



**PROCISUR**  
Cooperación que da resultados

# Estado del arte de la investigación en Bioinsumos en los INIA del PROCISUR

GRUPO DE TRABAJO BIOINSUMOS  
MAYO 2023



# Contenido

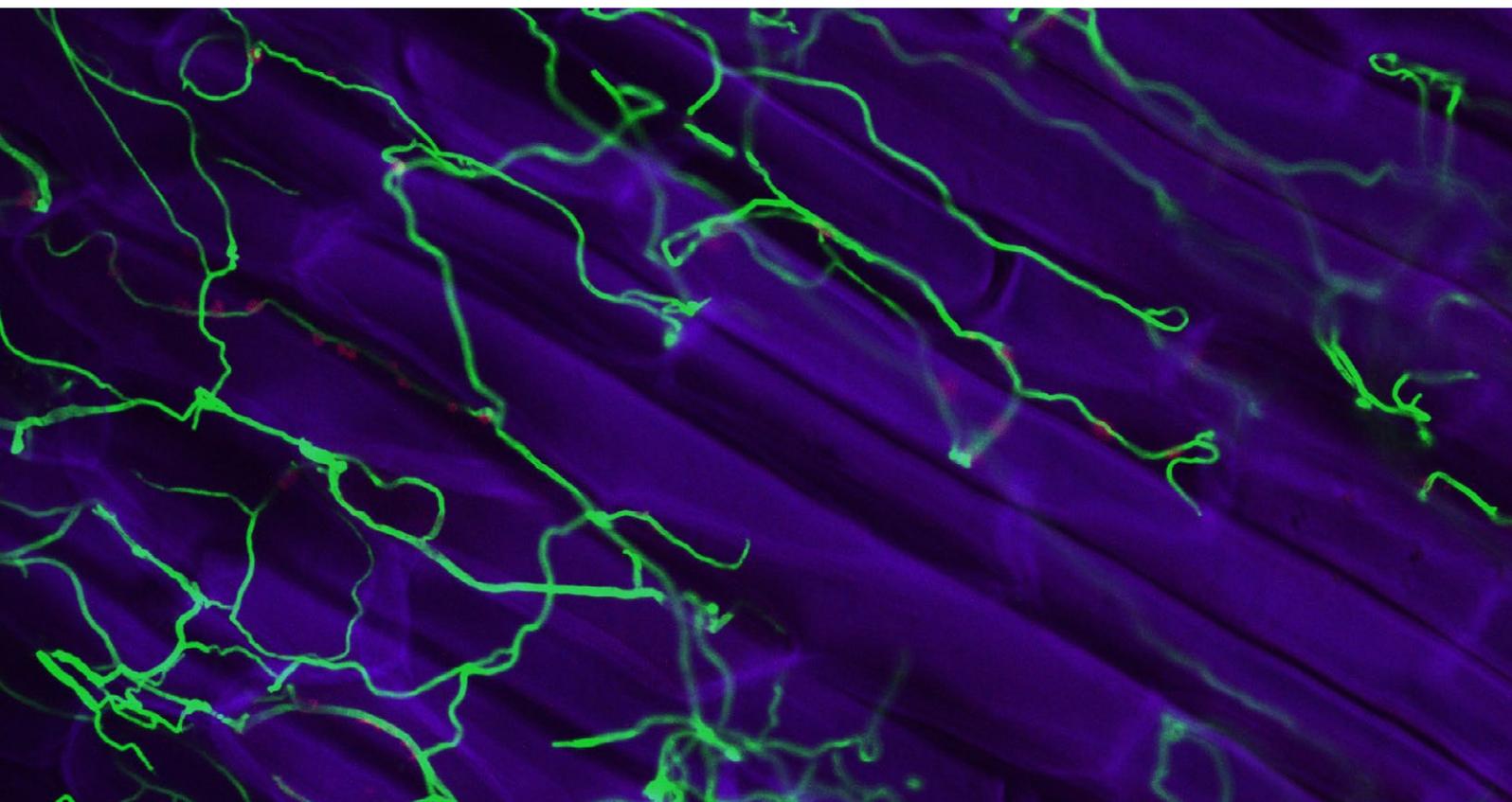
## ESTADO DEL ARTE DE LA INVESTIGACIÓN EN BIOINSUMOS EN LOS INIA DEL PROCISUR

	<b>1 INTA - Actividades y Avances en Bioinsumos Agrícolas ..... 4</b>
	1.1 Contexto país 4
	1.2 Estructura y Logros del INTA 4
	1.3 Líneas de Investigación actuales 5
	1.4 Enfoques de Investigación 6
	1.5 Desafíos 7
	<b>2 EMBRAPA - Actividades y Avances en Bioinsumos Agrícolas ..... 8</b>
	2.1 Contexto País 8
	2.2 Estructura y Logros de EMBRAPA 8
	2.3 Enfoques de Investigación 8
	2.4 Nuevas iniciativas de investigación y desafíos 10
	<b>3 INIA - Actividades y Avances en Bioinsumos Agrícolas ..... 11</b>
	3.1 Contexto País 11
	3.2 Estructura y Logros de INIA Chile 11
	3.3 Enfoques de Investigación 12
	3.4 Desafíos 13
	<b>4 IPTA - Actividades y Avances en Bioinsumos Agrícolas ..... 14</b>
	4.1 Estructura y Logros de IPTA 14
	4.2 Enfoques de Investigación 14
	4.3 Desafíos 16
	<b>5 INIA - Actividades y Avances en Bioinsumos Agrícolas ..... 17</b>
	5.1 Contexto país 17
	5.2 Estructura y Logros de INIA 17
	5.3 Enfoques de Investigación 18
	5.4 Desafíos 19

## ANÁLISIS REGIONAL

<b>Introducción ..... 21</b>
<b>Similitudes entre las Instituciones ..... 21</b>
<b>Temas de Colaboración Potencial ..... 22</b>

# Estado del arte de la investigación en Bioinsumos en los INIA del PROCISUR



# 1

## Actividades y Avances en Bioinsumos Agrícolas

Dra. Silvia Noemí López



**Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria**  
Argentina

### 1.1 Contexto país

Las investigaciones y desarrollos en bioinsumos tienen una larga historia en la Argentina. En el INTA, en particular, se comenzó a trabajar en la temática hace ya más de 50 años tanto con macro como con microorganismos.

Este sector de I+D ha tenido un impulso notable en la última década. Así, en el año 2013, en un esfuerzo por impulsar el desarrollo de la biotecnología agropecuaria, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) creó el Comité Asesor en Bioinsumos de Uso Agropecuario (CABUA), actualmente bajo el ámbito de la Coordinación de Innovación y Biotecnología de la Dirección Nacional de Bioeconomía. Este comité intersectorial tiene la responsabilidad de asesorar a las autoridades y formular propuestas que aborden aspectos de relevancia para el sector. Es importante destacar que el INTA, cuenta con dos representantes en este comité, entre los cuales se encuentra la Dra. Silvia Noemí López, miembro del Grupo de Trabajo de PROCISUR.

Asimismo, en los últimos años comenzaron a generarse iniciativas y políticas públicas para incentivar la investigación, desarrollo y uso de bioinsumos en el sector agropecuario, en algunos casos con apoyo financiero y, en otros casos, con acompañamiento técnico. Pueden mencionarse a modo de ejemplo la reducción arancelaria en 2018 para el registro de bioinsumos, los programas PROBIAAR (Programa de Bioinsumos Agropecuarios Argentinos) y Biodesarrollar, la creación del Certificado/sello Bioproducto argentino y la creación de la

Comisión de Bioinsumos de Uso Agropecuario (CBAG), bajo la jurisdicción del SubGrupo de Trabajo - SGT 8 "Agricultura" del Mercosur.

En la Argentina, el registro de bioinsumos para aplicaciones en Sanidad Vegetal y Producción Vegetal está a cargo del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). La normativa correspondiente acaba de ser puesta en vigencia en octubre de 2023 luego de un proceso de actualización y consulta pública. Cabe aclarar que incluye también la inscripción de protocolos que guían la obtención y producción artesanal de biopreparados con fines comerciales.

### 1.2 Estructura y logros del INTA

El INTA opera a través de 15 centros regionales con sus estaciones experimentales y 6 centros de investigación (5 de ellos ubicados en la zona metropolitana) con sus respectivos institutos. Su estructura incluye también Programas Nacionales para la gestión de la innovación en las cadenas productivas y en los territorios y redes interconectadas. Desde la década de 1950, el INTA ha estado comprometido con el desarrollo de bioinsumos, en línea con las políticas públicas promovidas por el MAGyP y el SENASA.

Los principales logros institucionales en lo que respecta a bioinsumos, entendidos en este caso como productos registrados comercializados y disponibles, incluyen una variedad de biofertilizantes, biofungicidas y bioinsecticidas basados en micro y macroorganismos. A modo de ejemplo, se mencionan

los siguientes productos, algunos surgidos de asociaciones con empresas privadas, en etapas avanzadas de producción, registro y comercialización:

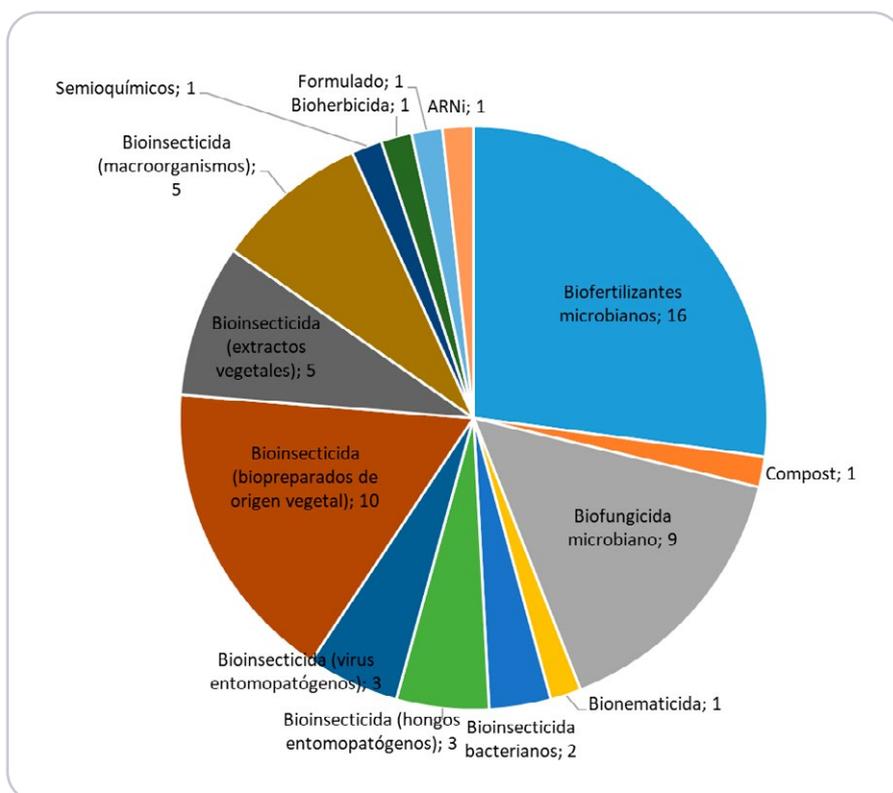
- biofertilizantes bacterianos a base de *Bradyrhizobium japonicum*, para semillas de soja y de *Azospirillum brasilense (argentinense)* para semillas de trigo.
- biofungicida a base de *Trichoderma harzianum* (Th2) para cebada, maíz, soja y trigo.
- bioestimulantes/biofungicidas a base de *Bacillus subtilis* y de *Trichoderma harzianum* Th1.
- bioinsecticida viral a base del granulovirus de *Cydia pomonella* (CpGV) para el control de esta plaga en frutales de pepita.
- el biocontrolador parasitoide *Goniozus legneri* para el control de la polilla de la manzana.
- Bioinsecticida a base del nematodo benéfico *Deladenus siricidicola* para control de la avispa del pino *Sirex noctilio*.
- Biopolímero protector y vehiculizador de inoculantes en semilla de maní.

### 1.3 Líneas de Investigación actuales

Recientemente, se ha iniciado una nueva cartera de proyectos de investigación, entre los cuales se destaca el proyecto estructural 073 “**Desarrollo de Bioinsumos y su Integración en Estrategias de Manejo de Adversidades Bióticas y Abióticas en Cultivos Agrícolas y Forestales**”. El objetivo principal de este proyecto radica en el desarrollo de bioinsumos, concentrando numerosas líneas de investigación y recursos humanos a nivel nacional. Este proyecto busca, en base a conocimientos previos, generar nuevos bioinsumos y biopreparados con un grado de madurez medio o alto, con la finalidad de obtener su registro y/o realizar transferencias al sector agroproductivo.

Las metas también comprenden la mejora de protocolos de formulación y aplicación de bioinsumos en base a microorganismos, macroorganismos y sus derivados, así como enfoques aplicativos innovadores.

Se pretende el desarrollo de una amplia gama de bioinsumos (Figura 1), principalmente biofertilizantes microbianos, biofungicidas microbianos y bioinsecticidas de diverso tipo.



**FIGURA 1.** Tipos de Bioinsumos abordados en el Proyecto Estructural del INTA I073.

## 1.4 Enfoques de Investigación

Son muchas las unidades del INTA en las que se llevan adelante líneas de trabajo sobre el desarrollo de bioinsumos. Mencionaremos aquí tres institutos en los que se da una fuerte concentración de recursos humanos trabajando en la temática.

El Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola, (IMYZA) perteneciente al Centro de Investigación en Ciencias Veterinarias y Agronómicas (CICVyA), concentra la mayor parte de recursos e infraestructura para la investigación y desarrollo de bioinsumos basados en macro y microorganismos o sus derivados; también en la gestión y transformación de residuos agropecuarios.

**Las líneas de trabajo en el IMYZA en los últimos años se han enfocado en:**

- Obtención de protocolos para la producción y uso de insectos benéficos en el control biológico de plagas de cultivos hortícolas y forestales.
- Desarrollo de biofungicidas y biofertilizantes a base de hongos y bacterias para diversos cultivos, especialmente en cultivos extensivos como trigo, cebada, soja y arroz.
- Desarrollo de bioinsecticidas bacterianos para el control de plagas agrícolas e insectos de interés en la salud pública (*Aedes aegypti*).
- Evaluación de tecnologías de preinoculación y peletización de semillas de alfalfa, soja, trigo y otros cereales de invierno.
- Aplicación de tecnologías de ARN de interferencia para el control de insectos plaga, por ejemplo, el picudo del algodón.
- Gestión de residuos a través del tratamiento de aguas residuales e instalación de plantas de compostaje.

**El instituto además brinda servicios estratégicos como:**

- Cuarentena sanitaria de agentes beneficios para SENASA.
- Identificación y caracterización de microorganismos tanto patógenos como benéficos.

- Identificación y caracterización biológica de insectos plaga y entomófagos.
- Control de calidad de bioinsumos.
- Análisis de compatibilidad de agentes de control biológico con fitosanitarios .
- Análisis fisicoquímicos de efluentes, residuos crudos, compost y digeridos anaeróbicos .
- Análisis de actividad metagenómica específica y potencial metagenómico.
- Diseño y puesta en marcha de plantas de compostaje de residuos sólidos.

**Por otra parte, el Instituto de Fisiología y RRGV Vegetales (IFRGV) y el instituto de Patología Vegetal (IPAVE) pertenecientes al Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), trabajan investigando la producción de bioinsumos de interés en cultivos regionales, incluyendo:**

- Selección y caracterización de rizobacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno adaptadas a condiciones de sequía y salinidad en algarrobo.
- Selección y caracterización de rizobacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno en maní.
- Generación de biofungicidas microbianos para el control biológico del carbón del maní y la rabia del garbanzo.
- Desarrollo de un biofungicida dual como agente de control biológico en frutilla .
- Caracterización fenotípica/genotípica de cepas de *Aspergillus flavus* que no producen aflatoxinas como posible controlador de cepas productoras en maíz.
- Modificación de formulaciones y condiciones de aplicación de biopolímeros como recubrimiento y vehículo en poroto negro, alubia, maíz y comino.
- Elaboración de protocolos para la obtención y uso de biopreparados a base de extractos vegetales y enmiendas orgánicas para el manejo de insectos en sistemas hortícolas.

## 1.5 Desafíos

Entre los principales desafíos asociados a I+D+i en Bioinsumos se destacan:

- obtención de permisos para la colecta, liberación y transporte de recursos genéticos (Protocolo de Nagoya) .
- logro del escalado y transferencia al sector productivo (en su mayoría liderada actualmente por el sector privado).
- mejora en la adopción de bioinsumos por parte de los productores.
- estandarización de protocolos para garantizar la calidad, inocuidad y evaluación ambiental de los bioinsumos.

Además, se destaca la necesidad de un análisis prospectivo que oriente las prioridades de investigación futuras.



Los institutos de PROCISUR cuentan con importantes colecciones de microorganismos obtenidos de diversos ambientes o a partir de las mismas plagas o de cultivos afectados. El mantenimiento de las colecciones de microorganismos es una tarea indispensable para conservar microorganismos con potencial desarrollo como bioinsumos.

## 2

# Actividades y Avances en Bioinsumos Agrícolas

Dr. Fabio Reis Junior



Empresa Brasileira de  
Pesquisa Agropecuária  
Brasil

### 2.1 Contexto País

La creciente adopción de bioinsumos por parte de los agricultores en Brasil se debe en parte a la implementación de programas gubernamentales estratégicos. El Programa Nacional de Bioinsumos, junto con el Plan de Agricultura de Bajo Carbono (ABC+) y el Plan Nacional de Fertilizantes, han fomentado la utilización de bioinsumos para el desarrollo sustentable agropecuario. Por ejemplo, la venta de inoculantes ha aumentado enormemente, habiéndose vendido aproximadamente 100 millones de dosis de inoculantes en la última cosecha. Se estima que hoy en Brasil más de 50 millones de hectáreas reciben anualmente productos para el control biológico de plagas (bioplaguicidas) y la promoción del crecimiento vegetal (inoculantes).

### 2.2 Estructura y logros de EMBRAPA

EMBRAPA tiene una estructura organizativa compuesta por 43 unidades descentralizadas de investigación, que se dividen en tres categorías: Unidades Ecoregionales, Unidades de Productos y Unidades de Temas Básicos. Además, cuenta con 22 unidades centrales de administración. La institución cuenta con un equipo de 7806 empleados, incluyendo investigadores (30%), analistas (30%), asistentes (25%) y técnicos (15%). Además, posee una colección de cepas institucional de alrededor de 60.000 microorganismos. EMBRAPA organiza sus líneas de investigación en Portafolios, que

son herramientas de apoyo a la gestión para la organización de proyectos en temas estratégicos, orientando la producción de soluciones de investigación, desarrollo e innovación a las demandas nacionales y sus interfaces con las demandas regionales. Estos portafolios además ayudan a reducir las redundancias y maximizar de esta manera los recursos públicos, permitiendo una mayor coordinación. Actualmente EMBRAPA cuenta con 34 Portafolios.

Embrapa tiene un papel de protagónico en la investigación sobre control biológico de plagas en Brasil, trabajando en el tema desde principios de la década de 1980. Estas cuatro décadas dedicadas a estudios científicos resultaron en el desarrollo de varios productos y una sólida experiencia que incluye varias unidades de la Empresa instaladas por todo el país. Lo mismo puede decirse de los inoculantes destinados a promover el crecimiento de las plantas. Las cuatro cepas de *Bradyrhizobium* spp. utilizadas hoy en casi toda área de soja cultivada en Brasil fueron seleccionadas por investigadores de Embrapa. De la misma manera, podemos mencionar las cepas de *Azospirillum brasilense*, hoy recomendadas para diferentes cultivos, como maíz, soja, frijol y pastos de brachiaria. En este contexto, las cepas de *Bacillus* spp. recientemente seleccionadas para su uso en inoculantes que actúan para movilizar P en el suelo también merecen ser destacadas.

### 2.3 Enfoques de Investigación

El Portafolio de Bioinsumos reúne alrededor de 300 investigadores con el objetivo de im-

pulsar soluciones en el desarrollo y disponibilidad de insumos biológicos. Los proyectos aquí incluidos se alinean con tres “Desafíos de Innovación”: 1) incrementar la participación de insumos biológicos en sistemas de producción convencionales y ecológicos, 2) sustituir o reducir el uso de insumos sintéticos en commodities agrícolas y 3) sustituir o reducir el uso de fertilizantes no renovables por insumos de base biológica.

Dentro del Portafolio, se encuentran **100 proyectos en marcha** (noviembre/2023), con resultados en diferentes niveles de madurez tecnológica. Los proyectos están enfocados en el control biológico, promotores de crecimiento vegetal, procesos agroindustriales y productos para uso veterinario (Figura 4) y cabe destacar que el 43% de los proyectos involucran asociaciones con el sector privado.

Hoy se cuenta con aproximadamente 350 activos biológicos con diferentes niveles de madurez tecnológica. Para finales de 2023, se prevé obtener un total de 282 resultados.

Algunos de los ejemplos de productos lanzados en los últimos años incluyen:

- a) Inoculante formulado con dos bacterias; *Bacillus subtilis* proveniente de suelo y *Bacillus megaterium* endófito de maíz, capaz de aumentar un 10 % la productividad de los cultivos de soja y maíz, al aumentar la eficiencia en el uso de fósforo (2019).
- b) Producto a base de *Bacillus thuringiensis* para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), que también controla la oruga de la hoja (*Spodoptera eridania*) y la oruga falsa medidora (*Chrysodeixis includens*), además de *Spodoptera cosmoides* (2020).
- c) Inoculante formado por dos microorganismos; *Azospirillum* y *Pseudomonas* el cual aumenta la eficiencia del uso de fertilizantes en pastos, al observarse un 22 % de aumento en la biomasa y aumento en la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio (2021).
- d) Bioinsumo basado en *Bacillus aryabhatai* de los suelos de Caatinga, que promueve la tolerancia a sequía en plantas, enfocado en los cultivos de maíz (2021).

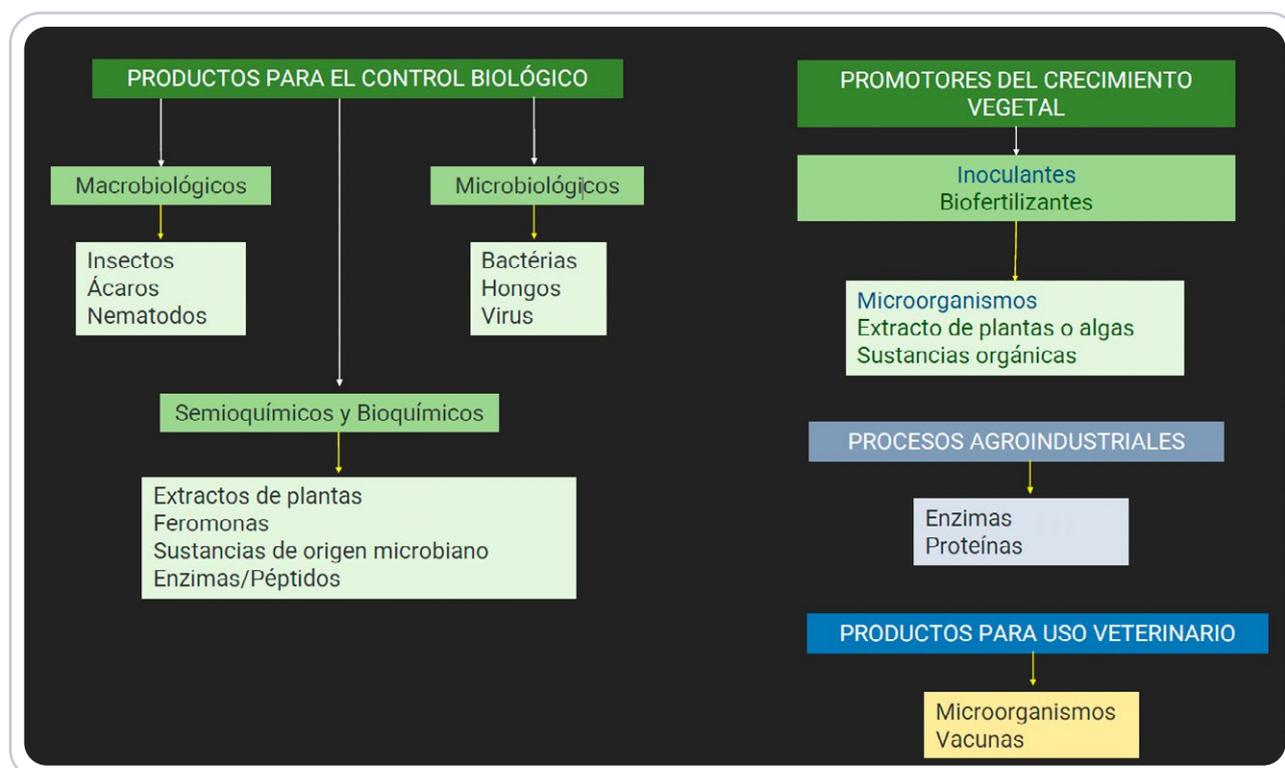
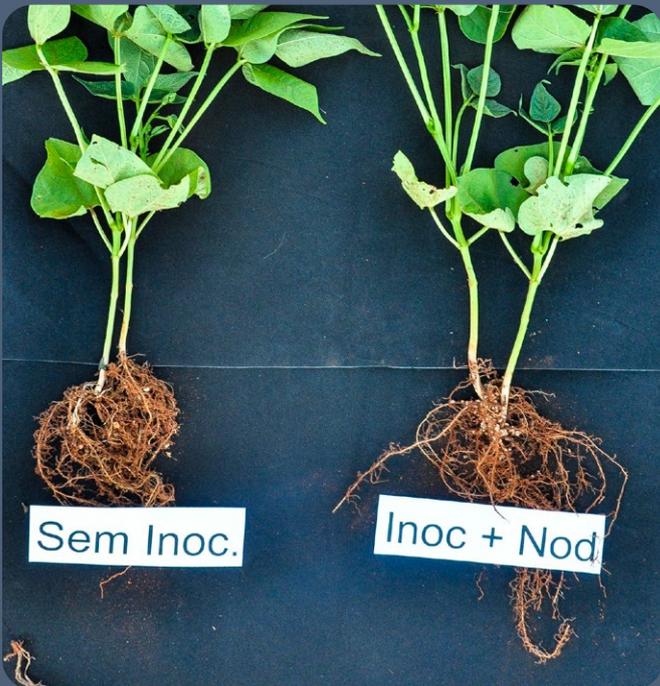


FIGURA 4. Esquema de clasificación de los proyectos de investigación



La fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas es uno de los principales desarrollos de los institutos de investigación de PROCISUR. Estos biofertilizantes contienen bacterias que nodulan las raíces de plantas compatibles proporcionando el nitrógeno atmosférico a la planta.

- e) Parasitoide (*Neochrysocharis formosa*) como controlador biológico de la mosca minadora del melón, cultivo con requerimientos internacionales de exportación en cuanto a residuos químicos (2021).
- f) Producto basado en Baculovirus para el control del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*), también usado en soja, sorgo, algodón, pasos y hortalizas (2021).
- g) Producto desarrollado a partir del hongo *Cordyceps javanica*, eficaz contra la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), plaga que causa daños a más de 40 cultivos en Brasil (2023).

## 2.4 Nuevas Iniciativas de Investigación y desafíos

Entre las oportunidades de investigación a implementar se destacan:

- uso de consorcios microbianos multifuncionales.
- estudio de nuevas tecnologías y formulaciones (vehículos, aditivos, protectores celulares -biopolímeros, nanoinoculantes, etc).
- exploración de microbiota asociada a plantas en condiciones extremas.
- desarrollo de bioinsumos solubilizadores de nutrientes.
- microorganismos mejorados mediante la edición génica.
- uso de la metagenómica para identificar microorganismos con características específicas.
- mejoramiento de la interacción planta-microorganismo.

### 3

## Actividades y Avances en Bioinsumos Agrícolas

**Dra. Lorena Barra Bucarei**



**Instituto de Investigaciones  
Agropecuarias  
Chile**

### 3.1 Contexto País

Chile ha experimentado un cambio significativo en su enfoque agrícola, específicamente en el ámbito de la fruticultura, donde tradicionalmente se han utilizado agroquímicos, práctica que ha generado preocupaciones tanto por la resistencia a productos químicos como por la pérdida de diversidad microbológica en el suelo, entre otros. Esto sumado a las condiciones cambiantes del clima ha dado lugar al surgimiento de nuevas plagas, enfermedades y deficiencias nutricionales en los cultivos.

El incremento en el uso de bioinsumos en la producción frutícola en Chile ha sido impulsado mayoritariamente por las demandas de exportación relacionadas a las exigencias comerciales, asociados a los compromisos internacionales tendientes a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenibles (ODS).

En Chile, para aspectos normativos, los bioinsumos se clasifican de acuerdo a la intensidad de uso en: bioestimulantes y bioplaguicidas. Los primeros están asociados a la Ley de Fertilizantes, Ley 21349 que establece normas sobre composición, etiquetado y comercialización de los fertilizantes y bioestimulantes; y los segundos a la Ley de químicos, Leyes 7128, 9074 y 923 que establecen las exigencias para la autorización de plaguicidas microbianos y las condiciones y requisitos para la autorización de su comercialización, distribución y uso.

Por lo tanto, el registro de un bioestimulante hasta el momento (debido a que se encuentra en elaboración el reglamento) no implica

mayores dificultades en términos de tiempo y costos, mientras que el registro de un bioplaguicida es un proceso que conlleva aproximadamente 5 años y tiene un valor que supera los 100 mil dólares.

### 3.2 Estructura y logros de INIA Chile

En Chile los bioinsumos tienen una larga historia asociados principalmente al control biológico, comenzó en 1903 con la introducción del insecto *Rhizobius ventralis*, depredador de *Saissetia oleae*. Después de esta iniciativa, el Ministerio de Agricultura de Chile implementó un programa para introducir insectos benéficos en 1915. Luego, en los 50's, comienzan las actividades de I+D para el uso de agentes microbianos como hongos y nematodos entomopatógenos para el control de varias plagas de suelo, desde entonces el control biológico se desarrolló con fuerza en el país. La demanda de bioinsumos ha aumentado significativamente en los últimos años, lo que se debe en parte, al mayor interés de las empresas agrícolas y productores por cumplir con las regulaciones nacionales e internacionales para el uso de pesticidas químicos, así como la necesidad de incorporar tecnologías más sostenibles en sus sistemas productivos. Esta situación ha despertado el interés de centros de investigación, universidades y empresas de base científico tecnológica por realizar I+D+i y comercializar bioinsumos. Durante las últimas décadas se ha formado un ecosistema emprendedor asociado a esta disciplina, en donde coexis-

ten y trabajan mancomunadamente entidades públicas y privadas que proporcionan bioinsumos, formación técnica, transferencia tecnológica además de servicios integrales como el monitoreo y el manejo integrado de plagas. En 2007 INIA en con el financiamiento del Ministerio de Agricultura y de Economía crean el Centro Tecnológico de Control Biológico (CTCB) y, en años posteriores gracias a la gestión de los ministerios de Economía, Relaciones Exteriores y Agricultura, INIA inauguró el Banco de Recursos Genéticos Microbianos (BRGM), el cual en la actualidad cuenta con una colección de 5.000 cepas (colecciones de trabajo, pública y privada) y tiene además una categoría como Autoridad Internacional de Depósito (IDA), bajo el Tratado de Budapest. En 2014, tras años de trabajo colaborativo, se convoca a la formación de la Red Chilena de Bioinsumos y en 2018, se constituye como Asociación gremial con representantes de diversas universidades, centros de investigación (incluido INIA), empresas del rubro, representantes de entidades gubernamentales, agricultores y profesionales. En abril de 2023 INIA inauguró el Centro Nacional de Bioinsumos (CeNBI) orientado a la investigación aplicada y desarrollo tecnológico de prototipos de productos en base a microorganismos benéficos para la agricultura con el objetivo de disminuir la brecha existente entre la investigación y la aplicación de los productos por parte de los agricultores, especialmente en la agricultura familiar campesina. En el **CeNBI** colaboran tres grupos de investigación pertenecientes a los Centros Regionales de Investigación (CRI) INIA de La Platina, Carillanca y Quilamapu, y tiene como objetivo prospectar, desarrollar, transferir y escalar tecnologías de bioinsumos bajo la marca BioINIA.

En la actualidad en INIA hay 31 investigadores vinculados directa e indirectamente a la I+D+i en Bioinsumos (Bioprotección y Bionutrición), de los cuales 19 realizan investigación aplicada, 9 son transferencistas y 3 realizan investigación tecnológica con énfasis en control biológico y en menor medida en bioestimulantes. En este contexto, en 2022 se creó la primera empresa de base científica tecnológica (Startup) entre INIA y la empresa **Endogroup SpA** (conformada por el grupo de investigación

de microorganismos endófitos) denominada **Endomix® SpA**, en donde se ha desarrollado el probiótico vegetal **Endomix** (Figura 5a) en base a una mezcla de hongos endófitos que cumplen múltiples funciones y el producto **Entomix** (que se fabrica con una mezcla de hongos entomopatógenos para el control de plagas presentes en el territorio)(Figura 5b). Conjuntamente con lo anterior, se desarrolló el paquete tecnológico con todas las recomendaciones para aumentar la eficacia en campo del producto, donde se incluyen: índice de radiación UV, temperatura, pH, materia orgánica del suelo, técnicas de aplicación, etc.



FIGURA 5. Productos desarrollados en el Centro Nacional de Bioinsumos (CeNBI).

### 3.3 Enfoques de Investigación

En la región Metropolitana (zona central) se encuentra el CRI-La Platina, centro que cuenta con tres investigadores que realizan I+D principalmente en el ámbito del control bio-

lógico, que incluyen: hongos entomopatógenos, bioprocesos, metabolitos secundarios y, en menor medida, bacterias bioestimulantes.

En el Sur, en la región de La Araucanía se encuentra el CRI-Carillanca, centro que cuenta con tres investigadores: una especialista en nematodos-entomopatógenos y dos trabajan en el ámbito de la bioestimulación mediada por microorganismos.

Por último, en la Región de Ñuble (zona centro sur) se encuentra el CRI-Quilamapu, que cuenta con seis investigadores que interactúan entre el CTCB, BRGM y CeNBI. Aquí se trabaja en semioquímicos, depredadores y parasitoides y un tercer grupo trabaja con agentes microbianos como controladores biológicos, tanto hongos como bacterias.

El foco de la investigación es el mercado, en donde los profesionales de INIA están vinculados al tejido productivo nacional, tanto agricultores como empresas, de donde surgen nuevas necesidades de investigación.

### 3.4 Desafíos

Los desafíos que se destacan:

1. Incorporación en las mallas curriculares de los futuros técnicos y profesionales de agro de una materia asociada a los bioinsumos.
2. Formación permanente de los técnicos y profesionales del agro en bioinsumos que les permitiría estar actualizados en nuevas tecnologías sostenibles.
3. Fomentar la colaboración público-privada para responder, de manera oportuna, a los nuevos problemas fitosanitarios.
4. Incentivar los procesos de registro de bioinsumos, según su intensidad de uso bajo la normativa existente en el país.
5. Promover el establecimiento de políticas públicas, para la rápida adopción de tecnologías de bioinsumos, principalmente en la agricultura familiar campesina.



En el ámbito de los bioinsumos que incluyen microorganismos, es necesario estudiar las condiciones que permitirán garantizar la sobrevivencia de los microorganismos y por tanto que puedan cumplir la función biológica de interés: nutrición y/o protección.

# 4 Actividades y Avances en Bioinsumos Agrícolas

Ing. Gloria Montiel



**Instituto Paraguayo  
de Tecnología Agraria**  
Paraguay

## 4.1 Estructura y Logros de IPTA

El IPTA cuenta con 7 centros de investigación estratégicamente distribuidos en todo el territorio paraguayo y dos de ellos, el Centro de Investigación Hernando Bertoni (CIHB) y el Centro de Investigación Capitán Miranda (CICM), investigan en el ámbito de los bioinsumos. Si bien, carece de una estrategia institucional formal en la temática, en 2014, en colaboración con el IICA, se iniciaron investigaciones centradas en *Trichoderma* spp. y *Beauveria* spp. como agentes de control biológico.

Aunque no se informan productos registrados formalmente, se ha logrado obtener y distribuir suspensiones de esporas de *Trichoderma* y *Beauveria* envasadas junto con sus instrucciones de uso (Figura 6).



FIGURA 6. Productos envasados y manual de uso

## 4.2 Enfoques de Investigación

El CIHB alberga el Departamento de Fitopatología y aborda el estudio de bioinsumos,

específicamente en el ámbito de biocontrol con *Trichoderma* y *Beauveria*, con énfasis en la horticultura. Asimismo, recibe respaldo del Departamento de Entomología para complementar sus investigaciones.

Por su parte, el CICM, a través del Laboratorio de Control Biológico, enfoca sus esfuerzos en cultivos extensivos, con especial atención en la soja. Dentro del CICM se ha establecido un banco de microorganismos entomopatógenos nativos, que constituye una valiosa reserva de recursos para futuras investigaciones. Gran parte del trabajo está relacionado al aislamiento y la preservación de cepas, así como a su caracterización.

Las investigaciones llevadas a cabo son principalmente:

- i. el uso de *Trichoderma* para el control biológico de la antracnosis en fresas, cebollas y pimientos, en condiciones de laboratorio y en invernadero, además del potencial estimulante de crecimiento en variedades de soja.
- ii. el uso de *Beauveria* spp. como insecticida biológico contra ácaros de fresa y hormigas cortadoras (Figura 7).

Cabe destacar que gran parte de los esfuerzos se concentran en la mejora del producto desarrollado (Figura 6, suspensiones de esporas envasadas), mediante la evaluación y ajuste de diferentes parámetros de obtención de las esporas, como de sus condiciones de conservación, además de la continua producción y mantenimiento de la disponibilidad del producto para los productores.

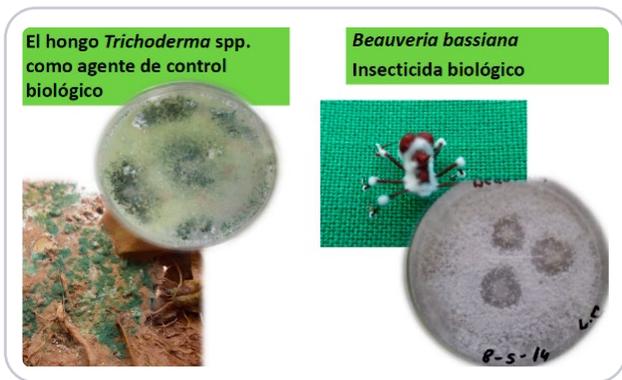


FIGURA 7. Esquema de líneas de investigación

Las **líneas de investigación en ejecución** son:

- a) Aislamiento y preservación de cepas de *Trichoderma* spp. obtenidas del suelo de cultivos de frutilla, seleccionadas por presentar potencial como controladores biológicos de la antracnosis de la frutilla (screening *in vitro* mediante cultivos duales, Figura 8).

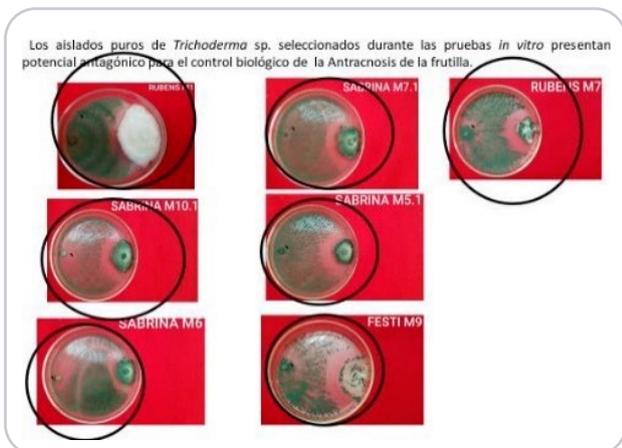


FIGURA 8. Cultivos duales de *Trichoderma* vs *Colletotrichum* spp.

- b) Identificación de las cepas de *Trichoderma* spp. que controlan la antracnosis de la cebolla en condiciones *in vitro* mediante cultivos duales.
- c) Evaluación de la efectividad de *Trichoderma* spp. para el control de la antracnosis en frutilla y para el control de la antracnosis del pimiento en invernadero.
- d) Identificación de la frecuencia de aplicación de *Trichoderma* spp. para el control de *Colletotrichum* spp. causante de la an-

tracnosis en frutilla en condiciones de invernadero (Figura 9). Aplicando un pool de *Trichoderma* cada 8 días se obtuvo el mayor rendimiento de frutos comerciales y una menor incidencia de la enfermedad.



FIGURA 9. Invernadero

- e) Evaluación del potencial antagonista de tres cepas nativas del hongo *Trichoderma* spp. para el control de tres cepas nativas de *Macrophomina phaseolina* (Figura 10), mediante cultivos duales y mediante metabolitos volátiles, la cepa "Trich 2" obtuvo los mayores porcentajes de inhibición a las 96 horas; 58.79% (cultivo dual) y 100% (metabolitos volátiles).

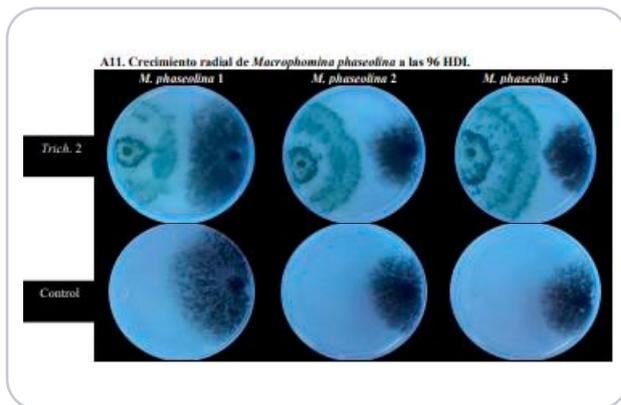


FIGURA 10. cultivo dual *Trichoderma* vs *M. phaseolina*

- f) Evaluación de *Trichoderma* spp. como estimulante de crecimiento en variedades de Soja.
- g) Selección *in vitro* de aislados de *Beauveria* sp. para el control de hormigas cortadoras



La fauna benéfica, como insectos entomófagos, son otras líneas de bioinsumos desarrollados por los institutos que representan otra herramienta en el combate de las plagas agrícolas.

- h) Evaluación de la efectividad de *Beauveria* spp. para el control de ácaros en frutilla en invernadero (Figura 11).



FIGURA 11. Ensayo en invernadero

### 4.3 Desafíos

Los desafíos en Paraguay tienen que ver con un ajuste en la coordinación entre la demanda y la producción de los bioinsumos formulados a los productores. Se destaca que la carencia de una línea estratégica institucional sobre la temática bioinsumos representa un desafío en diversos sentidos.

## 5

# Actividades y Avances en Bioinsumos Agrícolas

Dr. Federico Rivas Franco



**Instituto Nacional de  
Investigación Agropecuaria**  
Uruguay

### 5.1 Contexto país

En 1967 la Ley 13.640 reconoció la importancia de los inoculantes rizobianos y estableció al Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) como responsable de control de calidad. Esto incentivó a los productores a adoptar bioinsumos en sus prácticas agrícolas.

Desde el 2005 INIA ha realizado varios talleres sobre Agentes Microbianos de Control Biológico (AMCB), promoviendo la interacción entre los investigadores, la academia, y el sector industrial contribuyendo además al establecimiento de un marco normativo para los AMCB. En 2006 la temática de los bioinsumos se incorporó a la agenda de investigación de INIA dentro del Programa de Producción y Sustentabilidad Ambiental (actualmente Área de Recursos Naturales, Producción y Ambiente). Este impulso se consolidó con la creación del Laboratorio de Bioproducción en INIA Las Brujas en 2011. El propósito principal de este laboratorio es fomentar la colaboración entre grupos de investigación y empresas dedicadas a bioinsumos, especialmente en biocontroladores y biofertilizantes. En 2013 el Laboratorio de Microbiología de Suelos se incorporó, y mediante un acuerdo MGAP-INIA, asumió la responsabilidad de control de calidad de inoculantes y la curaduría de cepas.

En 2018 se promulgó la Ley 19.717 que establece el marco legal para una transición hacia una agricultura ecológica con participación de diversos actores institucionales y sociales. Promueve el desarrollo del sector participando y articulando en actividades económicas

investigación, extensión, educación, cuidado del ambiente y la salud. En Uruguay existen además la Red de Agroecología y el Plan Nacional de Agroecología.

### 5.2 Estructura y logros de INIA

INIA está compuesta por 5 estaciones experimentales y la Dirección Nacional, cumpliendo con una distribución estratégica en función de zonas productivas específicas. Cada estación se enfoca en un área particular de acción relacionada con la producción agrícola y ganadera en su respectiva región, existiendo además, Unidades regionales de acción Nacional.

En INIA Las Brujas se encuentran el Laboratorio de Bioproducción y el Laboratorio de Microbiología de Suelos (ambos laboratorios conforman el grupo Bioinsumos), cuyas temáticas de estudio se han convertido en un elemento transversal en INIA, abarcando sistemas agrícolas, sistemas ganaderos e impacto ambiental. Este enfoque se alinea con los temas estratégicos definidos en el Plan Estratégico Institucional (PEI) 2020-2025, tales como la Intensificación Sostenible de los Sistemas de Producción, Sistemas de Producción Eco-eficientes y Una Salud.

El grupo de trabajo consta de 5 investigadores y 4 asistentes técnicos, junto con más de 10 estudiantes de posgrado. Bioinsumos cuenta con una colección de 920 microorganismos, entre los cuales se encuentran las cepas con potencial como bioinsumo, pero además incluye diversas cepas de hongos fitopatógenos, contaminantes de alimentos, etc.

El proyecto quinquenal en ejecución se denomina “Ecología, selección, formulación y uso de microorganismos en la agricultura” (PEI 2020 - 2025), dentro del cual se enmarcan las cuatro grandes temáticas de investigación (Figura 12).

Estas líneas son:

- producción y formulación
- fijación biológica de nitrógeno en leguminosas
- protección vegetal contra plagas y enfermedades
- el estudio del microbioma y los PGPR
- protección animal, más recientemente incluida por demanda del sector.



FIGURA 12. Mapa de temas y proyectos 2020-2025

Además, se han logrado diferentes alianzas tanto con empresas productoras de bioinsumos, como con empresas privadas forestales e instituciones académicas nacionales e internacionales. Hasta el momento no se han obtenido productos formulados registrados, pero si se cuenta con prototipos en vías de registro y diversas publicaciones científicas y manuales técnicos.

### 5.3 Enfoques de Investigación

A continuación, se listan las **líneas de investigación en ejecución** asociadas al proyecto quinquenal mencionado anteriormente:

- Bioproducción y formulación de bioinsumos, comprende la selección y caracterización de cepas, así como su mejora tanto fisiológica como genética y la obtención y evaluación de diferentes estrategias de formulación.
  - Caracterización de cepas de *Metarhizium* compatibles con los rizobios de uso común que ayuden a reducir las enfermedades de implantación en la soja.
  - Mejoramiento genético, mediante fusión de protoplastos, de cepas del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* para el biocontrol de la chinche de la soja.

- Desarrollo de films a partir de polímeros lignocelulósicos para el encapsulamiento de bioinsumos (Figura 13)
- Evaluación de nanopartículas biogénicas a partir de *Trichoderma* spp. para el control de fitopatógenos de arroz y trigo.



FIGURA 13. Recubrimiento de semillas de soja con el polímero de lignina. a) sin recubrimiento, b) con recubrimiento simple y c) con recubrimiento doble

- Nutrición vegetal, con fuerte énfasis en la fijación biológica de nitrógeno (FBN) y el estudio de biofertilizantes a base de bacterias solubilizadoras de fósforo Incluye:
  - Estudio de las bacterias *Bacillus* mineralizadoras de fósforo como biofertilizantes y su impacto sobre la comunidad microbiana de la rizosfera.
  - Mapeo asociativo de la fijación biológica de nitrógeno en germoplasma avanzado

del programa de mejoramiento genético de soja de INIA.

c) Protección vegetal contra plagas y enfermedades:

- Uso del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* para el control de insectos plaga del cultivo de soja y eucaliptus (Figura 14a)
- Estudio del efecto el microbioma asociado a clones de *Eucalyptus dunnii* en el enraizamiento y la sanidad de las estacas.

d) Protección animal:

- Uso de cepas de *Metarhizium* para el control biológico de garrapatas (Figura 14 b)

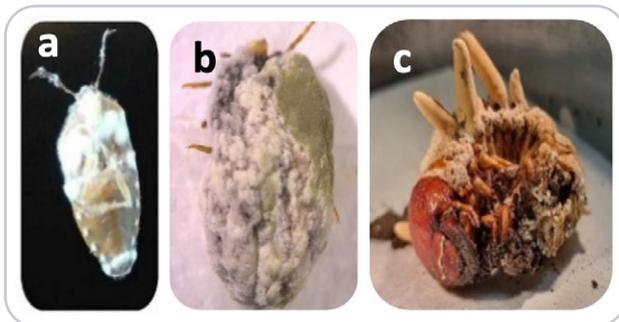


FIGURA 14. insectos micosados a) chinche de la soja b) garrapata y c) isoca

## 5.4 Desafíos

Se menciona como desafío la articulación con el sector privado, particularmente, en las últimas etapas del desarrollo de los bioinsumos.



El desarrollo de bioinsumos de calidad garantizada para su comercialización requiere de largos años de investigación, así como también de varias pruebas de eficacia agronómica en invernáculos y a campo.

# Análisis regional



## Introducción

*A continuación, con base en el estado de la I+D+i de los INIA miembros del PROCISUR, se destacarán las similitudes y particularidades de cada institución en relación con los bioinsumos agrícolas, señalando posibles ejes en común a tratar en la temática de bioinsumos.*

## Similitudes entre las Instituciones

**Marco Regulatorio y Participación Gubernamental:** todos los INIA, a excepción de IPTA Paraguay, operan bajo un marco regulatorio específico relacionado con la producción, registro y comercialización de bioinsumos agrícolas en su respectivo país. Los gobiernos de los respectivos países han establecido comités y programas para impulsar el desarrollo y la implementación de bioinsumos en la agricultura.

**Estructura Organizativa Institucional:** los INIA cuentan con una estructura organizativa diversa, incluyendo centros de investigación, laboratorios especializados y programas dedicados al estudio de bioinsumos agrícolas. Todos tienen colecciones de cepas de microorganismos, incluyendo el Banco de RRGG microbianos de Chile, único en Sudamérica con Autoridad Internacional de Depósito.

La colaboración entre diferentes unidades y centros en cada Institución es común. IPTA Paraguay es la única institución que no cuenta con una línea estratégica institucional para esta temática. Todos los otros INIA tienen al menos un centro especializado enfocado exclusivamente en la investigación de bioinsumos, sin embargo, en algunos casos se cuenta con varios centros con mayor infraestructura y recursos humanos como es el caso de INTA Argentina y Embrapa Brasil.

Algunos Institutos además dividen su tiempo de investigación con la oferta de servicios estratégicos, como por ejemplo INTA, INIA Uruguay e INIA Chile. En cuanto a los recursos humanos destinados al desarrollo y produc-

ción de bioinsumos, encontramos diversidad en cuanto a la especialización y capacidades en recursos humanos, la mayoría de las instituciones declaran contar con estudiantes de posgrado, mientras que INIA Chile expresa la dificultad de la participación de estudiantes de posgrado en sus centros de investigación. Por su parte, INIA Chile cuenta con una Start-Up dentro del grupo de Bioinsumos.

**Foco en el Control Biológico:** los INIA comparten un significativo enfoque en el desarrollo de agentes de control biológico como una alternativa sostenible a los agroquímicos. Algunas instituciones además realizan investigación sobre bioinoculantes y biofertilizantes para la promoción del crecimiento vegetal, como ser Argentina, Brasil y Uruguay; sin embargo Chile y Paraguay se encuentran enfocados principalmente al control biológico.

**Vinculación con el Sector Privado:** las instituciones han establecido alianzas y colaboraciones con empresas privadas, particularmente en lo que respecta a las últimas etapas del desarrollo de un bioinsumo agrícola, incluyendo el registro y su comercialización. La colaboración entre el sector público y privado resulta fundamental para llevar los resultados de investigación al mercado. Algunos INIA ya cuentan con diversos bioinsumos registrados y disponibles, como ser Argentina, Brasil y Chile. Instituciones como INTA y EMBRAPA se encuentran investigando sobre la adaptación de bioinsumos ya existentes y su transferencia hacia otros cultivos.

## Temas de Colaboración Potencial

**Estándares de Calidad y Regulación:** dado que el desarrollo y comercialización de bioinsumos están regulados en cada país, las instituciones podrían colaborar en la definición de estándares de calidad regionales, protocolos comunes de evaluación de seguridad y regulaciones para garantizar la efectividad y seguridad de los productos de bioinsumos. Además, se destaca la posible adopción de terminología común, por ejemplo, la definición regional de “bioinsumo” de manera de poder establecer políticas y normativas más abarcativas a nivel regional, que ayudarían además a las colaboraciones internacionales y a la transferencia de tecnologías.

**Desarrollo de nuevos Bioinsumos:** todas las instituciones comparten un enfoque en el desarrollo de agentes de control biológico y han declarado contar con vastas colecciones de microorganismos a su disposición. Colaboraciones y estudios conjuntos podrían fortalecer la investigación en este campo, explorando nuevas cepas de microorganismos y diferentes estrategias de aplicación. Un ejem-

plo es el uso de cepas caracterizadas obtenidas de ambientes hostiles, adaptadas a condiciones de sequía, por ejemplo, que puedan ser utilizadas con multifunción (bioinsumos para adaptación a estreses abióticos producidos por el cambio climático).

**Investigación en Biofertilizantes:** dado que algunas instituciones cuentan con líneas de investigación y desarrollo de biofertilizantes para mejorar la fertilidad del suelo y la nutrición de los cultivos ya establecidas, podrían colaborar con las instituciones que se encuentran en etapas iniciales de investigación en esta temática.

**Intercambio de Conocimientos y Capacitación:** las instituciones podrían beneficiarse del intercambio de conocimientos y experiencias colaborando para una mejora en la capacitación de agricultores y profesionales agrícolas para la adopción de prácticas sostenibles y el uso efectivo de bioinsumos. A la vez, las colaboraciones entre instituciones para capacitar sus investigadores, podría ser provechoso.



El Centro Nacional de Bioinsumos fue recientemente inaugurado en Chile y representa un hito a nivel regional en el reconocimiento de la importancia de biofertilizantes y biocontroladores como herramientas necesarias para el desarrollo de una agricultura con un menor impacto negativo sobre el medioambiente y sobre Una Sola Salud.