



## Short Note [Nota corta]

**CONTROL *IN VIVO* DE *Phaeoacremonium parasiticum* CON ANTAGONISTAS NATIVOS *Bacillus*, *Trichoderma* y actinomicetos Y SU EFECTO PROMOTOR DE CRECIMIENTO EN VID †**

**[*IN VIVO* CONTROL OF *Phaeoacremonium parasiticum* WITH NATIVE ANTAGONISTS *Bacillus*, *Trichoderma* AND actinomycetes AND THEIR GROWTH PROMOTING EFFECT IN GRAPEVINE]**

**Arturo Morales-Pizarro<sup>1\*</sup>, Javier Javier-Alva<sup>1</sup>, L.A. Álvarez<sup>2</sup>, Ricardo Peña-Castillo<sup>1</sup>, Roger Chanduvi-García<sup>1</sup>, Carlos Granda-Wong<sup>1</sup>, Rocío Mayta-Obos<sup>3</sup>, David Lindo-Seminario<sup>4</sup> and Sandro Condori-Pacsi<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Piura, Campus Universitario s/n. Urb. Miraflores. Piura, Perú. Email: \*dmoralesp@unp.edu.pe

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Cañete, Casa de la cultura, Av. Mariscal Benavides, San Luis de Cañete. Lima, Perú.

<sup>3</sup> Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Campus Universitario Av. Juan XXIII 424. Lambayeque, Perú.

<sup>4</sup> Estación Experimental Agraria Vista Florida. Subdirección de Recursos Genéticos de la Dirección de Recursos Genético y Biotecnología. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Av. Picsi. Lambayeque, Perú.

<sup>5</sup> Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Santa Catalina Nro. 117. Arequipa, Perú.

\* Corresponding author

## SUMMARY

**Background:** *Phaeoacremonium parasiticum* is a frequently species associated with "Petri's disease" in young plants of grapevine in Peru. One of the main limitations is the use of fungicides and the limited molecules for its control. In this scenario, biological control is an important alternative to integrate in the management of grapevine diseases. **Objective:** The objective of the research was to evaluate the *in vivo* efficacy of native antagonists to *P. parasiticum* and their growth promoting effect on grapevine. **Methodology:** Plant material from mother plants (R-110) underwent thermotherapy (52.5°C for 30 min). Subsequently, the antagonists (bacteria and fungi) were inoculated by partial immersion at a concentration of  $1 \times 10^6$  cfu ml<sup>-1</sup> (Colony forming units) for 3 h; 30 days later, *P. parasiticum* was inoculated, measuring shoot length before inoculation (SLBI). Seventy days after inoculation (DAI), shoot length (SL), length of necrotic stria (LNS), root dry weight (RDW) and root fresh weight (RFW) were measured. **Results:** Isolate Tr-5 (*Trichoderma* spp.) increased SLBI by 68%. *Bacillus* spp. (Bac-1, Bac-2), *Trichoderma* spp. (Tr-5) and *T. harzianum* (T-22) increase >40% SL 70 DDI. Tr-6 (*Trichoderma* spp.), T-22 and Act-2 (Actinomycete) reduce >50% LNS. *Bacillus* spp. (Bac-2; Bac-3) significantly increase RFW (59.29%: 49.39%) and RDW (60.41%: 55.08%). **Implications:** Biological control with native antagonists reduces the development of Petri disease and promotes grapevine growth. **Conclusions:** The native antagonists show growth-promoting effect and control of LEN caused by *P. parasiticum* at the nursery stage.

**Key words:** Antagonist; biocontrol; Petri's disease; vegetative growth promoter; table grape.

## RESUMEN

**Antecedentes:** *Phaeoacremonium parasiticum* es una especie frecuentemente asociada a la "enfermedad de Petri" en plantas jóvenes de vid en el Perú. Una de las principales limitantes es el uso de fungicidas y las limitadas moléculas

† Submitted March 26, 2021 – Accepted January 3, 2022. <http://doi.org/10.56369/tsaes.3556>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

**ORCID**s = Arturo Morales-Pizarro: <https://orcid.org/0000-0003-3966-6689>; Javier Javier-Alva: <https://orcid.org/0000-0002-4953-8165>; Luis Álvarez-Bernaola: <https://orcid.org/0000-0002-6174-9870>; Ricardo Peña-Castillo: <https://orcid.org/0000-0001-9366-4962>; Roger Chanduvi-García: <https://orcid.org/0000-0002-6061-3007>; Carlos Granda-Wong: <https://orcid.org/0000-0002-1513-9094>; Rocío Mayta-Obos: <https://orcid.org/0000-0002-7800-1447>; David Lindo-Seminario: <https://orcid.org/0000-0002-8767-5304>; Sandro Condori-Pacsi: <https://orcid.org/0000-0002-6792-5089>

para su control. En este panorama, el control biológico es una alternativa importante a integrar en el manejo de enfermedades de la vid. **Objetivo:** El objetivo de la investigación fue evaluar la eficacia *in vivo* de antagonistas nativos a *P. parasiticum* y su efecto promotor de crecimiento en vid. **Metodología:** El material vegetal procedente de plantas madre (R-110) pasó por termoterapia (52.5°C durante 30 minutos). Posteriormente, se inoculó por inmersión parcial los antagonistas (bacterias y hongos) a concentración  $1 \times 10^6$  ufc  $\text{ml}^{-1}$  (Unidades formadoras de colonias) durante 3 h; 30 días después, se inoculó *P. parasiticum*, midiendo longitud del brote antes de la inoculación (LBAI). 70 días después de la inoculación (DDI) se midió: longitud del brote (LB), longitud de la estría necrótica (LEN), peso seco de raíces (PSR) y peso fresco de raíces (PFR). **Resultados:** El aislado Tr-5 (*Trichoderma* spp.) incrementa 68% la LBAI. *Bacillus* spp. (Bac-1, Bac-2), *Trichoderma* spp. (Tr-5) y *T. harzianum* (T-22) aumentan >40% LB 70 DDI. Tr-6 (*Trichoderma* spp.), T-22 y Act-2 (Actinomiceto) reducen >50% LEN. *Bacillus* spp. (Bac-2: Bac-3) incrementan significativamente el PFR (59.29%: 49.39%) y PSR (60.41%: 55.08%). **Implicaciones:** El control biológico con antagonistas nativos reduce el desarrollo de la enfermedad de Petri y promueve el crecimiento de la vid. **Conclusiones:** Los antagonistas nativos muestran efecto promotor de crecimiento y control de LEN ocasionada por *P. parasiticum* en fase de vivero.

**Palabras clave:** Antagonista; biocontrol; enfermedad de Petri; promotor de crecimiento vegetativo; uva de mesa.

## INTRODUCCIÓN

La vid *Vitis vinifera* L. pertenece al orden-vitales y familia-vitaceae, es una de las especies comerciales más cultivadas e importantes en el mundo, debido a su importancia socioeconómica y a su consumo (vinos, pasas y consumo directo-fresco) (Gramaje *et al.*, 2018). El 2022, Perú se posicionó como el primer exportador de uva de mesa, siendo; Países bajos, Reino Unido y Estados Unidos los principales mercados de destino (MINCETUR, 2022). Las principales zonas productoras de uva de mesa son: Piura e Ica, seguidas de La Libertad, Arequipa y Lambayeque (MIDAGRI, 2020). Sin embargo, las diferentes estrategias agrícolas como: el control químico de plagas y enfermedades, fertilización, podas, entre otras actividades, han ocasionado un incremento en la incidencia de “las enfermedades fúngicas de la madera de la vid” EMV (Armengol y Gramaje, 2019; Carro-Huerga *et al.*, 2020). Asimismo, existe un reducido número de materias activas en el manejo EMV; por tanto, el control biológico de las EMV se ha convertido en una alternativa sostenible e inocua con el Agro-ecosistema (Dries *et al.*, 2021). Cabe mencionar que las diferentes especies de *Phaeoacremonium* (*P.*) y *Phaeoconiella chlamidospora* (*Pa. Chlamydospora*) están asociados con la “enfermedad de Petri” (plantas jóvenes, <5 años) y al “complejo Yesca” (plantas adultas, >5 años) causando el decaimiento y/o declive de las plantas en vivero y/o campo (Gramaje *et al.*, 2018; Moster *et al.*, 2005). Hasta la fecha, 63 especies de *Phaeoacremonium* han sido citadas en el mundo, de las cuales 37 especies han sido aisladas de vid (Reveglia *et al.*, 2022; Spies, *et al.*, 2018). En Perú, se aisló e identificó *P. parasiticum* en vides jóvenes (variedad Red Globe) entre 4-8 meses de edad con síntomas de la enfermedad de Petri (Romero-Rivas, *et al.*, 2009). El manejo de los patógenos relacionados con la enfermedad de Petri representa en la actualidad un reto, dado a que es difícil determinar su ubicación dentro de los vasos xilemáticos en la planta (Battiston *et al.*, 2021). Actualmente, se vienen empleando

diferentes especies de microorganismos como; bacterias (actinomicetos, *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp.) y hongos (*Trichoderma* spp.) para el control de los patógenos relacionados con las EMV, promoviendo de esta manera una viticultura sostenible, la interacción antagonista-plantas, la salud del suelo, la activación de genes de resistencia, la supresión de patógenos, y la síntesis de hormonas promotoras de crecimiento (Stempien *et al.*, 2020; Aguilar *et al.*, 2021; Dries, *et al.*, 2021). El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficacia *in vivo* de antagonistas nativos y comerciales frente a *P. parasiticum* y su efecto promotor de crecimiento.000000oil

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en las instalaciones de la empresa Vivero-Los viñedos-Chincha (13°27'32" S y 76°09'04" W) en coordinación con el laboratorio de fitopatología (Departamento de Sanidad Vegetal) de la Facultad de Agronomía en la Universidad Nacional de Piura, Perú (5°10' 49.14"S y 80°37' 5.84"W) durante el 2015-2016.

### Tratamiento y estratificación del material vegetal

Sarmientos de plantas madres de la variedad R-110 fueron cortados entre 1.5 a 2.0 m de longitud. Posteriormente, fueron segmentados y agrupados en paquetes (30-40 estacas/paquete) de 30 cm e introducidos en el equipo de termoterapia a 52.5°C durante 30 min. Los paquetes de estacas tratados con termoterapia se enfriaron inmediatamente por sumersión completa durante 1 min en pozas de concreto conteniendo agua de pozo (sin cloro). Las estacas se colocaron verticalmente durante 20 min por inmersión parcial a 10 cm desde la base del bin (depósito de 80 L de capacidad) conteniendo agua sin cloro (20 L), enraizante (0,3 g  $\text{L}^{-1}$ ) y tebuconazol (0,5  $\text{ml L}^{-1}$ ).

En la fase de estratificación, las estacas se colocaron inmersas a 10 cm de la base del bin, conteniendo 5 kg de fibra de coco esterilizada, 4 L de carbón activado ( $200 \text{ g L}^{-1}$ ) y ácido cítrico ( $0.4 \text{ g L}^{-1}$ ), este último con el objetivo de regular pH a 5.4-5.8. Posteriormente, el material vegetal se cubrió con una malla o tela porosa recubriéndola con fibra de coco a ras del bin. Al finalizar los bins preparados fueron trasladados al interior de una cámara de forzada (zona de estratificación) a  $28^\circ\text{C}$  con 90% de humedad relativa HR durante 15 días para inducir la formación de callo y raíces.

### Inoculación con antagonistas

Las estacas enraizadas, procedentes de la cámara de forzada fueron lavadas con agua de pozo a chorro continuo con el fin de eliminar los restos de fibra de coco, seguido se realizó la poda de raíces. Para la inoculación con los antagonistas bacterianos y fúngicos, 16 estacas fueron agrupadas e inmersas a 10 cm desde la base en depósitos de 10 L conteniendo los respectivos antagonistas durante 3 h. Los antagonistas bacterianos fueron obtenidos a partir de diluciones seriadas extraídas de placas de petri con medio de cultivo AN (agar nutritivo) colonizadas con su respectivo antagonista durante 2 días y los antagonistas fúngicos fueron obtenidos a partir de placas de petri con medio PDA (papa dextrosa agar) colonizada con el antagonista durante 10 días. Se realizaron suspensiones con cada antagonista a una concentración de  $1 \times 10^6 \text{ ufc mL}^{-1}$  con ayuda de la cámara de Neubauer (Delgado y Javier, 1991). En el interior del invernadero, las estacas se trasplantaron en bolsas de polietileno de color negro de 2 L de capacidad conteniendo sustrato estéril en proporción 2:1:1 (humus: pajilla de arroz: arena). El material vegetal permaneció durante 100 días en invernadero a 70-75% HR entre  $25\text{-}27^\circ\text{C}$ . Cada 10 días, se realizaron aplicaciones con sus respectivos antagonistas de  $200 \text{ ml planta}^{-1}$  a una concentración de  $1 \times 10^6 \text{ ufc mL}^{-1}$  siguiendo la metodología de Delgado y Javier (1991).

Se seleccionaron 07 antagonistas nativos: 02-*Trichoderma* spp.: Tr-6 (raíz) y Tr-5 (rizósfera), 04-*Bacillus* spp.: Bac-4 (raíz); y Bac-1, Bac-2 y Bac-3 (rizósfera) y 01-actinomiceto: Act-2 (rizósfera), aislados de plantas con las mejores características morfológicas y productivas del cultivo en viñedos de la Región Piura y con un Porcentaje de inhibición de crecimiento PIC  $>40\%$  frente a *Lasiodiplodia theobromae*, *Phaeoacremonium parasiticum* y *Campyloctenium pseudofasciculare* (Morales-Pizarro et al., 2022). Asimismo, se seleccionó una cepa comercial *T. harzianum* (T-22) como comparativo a los antagonistas nativos.

### Inoculación con *P. parasiticum*

Transcurridos 30 días después del trasplante (DDT), las estacas tratadas con los diferentes antagonistas fueron inoculadas con el patógeno *P. parasiticum* procedente de la micoteca de vivero "Los Viñedos" el cual había registrado una alta virulencia en estudios realizados por la empresa. La suspensión del patógeno fue obtenida al agregar 10 mL de agua destilada estéril por placa petri con PDA colonizadas con *P. parasiticum* durante 20 días. La suspensión obtenida se ajustó a una concentración de  $1 \times 10^6 \text{ ufc}$  con la cámara de Neubauer, posteriormente, con ayuda de una jeringa hipodérmica, se inoculó la axila del brote y se colocó parafilm sobre la zona de inoculación para evitar su deshidratación. Se evaluaron los siguientes parámetros: longitud del brote antes de la inoculación cm (LBAI), longitud de brote después de la inoculación cm (LBDI), longitud de la estría necrótica cm (LEN), peso seco de raíces g (PSR) y peso fresco de raíces g (PFR) (Romero-Rivas et al., 2009).

### Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 10 tratamientos y 16 repeticiones por tratamiento e incluyendo dos testigos: testigo inoculado con *P. parasiticum* y testigo absoluto inoculado con agua destilada estéril. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza ANOVA y la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ) con el paquete estadístico Statgraphics versión 19.

## RESULTADOS

### Prueba *in vivo*

A los 30 DDT, los antagonistas influyeron significativamente en el incremento de la longitud del brote respecto al testigo inoculado con *P. Parasiticum* siendo mayor en el aislado Tr-5 (*Trichoderma* spp.) con 68.33%, seguido de Bac 3 (*Bacillus* spp.) con 47.57%, Bac-4 con 44.36%, T-22 (*T. harzianum*) con 43.57% (Figura 1A).

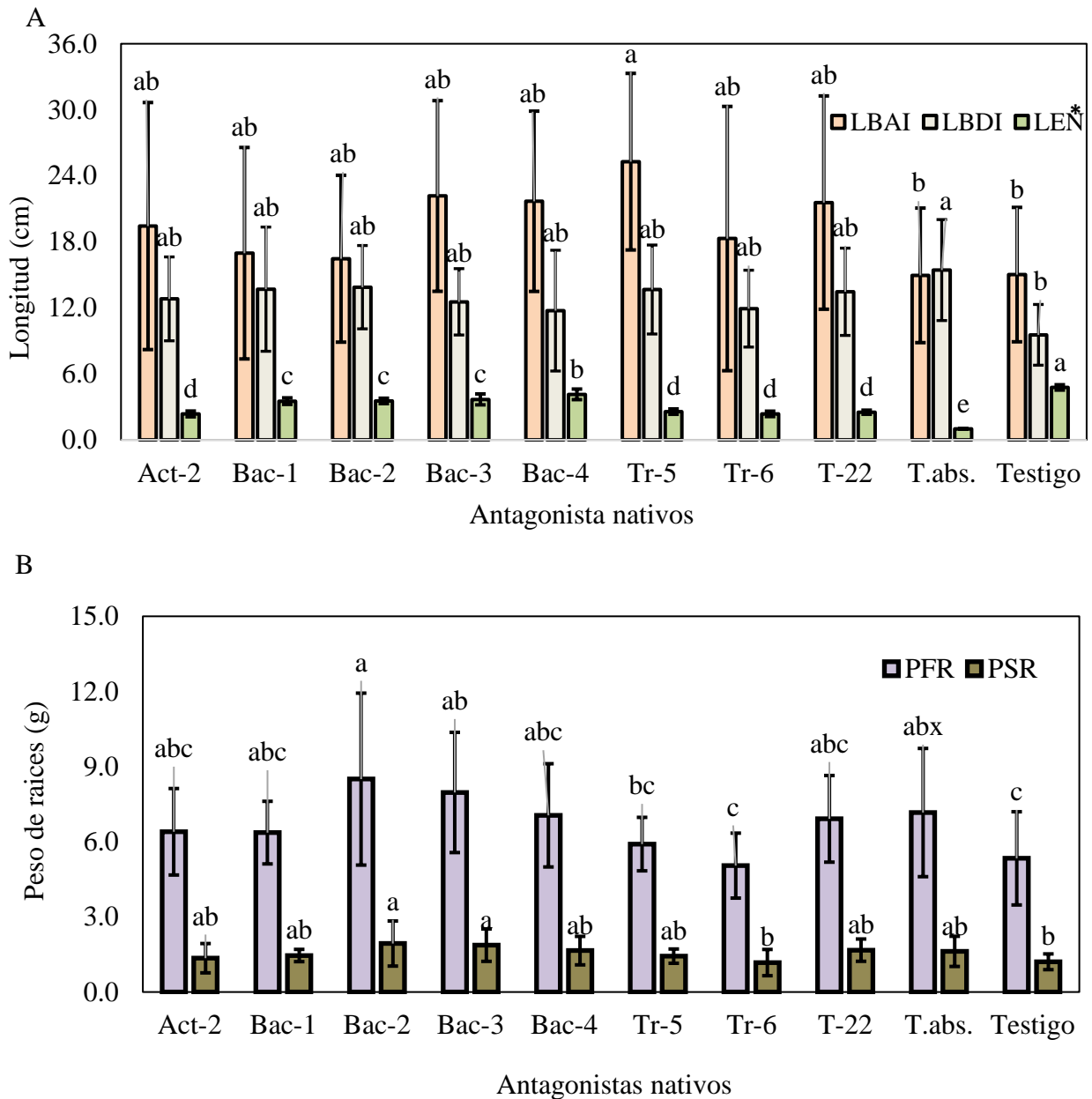
A los 70 DDI, el tratamiento con el testigo absoluto inoculado con agua destilada estéril presentó la mayor LBDI ( $15.43 \pm 4.59 \text{ cm}$ ), seguido de Bac-2 ( $13.88 \pm 3.79 \text{ cm}$ ), Bac-1 ( $13.69 \pm 5.64 \text{ cm}$ ), Tr-5 ( $13.66 \pm 4.04 \text{ cm}$ ) y T-22 ( $13.46 \pm 3.97 \text{ cm}$ ), los cuales no presentaron diferencias significativas y fueron superiores al Testigo inoculado con *P. parasiticum* ( $9.54 \pm 2.76 \text{ cm}$ ) (Figura 1A).

Asimismo, 70 DDI el control de *P. parasiticum* con los diferentes antagonistas se midió mediante el avance de la longitud de la estría necrótica LEN; alcanzando una menor longitud con los aislados Tr-6, Act-2, T-22 y Tr-5 con  $2.36 \pm 0.25 \text{ cm}$ ;  $2.36 \pm 0.26 \text{ cm}$ ;  $2.51 \pm 0.19 \text{ cm}$  y

2.57±0.24 cm respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos, respecto al testigo inoculado con *P. parasiticum* que alcanzó 4.77±0.24 cm. Cabe señalar que el testigo absoluto-agua destilada estéril, no presentó desarrollo de estrías necróticas (Figura 1A).

A los 70 DDI, los aislado Bac-2 (>59.29%) y Bac-3 (>49.39%) promovieron un incremento significativo del PFR respecto al testigo *P. parasiticum*.

A los 70 DDI, los aislados Bac-2 y Bac-3 incrementaron entre el 60.41% y 55.08% del PSR respecto al testigo *P. parasiticum*, seguidos de T-22 con 38.55%, Bac-4 con 36.99% e incluso del Testigo absoluto con 34.51% (Figura 1B).



**Figura 1.** Efecto de los aislados nativos de *Trichoderma* spp. (Tr-6; Tr-5), *Bacillus* spp. (Bac-4, Bac-1, Bac-2, Bac-3), Actinomiceto (Act-2), cepa comercial *T. harzianum* (T-22), Testigo (*P. parasiticum*) y Testigo absoluto-agua destilada estéril (T.abs). A) Longitud del brote antes inoculación del patógeno (LBAI)-30 DDT; longitud del brote después de la inoculación del patógeno (LBDI)-70 DDI del patógeno y longitud de la estría necrótica (LEN)-70 DDI, B) Peso seco de raíces (PSR) y peso fresco de raíces (PFR)-70 DDI. Letras diferentes en las barras indican diferencias significativas (Tukey  $p < 0.05$ ). \* Datos transformados  $\sqrt{(x+1)}$ .

## DISCUSIÓN

Actualmente, Perú se ha posicionado como el primer exportador de uva de mesa en el mundo (MINCETUR, 2022). Asimismo, se han implementado diferentes estrategias en el manejo agronomico del cultivo como; podas, fertilización, protección vegetal, entre otros con el fin de aumentar la producción del cultivo y reducir las pérdidas económicas, incrementado de esta manera las EMV (Gramaje *et al.*, 2018). No obstante, existente un limitado y restringido número de ingredientes activos para el control de EMV (Battiston *et al.*, 2021). Por lo cual, el control biológico se ha convertido en una alternativa sostenible de manejo de los patógenos relacionados EMV (Dries *et al.*, 2021). En el presente estudio se evaluó el control de *P. parasiticum* con antagonistas bacterianos y fungicos, y su efecto promotor de crecimiento, determinando que el aislado nativo Tr-5 (*Trichoderma* spp.) incremento en 68% de la longitud del brote LB antes de la inoculación con *P. parasiticum*. Hernández-Melchor *et al.* (2019) concluyen que *Trichoderma* spp. produce más de 70 metabolitos como; promotores de crecimiento con naturaleza hormonal (auxinas, citoquinas y giberelinas); reguladores del pH en el suelo como ácidos orgánicos (cítrico glucurónico, y fumárico), entre otros. El género *Trichoderma* esta relacionado con la activación de genes de resistencia que permiten responder de forma positiva a factores de naturaleza biótica como abiótica (Stempien *et al.*, 2020). Por otro lado, los microorganismos rizosfericos como; hongos, bacterias y algas, fijan nitrógeno N<sub>2</sub> molecular dentro de su cuerpo y mediante la enzima nitrogenasa lo liberan como amoníaco asimilable NH<sub>3</sub> al suelo, para ser tomado por la planta en su desarrollo (Guzmán and Montero, 2021). Estudios realizados por Bautista-Cruz y Martínez-Gallegos (2020) en *Agave potatorum* Zucc, con los aislados *Burkholderia cepacia*, *Flavobacterium* sp y *Paenibacillus amylolyticus* incrementaron la altura de la planta en un 51.8% , la biomasa total en un 164.8% y el diámetro del tallo en un 50.35%.

Posterior a la inoculación con *P. parasiticum* (70 DDI), los aislados *Bacillus* ( Bac-2, Bac-1) y *Trichoderma* (Tr-5 y T-22) incrementaron la longitud del brote, así también *Trichoderma* (Tr-6, T-22) y el actinomiceto (Act-2) redujeron el avance de la estría necrótica.

Romero-Rivas *et al.* (2009) observaron en plantas de la variedad Red Globe variedad (4-8 meses) inoculadas con *P. parasiticum* una reducción en el brote, hojas pequeñas, entrenudos cortos y presencia de estrías necróticas en los vasos xilemáticos. Por otro lado, el hongo *Trichoderma* spp. ha demostrado diferentes mecanismos como el control directo e indirecto de EFMV, mediante la promoción del crecimiento y la activación de genes de resistencia (Stempien *et al.*, 2020). Berbegal *et al.* (2020) mencionan que *T.*

*atroviride*, Sc1 (Vintec®) reduce significativamente la incidencia de EMV. Además, *Trichoderma* T154 tiene un comportamiento endófito colonizando haces vasculares y reduciendo la colonización de *P. minimum* (Carro-Huerga *et al.*, 2020). Carro-Huerga *et al.* (2020) mencionan que cepas nativas de *Streptomyces* reducen síntomas EFMV en vid jóvenes causado por *Dactylonectria* sp., *P. minimum* y *Pa. chlamydospora*. Álvarez-Pérez *et al.* (2017) observan en plantas inoculadas con el actinomiceto *Streptomyces* spp. reducen significativamente los síntomas de la enfermedad de Petri y el pie negro en plantaciones jóvenes de vid.

Condori-Pacsi *et al.* 2019, reportan la capacidad de especies de *Streptomyces* (actinomiceto) de sintetizar el metabolito ácido indolacético AIA e influenciar en el incremento y longitud de raíces, diámetro del bulbo del ajo y en el peso seco del vástago.

Esmaeel *et al.* (2018) mencionan que *Paraburkholderia phytofirmans* (bacteria endófito) coloniza haces vasculares de un amplio rango de plantas, promueve el crecimiento e induce la resistencia de plantas frente a los estreses biótico y abiótico.

Los aislados de *Bacillus* (Bac-2 y Bac-3) promueven un incremento significativo de PFR y PSR. Velásquez *et al.* (2020) demuestran que *Funneliformis mosseae* (hongo micorrízico-IN101) y *Ensifer meliloti* (rizobacteria-TSA41) promueven el crecimiento de plantas de vid aplicados solos o en conjunto, incrementando su altura y peso seco total. Algunas bacterias (*B. subtilis*, *K. variicola*, *P. fluorescens* y *R. planticola*) mejoran “la biosíntesis y acumulación de colinas” siendo precursores del metabolismo de glicina betaína (GB), mejorando el contenido relativo de agua en hojas y el peso seco (Vurukonda, *et al.*, 2016).

## CONCLUSIONES

Los antagonistas nativos muestran una respuesta positiva como promotores de crecimiento e inhibidores de LEN ocasionada por *P. parasiticum* (testigo). El aislado Tr-5 (*Trichoderma* spp) incremento significativamente la Longitud del brote antes de la inoculación, y 70 DDI. Los aislados Tr-6 (*Trichoderma* spp.), T-22 y Act-2 (Actinomiceto) redujeron más del 50% la LEN causada por *P. parasiticum*. Los aislados *Bacillus* spp. (Bac-2 y Bac-3) promueven un incremento significativo PFR y PSR respecto a los testigos.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al Ing. Juan Munive Olivera, gerente de la empresa “Vivero-Los viñedos”-Chincha, Perú, por su apoyo logístico.

**Funding.** All authors declare not having received any funding in the development of our research.

**Conflict of interest statement.** All authors declare not having any conflict of interest in this article that has affected the performance of the same.

**Compliance with ethical standards.** Do not applies.

**Data availability.** Data is available with the corresponding author upon reasonable request.

**Author contribution statement (CRediT).** **A. Morales-Pizarro** - Formal analysis, Conceptualization, methodology, Writing – review & editing., **J. Javier-Alva** - Conceptualization, Data Curation, Methodology, Editing., **L.A. Álvarez** - Methodology, Writing – review & editing, editing., **R. Peña-Castillo** – Validation- Formal analysis., **R. Chanduvi-García** – Methodology, Data curation., **C. Granda-Wong** – Conceptualization., **R. Mayta-Obos** - Writing – review & editing., **D. Lindo-Seminario** - Data curation, Supervision., **S. Condori-Pacsi** - Data curation

## REFERENCIAS

- Aguilar-Ancocota, R., Arévalo-Quinde, C. G., Morales-Pizarro, A., and Galecio-Julca, M., 2021. Hongos asociados a la necrosis de haces vasculares en el cultivo de banano orgánico: síntomas, aislamiento e identificación, y alternativas de manejo integrado. *Scientia Agropecuaria*, 12(2), pp. 249-256. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.028>.
- Álvarez-Pérez, J. M., González-García, S., Cobos, R., Olego, M. Á., Ibañez, A., Díez-Galán, A., and Coque, J. J. R., 2017. Use of endophytic and rhizosphere actinobacteria from grapevine plants to reduce nursery fungal graft infections that lead to young grapevine decline. *Applied and Environmental Microbiology*, 83(24), pp. e01564-17. <https://doi.org/10.1128/AEM.01564-17>.
- Armengol, J., and Gramaje, D., 2019. Adaptación del material vegetal y efectos sobre las enfermedades de la madera. [https://www.researchgate.net/profile/David-Gramaje/publication/331547603\\_Adaptacion\\_del\\_material\\_vegetal\\_y\\_efectos\\_sobre\\_las\\_enfermedades\\_de\\_la\\_madera/links/5c7faced299bf1268d3d4d04/Adaptacion-del-material-vegetal-y-efectos-sobre-las-enfermedades-de-la-madera.pdf](https://www.researchgate.net/profile/David-Gramaje/publication/331547603_Adaptacion_del_material_vegetal_y_efectos_sobre_las_enfermedades_de_la_madera/links/5c7faced299bf1268d3d4d04/Adaptacion-del-material-vegetal-y-efectos-sobre-las-enfermedades-de-la-madera.pdf).
- Battiston, E., Compant, S., Antonielli, L., Mondello, V., Clément, C., Simoni, A., and Fontaine, F., 2021. In planta Activity of Novel Copper (II)-Based Formulations to Inhibit the Escalated Associated Fungus *Phaeoacremonium minimum* in Grapevine Propagation Material. *Frontiers in Plant Science*, 12, pp. 3. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.649694>.
- Bautista-Cruz, A., and Martínez-Gallegos, V., 2020. Promoción del crecimiento de *Agave potatorum* Zucc. por bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre. *Terra Latinoamericana*, 38(3), pp. 555-567. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.647>.
- Berbegal, M., Ramón-Albalat, A., León, M., and Armengol, J., 2020. Evaluation of long-term protection from nursery to vineyard provided by *Trichoderma atroviride* SC1 against fungal grapevine trunk pathogens. *Pest Management Science*, 76(3), pp. 967-977. <https://doi.org/10.1002/ps.5605>.
- Carro-Huerga, G., Compant, S., Gorfer, M., Cardoza, R.E., Schmoll, M., Gutiérrez, S. and Casquero, P.A., 2020. Colonization of *Vitis vinifera* L. by the endophyte *Trichoderma* sp. Strain T154: Biocontrol activity against *Phaeoacremonium minimum*. *Frontiers in Plant Science*, 11, pp. 1170. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01170>.
- Condori-Pacsi, S. J., Fernández-Guzmán, P. R., and Valderrama-Valencia, M. R., 2019. Aislamiento y caracterización de *Streptomyces* spp rizosféricos promotores del crecimiento vegetal. *Idesia (Arica)*, 37(2), pp. 109-116. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019000200109>.
- Delgado, J. and Javier, J., 1991. Ensayos en el control biológico de *Macrophammina phaseolina*, agente causal de la pudrición carbonosa de la raíz del algodónero en Piura. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PE19950135703>
- Dries, L., Hendgen, M., Schnell, S., Löhnertz, O., and Vorkamp, A., 2021. Rhizosphere engineering: leading towards a sustainable viticulture?. *OENO One*, 55(2), pp. 353-363. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.2.4534>
- Esmaeel, Q., Miotto, L., Rondeau, M., Leclère, V., Clément, C., Jacquard, C., and Barka, E. A. 2018. *Paraburkholderia phytofirmans* PsJN-plants interaction: from perception to the induced mechanisms. *Frontiers in*

- Microbiology*, 9, 2093. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02093>.
- Gramaje, D., Urbez-Torres, JR and Sosnowski, MR., 2018. Management of grapevine trunk diseases with respect to etiology and epidemiology: current strategies and future prospects. *Plant Disease*, 102 (1), pp. 12-39. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-17-0512-FE>.
- Guzmán Duchén, D., and Montero Torres, J., 2021. Interacción de bacterias y plantas en la fijación del nitrógeno. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 8(2), pp. 87-101. <https://doi.org/10.53287/uycf4027gf99e>.
- Hernández-Melchor, D. J., Ferrera-Cerrato, R., and Alarcón, A., 2019. *Trichoderma*: importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 35(1), pp. 98-112. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205>.
- MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego), 2020. Informe de registro de productores de uva en las regiones de Ica, Arequipa, Moquegua, Tacna y Lima provincias. <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/DocumentoFinalVid.pdf>.
- MINCETUR (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo), 2022. Perú se convierte en primer exportador mundial de uvas. <https://www.gob.pe/institucion/mincetur/noticias/585846-peru-se-convierte-en-primer-exportador-mundial-de-uvas>.
- Morales-Pizarro, D. A., Javier-Alva, J., Álvarez, L. A., Mayta-Obos, R., Aguilar-Ancota, Peña-Castillo, R. and Lindo-Seminario, D., 2022. Isolation, identification and *in vitro* evaluation of native isolates of *Bacillus*, *Trichoderma* and *Streptomyces* with potential for the biocontrol of grapevine trunk fungi. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25(2) pp. 86. <http://doi.org/10.56369/tsaes.4206>
- Mostert, L., Groenewald, J. Z., Summerbell, R. C., Robert, V., Sutton, D. A., Padhye, A. A., and Crous, P. W., 2005. Species of *Phaeoacremonium* associated with infections in humans and environmental reservoirs in infected woody plants. *Journal of Clinical Microbiology*, 43(4), pp. 1752-1767. <https://doi.org/10.1128/JCM.43.4.1752-1767.2005>.
- Reveglia, P., Raimondo, M. L., Masi, M., Cimmino, A., Nuzzo, G., Corso, G., and Evidente, A., 2022. Untargeted and Targeted LC-MS/MS Based Metabolomics Study on *In Vitro* Culture of *Phaeoacremonium* Species. *Journal of Fungi*, 8(1), pp. 55. <https://doi.org/10.3390/jof8010055>.
- Romero-Rivas, L. C., Álvarez, L. A., Gramaje, D., Armengol, J., and Cadenas-Giraldo, C., 2009. First report of *Phaeoacremonium parasiticum* causing Petri disease of grapevine in Perú. *Plant Disease*, 93(2), pp. 200-200. <https://doi.org/10.1094/PDIS-93-2-0200B>.
- Spies, C. F. J., Moyo, P., Halleen, F., and Mostert, L., 2018. *Phaeoacremonium* species diversity on woody hosts in the Western Cape Province of South Africa. *Persoonia: Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 40, pp. 26-62. <https://doi.org/10.3767/persoonia.2018.40.02>.
- Stempien, E., Jean, R., Pierron, G., Adendorff, I., Van Jaarsveld, W. J., Halleen, F., and Mostert, L., 2020. Host defence activation and root colonization of grapevine rootstocks by the biological control fungus *Trichoderma atroviride*. *Phytopathologia Mediterranea*, 59(3), pp. 615-626. <https://doi.org/10.14601/Phyto-11137>.
- Velásquez, A., Vega-Celedón, P., Fiaschi, G., Agnolucci, M., Avio, L., Giovannetti, M., and Seeger, M., 2020. Responses of *Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon roots to the arbuscular mycorrhizal fungus *Funneliformis mosseae* and the plant growth-promoting rhizobacterium *Ensifer meliloti* include changes in volatile organic compounds. *Mycorrhiza*, 30(1), pp. 161-170. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00572-020-00933-3>.
- Vurukonda, S. S. K. P., Vardharajula, S., Shrivastava, M., and SkZ, A., 2016. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. *Microbiological Research*, 184, pp. 13-24. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.12.003>.