

Hongos endófitos: innovadora alternativa de **protección vegetal**



Lorena Barra B.
Ingeniera Civil Industrial /
Ingeniera Agrónoma, Mg.Cs., Dra.
Investigadora INIA Quilamapu



Karen Parra A.
Ingeniera Agrónoma
Ayudante de investigación
INIA Quilamapu



Javiera Ortiz C.
Ingeniera Agrónoma,
Ayudante de investigación
INIA Quilamapu



Patricio Parra H.
Ingeniero Ejecución Agrícola,
Ayudante de investigación
INIA Quilamapu



El actual crecimiento de la población mundial trae como desafío no sólo el aumento de la producción de alimentos, sino también que éstos sean más inocuos y saludables; desafío que es posible de alcanzar mediante el uso de tecnologías sustentables. El control biológico, a través de los hongos entomopatógenos, se presenta como una alternativa para cumplir con este objetivo. Estos hongos han sido estudiados para el control de insectos, sin embargo, durante los últimos años el foco de estudio se ha centrado en su actividad como endófitos de plantas, proyectándose como una novedosa herramienta para la protección de los cultivos.

Los hongos endófitos viven en el interior de las plantas sin causarles daño aparente. Pueden pasar parte o todo su ciclo de vida dentro de ellas, estableciendo una asociación simbiótica de proto-cooperación para beneficio mutuo. Están asociados a la mayoría de las especies de plantas, encontrándose en forma natural en el ecosistema, por lo que son considerados como un socio extremadamente importante para las plantas.

En esta relación, la planta proporciona a los hongos alimentos y un lugar donde vivir, mientras que el hongo le ayuda a tolerar estreses abióticos¹, a resistir plagas y enfermedades, además de promover su crecimiento. Algunos de estos hongos tienen la particularidad de que pueden vivir fuera de la planta como saprófitos, lo que representa una ventaja a la hora de pensar en el desarrollo de productos comerciales para su uso en la agricultura. Los endófitos pueden encontrarse de forma natural en las plantas y también

pueden ser inoculados de forma artificial mediante pulverizaciones a las hojas y flores, a las raíces a través de suspensiones o aplicaciones al sistema de riego, inyecciones al tallo y a las semillas mediante el peletizado.

Actualmente, el Banco de Recursos Genéticos Microbianos (BRGM) de INIA en Chillán, cuenta con una colección de más de 1.300 cepas nativas de hongos de los géneros *Beauveria* y *Metarhizium*, de las cuales 140 cepas han sido evaluadas en su capacidad de colonizar endófitamente distintas especies cultivadas. Los resultados han sido muy promisorios, ya que el 88 % de las cepas colonizan distintos órganos de las plantas; es decir, 73 cepas pueden ingresar a la planta y, muchas de ellas, desarrollarse de forma sistémica o moverse de las raíces a las hojas o viceversa. Estos estudios de colonización se han realizado en un importante número de especies, destacando hortalizas como tomate, pepino, pimiento, ají, repollo, coliflor, brócoli y lechuga; frutales como cerezo, avellano y vides;

frutales menores como frambuesa y arándanos; cereales como trigo y maíz; leguminosas de grano como soya y poroto; además de especies forestales como pino y eucalipto.

Desde el punto de vista de sus aplicaciones en la agricultura, varios investigadores sugieren que estos endófitos podrían tener la capacidad de controlar, simultáneamente, plagas y enfermedades.

Potencial del hongo endófito *Beauveria bassiana* en el control de enfermedades

Beauveria bassiana es la especie con más reportes como endófito antagonista de enfermedades de plantas, causadas no sólo por hongos, sino que también por bacterias y virus. La protección de este endófito frente al ataque de patógenos se produce por mecanismos directos como la competencia, el parasitismo y la antibiosis (producción de metabolitos primarios, secundarios, enzimas o compuestos volátiles) e indirectos como la inducción de resistencias.

Su habilidad como antagonista de hongos fitopatógenos podría ser consecuencia de la acción de uno de estos mecanismos o por una acción conjunta de ellos; sin embargo, el

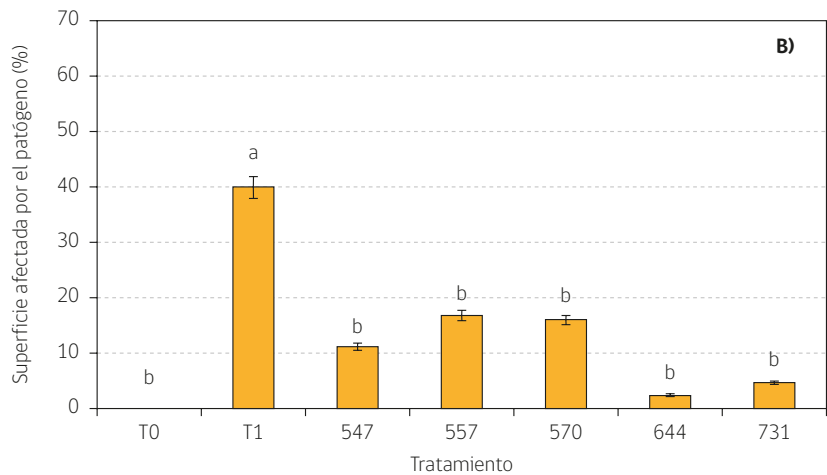
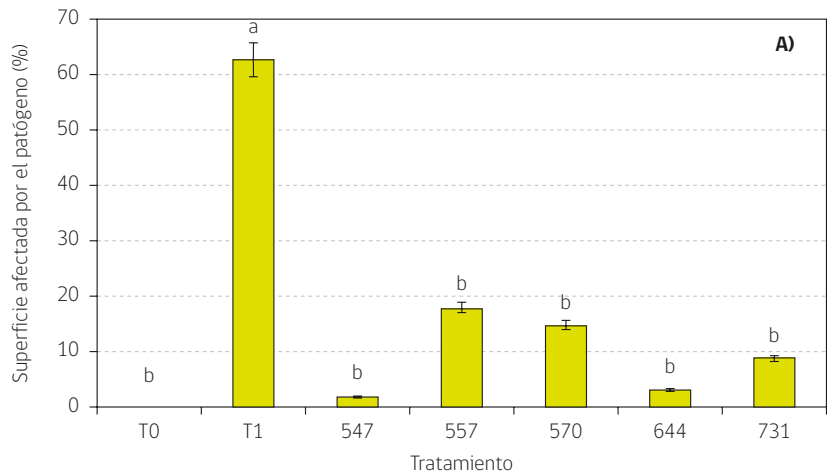
¹ Estrés abiótico: impacto negativo de los factores no vivos en los organismos vivos en un entorno específico. Por ejemplo, temperatura, sequía, precipitaciones, viento, suelo, etcétera.

conocimiento en este ámbito es aún escaso.

Para determinar el potencial de este hongo en el control de *Botrytis cinerea* (agente causal de la enfermedad conocida como pudrición gris) en tomate y ají, investigadores de INIA Quilamapu realizaron evaluaciones de la acción antifúngica de cinco cepas nativas pertenecientes al Banco de Recursos Genéticos Microbianos. A nivel de laboratorio se realizó el enfrentamiento del endófito frente al patógeno y se observó que todas las cepas evaluadas presentaron cierto nivel de inhibición del crecimiento del patógeno, el que fluctuó entre 30 y 39 %. Dentro de los mecanismos utilizados por el endófito para inhibir el crecimiento de *Botrytis*, destacó la antibiosis y/o competencia. Al realizar observaciones de la zona de avance en el microscopio, no se detectó micoparasitismo, lo que sugiere que las cepas evaluadas no tienen capacidad de parasitar hifas de *Botrytis cinerea*. El efecto antifúngico también se evaluó a nivel de planta, con aplicaciones del endófito a la raíz. A los diez días se inoculó el patógeno en las hojas y, posteriormente, se midió el Porcentaje de la Superficie Afectada por el Patógeno (PSAP).

En el caso del ají, el PSAP fue significativamente menor en plantas que fueron tratadas con endófitos, en comparación con plantas inoculadas con el patógeno (40 %). Los porcentajes en plantas con endófitos se movieron en el rango de 1,6 a 5 %, siendo mayor en el caso de la cepa identificada como RGM-644. Cabe destacar que las hojas de las plantas inoculadas con el patógeno en la primera semana, comenzaron a presentar síntomas de la enfermedad, mientras que en las plantas con endófitos recién se pudieron observar algunos síntomas después de la segunda semana.

En el caso del tomate, las hojas de plantas inoculadas con *Botrytis* mostraron altos porcentajes de la enfermedad (39 %), en comparación con las plantas que tenían endófitos (2-12 %). Este porcentaje resultó ser



➤ **Figura 1.** Superficie afectada (cm²) por el patógeno en hojas de ají (A) y tomate (B) 10 días después a la inoculación de *Botrytis cinerea*. Las hojas en las cuales sólo se aplicó agua (T0) se presentan asintomáticas. Las hojas de las plantas inoculadas con cepas endófitas presentan bajos porcentajes de superficie afectada (547, 557, 570, 644 y 731) mientras que las hojas que fueron inoculadas sólo con el patógeno (T1) se observan seriamente afectadas.



Figura 2. Evaluaciones de endófitos para el control de *Botrytis cinerea* y *Trialeurodes vaporariorum* (mosquita blanca) en tomate y pepino bajo invernadero. Localidad de Colín y Maule, región del Maule, temporada 2018-2019.



Figura 3. Línea de bioestimulantes producidos en base a hongos endófitos.

muy similar al obtenido en ají, ya que en el caso de las plantas con endófitos se alcanzó entre un 2 y 16 % de superficie de las hojas afectadas con la enfermedad (Figura 1). Los resultados de este estudio proporcionaron evidencia del potencial que presentan cepas endófitas nativas de *Beauveria bassiana* para el control de enfermedades.

Dado lo anterior, a través de diversos proyectos se está evaluando el efecto de estas cepas nativas en el control de enfermedades de la madera causadas por hongos y bacterias, además de estudiar su efecto inmunizador de enfermedades a nivel de vivero.

Efecto del endófito *Beauveria bassiana* en el control de plagas

De manera paralela a las evaluaciones para el control de enfermedades, investigadores de INIA Quilamapu han realizado estudios de la acción de estos endófitos en el control de plagas.

Dentro de los mecanismos que usan los endófitos para disminuir el daño ocasionado por insectos, destacan: parasitismo, antagonismo, resistencia sistémica y la acción tritrófica, esta última asociada a la atracción de enemigos naturales

como parasitoides. En la producción de tomate en Chile, el control de mosquita blanca de los invernaderos (*Trialeurodes vaporariorum*) demanda una cantidad importante de insecticidas químicos. Como alternativa de control biológico para este insecto se evaluó el efecto de cepas nativas de *Beauveria bassiana* endófitas en el número de huevos y ninfas en hojas de tomate. Se realizaron inoculaciones del endófito al sustrato y, posteriormente, las plantas fueron expuestas a poblaciones de adultos de mosquita blanca. A 45 días de la inoculación, el endófito cepa RGM-557 redujo en un 66 % el número de huevos por cm² de foliolo en comparación al testigo tratado con agua, y en un 32 % en comparación con el insecticida químico. Por otro lado, esta misma cepa también logró reducir el número de ninfas por cm² de foliolo en un 65 % con respecto al testigo tratado con agua, y en un 56 % con respecto a las plantas tratadas con insecticida químico.

Experiencias en el control de plagas y enfermedades a nivel de campo

Finalmente, en un trabajo liderado por investigadores del Centro Tecnológico de Control Biológico

de INIA Quilamapu, y gracias al financiamiento del Gobierno Regional del Maule, estos hongos fueron evaluados a nivel de campo para el control de *Botrytis* y mosquita blanca. Las evaluaciones se realizaron durante las temporadas 2018-2019 y 2019-2020 con productores de las localidades de Maule y Colín en la región del Maule. Se trata de agricultores que tradicionalmente emplean grandes cantidades de productos químicos para sus manejos sanitarios.

Los endófitos fueron validados con estos productores a nivel de invernadero y al aire libre en cultivos de tomate, pepino y lechuga, alcanzando producciones 100 % libre de plaguicidas químicos y con rendimientos, en algunos casos, superiores en un 5 % a los obtenidos con el sistema convencional (Figura 2).

Actualmente, y pensando en aumentar la eficacia de estos hongos en el campo, se están desarrollando innovadoras formulaciones que incluyen protectores de rayos UV, surfactantes y elementos potenciadores de la acción endófitas, todo como parte del desarrollo de la línea de bioestimulantes endófitos denominada ENDOMIX (Figura 3). TA