

## Desarrollo de un fungicida natural para el control del moho gris en arándanos poscosecha

Matías A. Musumeci, Martín S. Munitz, Fernando A. Parma, Gladys E. Subovich, Celia Williman, María B. Medina

Autoras/es: Facultad de Ciencias de la Alimentación, Universidad Nacional de Entre Ríos. Monseñor Tavella 1450 - Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Contacto: [matias.musumeci@uner.edu.ar](mailto:matias.musumeci@uner.edu.ar)

ARK: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s22504559/pt1tak5x0>

### Resumen

*Botrytis cinerea*, agente causal del moho gris, es el principal fitopatógeno que afecta al arándano y es controlado principalmente por fungicidas químicos a campo, dado que su aplicación en poscosecha no está permitida. Esta práctica produce contaminación ambiental y genera resistencia, además de limitar el acceso al mercado orgánico. Tratamientos alternativos que contribuyan a una producción sustentable del arándano resultan sumamente relevantes. El objetivo del presente proyecto fue evaluar la capacidad de compuestos volátiles (CV) producidos por *Trichoderma atroviride* IC-11 para controlar *B. cinerea* en arándanos poscosecha. Ensayos in vitro determinaron que estos CV inhibieron eficientemente a *B. cinerea*. El CV más abundante fue 6-pentil- $\alpha$ -pirona (6PP), un compuesto GRAS. Ensayos in vitro con 6PP puro confirmaron su actividad antifúngica. La incidencia del moho gris fue evaluada en arándanos inoculados con *B. cinerea* y expuestos a CV producidos por *T. atroviride* IC-11, obteniéndose valores de 17% después de 14 días a 20°C, mientras que el testigo alcanzó el 100%. Citotoxicidad selectiva del 6PP contra *B. cinerea* pero no contra células humanas intestinales fue observada a concentraciones inhibitorias del moho gris. La micofumigación de arándanos con CV producidos por *T. atroviride* IC-11 es una estrategia promisoriosa para controlar a *B. cinerea*.

**Palabras clave:** 6-pentil- $\alpha$ -pirona, micofumigación, *Trichoderma*, *Botrytis cinerea*, arándano

### Objetivos propuestos y cumplidos

### Objetivos específicos

1. Evaluar la capacidad de compuestos volátiles producidos por *T. atroviride* IC-11 para inhibir a *B. cinerea* in vitro y comprobar la presencia de 6PP mediante cromatografía gaseosa y detección por espectrometría de masas (GC-MS).
2. Optimizar la producción de 6PP.
3. Evaluar la capacidad del 6PP para controlar *B. cinerea* en arándanos poscosecha.
4. Análisis microscópico del efecto de volátiles de *T. atroviride* IC-11 sobre *B. cinerea*.
5. Evaluar el efecto del tratamiento de volátiles sobre la calidad de arándanos.

### Marco teórico y metodológico

De acuerdo a lo establecido por las Naciones Unidas, uno de los grandes desafíos que afronta la humanidad es incrementar la productividad agrícola y la producción alimentaria de manera sostenible para alimentar a una creciente población mundial. Para ello, son necesarios cambios profundos en el sistema agroalimentario mundial, con la inclusión de prácticas sustentables que aumenten la productividad pero que mejoren progresivamente la calidad del suelo y la tierra (Objetivo sustentable 2.4 de las Naciones Unidas, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>).

Los patógenos de plantas infectan cultivos tanto en el campo como en poscosecha y pueden causar importantes pérdidas de producción agrícola, representado un riesgo para la producción anual de alimentos a nivel global (Savary et al., 2019). El control biológico involucra el empleo de organismos vivos (antagonistas) para inhibir el crecimiento de patógenos de cultivos y es una actividad promisorio para el manejo de enfermedades de plantas. Comparado con el uso de pesticidas químicos, el control biológico ofrece distintas ventajas: i) No produce resistencia, ii) No produce contaminación ambiental, iii) Ofrece resultados permanentes en el largo plazo, iv) Evita la proliferación de plagas secundarias, v) Es compatible con la producción orgánica y cumple con las exigencias de mercados rentables respecto a límites de residuos químicos en frutas y vegetales (Ab Rahman et al., 2018). Como desventaja, no ejerce efectos curativos y no es recomendable en condiciones de elevada presión de patógenos (Harman, 2000).

Existen diversos agentes antagonistas utilizados para el control biológico de plagas, destacándose *Trichoderma* como uno de los géneros con mayor potencial para el control de enfermedades fúngicas, bacterianas, virales e incluso nematodos (Thambugala et al., 2020).

*Trichoderma* es un género de hongo filamentoso ubicuo, saprófito, simbiote de plantas y no virulento que habita principalmente en los suelos. Es utilizado ampliamente en agricultura como antifúngico natural para el control de enfermedades y para mejorar el rendimiento de cultivos a través de aplicaciones foliares, tratamiento de semillas o suelos (Guzmán-Guzmán et al., 2019). *Trichoderma* presenta además otros beneficios para los cultivos, dado que promueve el crecimiento de raíces, mejora el rendimiento en condiciones de stress e incrementa la capacidad fotosintética de las plantas (Harman et al., 2021; Kashyap et al., 2017).

Su amplio uso como fungicida natural se debe al repertorio de mecanismos de antibiosis que puede ejecutar. *Trichoderma* presenta mecanismos de acción directa sobre

patógenos como micoparasitismo, rápida colonización de espacio y nutrientes, secreción de enzimas con actividad antifúngica capaces de hidrolizar polisacáridos de la pared celular de hongos patógenos como quitinasas y glucanasas; y producción de antimicrobianos como terpenos, pironas y péptidos biológicamente activos (Sood et al., 2020). También emplea mecanismos de control indirecto, los cuales actúan fortaleciendo a los cultivos y previniendo así su infección, entre ellos se destacan inducción de la inmunidad sistémica de la planta (priming), modificación de la rizósfera (rhizosphere competence) y promoción del crecimiento de plantas (Sood et al., 2020; Verma et al., 2007).

Su campo de aplicación no se limita únicamente a cultivos en campo ó invernaderos ya que se ha reportado su uso como antifúngico natural en poscosecha para el biocontrol de una gran variedad de patógenos de distintas frutas (Batta, 2007; González-Estrada et al., 2018). A modo de ejemplos se pueden citar aplicaciones exitosas de *Trichoderma* spp. para el control de antracnosis (*Colletotrichum musae*) en banana y mamón, moho gris (*Botrytis cinerea*) en uva, kiwi, pera y frutilla y podredumbres en guayaba y cereza causadas por *Phomopsis psidi*, *Rhizopus* spp. y *Alternaria alternata* (Sangeetha et al., 2009, Valenzuela, 2015 #324; Sharma et al., 2009). También se destaca su aplicación para el control de cepas del moho verde (*Penicillium digitatum*) resistente a fungicidas en cítricos poscosecha (Ferreira et al., 2020).

Sin embargo, para ejercer su efecto antagonista, *Trichoderma* no necesariamente debe ser aplicado en forma de suspensiones conidiales o masa micelial, ya que produce compuestos químicos que generan antibiosis en diferentes patógenos. Algunas cepas de *T. viride*, *T. atroviride* y *T. asperellum* producen un compuesto volátil llamado 6-pentil- $\alpha$ -pirona (6PP) que reúne características ideales para ser aplicado en poscosecha dado que no presenta riesgos para la salud humana, más aún, es utilizado como aromatizante natural en la industria de alimentos debido a su característico aroma a coco (da Penha et al., 2019). Gracias a su naturaleza volátil podría aplicarse en prácticas de biofumigación, una estrategia que permitiría el empleo de bioactivos naturales producidos por *Trichoderma* sin la necesidad de aplicar esporas o micelios en frutos. Esta característica representa una ventaja en condiciones donde la presencia de microorganismos antagonistas en la superficie de frutos no es deseada, como en el caso de frutos cuya cáscara es consumida, por ejemplo el arándano.

El 6PP logró inhibir el crecimiento de *Rhizoctonia solani* en un 70%, mientras que inhibió completamente la germinación de esporas de *Fusarium oxysporum* en ensayos in vitro (Scarselletti et al., 1994). Se cree que el 6PP ejerce antibiosis mediante adsorción en estructuras lipofílicas de esporas, bloqueando así la absorción de agua debido a la formación de un film hidrofóbico sobre la pared celular (Poole et al., 1998; Scarselletti et al., 1994).

El arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.) es un fruto producido por un arbusto perenne que es consumido de diversas maneras, como fruto fresco, en mermeladas, jugos, etc. Los arándanos son ricos en antocianinas, el pigmento involucrado en la coloración azul característica, las cuales proporcionan distintos beneficios para la salud humana (Silva et al., 2020). El arándano es afectado por distintos patógenos fúngicos en diferentes estadios de la producción. En poscosecha se destacan las podredumbres causadas por *Alternaria tenuissima*, *Botrytis cinerea* y en menor medida *Colletotrichum* spp. y *Rhizopus* spp. (Lambert, 1990). *B. cinerea* además infecta capullos en etapa de floración. Estas enfermedades son controladas principalmente a través del uso de

fungicidas químicos a campo, dado que su aplicación en poscosecha no está permitida. El uso intensivo y erróneo de fungicidas químicos ha favorecido la proliferación de cepas tolerantes, inclusive en nuestro país (Saito et al., 2016; Sautua et al., 2019). Este problema, sumado a las exigencias impuestas por mercados compradores respecto a límites mínimos de fungicidas químicos en frutos y la necesidad de productos orgánicos, demandan alternativas sustentables que tiendan a disminuir el uso intensivo de fungicidas. En este contexto, *Trichoderma* emerge como una herramienta promisoriosa.

El presente proyecto propone aplicar el compuesto natural 6PP producido por *T. atroviride* IC-11 en poscosecha para controlar la enfermedad del moho gris en arándanos.

Para cumplir con los objetivos propuestos, se aplicaron técnicas de microbiología y Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (GC-MS). Las técnicas de microbiología permitieron cuantificar el grado de inhibición de *B. cinerea* por parte de la atmósfera volátil producida por *T. atroviride* IC-11, tanto in vitro como in vivo. También permitieron analizar posibles mecanismos de inhibición del crecimiento de *B. cinerea*. La metodología empleada se encuentra detallada en (Bello et al., 2022).

## Síntesis de resultados y conclusiones

Para conocer si los CV producidos por *T. atroviride* IC-11 (previamente aislada por nuestro grupo) pueden inhibir a *B. cinerea*, una placa de PDA colonizada por *T. atroviride* IC-11 fue colocada en la base y tapada con una placa de PDA inoculada con *B. cinerea*. Las placas fueron selladas con parafilm e incubadas a 20 °C. Al cabo de 7 días no se observó crecimiento de *B. cinerea*, mientras que en un testigo sin tratamiento, *B. cinerea* colonizó la placa en su totalidad. Estos resultados sugirieron que los CV producidos por *T. atroviride* IC-11 presentan actividad antifúngica contra *B. cinerea*.

Los CV producidos por *T. atroviride* IC-11 fueron identificados mediante GC-MS. Los resultados confirmaron la presencia de 6PP como el compuesto más abundante. Otros compuestos identificados fueron 2-pentilfurano, terpenos y pironas, los cuales no resultan tóxicos en bajas dosis. El 6PP es clasificado como una sustancia GRAS y su uso en la industria de alimentos y cosméticos está permitido como agente aromatizante o adyuvante (Gomes et al., 2020). Estos resultados sugieren que los CV producidos por *T. atroviride* IC-11 no presentarían un riesgo para la salud humana.

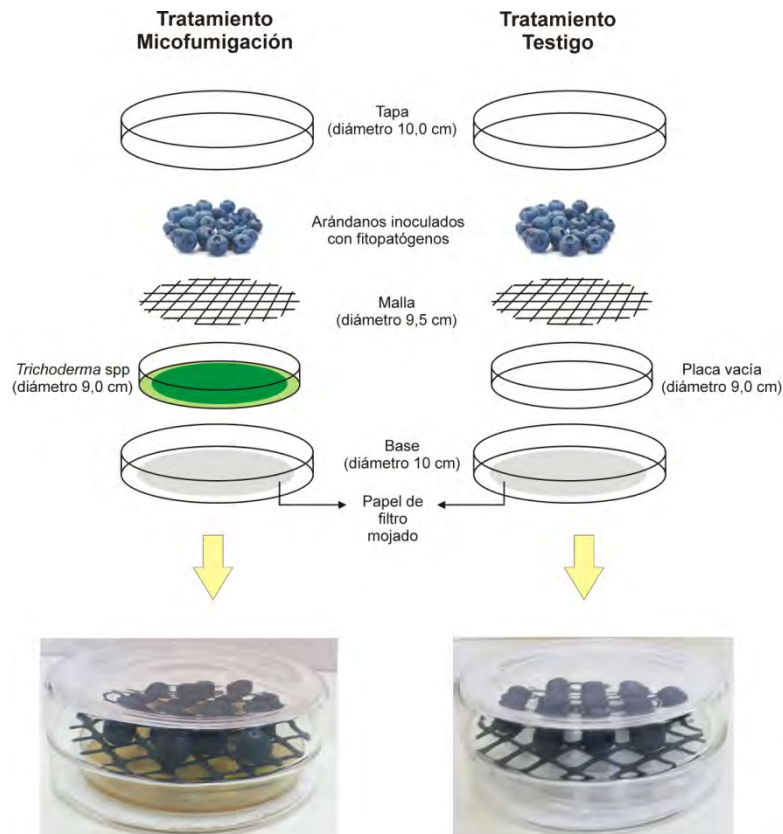
Para confirmar que la actividad antifúngica se debe al 6PP, placas de Petri conteniendo PDA e inoculadas con *B. cinerea* fueron invertidas y expuestas a distintos volúmenes de 6PP en la base. Diferencias significativas fueron observadas entre tratamientos conteniendo distintos volúmenes de 6PP y 0 µL, mostrando un efecto inhibitorio dependiente de la concentración de 6PP.

Para optimizar la producción de 6PP, *T. atroviride* IC-11 fue crecida en distintos medios de cultivo como PDA, SDA y MEA y la señal de 6PP fue analizada en los espectros de GC-MS. La mayor producción de 6PP fue observada en medio SDA mientras que MEA produjo la menor proporción.

La capacidad de CV producidos por *T. atroviride* IC-11 fue ensayada in vivo. Para ello, arándanos fueron inoculados con una dosis virulenta de *B. cinerea* e incubados en cámaras de micofumigación específicamente diseñadas para exponer los frutos a CV (Figura 1). La incidencia del moho gris fue calculada como el porcentaje de frutos con síntomas de la enfermedad, obteniéndose 17% en tratamiento con CV producidos por

*T. atroviride* IC-11 al cabo de 14 días a 20 °C, mientras que 100% fue observada en el testigo sin tratamiento *Trichoderma*. Estos resultados sugieren que los CV producidos por *T. atroviride* IC-11 resultan efectivos para inhibir el crecimiento de *B. cinerea* in vivo.

Para conocer si CV producidos por *T. atroviride* IC-11 afectan la calidad de arándanos, distintos parámetros fueron evaluados como acidez titulable, sólidos totales, pH, pérdida de peso y textura, empleando cámaras de microfumigación donde los frutos no fueron inoculados con *B. cinerea*. No se observaron diferencias significativas con respecto a un testigo sin tratamiento *Trichoderma*, lo que sugiere que los CV no afectan la calidad de arándanos.



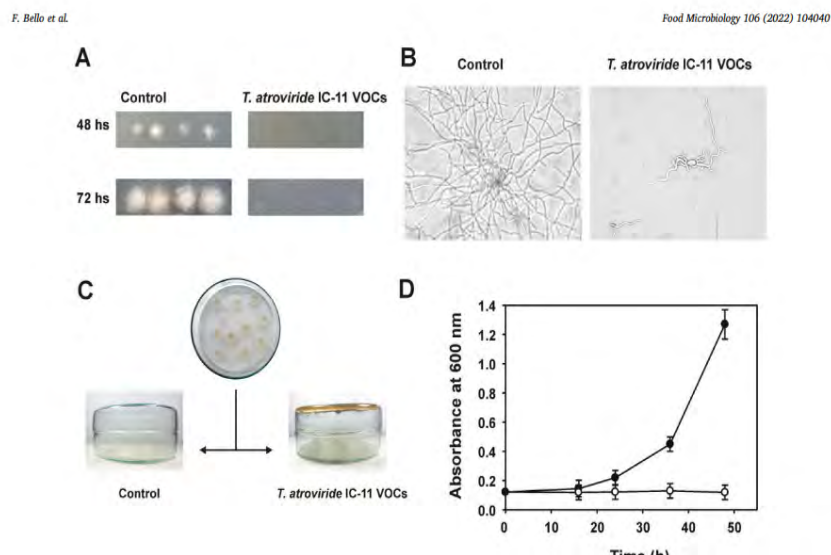
**Figura 1.** Cámaras de microfumigación con *Trichoderma atroviride* IC-11 y tratamiento testigo.

El efecto de los mencionados CV sobre el crecimiento de *B. cinerea* fue investigado mediante experimentos cualitativos y cuantitativos. Alícuotas de 10  $\mu$ L de *B. cinerea*  $1 \times 10^4$  conidios/mL fueron sembradas en portaobjetos conteniendo un bloque de PDA e incubados en cámaras de microfumigación a 28°C durante 48 y 72 hs y comparados con un testigo sin tratamiento *Trichoderma*. Inhibición del crecimiento de *B. cinerea* fue evidente, mientras que observaciones microscópicas mostraron menor desarrollo de filamentos e hifas (Figura 2A y 2B). El mismo efecto fue analizado cuantitativamente en medio líquido, midiendo el crecimiento de *B. cinerea* mediante absorbancia a 600 nm. Los resultados mostraron una evidente inhibición del crecimiento de *B. cinerea* (Figura 2C y 2D). El efecto sobre la germinación de conidios también fue analizado siguiendo

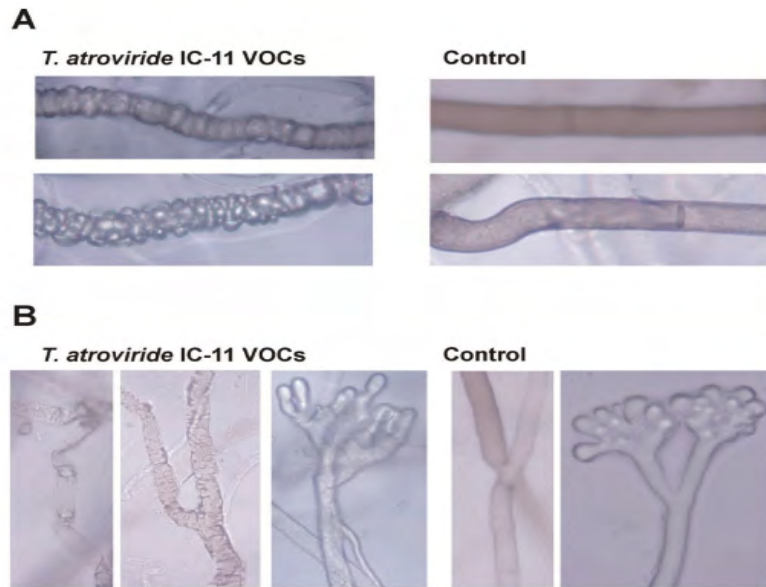
un procedimiento similar. Germinación en el orden del 20% fue observada en presencia de CV producidos por *T. atroviride* IC-11, mientras que el testigo mostró un 90%. Estos resultados sugieren que los CV producidos por *T. atroviride* IC-11 pueden inhibir eficientemente el crecimiento de micelio y la germinación de conidios de *B. cinerea*.

Observaciones microscópicas también evidenciaron la presencia de burbujas en la superficie de filamentos de *B. cinerea* expuestos a CV producidos por *T. atroviride* IC-11 (Figura 3A). De esta manera, los volátiles pueden adsorberse en membranas celulares de *B. cinerea*, causando su deterioro. El desarrollo de vacuolas en filamentos, lo cual corresponde a un mecanismo de defensa frente a la desintegración de membranas celulares, también resultó evidente (Figura 3B).

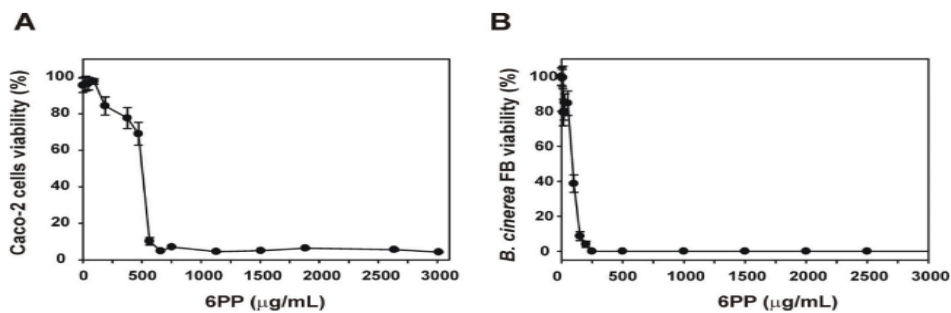
Para conocer potenciales efectos tóxicos en la salud humana, células humanas intestinales Caco-2 fueron expuestas a distintas concentraciones de 6PP, considerando que es el principal compuesto volátil producido por *T. atroviride* IC-11. Baja toxicidad fue observada en el rango de 0–188.25  $\mu\text{g}/\text{mL}$  de 6PP, con porcentajes de viabilidad variando entre 95% y 84%; mientras que moderada toxicidad fue observada en 376.5–470.63  $\mu\text{g}/\text{mL}$  (77%–69%) y alta citotoxicidad fue observada a 564.75  $\mu\text{g}/\text{mL}$  de 6PP, mostrando 10% de viabilidad celular. No se observaron efectos citotóxicos a la concentración de 6PP detectada en arándanos (2.24  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) (Figura 4A). La mitad de concentración inhibitoria máxima (IC50) del 6PP para las células humanas fue calculada y correspondieron a 501,1  $\mu\text{g}/\text{mL}$  para células Caco-2, mientras que fue 92,8  $\mu\text{g}/\text{mL}$  para *B. cinerea* (Figura 4B). Estos resultados muestran que el 6PP es más tóxico para *B. cinerea* y las condiciones que resultaron inhibitorias para este hongo (150  $\mu\text{g}/\text{mL}$  6PP, 8% viabilidad) presentaron baja citotoxicidad hacia las células humanas.



**Figura 2.** Efectos de compuestos volátiles producidos por *T. atroviride* IC-11 (VOCs) sobre el crecimiento de *B. cinerea*. A) Análisis cualitativo macroscópico. B) Análisis cualitativo microscópico. C) Procedimiento para análisis cuantitativo. D) Análisis cuantitativo.



**Figura 3.** Mecanismos de acción de compuestos volátiles producidos por *T. atroviride* IC-11. A) Adsorción en filamentos de *B. cinerea*. B) Vacuolación.



**Figura 4.** Efectos del 6PP sobre el crecimiento de células humanas Caco-2 (A) y conidios de *B. cinerea* (B).

### Indicadores de producción

En el marco del presente proyecto se publicaron 3 artículos en journals internacionales con referato:

- 1) Ferreira, F. V., Bello, F., Rivadeneira, M. F., Vázquez, D., Musumeci, M. A. (2023). "Bio-control of *Penicillium digitatum* by native *Bacillus* and *Pseudomonas* strains isolated from orange peel". *Biological Control*, 186, 105340. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2023.105340>
- 2) Bello, F., Montironi, I. D., Medina, M. B., Munitz, M. S., Ferreira, F. V., Williman, C., Musumeci, M. A. (2022). "Mycofumigation of postharvest blueberries with volatile compounds from *Trichoderma atroviride* IC-11 is a promising tool to control rots caused by *Botrytis cinerea*". *Food Microbiology*, 106, 104040. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104040>
- 3) Martínez, Y. B., Ferreira, F. V., Musumeci, M. A. (2022). "l-Glutamine-, peptidyl- and protein-glutaminases: structural features and applications in the food industry". *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 38(11), 204. <https://doi.org/10.1007/s11274-022-03391-5>

## Bibliografía

- Ab Rahman, S. F. S., Singh, E., Pieterse, C. M., & Schenk, P. M. (2018). Emerging microbial biocontrol strategies for plant pathogens. *Plant Science*, 267, 102-111.
- Batta, Y. A. (2007). Control of postharvest diseases of fruit with an invert emulsion formulation of *Trichoderma harzianum* Rifai. *Postharvest Biology and technology*, 43(1), 143-150.
- Bello, F., Montironi, I. D., Medina, M. B., Munitz, M. S., Ferreira, F. V., Williman, C., . . . Musumeci, M. A. (2022). Mycofumigation of postharvest blueberries with volatile compounds from *Trichoderma atroviride* IC-11 is a promising tool to control rots caused by *Botrytis cinerea*. *Food Microbiology*, 106, 104040.
- da Penha, M. P., Rocha-Leão, M. H. M. d., & Leite, S. G. F. (2019). Freeze-Drying of 6-Pentyl- $\alpha$ -Pyrone Produced by *Trichoderma harzianum* IOC4042 in Solid State Fermentation. *Industrial Biotechnology*, 15(4), 256-262.
- Ferreira, F. V., Herrmann-Andrade, A. M., Calabrese, C. D., Bello, F., Vázquez, D., & Musumeci, M. A. (2020). Effectiveness of *Trichoderma* strains isolated from the rhizosphere of citrus tree to control *Alternaria alternata*, *Colletotrichum gloeosporioides* and *Penicillium digitatum* A21 resistant to pyrimethanil in post-harvest oranges (*Citrus sinensis* L.(Osbeck)). *Journal of Applied Microbiology*.
- Gomes, E. N., Elsherbiny, E. A., Aleem, B., & Bennett, J. W. (2020). Beyond classical biocontrol: New perspectives on *Trichoderma*. *Fungal biotechnology and bioengineering*, 437-455.
- González-Estrada, R., Blancas-Benítez, F., Montaña-Leyva, B., Moreno-Hernández, C., Romero-Islas, L. D. C., Romero-Islas, J., . . . Gutierrez-Martinez, P. (2018). A Review Study on the Postharvest Decay Control of Fruit by *Trichoderma*. *Trichoderma-The Most Widely Used Fungicide*, 63.
- Guzmán-Guzmán, P., Porrás-Troncoso, M. D., Olmedo-Monfil, V., & Herrera-Estrella, A. (2019). *Trichoderma* species: versatile plant symbionts. *Phytopathology*, 109(1), 6-16.
- Harman, G. E. (2000). Myths and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant disease*, 84(4), 377-393.
- Harman, G. E., Doni, F., Khadka, R. B., & Uphoff, N. (2021). Endophytic strains of *Trichoderma* increase plants' photosynthetic capability. *Journal of applied microbiology*, 130(2), 529-546.
- Kashyap, P. L., Rai, P., Srivastava, A. K., & Kumar, S. (2017). *Trichoderma* for climate resilient agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 33(8), 155.
- Lambert, D. (1990). Postharvest fungi of lowbush blueberry fruit. *Plant disease*, 74(4), 285-287.
- Poole, P. R., Ward, B. G., & Whitaker, G. (1998). The effects of topical treatments with 6-pentyl-2-pyrone and structural analogues on stem end postharvest rots in kiwifruit due to *Botrytis cinerea*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77(1), 81-86.
- Saito, S., Michailides, T., & Xiao, C. (2016). Fungicide resistance profiling in *Botrytis cinerea* populations from blueberry in California and Washington and their impact on control of gray mold. *Plant Disease*, 100(10), 2087-2093.
- Sangeetha, G., Usharani, S., & Muthukumar, A. (2009). Biocontrol with *Trichoderma* species for the management of postharvest crown rot of banana. *Phytopathologia Mediterranea*, 48(2), 214-225.



- Sautua, F., Baron, C., Pérez-Hernández, O., & Carmona, M. (2019). First report of resistance to carbendazim and procymidone in *Botrytis cinerea* from strawberry, blueberry and tomato in Argentina. *Crop Protection*, 125, 104879.
- Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S., Esker, P., McRoberts, N., & Nelson, A. (2019). The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nat Ecol Evol* 3: 430–439.
- Scarselletti, R., & Faull, J. (1994). In vitro activity of 6-pentyl- $\alpha$ -pyrone, a metabolite of *Trichoderma harzianum*, in the inhibition of *Rhizoctonia solani* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Mycological Research*, 98(10), 1207-1209.
- Sharma, R., Singh, D., & Singh, R. (2009). Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables by microbial antagonists: A review. *Biological control*, 50(3), 205-221.
- Silva, S., Costa, E. M., Veiga, M., Morais, R. M., Calhau, C., & Pintado, M. (2020). Health promoting properties of blueberries: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(2), 181-200.
- Sood, M., Kapoor, D., Kumar, V., Sheteiwy, M. S., Ramakrishnan, M., Landi, M., . . . Sharma, A. (2020). *Trichoderma*: The “secrets” of a multitasking biocontrol agent. *Plants*, 9(6), 762.
- Thambugala, K. M., Daranagama, D. A., Phillips, A. J., Kannangara, S. D., & Promputtha, I. (2020). Fungi vs. fungi in biocontrol: An overview of fungal antagonists applied against fungal plant pathogens. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 10.
- Verma, M., Brar, S. K., Tyagi, R., Surampalli, R., & Valero, J. (2007). Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: panoply of biological control. *Biochemical Engineering Journal*, 37(1), 1-20.

**PID 8129**

**Denominación del Proyecto**

Desarrollo de un fungicida natural para el control del moho gris en arándanos pos-cosecha

**Director**

Musumeci, Matías Alejandro

**Unidad de Ejecución**

Universidad Nacional de Entre Ríos

**Dependencia**

Facultad de Ciencias de la Alimentación

**Contacto**

[matias.musumeci@uner.edu.ar](mailto:matias.musumeci@uner.edu.ar)

**Cátedra/s, área o disciplina científica**

Química y Bioquímica de los alimentos

**Integrantes del proyecto**

Docentes Uner: Munitz, Martín Sebastián; Parma, Fernando Andrés; Subovich, Gladys Ester; Williman, Celia; Medina, Maria Belen. Colaborador Externa: Ferreira, Vanina. Becaria: Luna, Melisa Adela

**Fechas de iniciación y de finalización efectivas**

01/03/2022 y 29/02/2024

Aprobación del Informe Final por Resolución C.S. N° 187/24 (28-06-2024)