* como promotoras de crecimiento en las plantas.

El potencial de la micobiota endofítica para favorecer el crecimiento se ha atribuido a su capacidad de producir fitohormonas como auxinas, giberelinas y citoquininas mediante mecanismos de producción de enzimas y regulación metabólica (Zheng *et al.*, 2016; Baron y Rigobelo, 2022). Los hongos endofíticos representan una nueva fuente de metabolitos secundarios bioactivos que promueven el aumento de la biomasa vegetal porque, entre otras funciones, son capaces de mejorar la absorción de macro y micronutrientes del suelo y de la materia orgánica, y aumentar el suministro de estos nutrientes a la planta huésped (Khan *et al.*, 2013; Rana *et al.*, 2020).

Los resultados de la investigación y las consideraciones anteriores indican que, entre las especies estudiadas, las cepas de *A. niger*, *T. inhamatum* y *C. halotolerans* son las que mejor promueven el crecimiento vegetativo del portainjerto de vid 'Salt Creek' en sus etapas iniciales, a la vez que demuestran muy buen potencial para su aplicación en los cultivos para una agricultura sostenible.

CONCLUSIONES

El hongo endófito *Aspergillus niger* favorece el crecimiento del portainjerto de vid Salt Creek, con efectos significativos similares a los de *Cladosporium halotolerans* y *Trichoderma inhamatum*. Por su lado, dos cepas de

Trichoderma asperellum promovieron un mayor peso de la biomasa de las raíces. Se concluye que las cepas de *A. niger*, *C. halotolerans* y *T. inhamatum* son las que mejor promueven el crecimiento vegetativo del portainjerto en sus etapas iniciales, demostrando un alto potencial para su aplicación en la agricultura sostenible.

LITERATURA CITADA

1. Abo-Nouh, F.A. 2019. Endophytic fungi for sustainable agriculture. *Microbial Biosystems* 4(1): 31-44.
2. Almeida dos Reis, J.B., A. Sturion-Lorenzi y H.M. Martins do Vale. 2022. Methods used for the study of endophytic fungi. A review on methodologies and challenges, and associated tips. *Archives of Microbiology* 204: 675.
3. Arévalo, E., J. Cayotopa, D. Olivera, M. Gárate, E. Trigos, B. Costa y B. León. 2017. Optimización de sustratos para la producción de conidios de *Trichoderma harzianum* por fermentación sólida en la Región de San Martín, Perú. *Revista Investigaciones Altoandinas* 19(2): 135-144.
4. Arias, R.M., G. Heredia Abarca, Y. del C. Perea Rojas, Y. de la C. Elizondo y K.Y. García Guzman. 2023. Selection and characterization of phosphate-solubilizing fungi and their effects on coffee plantations. *Plants* 12(19): 3395.
5. Baron, N.C. y E.C. Rigobelo. 2022. Endophytic fungi: a tool for plant growth promotion and sustainable agriculture. *Mycology* 13(1): 39-55.
6. Bogas, A.C., F.P.N. Cruz, P.T. Lacava y C.P. Sousa. 2022. Endophytic fungi: an overview on biotechnological and agronomic potential. *Brazilian Journal of Biology* 84: e258557.
7. Delgado-Jarana J, Pinto-Toro JA, Benitez T. 2000. Overproduction of beta-1,6-glucanase in *Trichoderma harzianum* is controlled by extracellular acidic proteases and pH. *Biochim. et Biophys. Acta (BBA)* 1481(2): 289-96.
8. Díaz-Valenzuela, C., C. Deramond-Gálvez, A. Machuca y D. Chávez. 2024. Actividad promotora del crecimiento vegetal de cuatro hongos endófitos aislados desde *Araucaria araucana*. *Siembra* 11(2): e6802.
9. Gómez-Rivera, Á.S., C.Y. López, M. Martínez-Burgos y X.J. Cachón-Mis. 2016. Caracterización morfológica de hongos endófitos aislados de *Hamelia patens* Jacq. y *Lantana camara* L. de Chetumal, Quintana Roo, México. *Teoría y Praxis* 19: 33-44.
10. Hermosa, R., A. Viterbo, I. Chet y E. Monte. 2012. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. *Microbiology* 158(1): 17-25.
11. Huang, W.Y., Y.Z. Cai, J. Xing, H. Corke y M. Sun. 2007. A potential antioxidant resource: Endophytic fungi from medicinal plants. *Econ. Bot.* 61: 14-30.
12. Jiang, L., M.H. Lee, C.Y. Kim, S.W. Kim, P.I. Kim, S.R. Min y J. Lee. 2021. Plant growth promotion by two volatile organic compounds emitted from the fungus *Cladosporium halotolerans* NGPF1. *Frontiers in Plant Science* 12: 794349.
13. Khan, A.L., S.M. Kang, K.H. Dhakal, J. Hussain, M. Adnan, J.G. Kim *et al.* 2013. Flavonoids and amino acid regulation in *Capsicum annuum* L. by endophytic fungi under different heat stress regimes. *Sci. Hortic.* 155: 1-7.
14. Khan, A.L., J. Hussain, A. Al-Harrasi, A. Al-Rawahi y I.J. Lee. 2015. Endophytic fungi: resource for gibberellins and crop abiotic stress resistance. *Critical Reviews in Biotechnology* 35(1): 62-74.
15. Kulišová, M., M. Vrublevskaya, P. Lovecká, B. Vrchotová, M. Stránská, M. Kolařík e I. Kolouchová. 2021. Fungal endophytes of *Vitis vinifera*-plant growth promotion factors. *Agriculture* 11: 1250.
16. León-Carrasco, J.C. 2024. Áreas sembradas de uva de mesa en Perú alcanzaron las 22.343 hectáreas en la campaña 2023/2024, mostrando un leve aumento de 0.8 %. *Agencia Agraria de Noticias*. <https://n9.cl/vvmhl> (consulta de feb. 20, 2025)
17. León-Tacca, B., R.J. Yactayo-Yataco, A. Astete-Farfán, L. Mattos-Calderón y J.C. Arestegui- Cantoral. 2022. Antibiosis y micoparasitismo de hongos endófitos sobre el agente causal del moho gris del arándano (*Botrytis cinerea*). *Bioagro* 34(3): 209-222.

18. Márquez-Mundim, G. de S., G. Mascarenhas-Maciel y G. de O. Mendes. 2022. *Aspergillus niger* as a biological input for improving vegetable seedling production. *Microorganisms* 10(4): 674.
19. Mathur, P., P. Agrawal, U. Ghosh, C. Sharma, P. Bhatnagar y P. Chaturvedi. 2024. Growth promotion ability of endophytic *Aspergillus niger* on different species of *Vigna*. *Vegetos* 37(1): 192-201.
20. Moghaddam, M.S.H., N. Safaie, L. Tedersoo y N. Hagh-Doust, N. 2021. Diversity, community composition, and bioactivity of cultivable fungal endophytes in saline and dry soils in deserts. *Fungal Ecology* 49: 101019.
21. Olunike-Omomowo, I., J. Ayobami-Amao, A. Abubakar, A. Funke-Ogundola, L. Odimakase-Ezediuno y C. Olukemi-Bamigboye. 2023. A review on the trends of endophytic fungi bioactivities. *Scientific African* 20: e01594.
22. Ortiz-Espinoza, E., F. Villegas-Rodríguez, H.M. Ramírez-Tobías, L.E. Hernández-Arteaga y J. Marín-Sánchez. 2020. La inoculación con hongos endófitos entomopatógenos en semilla genera una respuesta fisiológica y promueve el crecimiento vegetal en plantas de chile poblano en invernadero. *Nova Scientia* 12(2): 1-27.
23. Ortuño, N., C. Miranda y M. Claros. 2013. Selección de cepas de *Trichoderma* spp. generadoras de metabolitos secundarios de interés para su uso como promotor de crecimiento en plantas cultivadas. *J. Selva Andina Biosph.* 1(1): 16-24.
24. Peteira-Delgado, B., J. Arévalo-Ortega, D. Ynfante-Martínez y B. Martínez-Coca. 2021. Los hongos endófitos y sus aplicaciones potenciales en la agricultura. *Revista de Protección Vegetal* 36(3): 1-20.
25. Phoka, N., N. Suwannarach, S. Lumyong, S. Ito, K. Matsui, S. Arikiti y A. Sunpapao. 2020. Role of volatiles from the endophytic fungus *Trichoderma asperelloides* PSU- P1 in biocontrol potential and in promoting the plant growth of *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Fungi* 6(4): 341.
26. Rana, K.L., D. Kour, T. Kaur, R. Devi, A.N. Yadav, N. Yadav *et al.* 2020. Endophytic microbes: biodiversity, plant growth-promoting mechanisms and potential applications for agricultural sustainability. *Int. J. Gen. Molecular Microbiol.* 113(8): 1075-1107.
27. Rashmi, M., J.S. Kushveer y V.V. Sarma. 2019. A worldwide list of endophytic fungi with notes on ecology and diversity. *Mycosphere* 10(1): 798-1079.
28. Rodríguez-García, D. y J. Vargas-Rojas. 2022. Efecto de la inoculación con *Trichoderma* sobre el crecimiento vegetativo del tomate (*Solanum lycopersicum*). *Agronomía Costarricense* 46(2): 47-60.
29. Solís-Pérez, A.L., D. Mejía-Sánchez, M. Martínez-Bolaños, M. Vargas-Hernández y L. Martínez-Bolaños. 2023. Hongos endófitos en la agricultura: caso cafeto. *Acta Agrícola y Pecuaria* 9: e0091020
30. Syamsia, S., A. Idhan, H. Latifah, N. Noerfityani y A. Akbar. 2021. Alternative medium for the growth of endophytic Fungi. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 886(1): 012045.
31. Tseng, Y. H. Rouina, K. Groten, P. Rajani, A.C.U. Furch, M. Reichelt *et al.* 2020. An endophytic *Trichoderma* strain promotes growth of its hosts and defends against pathogen attack. *Frontiers in Plant Science* 11: 573670.
32. Uitzil-Colli, M.O. 2019. Hongos endófitos: Habitantes ocultos e inherentes a las plantas. *Revista de Biología Tropical* 4: blog 38552.
33. Zheng, Y.K., X.G. Qiao, C.P. Miao, K. Liu, Y.W. Chen, L.H. Xu y L.X. Zhao. 2016. Diversity, distribution and biotechnological potential of endophytic fungi. *Ann Microbiol* 66: 529-542.

