

El aporte de los microorganismos: desarrollo de bioestimulantes endófitos para la pequeña agricultura



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



Evelyn Silva M.
Bioquímica, Dra.
Jefa Nacional Unidad de Gestión
de la Innovación INIA



Javiera Ortiz C.
Ingeniera Agrónoma
Investigadora INIA Quilamapu



Constanza Rivas Q.
Ingeniera Agrónoma
Encargada Oficina de Transferencia
y Licenciamiento INIA

➤ Trichoderma endófito parasitando a Phytophthora.

Los microorganismos endófitos se presentan como una alternativa para el manejo de plagas y enfermedades en frutales y hortalizas. Su aplicación permitiría alcanzar sistemas productivos más sostenibles.

En la actualidad, la agricultura enfrenta importantes desafíos a nivel mundial, entre los que se encuentran la necesidad de aumentar la productividad para alimentar a una creciente población mundial, la adaptación a condiciones de cambio climático y la pérdida de biodiversidad asociada a la producción intensiva de pocas especies vegetales y al uso indiscriminado de agroquímicos, principalmente. Como una alternativa para enfrentar estos desafíos están los recursos genéticos, siendo los microorganismos dentro de este grupo, los que han llamado la atención en el último tiempo, por las diversas funciones benéficas que desempeñan en favor de los sistemas productivos agrícolas.

Una alternativa al uso de los agroquímicos

En la producción agrícola se busca obtener altos rendimientos por unidad de superficie, sin considerar, en muchos casos, la sustentabilidad de la producción. En Chile, la agricultura se ha basado tradicionalmente en el uso intensivo de agroquímicos, para la nutrición y protección fitosanitaria. El abuso en la utilización de estos productos genera como consecuencia

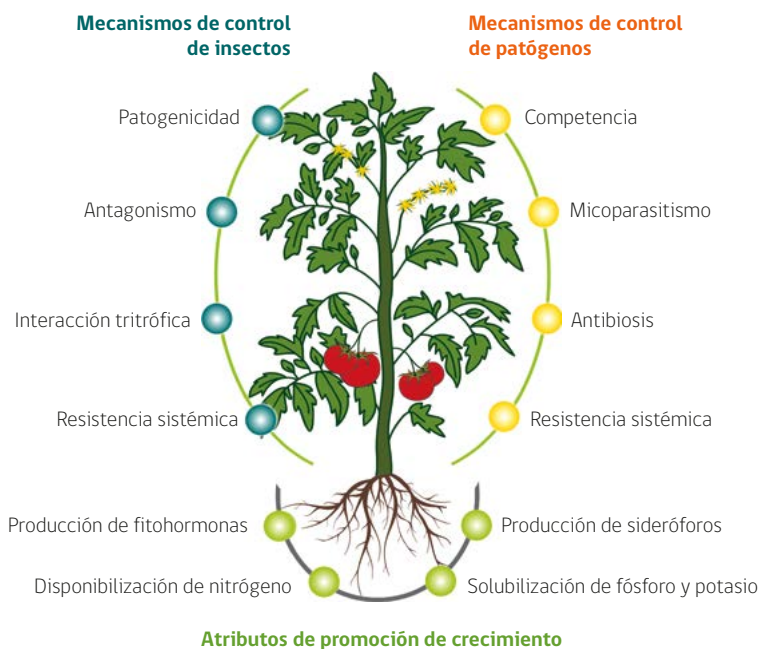
directa problemas ambientales, sociales y económicos que afectan la sostenibilidad de los sistemas productivos. En este aspecto, la Agricultura Familiar Campesina (AFC) no se ha quedado atrás. Un diagnóstico realizado por INIA en la Región del Maule, evidenció que pequeños productores y productoras hortícolas realizaban hasta 23 aplicaciones de productos químicos en el cultivo de tomate (la gran mayoría clasificados con riesgo “muy peligroso”), principalmente orientados al control de mosquita blanca y pudrición gris, sumado al hecho de que la nutrición se basaba 100 % en el uso de fertilizantes inorgánicos. Esta situación se repite en varias regiones del país, donde los agricultores utilizan grandes cargas de agroquímicos para mantener sus producciones.

Para afrontar la situación del uso intensivo de agroquímicos en la agricultura y sus consecuencias en el medio ambiente y la salud de las personas, INIA ha desarrollado diversas tecnologías que se basan en el empleo de microorganismos benéficos. Estas tecnologías podrían utilizarse como alternativa a los productos químicos en el manejo fitosanitario y nutricional de los cultivos. Los microorganismos juegan un importante papel en el

ecosistema y son fundamentales para el desarrollo de las plantas, ya que pueden aumentar la eficiencia en el uso de nutrientes, incrementar la tolerancia a estrés abiótico de diversos tipos, además de ayudarlas a resistir el ataque de plagas y enfermedades. Actualmente, INIA tiene una importante colección de más de 5000 accesiones de microorganismos preservadas en el Banco de Recursos Genéticos Microbianos (BRGM) en Chillán, donde más del 60 % de la colección corresponde a microorganismos benéficos con aplicación en la agricultura, destacando los degradadores de materia orgánica, los solubilizadores de nutrientes como fósforo y potasio, los fijadores de nitrógeno y los controladores de plagas y enfermedades.

Estudio de los hongos endófitos

En el año 2015, INIA implementó una línea de investigación aplicada, que se basa en el uso de microorganismos endófitos nativos. Los endófitos se definen como organismos que pasan la mayor parte o todo su ciclo de vida colonizando el interior de una planta hospedera,



📌 **Figura 1.** Funciones en favor de las plantas que pueden desempeñar los hongos endófitos.

sin causar daño evidente. Estos microorganismos han sido foco de estudios, debido a las características benéficas que son capaces de conferir a las plantas, ya que desempeñan múltiples funciones en su favor como control de insectos plagas, antagonismo de patógenos de plantas y la promoción de crecimiento vegetal, entre otros.

El grupo de investigación de microorganismos endófitos de INIA ha evaluado la capacidad de colonización endofítica de alrededor de 150 accesiones de hongos, de los cuales más del 70 % presenta capacidad de colonizar el interior de las plantas de diversas estructuras y especies cultivadas de hortalizas (tomate, pepino, pimiento, ají, repollo, coliflor, brócoli y lechuga); frutales (cerezo, avellano, arándanos, manzano y frambueso); forrajeras (trébol rosado) y cultivos (soya y trigo), además de especies forestales (pino y eucaliptus). Las propiedades benéficas de estas cepas endófitas son evaluadas de forma permanente, descubriéndose que pueden controlar plagas como pulgones, mosquitas blancas, cabritos,

burritos y capachitos; enfermedades causadas por patógenos como *Botrytis*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Neofusicoccum*, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Xanthomonas*, entre otros, junto con promover el crecimiento vegetal por la vía de la producción de fitohormonas, solubilización de fosfato y producción de sideróforos de hierro (**FIGURA 1**).

Una característica que vale la pena destacar de estos microorganismos es que son nativos, es decir, fueron colectados en diversas localidades del país, lo que les permite una mejor adaptación a las condiciones del campo chileno, ya que se seleccionaron aquellas cepas que, junto con presentar una función de biocontrol y de bioestimulación, pueden tolerar un amplio rango de temperatura, humedad, pH de suelo y agua.

Endomix®, bioestimulante sobre la base de hongos endófitos para la AFC

Producto de la investigación realizada en los últimos años

se desarrolló una línea de bioestimulantes endófitos denominada Endomix; “endo” porque se basa en el uso de hongos endófitos y “mix” porque es una selección de las mejores cepas. Para mejorar la eficacia en campo de estos productos, se elaboró un formulado que contiene coadyuvantes que protegen los conidios del hongo de las condiciones ambientales, aumentan su adhesión a la planta e incrementan su capacidad de colonización endofítica. Además, pensando en las dificultades que plantea el uso de estas tecnologías en la pequeña agricultura, se diseñó un envasado especial, que contempla una dosis para una bomba pulverizadora, conocida como “bomba de espalda”, que es el equipo que usa la mayoría de los productores para el manejo fitosanitario en sus cultivos (**FIGURA 2**). Este envasado facilita su uso en campo, ya que no requiere de medición específica, evita la contaminación del resto del producto y permite su rápida disolución en agua, no necesitando labores de preparación especial.

Las propiedades benéficas de estos hongos endófitos fueron evaluadas a nivel de campo, durante la temporada 2018–2019, con pequeños agricultores y agricultoras de las localidades de Maule y Colín, que forman parte del programa Prodesal de la Municipalidad de Maule. Hoy en día, alrededor de 2200 hectáreas ya han usado esta tecnología en predios que se ubican entre las regiones de Valparaíso y de Magallanes, siendo los mayores usuarios pequeños productores pertenecientes a los programas de asesorías técnicas del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), en alianza con las municipalidades (Prodesal, PDTI y SAT).

Con la implementación de esta tecnología, los productores han disminuido de forma significativa el uso de agroquímicos en sus predios, con los beneficios asociados para el medio ambiente y para la salud de agricultores, trabajadores agrícolas, habitantes rurales y consumidores (**FIGURA 3**). De esta forma, INIA ha



Figura 2. Bioestimulante Endomix® en su presentación para la Agricultura Familiar Campesina.



Figura 3. Evaluación de la promoción de crecimiento vegetal de hongos endófitos en pepino a nivel de campo.

contribuido con el importante compromiso asumido por el país, cuando integró la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), de bajar el uso de agroquímicos, principalmente plaguicidas. Cabe mencionar que el promedio de aplicación de plaguicidas químicos en Chile es de 4,2 kg/ha, lo que supera la media de los países de la OCDE (2,1 kg/ha⁻¹), siendo el país con mayor consumo

de estos productos de los países integrantes.

Junto con el desarrollo de los productos se ha diseñado e implementado una estrategia de uso de los hongos endófitos a nivel de campo, que ha sido transferida a los pequeños productores y productoras, mediante cursos, charlas y días de campo. La transferencia se ha realizado por el equipo de extensión de INIA, el grupo de investigación

de microorganismos endófitos y los asesores técnicos de los pequeños agricultores. Cabe mencionar que a la fecha se han realizado más de 100 actividades de extensión presenciales y *on line*, llegando a más de 2500 productores. Además se ha realizado un levantamiento de información que permite ir mejorando la calidad del producto y la pertinencia de las recomendaciones entregadas (FIGURA 4).

En la producción agrícola se busca obtener altos rendimientos por unidad de superficie, sin considerar en muchos casos, la sustentabilidad de la producción. En Chile, la agricultura se ha basado tradicionalmente en el uso intensivo de agroquímicos, para la nutrición y protección fitosanitaria. El abuso en la utilización de estos productos genera como consecuencia directa problemas ambientales, sociales y económicos que afectan la sostenibilidad de los sistemas productivos.

“No hay innovación, sin transferencia”

Un rol fundamental en la llegada de las tecnologías a los usuarios, en este caso, al campo, cumple la Unidad de Gestión de la Innovación (UGI) de INIA. Esta oficina tiene por función apoyar los procesos de transferencia tecnológica de los resultados de la investigación de la Institución.

Un ejemplo es el acompañamiento realizado a los investigadores e investigadoras que desarrollaron Endomix, mediante asesorías en materia de negocios tecnológicos, propiedad intelectual y la búsqueda de financiamiento, a través de proyectos. Como consecuencia de



➤ **Figura 4.** Actividades de formación de capacidades en el uso de microorganismos endófitos dirigidas a productores/as y asesores/as de la Agricultura Familiar Campesina.

este trabajo, en el año 2021 se crea la primera empresa de base científico tecnológica, en donde el grupo de investigación es accionista, junto a INIA. Este "spin off" desarrollará y comercializará la línea de bioestimulantes microbianos para uso en agricultura, elaborados a partir de hongos endófitos, a través de la marca registrada Endomix®. La creación de este tipo de empresas surge como una alternativa de transferencia de los

resultados de la investigación, siendo una opción rentable para registrar y comercializar un producto que permitirá explorar nuevos nichos de mercado, fuentes de financiamiento y aportar al desarrollo regional, tanto en lo social como económico, con un producto diseñado para la Agricultura Familiar Campesina. Previo a su creación, la Oficina de Transferencia y Licenciamiento de INIA trabajó en el diseño de la estrategia de

protección de la marca, del uso de los microorganismos y de la formulación en sí.

Actualmente, Endomix SpA está trabajando arduamente en la producción, ya que la demanda del producto ha aumentado de forma exponencial, llegando cada vez a más productores/as, permitiendo una agricultura sostenible y ecoamigable. **TA**