



Efectores de *Trichoderma harzianum* con potencial actividad antimicrobiana

Effectors of *Trichoderma harzianum* with Potential Antimicrobial Activity

Alejandra Itzel Bellizia-Carrillo^{1*} <http://orcid.org/0009-0008-2035-9623>

Karla Gissel Carreon-Anguiano¹ <http://orcid.org/0000-0002-6189-8024> | carreon.gisel@gmail.com

Jewel Nicole Anna-Todd¹ <http://orcid.org/0000-0003-1563-0112> | jeweltodd@gmail.com

Cesar de los Santos-Briones¹ <http://orcid.org/0000-0001-6045-3405> | sbriones@cicy.mx

Ignacio Rodrigo Islas-Flores² <http://orcid.org/0000-0002-5353-073X> | islasign@cicy.mx

Blondy Beatriz Canto-Canché¹ <http://orcid.org/0000-0003-0446-9503> | cantocanche@cicy.mx

¹Centro de Investigación de Ciencias de Yucatán, Unidad de Biotecnología,
C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México.

²Centro de Investigación de Ciencias de Yucatán, Unidad de Biología integrativa,
C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México.

*Autor de correspondencia: alejandrabelizia@gmail.com

Recibido: 25 de abril de 2025

Aceptado: 7 de mayo de 2025

Publicado: 04 de agosto de 2025

Resumen

Introducción. El uso intensivo de agroquímicos genera resistencia en fitopatógenos y efectos adversos sobre el ambiente y la salud humana. Como alternativa, los agentes de biocontrol como *Trichoderma harzianum* ganan relevancia por su capacidad antagonista y recientemente por sus proteínas efectoras. Este estudio se centra en la identificación *in silico* de efectores con potencial antimicrobiana y se selecciona al menos uno (Andrade-Hoyos *et al.*, 2023; Ayaz *et al.*, 2023). **Objetivo.** Caracterizar computacionalmente y analizar su expresión durante la interacción con *Pseudocercospora fijiensis*, expresarlo heterólo-

Abstract

Introduction. The intensive use of agrochemicals has led to the development of resistance in phytopathogens and has had adverse effects on the environment and human health. As an alternative, biocontrol agents such as *Trichoderma harzianum* become increasingly important for their ability to antagonize pathogens, and recently by its effector proteins (Andrade-Hoyos *et al.*, 2023; Ayaz *et al.*, 2023). **Objective.** This study aims to identify and functionally characterize an antimicrobial effector protein produced by *T. harzianum*, selecting at least one candidate, computationally characterize it,

gamente en *E. coli* y evaluar su actividad antimicrobiana *in vitro*. **Métodos.** La metodología empleó una estrategia mixta *in silico* e *in vitro*. A partir del genoma de *T. harzianum* y mediante los programas EffHunter y WideEffHunter, se identificaron posibles efectores que fueron evaluados con cuatro predictores de actividad antimicrobiana: AI4AMP, CAMP3, DRAMP y AMP Scanner v2. De este análisis se seleccionaron potenciales efectores antimicrobianos, en los cuales se analizó la presencia de motivos MYC en sus regiones promotoras. Paralelamente, se realizó una búsqueda de efectores con actividad antimicrobiana confirmada experimentalmente para identificar homólogos en *T. harzianum* (Carreón-Anguiano *et al.*, 2020; 2023). **Resultados y discusión.** Se revelaron más de 5 000 posibles efectores en el genoma de *T. harzianum*. De estos, 34 mostraron potencial actividad antimicrobiana con base en los cuatro predictores utilizados. Se identificó, mediante homología, un posible efector antimicrobiano con actividad de ribotoxina, y se encontraron motivos MYC en regiones promotoras de genes relacionados con micoparasitismo. **Conclusión.** Se encontraron 34 efectores en el genoma de *T. harzianum* con potencial actividad microbiana.

Palabras clave

Antagonismo, antifúngico, fitopatógenos, homología, motivos

analyzing its expression during interaction with *Pseudocercospora fijiensis*, expressing it heterologously in *E. coli* and evaluate its antimicrobial activity *in vitro*. **Methods.** It was employed a mixed *in silico* and *in vitro* approach. Potential effectors were identified from the *T. harzianum* genome using the EffHunter and WideEffHunter programs and evaluated with four predictors of antimicrobial activity: AI4AMP, CAMP3, DRAMP and AMP Scanner v2. Through this analysis, potential antimicrobial effectors were selected, and the presence of MYC motifs was examined. Concurrently, a search for effectors with confirmed antimicrobial activity was conducted to find homologues in *T. harzianum* (Carreón-Anguiano *et al.*, 2020; 2023). **Results and discussion.** Uncover over 5 000 potential effectors in the *T. harzianum* genome, with 34 showing potential antimicrobial activity based on the four predictors. A potential antimicrobial effector with ribotoxin activity was identified through homology, and MYC motifs were discovered in the promoter regions of genes related to mycoparasitism. **Conclusion.** Thirty-four effectors were found in the *T. harzianum* genome with potential microbial activity.

Keywords

Antagonism, antifungal, phytopathogens, homology, motifs.

Literatura citada

- Andrade-Hoyos, P.; Rivera-Jiménez, M. N.; Landero-Valenzuela, N.; Silva-Rojas, H. V.; Martínez-Salgado, S. J. y Romero-Arenas, O. (2023). Beneficios ecológicos y biológicos del hongo cosmopolita *Trichoderma* spp. en la agricultura: una perspectiva en el campo mexicano. *Revista Argentina de Microbiología*. 55(4): 366-377. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.06.005>
- Ayaz, M.; Li, C. H.; Ali, Q.; Zhao, W.; Chi, Y.-K.; Shafiq, M.; Ali, F.; Yu, X.; Yu, Q.; Zhao, J.; Yu, J.; Qi, R. y Huang, W. (2023). Bacterial and fungal biocontrol agents for plant disease protection: Journey from lab to field, current status, challenges, and global perspectives. *Molecules*. 28(6735). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules28186735>
- Carreón-Anguiano, K. G.; Islas-flores, I.; Vega-arreguin, J.; Sáenz-Carbonell, L. y Canto-Canché, B. (2020). EffHunter: A tool for prediction of effector protein candidates in fungal proteomic databases. *Biomolecules*. 10(712): 21. <https://doi.org/10.3390/biom10050712>
- Carreón-Anguiano, K. G.; Anna-Todd, J. N.; Chi-Manzanero, B. H.; Couoh-Dzul, O. J.; Islas-Flores, I. y Canto-Canché, B. (2022). WideEffHunter: An algorithm to predict canonical and non-canonical effectors in fungi and oomycetes. *International Journal of Molecular Sciences*. 23: 13567. <https://doi.org/10.3390/ijms232113567>