

Una batalla co-evolutiva por ser el mejor

A co-evolutionary battle to be the best

Ana María Huerta Olalde y Rafael Salgado Garciglia

Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana
de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México

Contacto: rafael.salgado@umich.mx

Resumen. La interacción que existe entre las plantas y sus hongos patógenos son un claro ejemplo de una batalla constante entre los sistemas de defensa de las plantas y las estrategias de infección de los hongos. Los hongos invaden las plantas a través de heridas, estomas u otras estructuras, y comienzan a descomponer los tejidos vegetales para alimentarse. Esta invasión activa una respuesta de defensa en la planta, que incluye la producción de compuestos antimicrobianos, la formación de barreras físicas y el refuerzo de las paredes celulares para limitar la propagación del hongo. Sin embargo, muchos hongos fitopatógenos, como *Botrytis cinerea*, tienen mecanismos para evadir o contrarrestar las defensas de las plantas, lo que les permite continuar su infección y reproducción. A medida que el hongo se propaga, puede causar diversos síntomas en la planta, como manchas en las hojas, marchitamiento, podredumbre o deformidades en los frutos. Estos daños no solo afectan la salud de la planta, sino que también pueden reducir la productividad agrícola. La planta, en su lucha por sobrevivir, puede experimentar estrés que la hace más vulnerable a otros patógenos y condiciones adversas.

Palabras clave: Interacción, plantas y hongos, *Botrytis cinerea*

Abstract. The interaction between plants and their fungi is a clear example of a constant battle between plant defense systems and fungal infection strategies. Fungi invade plants through wounds, stomata, or other structures, and begin to decompose plant tissues to feed. This invasion triggers a defense response in the plant, which includes the production of antimicrobial compounds, the formation of physical barriers, and the reinforcement of cell walls to limit the spread of the fungus. However, many phytopathogenic fungi, such as *Botrytis cinerea*, have mechanisms to evade or counteract plant defenses, allowing them to continue their infection and reproduction. As the fungus spreads, it can cause various symptoms in the plant, such as leaf spots, wilting, rot, or fruit deformities. This damage not only affects the health of the plant but can also reduce agricultural productivity. The plant, in its struggle to survive, can experience stress that makes it more vulnerable to other pathogens and adverse conditions.

Key words: interaction, plants and fungi, *Botrytis cinerea*

causar, y las estrategias de hábitos ecológicos, formas de nutrición y especificidad de las interacciones que utilizan para ello.

Un ejemplo de lo complejo de esta batalla y de la versatilidad que presentan los hongos es la enfermedad del “moho gris” ocasionada por el hongo necrótrofo *Botrytis cinerea*. Las pérdidas económicas anuales ocasionadas por este patógeno fácilmente exceden los 10 mil millones de dólares alrededor del mundo (Fillinger y Elad, 2016). Si esto no fuera suficiente, tiene la enorme capacidad de infectar alrededor de 500 especies de plantas entre las que se encuentran la fresa, la zarzamora, el tomate y la coliflor. Además, puede infectar diferentes partes de la planta como los meristemas florales, las hojas, flores, frutos y semillas, y para darle un plus a su complejidad, la enfermedad se hace presente en frutos antes y después de la cosecha (Hua *et al.*, 2018; Saravanukumar *et al.*, 2018).

Además de todas las características antes mencionadas los hongos han desarrollado diversos mecanismos de infección que les permiten funcionar como agentes patógenos. Estos mecanismos incluyen la síntesis y liberación de enzimas que degradan la pared celular de las plantas, la formación de estructuras especializadas de fijación y penetración en las células de su hospedante y la producción de sustancias tóxicas consideradas como las armas especiales del patógeno. Todas estas formas de agresión por parte del patógeno provocan diversas alteraciones al tejido vegetal, como amarillamiento de las hojas, necrosis o marchitamiento, y además le permite al microorganismo manipular la fisiología de la célula hospedera en su beneficio. Entonces, siendo *Botrytis cinerea* y otros hongos fitopatógenos un enemigo tan preparado para atacar

¿Cómo podrían las plantas sobrevivir ante un enemigo tan “poderoso”?

Un arsenal para defenderse

Para una planta, defenderse de un microorganismo fitopatógeno no es una tarea fácil, mucho menos cuando tienes enemigos tan complejos y con un arsenal tan grande para atacar. La

Introducción

Como es bien sabido por todos, las plantas son organismos sésiles, es decir, no pueden moverse y por ende tampoco pueden defenderse como lo hacemos los animales, en la naturaleza las plantas al igual que nosotros, interactúan con un gran número de organismos patógenos, en otras palabras, tienen una enorme cantidad de enemigos, algunos de ellos son pequeños como los hongos, las bacterias, los virus y los oomicetes, y otros son grandes como los insectos, los ácaros, los nemátodos, los moluscos, los pulgones y los gusanos oruga, los cuales, no descansan hasta terminar con ellas.

Sin embargo, como consecuencia de la adaptación evolutiva mutua entre los organismos patógenos y las plantas, estas últimas normalmente permanecen sanas.

Enemigos por siempre

Entre los enemigos naturales de las plantas encontramos al megadiverso grupo de los hongos, considerado por muchos investigadores y productores como el más importante y “poderoso”, pero ¿Qué lo hace tan “poderoso”? Existen alrededor 150 mil especies de hongos. Se considera que más de 8,000 de ellas producen alguna enfermedad en plantas y según datos proporcionados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), cada año se pierde entre el 20 y el 40% de la producción mundial de los principales cultivos por culpa de enfermedades.

A lo anterior se suma su extrema versatilidad para atacar una gran variedad de especies y diferentes órganos vegetales, la diversidad de síntomas y enfermedades que pueden

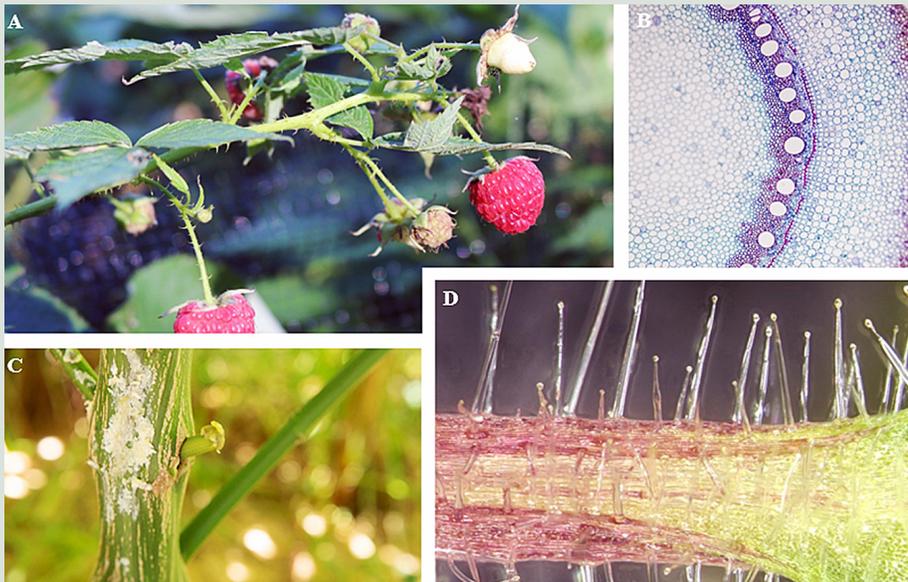


Figura 1. Barreras físicas. A) Espinas: brindan protección contra herbívoros y depredadores; B) Lignina: refuerza la pared celular lo que dificulta la entrada de patógenos; C) Ceras: forman una capa protectora impermeable que impide el ataque de parásitos e insecto, y D) Tricomas: protegen contra el daño causado por los insectos herbívoros principalmente.

defensa implica para la planta un elevado costo energético y nutricional, sin embargo, como respuesta al patógeno las plantas han desarrollado diferentes barreras de defensa que les proporcionan resistencia a la infección frente a los hongos. Hablemos entonces del sistema inmune de las plantas, si como leíste bien, ¡un sistema inmune! Si bien las plantas no presentan un sistema inmune tal como en los animales, estas emplean dos tipos de defensas principales. Primero están las defensas constitutivas, que se encuentran activas todo el tiempo y serían el equivalente al sistema inmune innato de los animales. Después, están las defensas inducidas, que sería el sistema inmune adaptativo y se activan exclusivamente cuando la planta percibe el ataque del patógeno (Laredo *et al.*, 2017; Giménez- Ibáñez, 2021).

Sin ningún tipo de estímulo, las defensas constitutivas también llamadas barreras físicas implican una modificación morfológica y/o estructural, en pared celular, tricomas, espinas, ceras e incluso compuestos químicos repelentes, antinutritivos o toxinas (Figura 1). Por su parte, las defensas inducidas representan un gasto energético para el organismo que podría ser empleado para el crecimiento o la reproducción; por lo tanto, sólo son activadas en casos muy específicos, como el ataque de patógenos (Morales-Santos y Sánchez- Hernández, 2022).

La lucha entre las plantas y sus patógenos es un proceso complejo; es una batalla a muerte por ser el mejor, mientras que las plantas sintetizan sustancias protectoras como parte de sus mecanismos de defensa, los hongos producen enzimas que metabolizan y contrarrestan las defensas químicas de la planta. Siguiendo el caso antes mencionado de *Botrytis cinerea*, se sabe que este hongo produce enzimas poligalacturonasas cuya función principal es degradar la pared celular vegetal, por su parte la planta produce proteínas inhibitoras de poligalacturonasas (PIPG) que como bien lo dice su nombre inhibe las enzimas producidas por el patógeno. Así como esta interacción se podría enlistar una infinidad de enfermedades que pueden causar la muerte incluso de todas las cosechas.3

Como podemos darnos cuenta, la batalla por ser el mejor es un proceso largo y complejo, que implica que ambos contendientes utilicen sus mejores armas para ganar la batalla, es una lucha coevolutiva donde por cada arma nueva que utilice el hongo la planta responderá con una mejor, por lo tanto, la batalla de dominancia coevolutiva es una historia que continuará.

Conclusión

La interacción que existe entre plantas y hongos patógenos es un

proceso complejo que tiene importantes implicaciones en la salud de las plantas y en la productividad agrícola. Los hongos patógenos invaden las plantas, afectando sus tejidos y alterando su funcionamiento, lo que puede resultar en enfermedades que disminuyen su crecimiento, rendimiento y, en algunos casos, conducen a la muerte de la planta. Aunque las plantas poseen mecanismos de defensa para contrarrestar estas infecciones, la constante evolución de los hongos patógenos y la presión ambiental pueden superar estas defensas. Esta relación nos muestra la importancia de estudiar los mecanismos de resistencia en las plantas y el desarrollo de estrategias para mitigar los efectos de las enfermedades fúngicas, como el uso de fungicidas, prácticas agrícolas sostenibles y por supuesto el mejoramiento genético de cultivos. En conclusión, aunque los hongos patógenos representan una amenaza significativa, entender su interacción con las plantas es clave para proteger los ecosistemas y la agricultura.

Referencias

- Giménez- Ibáñez, S. (2021). Designing disease-resistant crops: From basic knowledge to biotechnology. *Metode Science Studies Journal*, 11, 47-53. <https://doi.org/10.7203/metode.11.15496>.
- Morales- Santos, T. M. y Sánchez- Hernández, H. (2022). Mecanismos Inmunológicos en las plantas. *Ciencia*, 73 (4), 79-79. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/73_4/#p=75
- Laredo, E., J. L. Martínez, L. Guillén y D. Hernández (2017). Aplicación de ácido jasmónico como inductor de resistencia vegetal frente a patógenos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(3):673-683. 10.29312/remexca.v8i3.40
- Fillinger, S. y Elad, Y. (2016). *Botrytis-the Fungus, the Pathogen and its Management in Agricultural Systems*. Pub. Springer, New York. 10.1007/978-3-319-23371-0
- Hua, L., Yong, C., Zhanquan, Z., Boqiang, L., Guozheng, Q., y Shiping, T. (2018). Pathogenic mechanisms and control strategies of *Botrytis cinerea* causing post-harvest decay in fruits and vegetables. *Food Quality and Safety*, 2(3), 111-119. doi:10.1093/fqsafe/fyy016.
- Saravanukumar, K., Lu, Z., Xia, H., Wang, M., Sun, J., Wang, S., y Chen, J. (2018). Triggering the biocontrol of *Botrytis cinerea* by *Trichoderma harzianum* through inhibition of pathogenicity and virulence related proteins. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 5(2). 571- 279. <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2018e A214>