

## INFORME ESPECIAL

Protección contra insectos plaga

Protección contra enfermedades

Nutrición y promoción del crecimiento

- 1 - Bioinsumos y Una Salud
- 2 - El Grupo Bioinsumos
- 3 - El camino de los bioinsumos
- 4 - Microbioma vegetal
- 5 - Nutrición de las plantas
- 6 - Protección contra enfermedades
- 7 - Protección contra insectos plaga
- 8 - Formulación
- 9 - Logros y desafíos
- 10 - Estudiantes de posgrado
- 11 - Simposio 2022
- 12 - Convenio INIA - MGAP
- 13 - Visión de socios y usuarios

# BIOINSUMOS: agricultura biológica y sustentable en su dimensión ambiental, social y productiva

Ing. Agr. Dr. Eduardo Abreo, Ing. Agr. MSc. PhD. Elena Beyhaut, Lic. Bioq. Mag. PhD. Federico Rivas, Lic. Bioq. Mag. Claudia Barlocco, Lic. Bioq. Mag. Silvia Garaycochea

Grupo Bioinsumos - Área Recursos Naturales, Producción y Ambiente

## 1 - BIOINSUMOS Y UNA SALUD

La agricultura se ha expandido en Uruguay en forma importante en las últimas décadas, impulsada por precios en alza de los productos. Esta expansión tuvo un sustento en desarrollos tecnológicos y de manejo de los cultivos que han elevado la productividad y han llevado a la agricultura hacia áreas que podrían considerarse sub-óptimas. En paralelo, la preocupación por la interacción agricultura-ambiente ha ganado centralidad en la agenda de los gobiernos, el sector productivo y la sociedad.

En la investigación nacional y en INIA en particular, esta preocupación llevó a la inclusión en el Plan Estratégico Institucional en curso, del concepto "Una Salud" (One Health). Este concepto reconoce que la salud de los cultivos, animales, ambiente y personas es única y que se encuentra vinculada a través de múltiples interacciones entre ellos. Más allá de este reconocimiento, anteriormente, Altier y Abreo (2020)<sup>1</sup> habían descrito cómo INIA ha trabajado desde siempre en la idea de cultivos, tecnologías y manejos más sostenibles, resaltando los aportes de la investigación agropecuaria nacional a la salud humana y ambiental. Recientemente, la visión de transiciones agroecológicas destaca el rol de los bioinsumos, o insumos en base a microorganismos,

como una herramienta fundamental en esa transición (Altier *et al.*, 2022)<sup>2</sup>. Si bien en el mundo, y también en Uruguay, se ha producido mucha información sobre la función potencial de microorganismos sobre la nutrición, crecimiento y sanidad de los cultivos, aún persisten limitantes tecnológicas y de adopción que han dificultado su aplicación en condiciones de campo. Debido a esta situación, en 2011, en INIA se generó un grupo de trabajo con investigadores del Laboratorio de Bioproducción, Microbiología de suelos y Biotecnología para trabajar en el desarrollo y uso de microorganismos en la agricultura. Esta unión de investigadores de diferentes áreas en torno a un tema común constituyó una verdadera innovación institucional, que permitió alcanzar una masa crítica dedicada a la generación de conocimiento científico y tecnologías para el desarrollo de bioinsumos en los distintos sistemas productivos. En este informe especial, pretendemos comunicar los aportes de la investigación realizada por el Grupo de Bioinsumos de INIA, así como la construcción institucional y de redes que hemos logrado junto a investigadores de otras áreas y sistemas del Instituto, investigadores de otras instituciones, empresas productoras de bioinsumos y productores agrícolas. Todos estos componentes conforman un ecosistema complejo, integrado y dedicado al desarrollo de una agricultura biológica que sea sustentable en lo económico, ambiental y social.

<sup>1</sup>Altier N., Abreo E. (2020) One health: considerations in the International Year of Plant Health. *Agrociencia Uruguay*, V. 24.

<sup>2</sup>Altier N., Abreo E., Beyhaut E., Rivas F., Barlocco C. y Garaycochea S. (2022). Uso y manejo del microbioma para el desarrollo de bioinsumos de uso agrícola. Capítulo 13, 255-275 In *Aportes científicos y tecnológicos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) del Uruguay a las trayectorias agroecológicas*.

2 - EL GRUPO BIOINSUMOS

El proyecto actual del grupo de investigación en Bioinsumos “Ecología, selección, formulación y uso de microorganismos benéficos en la agricultura” se inició en 2020 y se extiende hasta 2025. Financiado por INIA, reúne a cinco investigadores de la institución: Eduardo Abreo, Elena Beyhaut, Federico Rivas, Rafael Reyno y Silvia Garaycochea. A estos, se suman investigadores de otros sistemas, como por ejemplo agrícola-ganadero y arroz-ganadería, incluidos en los diferentes componentes del proyecto.

Debido a la dinámica de la investigación, siempre variable y sujeta a múltiples demandas, las colaboraciones se extienden más allá de los límites del proyecto. Es así que hemos trabajado junto a investigadores del sistema vegetal intensivo, forestal y otros. La incorporación de estudiantes de posgrado, investigadores de la Udelar, del Instituto Pasteur Montevideo, del Instituto Clemente Estable y de empresas privadas, nos permite abarcar varios de los desafíos implícitos en la investigación y desarrollo de bioinsumos. Adicionalmente, en la búsqueda por satisfacer las muchas demandas que recibimos de la producción y la sociedad, hemos sido proactivos en obtener fondos complementarios, que han potenciado nuestra capacidad de trabajo. En este mismo período, estamos ejecutando proyectos de fondos concursables INNOVAGRO, María Viñas y FONTAGRO, además de fondos aportados por el sector privado, como la empresa UPM. Este esfuerzo ha permitido que el grupo de Bioinsumos prácticamente duplique los fondos asignados por INIA para este quinquenio.



*"Los bioinsumos nos permiten reducir la dependencia de insumos químicos. Su utilización es clave no sólo para mejorar la calidad ambiental de los procesos de producción, ya que no dejan residuos tóxicos, sino también para promover prácticas agropecuarias sostenibles. El interés por los bioinsumos, y su adopción, se ha expandido*

*considerablemente en los últimos tiempos en los distintos sistemas de producción agropecuaria, siendo utilizados desde aplicaciones de tratamiento de semillas hasta fitosanitarios producidos a partir de microorganismos benéficos para controlar plagas y enfermedades, así como también para promover el desarrollo de las plantas. Desde INIA seguimos trabajando en el desarrollo y formulación de bioinsumos teniendo en cuenta la salud de los productores, de los trabajadores rurales y de los consumidores."*

Ing. Agr. PhD Verónica Ciganda - Coordinadora del Área Recursos Naturales, Producción y Ambiente de INIA



Figura 1 - Instituciones y empresas vinculadas a través de proyectos de investigación del Grupo de trabajo en Bioinsumos INIA.

Estos fondos adicionales permitieron realizar inversiones en equipos, como por ejemplo un secuenciador de ADN y un *spray-dryer*, para la formulación de bioinsumos. En este momento, cuando estamos llegando a la mitad del recorrido del actual proyecto INIA, podemos ver los frutos tecnológicos y académicos del grupo. Sin embargo, sería injusto pasar por alto que los frutos de hoy son, en gran parte, el resultado de la continuidad que INIA ha dado, a través de varios quinquenios, a la investigación en bioinsumos. En las próximas páginas incluimos algunos ejemplos de investigación actual del grupo de Bioinsumos, enfocada en desarrollar herramientas biológicas que brinden solución a problemas agrícolas y reducir el impacto negativo de esta actividad sobre el ambiente.

Investigadores y colaboradores de INIA que son parte de los proyectos del grupo Bioinsumos y cuyo trabajo aparece reflejado en estas páginas: Ing. Agr. Mag. Ma José Cuitiño, Dr. Sebastián Martínez, Dr. Juan Rosas, Dra. Silvia Pereyra, Dra. Ximena Cibils, Lic. MSc. Sofía Simeto, Dr. Pablo Fresia, Lab. Mabel Pesio y Asist. Inv. Fernando Escalante.

Los frutos de hoy son, en gran parte, el resultado de la continuidad que INIA ha dado, a través de varios planes quinquenales, a la investigación en bioinsumos.

### 3 - EL CAMINO DE LOS BIOINSUMOS: DEL CAMPO AL CAMPO

Si bien podemos subdividir la agricultura en sistemas productivos, estos a su vez son parte de un sistema mayor: el ambiente. El ambiente puede ser visto como proveedor de recursos naturales a ser conservados y utilizados de manera sostenible, pero también como el sistema mayor que vincula a los subsistemas productivos y se relaciona con ellos a través de múltiples formas. De esta manera, a través del ambiente y sus flujos, un subsistema productivo puede afectar a otro e incluso a otras áreas de la vida de la sociedad. Entre los recursos naturales, los microorganismos son un recurso genético disponible, que tienen gran potencial para el desarrollo de soluciones biotecnológicas debido a su gran diversidad y versatilidad. Los microorganismos son, entonces, nuestra materia prima fundamental y el principio activo de un bioinsumo. Ante un problema productivo vinculado a la nutrición o salud de los cultivos, nuestro trabajo se inicia usualmente con un estudio del sistema y las relaciones entre sus distintos componentes con el fin de calibrar si una solución microbiológica es factible.

Cuando se cumple esta premisa básica, estudiamos el rol de los microorganismos en la problemática, orientando el trabajo al aislamiento de bacterias y hongos que puedan estar asociados a plantas sanas o, por ejemplo, a plantas con buen desarrollo entre otras que muestran síntomas de deficiencia o ataque de patógenos. Esos microorganismos aislados, son

luego caracterizados en el laboratorio por funciones de interés, identificados a partir de su ADN e ingresados en la colección INIA Las Brujas de hongos (ILB) y bacterias (ILBB) de interés agrícola. Comprobado que los microorganismos tienen el potencial de cumplir con la función deseada en forma estable, se realizan estudios para su formulación, y los prototipos de formulado son luego evaluados en bioensayos con plantas o insectos.

La investigación en formulación suele verse beneficiada por la interacción con empresas productoras de bioinsumos, que aportan su perspectiva aplicada a estos temas y son las que, finalmente y luego de un acuerdo de transferencia de cepas, pueden iniciar los trámites de registro del formulado ante el MGAP. El formulado se usa también para las pruebas de ecotoxicidad y validación agronómica. Estas últimas se implementan mediante ensayos de campo en diferentes suelos y años. Se estima que el proceso completo de investigación y desarrollo de un bioinsumo puede llevar 10 años, desde que el microorganismo es obtenido por primera vez en su estado natural y luego vuelve al campo, formulado ya como un bioinsumo efectivo y seguro para su aplicación por el productor (Figura 2).

*"Bioinsumo: microorganismo vivo, que presenta actividades benéficas para las plantas, producido y formulado de manera tal que mantenga su funcionalidad y pureza y que se encuentra registrado en el MGAP para su comercialización y uso".*

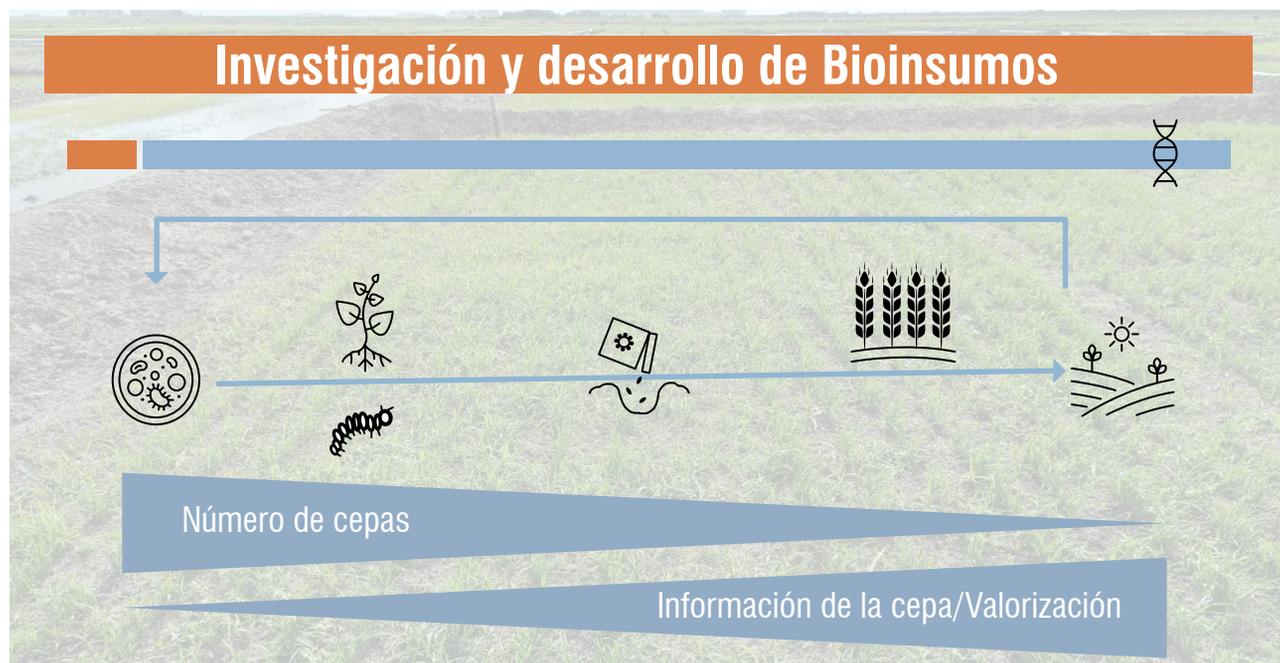


Figura 2 - Esquema circular: del campo al campo.

4 - MICROBIOMA VEGETAL PARA SU INCLUSIÓN EN EL MANEJO Y MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LOS CULTIVOS

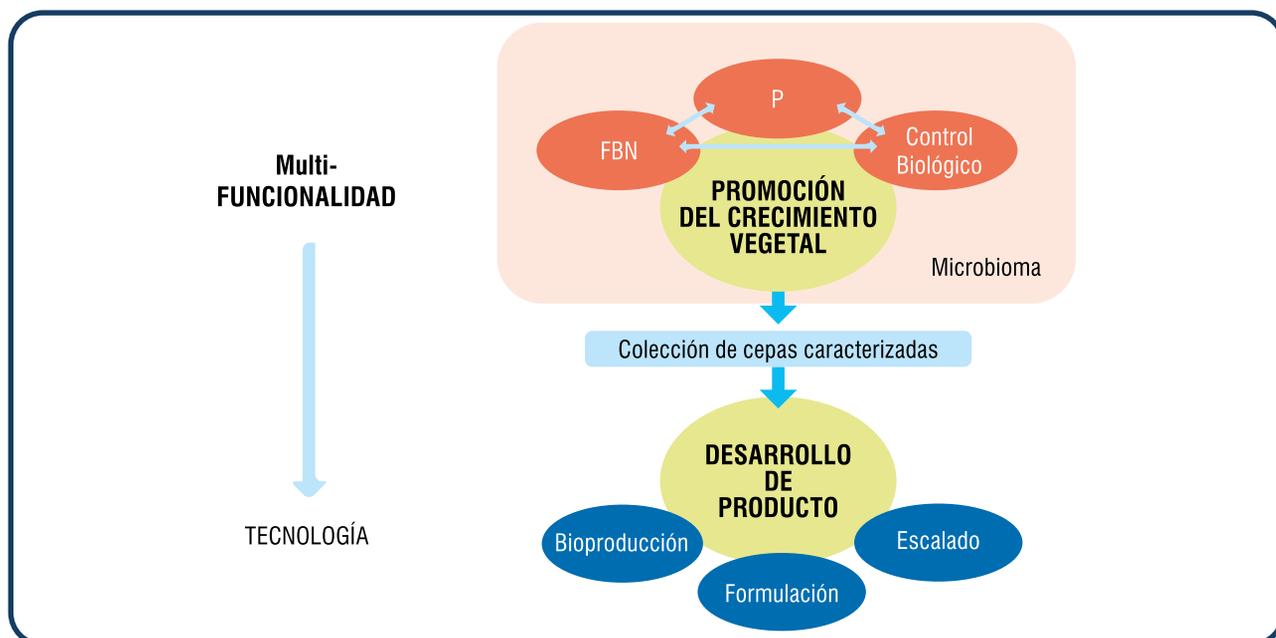
Recientemente, en disciplinas tan variadas como la medicina y la ecología, se ha dado gran importancia a las comunidades microbianas que habitan y desarrollan funciones fundamentales en las personas, animales y plantas. El microbioma vegetal está compuesto por bacterias y hongos que se encuentran en contacto con los diferentes órganos de la planta, ya sea en la superficie o habitando dentro de los diferentes órganos (Figura 3). Estas comunidades suelen beneficiarse de las plantas y a la vez cumplen funciones de interés para ellas. Actualmente, el uso de la metagenómica como abordaje complementario a las técnicas de microbiología clásica ha permitido estudiar a estas comunidades tanto en su composición como en las funciones que cumplen, con un mayor nivel de resolución.

Hoy es posible evaluar cómo diferentes técnicas o tecnologías que se aplican a los cultivos provocan cambios en la comunidad microbiana de las plantas y cómo cambios en la comunidad microbiana afectan a las plantas en su desarrollo, salud y productividad. Por ejemplo, ha sido posible conocer los cambios que se han producido en las plantas sometidas a domesticación y, más recientemente, a procesos de mejoramiento genético, en lo que hace a la capacidad de asociarse con determinados grupos de microorganismos benéficos. El desafío actual radica en comprender con mayor profundidad la interrelación que existe entre el microbioma y las plantas, para poder diseñar estrategias

de manejo que aseguren microbiomas favorables, o que nos permitan obtener microorganismos para su uso como bioinsumos. También ha surgido la posibilidad de incluir estudios de microbioma en los programas de mejoramiento genético, de manera que los linajes seleccionados por mejor sanidad y mayores rendimientos también tengan como característica deseable, una asociación con microorganismos que mejoren el desempeño de los cultivos. Nuestro grupo está trabajando en varios de estos enfoques. Por ejemplo, hemos estudiado una población de líneas avanzadas del programa de mejoramiento de soja de INIA para identificar marcadores moleculares asociados a rasgos vinculados con la fijación biológica de nitrógeno realizada por rizobios. Se encontraron marcadores asociados al número de nódulos, peso seco de nódulos, número medio de nódulos, peso seco de la parte aérea y eficiencia simbiótica. Estos marcadores podrían ser utilizados en selección asistida para contribuir al mejoramiento de líneas de soja con mayor capacidad de fijación biológica de nitrógeno llevada a cabo a través de la simbiosis con rizobios.

*Microbioma: es la comunidad microbiana que ocupa un espacio definido por sus propiedades fisicoquímicas (por ejemplo, el suelo). Incluye, además, los elementos estructurales y metabólicos de los microorganismos y material genético. Todo esto resulta en la formación de un nicho ecológico específico (Berg et al., 2020)<sup>3</sup>.*

<sup>3</sup>(Berg et al., 2020 Microbiome definition re-visited: old concepts and new challenges. Microbiome 8, 103 (2020). DOI: 0.1186/s40168-020-00875-0).



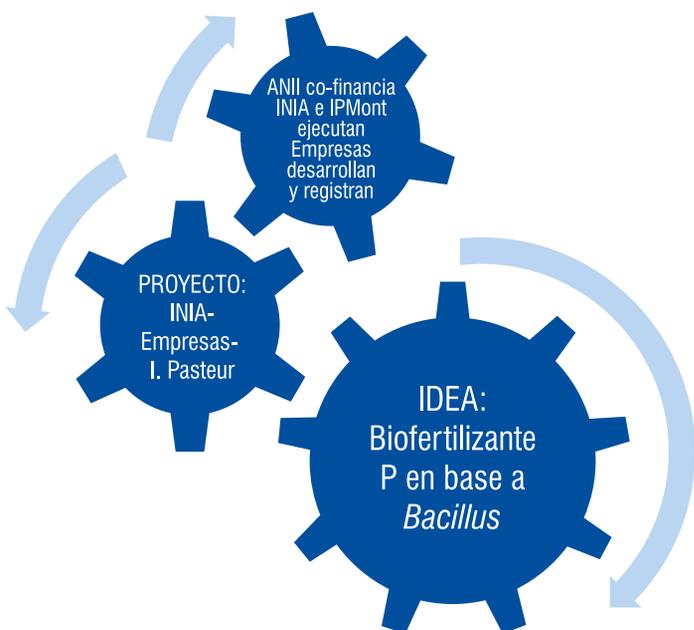
**Figura 3** - Microbioma vegetal (Tomado de Altier y Abreo 2020). La multi-funcionalidad de los microorganismos puede ser utilizada para el desarrollo de productos tecnológicos como los bioinsumos.

5 - LOS BIOINSUMOS Y SU RELACIÓN CON...

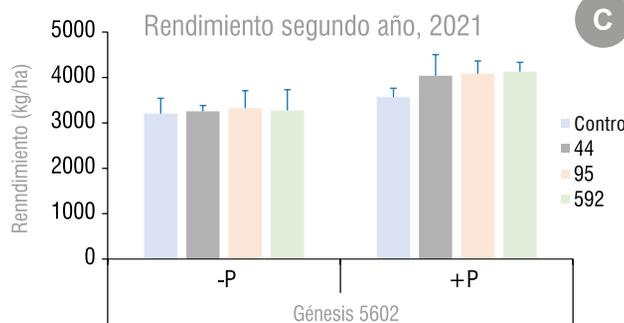
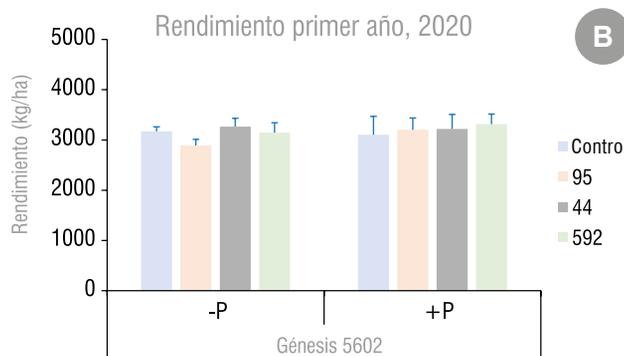
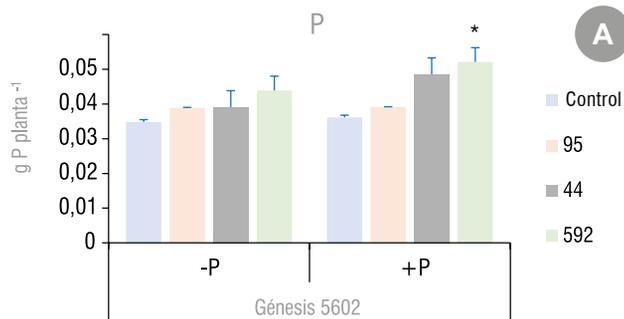
La nutrición de las plantas

Los microorganismos interactúan con la planta en varios sentidos, incluyendo aspectos nutricionales. De la misma manera que la flora intestinal es fundamental para asegurar la nutrición en animales, en plantas ocurre un proceso análogo, pero en el suelo que rodea a la raíz, llamado rizosfera. En esa porción de suelo, los exudados radiculares favorecen la vida microbiana y alteran la abundancia de cada especie y también las funciones que desarrollan esos microorganismos. Por ejemplo, microorganismos asociados a la disponibilidad de fósforo, potasio y otros nutrientes pueden verse favorecidos naturalmente por los exudados radiculares y, por lo tanto, estos minerales estarán más disponibles para la planta.

El desafío tecnológico pasa por ver si somos capaces de modificar esa comunidad microbiana de la rizosfera, de manera de mejorar la nutrición y crecimiento de la planta. El desarrollo de un insumo biológico microbiano para ser aplicado en la semilla, y que mejore la nutrición fosfatada de la planta a través de su actividad en la rizosfera, es una forma de impactar en la nutrición de la planta y reducir el agregado de fertilizantes, mejorando la performance ambiental del cultivo (Figura 4).



**Figura 4** - Diagrama que muestra el proceso entre la idea inicial, la generación de un proyecto y finalmente la financiación y ejecución de las actividades conducentes a la obtención de un *Bacillus* para la nutrición fosfatada de la soja. Proyecto Alianzas: ANII-INIA-IPMont-Lage-Calister-Lafoner.



**Figura 5** - Fósforo acumulado por planta (A) y rendimiento por ha en 2020 (B) y 2021 (C) del cultivar INIA Génesis 5602 co-inoculado con rizobios y tres cepas de *Bacillus*, sin fertilizante (-P) y con fertilizante agregado (+P).

En nuestros ensayos realizados durante dos años consecutivos en INIA La Estanzuela, fue muy interesante observar que la co-inoculación de semilla de Génesis 5602 con una cepa de *Bacillus* mejoraba notablemente la eficiencia del uso del fósforo agregado como fertilizante (Figura 5A). Esta mayor disponibilidad del fósforo agregado se tradujo en la mejora de importantes parámetros como mayor nodulación por rizobios, mayor acumulación de P, K, N en las plantas y mayor rendimiento en dos años consecutivos (Figura 5B y 5C).

6 - LOS BIOINSUMOS Y SU RELACIÓN CON...

La protección contra enfermedades de los cultivos

Algunos microorganismos pueden asociarse a los tejidos de las plantas a través, por ejemplo, de la colonización de las raíces y por medio de esta asociación, cumplir funciones benéficas para el vegetal. Una de estas funciones es la protección contra patógenos vegetales (hongos y bacterias) o insectos plaga.

Los mecanismos que los microorganismos benéficos utilizan para proteger a las plantas son variados. Uno es la competencia por un recurso (por ejemplo, la raíz) del cual desplazan a otros microorganismos. También pueden producir sustancias que inhiben el crecimiento de los patógenos (antibiosis). Los microorganismos benéficos pueden además parasitar a los patógenos y por tanto infectarlos (parasitismo). Por último, al colonizar los tejidos vegetales, los microorganismos pueden favorecer la activación de sistemas de defensa natural en la planta, tornándola más resistente a enfermedades e incluso insectos plaga (resistencia inducida). En nuestro grupo, trabajamos con varios microorganismos benéficos como por ejemplo los hongos pertenecientes a los géneros *Trichoderma* y *Metarhizium*.

En nuestra colección, contamos con varios aislamientos de *Metarhizium* que están siendo caracterizadas por su capacidad de inhibir a otros hongos que causan enfermedades de implantación en soja (Figura 6). Algunos de estos aislamientos han demostrado tener una gran capacidad de inhibición de los patógenos *Pythium*, *Rhizoctonia* y *Fusarium*, y de mejorar el desempeño de las semillas en suelos altamente patogénicos (Figura 6).



Foto: Fernando Escalante

Figura 7 - Ensayo de campo en INIA Treinta Tres donde se evalúa el efecto de un formulado de *Trichoderma* y nanopartículas de plata generadas por el hongo en la protección y promoción del crecimiento de cultivares de arroz.

A partir de estos estudios, seleccionamos algunos de los aislamientos para estudios en invernáculo para luego hacer pruebas a campo (Figura 7).

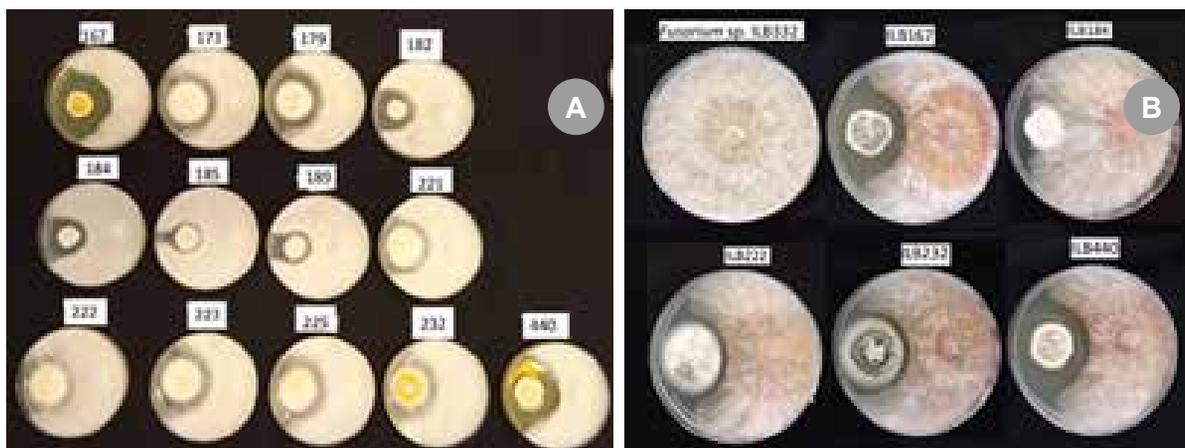


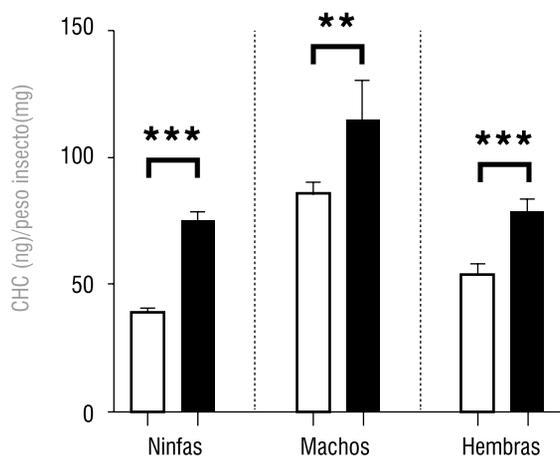
Figura 6 - Estudios de antagonismo contra fitopatógenos. Inhibición *in vitro* con cepas de *Metarhizium* enfrentadas a los patógenos *Pythium* (A) y *Fusarium graminearum* (B). Los halos muestran las zonas en donde el hongo *Metarhizium* impidió el desarrollo de los fitopatógenos. En las imágenes, *Metarhizium* corresponde a la colonia fúngica más pequeña, mientras que los patógenos son los hongos de mayor tamaño, blanco en A y rosado en B.

## 7 - LOS BIOINSUMOS Y SU RELACIÓN CON...

## La protección contra insectos plaga de los cultivos

Los microorganismos están asociados a la salud integral de la planta, a través de mejoras en la nutrición y defensa contra patógenos, como se vio en los casos anteriores, pero también pueden proteger a los cultivos del ataque de insectos. Para ello, es importante entender inicialmente la ecología, es decir las múltiples interacciones que ocurren entre una planta, los microorganismos benéficos, los patógenos y los insectos, para luego seleccionar microorganismos que puedan ser producidos, formulados y aplicados en un cultivo para protegerlo de enfermedades y/o plagas. Un insecto plaga que nos ha convocado es la chinche de la alfalfa y la soja, que afecta más de un millón de hectáreas y requiere para su control de la aplicación de insecticidas. Esta chinche es un insecto muy resistente al ataque de hongos y también a insecticidas.

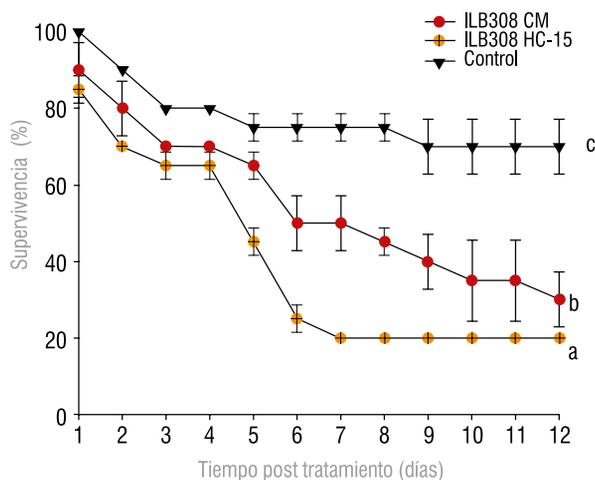
En nuestra investigación estudiamos, en primer lugar, poblaciones de la chinche en campos tratados con insecticidas y sin insecticidas. Encontramos una clave que puede ser importante para el manejo de este insecto: los individuos colectados en campos con tratamiento de insecticida tenían una composición diferente de su cutícula y acumulaban proporcionalmente más hidrocarburos que los insectos de campos sin insecticida (Figura 8). Este aumento de los hidrocarburos puede entenderse como una respuesta de adaptación de los insectos a los insecticidas en uso, por lo que, como primera medida, sería necesario realizar cambios en las actuales estrategias de uso de insecticidas (Sessa *et al.* 2021)<sup>4</sup>.



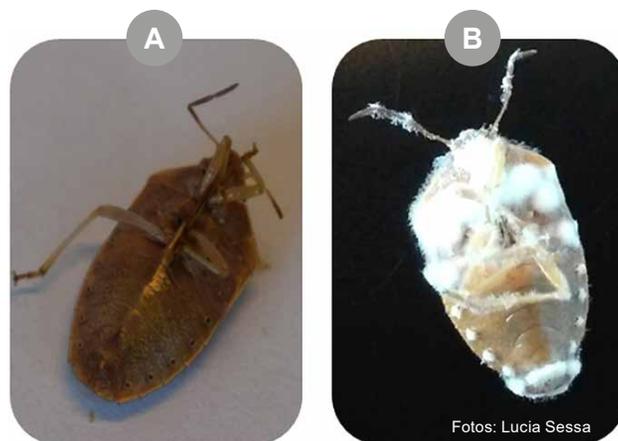
**Figura 8** - Concentración de hidrocarburos por g de peso fresco de insectos colectados en dos años consecutivos de campos tratados con insecticida (barra negra) y sin tratamiento de insecticida (barra blanca).

Más allá de eso, es posible pensar que la mayor acumulación de hidrocarburos puede estar vinculada a la poca sensibilidad de estos insectos al ataque de hongos entomopatógenos.

Siguiendo este razonamiento, diseñamos una estrategia para seleccionar y multiplicar hongos entomopatógenos adaptados al crecimiento sobre hidrocarburos. Logramos así, una selección de hongos que, al crecer expuestos a hidrocarburos, vieron aumentada su virulencia hacia la chinche (Figura 9) (Sessa *et al.* 2022)<sup>5</sup>.



**Figura 9** - Supervivencia de *Piezodorus guildinii* luego del tratamiento con esporas de *Beauveria bassiana* crecida sobre hidrocarburos (naranja), medio completo (rojo) y tratamiento control, inoculado con agua sin esporas del hongo (negro).



**Figura 10** - A) Chinche sana y B) chinche micosada.

<sup>4</sup>Sessa L, Calderón-Fernández GM, Abreo E, Altier N, Mijailovsky SJ, Girotti JR, Pedrini N (2021) Epicuticular hydrocarbons of the redbanded stink bug *Piezodorus guildinii* (Heteroptera: Pentatomidae): sexual dimorphism and alterations in insects collected in insecticide-treated soybean crops. Pest Management Science DOI HYPERLINK "<https://doi.org/10.1002/ps.6528>" 10.1002/ps.6528

<sup>5</sup>Sessa L, Pedrini N, Altier N, Abreo E (2022) Alkane-priming of *Beauveria bassiana* strains to improve biocontrol of the redbanded stink bug *Piezodorus guildinii* and the bronze bug *Thaumastocoris peregrinus*. J. Invertebrate Pathology DOI HYPERLINK "<https://doi.org/10.1016/j.jip.2021.107700>" 10.1016/j.jip.2021.107700

8 - BIOPOLÍMEROS EN LA FORMULACIÓN Y APLICACIÓN DE BIOINSUMOS

Los microorganismos habitan los diferentes ecosistemas y el éxito de su sobrevivencia depende de la disponibilidad de nutrientes y de condiciones ambientales propicias para desarrollarse. En general, los hongos y bacterias con que trabajamos son susceptibles a altas temperaturas, baja humedad y a la exposición a radiación UV, por lo cual requieren de protección para su aplicación en campo. Para ello, la formulación juega un rol fundamental al incorporar nutrientes y agentes protectores que mejoren la aplicabilidad en campo. Además, la formulación debe garantizar que los microorganismos se mantengan viables durante el transporte, comercialización y almacenamiento hasta su aplicación final.

En nuestro equipo, estamos evaluando la inclusión de polímeros naturales en la formulación y aplicación de microorganismos, de manera de mejorar su desempeño durante las etapas que ocurren desde la multiplicación hasta la aplicación en campo. En particular, hemos avanzado en el encapsulamiento de esporas de *Trichoderma* —promotor del crecimiento y sanidad de plantas de arroz y trigo— en una matriz de quitosano a través del proceso de *spray-drying* o secado por aspersión y calor. Las esporas encapsuladas y deshidratadas son luego inoculadas en semillas de trigo y arroz para su evaluación en invernáculo y campo.

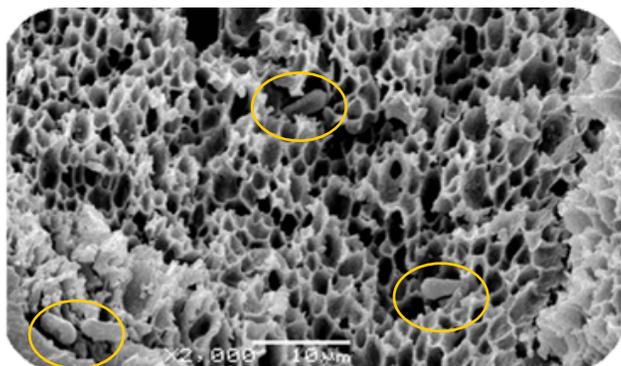
Otro polímero es la lignina, uno de los más abundantes en la naturaleza, y de alta disponibilidad en el Uruguay. La lignina es un componente estructural de la madera

que se extrae como producto de desecho durante el proceso de obtención de pulpa de celulosa. Este polímero podría ser muy útil para el recubrimiento de semillas y la incorporación de microorganismos, otorgándoles protección (Figura 11).

Actualmente, estamos estudiando el diseño de un recubrimiento de semillas de soja con este polímero, que contenga rizobios y conidios de *Metarhizium*. El objetivo es desarrollar un bioinsumo multifuncional con capacidad de protección vegetal contra plagas y enfermedades de implantación (*Metarhizium*) y nutrición vegetal (rizobios). Estudios preliminares con cepas de *Metarhizium* seleccionadas demostraron que son compatibles con los rizobios usados comúnmente en soja, y que la aplicación de *Metarhizium* en recubrimientos de semillas presenta resultados promisorios (Figuras 12 y 13).



**Figura 12** - Recubrimiento de semillas de soja con el polímero de lignina. En las imágenes se observan a las semillas sin recubrimiento (A), con un recubrimiento simple (B) y con un doble recubrimiento del polímero (C).



**Figura 11** - Microscopía electrónica de superficie del interior del polímero de lignina. El polímero de lignina presenta una estructura porosa que permite la incorporación de diferentes bioinsumos. En la imagen (círculos) se observan los conidios (esporas) del hongo entomopatógeno ILB440 *Metarhizium robertsii* con capacidad inhibitoria de fitopatógenos. La barra blanca indica el tamaño observado, 1 micrómetro ( $\mu\text{m}$ ) representa la millonésima parte de un metro.



**Figura 13** - Ensayo en invernáculo para evaluar la capacidad de aislamientos de *Metarhizium* sp. de reducir las enfermedades de implantación en soja.

## 9 - LOGROS Y DESAFÍOS DEL EQUIPO DE BIOINSUMOS

### **¿Cómo evalúan estos diez años de investigación en Bioinsumos?**

Nos hemos transformado en un nodo importante en la red de empresas, academia, gobierno y usuarios de microorganismos en la agricultura. Nuestra investigación ha aportado al área de la formulación de controladores biológicos y bacterias promotoras del crecimiento. En ese sentido es traduccional: partimos de ciencia básica para llegar a soluciones prácticas. También es altamente interdisciplinaria: trabajamos con aspectos de ecología de los cultivos, fisiología, fitopatología, entomología, química de materiales, ecología química, microbiología, genética y genómica. Para ello, hemos construido fuertes colaboraciones con investigadores de INIA, Facultades de Agronomía, Ciencias, Ingeniería, Química e Instituto Pasteur de Montevideo, la Universidad Nacional de la Plata, el Centro de Parasitología de Vectores (La Plata) y AgResearch de Nueva Zelanda.

### **¿Cuáles son las fortalezas del trabajo en grupo en torno a un tema tan específico?**

Trabajar en torno al tema de los bioinsumos como elemento que nos nuclea ha sido muy revelador de la necesidad de la interacción diaria entre investigadores, asistentes y estudiantes para conducir la investigación a buen puerto. Si bien es más desafiante que trabajar en forma individual, o colaborar a distancia con otros investigadores, el trabajo en grupo resulta muy enriquecedor desde todo punto de vista. Pensamos más y mejor en grupo y transferimos *expertise* en múltiples sentidos. Al final de cada día, todos hemos aprendido algo y tal vez, enseñado algo o aportado algo sin siquiera notarlo.

### **¿Cómo es la convivencia entre investigadores, asistentes y los estudiantes de posgrado?**

Entendemos que es excelente gracias al gran trabajo de las asistentes de laboratorio que son un apoyo para los estudiantes y también debido a la dinámica positiva y renovada que los estudiantes generan. Los investigadores estamos cubriendo varios roles que exceden el trabajo del laboratorio o las pruebas de campo, por lo que es muy bueno saber que todos los involucrados son proactivos y se adaptan a la necesidad de compartir espacios y equipos, proponiendo soluciones y mejorando las dinámicas.

Los proyectos han surgido en torno a la identificación de problemas y la posibilidad de desarrollar una solución biológica para atenderlos.

### **¿Cómo ha sido la interacción con investigadores INIA de otras áreas o sistemas?**

Por ser un grupo de trabajo transversal, hemos tenido la oportunidad de colaborar en proyectos con los investigadores de los sistemas hortifrutícola, agrícola, forestal y arrocero. Los proyectos han surgido en torno a la identificación de problemas y la posibilidad de desarrollar una solución biológica para atenderlos. Es un trabajo en conjunto que nos permite maximizar las capacidades humanas y logísticas de INIA, sumando esfuerzos con colegas de otras estaciones experimentales a los que podemos considerar también como parte del grupo bioinsumos o de sus dinámicas.

### **¿Cuál es la estrategia de relacionamiento con las empresas productoras de bioinsumos y con los productores agropecuarios como usuarios finales?**

Siempre estamos abiertos a colaborar con empresas productoras de bioinsumos, que existen en el país con sus particularidades, así como con productores rurales que se han organizado para profesionalizar la producción de bioinsumos, o con productores que han firmado acuerdos con INIA para atender problemáticas de interés que requieren una solución biológica. Por ejemplo, nos hemos relacionado con el proyecto FPTA de control biológico en horticultura, generando información para los procesos de registro de bioinsumos ante el MGAP, realizando asesorías y entrenamientos a productores involucrados. En definitiva, son interacciones de muy diversas, que ayudan a integrar a los distintos actores del sistema.

### **¿Cuáles son los desafíos identificados por el grupo bioinsumos para los próximos años?**

Como grupo hemos crecido y nos hemos consolidado y aspiramos a seguir contribuyendo al desarrollo de bioinsumos en Uruguay. El desafío es siempre tratar de innovar, incorporar nuevos enfoques y disciplinas que nos permitan realizar más y mejores aportes a esta área en crecimiento, que está llamada a ocupar un lugar de relevancia para el desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles. También sigue siendo necesario armonizar políticas públicas para el desarrollo de soluciones biológicas, con procedimientos eficientes que faciliten el acceso a los recursos genéticos microbianos, que fueron incluidos por el protocolo de Nagoya firmado por Uruguay recientemente. Por último, la financiación de una investigación interdisciplinaria como la nuestra es un doble desafío ya que requiere, de parte de los investigadores, pensar la investigación por encima de los esquemas que imponen las disciplinas científicas o los rubros productivos y, de parte de las agencias financiadoras, exige una apertura a la ciencia integradora, que no es ni básica ni aplicada, sino que recorre ese vasto espacio que separa islas del conocimiento.

## 10 - ESTUDIANTES DE POSGRADO

El grupo de investigación en Bioinsumos incluye estudiantes de posgrado, que son un componente fundamental de nuestro trabajo. Los estudiantes de maestría y doctorado realizan su trabajo experimental en los proyectos del grupo y cuentan con becas de INIA, ANII, CSIC (Udelar) y empresas privadas.

En nuestro esquema de trabajo, los proyectos académicos de los estudiantes tienen un anclaje definido en los diferentes componentes de nuestros proyectos de investigación, y por lo tanto responden al Plan Estratégico Institucional y a los objetivos del proyecto INIA 2020-2025 de Bioinsumos “Ecología, selección, formulación y uso de microorganismos benéficos en la agricultura”.

A continuación, presentamos a los estudiantes de posgrado, su inserción temática en el proyecto Bioinsumos 2020-2025, grado de avance y sus opiniones sobre la experiencia en INIA.



Programas académicos de posgrado.

## ESTUDIANTES DE DOCTORADO

Mag. Lucía Sessa Jusid



Foto: Ma. Emilia Guinovart

### Formación previa

Licenciada en Bioquímica, Magister en Biología opción Microbiología, Facultad de Ciencias – Udelar.

### Programa de posgrado

PEDECIBA (Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas).

### Título de proyecto

“Hidrocarburos epicuticulares de insectos plaga de soja y *Eucalyptus*, composición e interacción con hongos entomopatógenos”.

### Relación con PEI

Línea 2 - Interacciones entre plantas, microorganismos y plagas.

### Grado de avance

En proceso de redacción de tesis.

### Perspectivas

Una vez culminado el Doctorado aspiro a continuar mi formación realizando un Posdoc en una institución internacional que me permita adquirir nuevos conocimientos y herramientas para consolidarme como investigadora.

### Experiencia en el pasaje por INIA

Desde 2017 trabajo como becaria de doctorado (Beca ANII) en el Laboratorio de Bioproducción, contando con el apoyo del Laboratorio de Entomología de La Estanzuela y Fitopatología Forestal de Tacuarembó, así como del INIBIOLP en La Plata. Mi trabajo de tesis siempre avanzó de manera fluida y sin grandes contratiempos, adquiriendo conocimientos y habilidades nuevas para su desarrollo.

Mag. Pablo Andrés Torres Astete



Foto: Ma. Emilia Guinovart

**Formación previa**

Ingeniero Agrónomo, Universidad de Concepción, Chile. Maestría en Ciencias Agrarias, opción Ciencias del Suelo, Udelar.

**Programa de posgrado**

Doctorado en Ciencias Agrarias, Facultad de Agronomía, Udelar.

**Título del proyecto**

“*Bacillus* mineralizadores de fósforo como biofertilizantes: efecto sobre la disponibilidad de fósforo en el suelo, la nodulación por rizobios y la nutrición de la planta, e impacto sobre la comunidad microbiana de la rizosfera de plantas de soja”.

**Relación con PEI**

Línea 3 - Microbioma y promoción del crecimiento mediada por microorganismos.

**Grado de avance**

Finalizando pruebas experimentales y redacción de tesis.

**Perspectivas**

Se propone desarrollar un producto biológico en base a *Bacillus* para ser usado en el cultivo de soja, que favorezca el aporte de fósforo (P) al cultivo a partir del conjunto de P no disponible que se acumula en el suelo.

Se busca contribuir al proceso de intensificación sostenible de la producción mediante el uso de recursos genéticos microbianos, reduciendo la dependencia de fertilizantes fosfatados, los costos y el impacto ambiental.

**Experiencia en el pasaje por INIA**

Una oportunidad de continuar con mi formación académica y de pertenecer a un excelente grupo de trabajo e institución que me permiten crecer profesional y personalmente.

Mag. Héctor Oberti



Foto: Ma. Emilia Guinovart

**Formación previa**

Magister en Biología opción Microbiología, Facultad de Ciencias – Udelar.

**Programa de posgrado**

PEDECIBA (Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas).

**Título de Proyecto**

“Mejoramiento de cepas de *Beauveria bassiana* para el biocontrol de la chinche de la soja *Piezodorus guildinii*”.

**Relación con PEI**

Línea 2 - Interacciones entre plantas, microorganismos y plagas.

**Grado de avance**

Actividades experimentales en desarrollo.

**Perspectivas**

Lograr herramientas que ayuden a obtener soluciones innovadoras para el control de plagas mediante el uso de hongos entomopatógenos.

**Experiencia en el pasaje por INIA**

Una gran oportunidad formar parte del excelente ambiente INIA que motiva y estimula la proactividad y el aprendizaje.

Mag. Andrés Villar



Foto: Ma. Emilia Guinovart

### **Formación previa**

Ingeniero Agrónomo. Magíster en Ciencias Agrarias. Facultad de Agronomía - Udelar.

### **Programa de posgrado**

PEDECIBA (Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas).

### **Título del proyecto**

“Microbioma asociado a clones de *Eucalyptus dunnii*, y su efecto en el enraizamiento y sanidad de las estacas”.

### **Relación con PEI**

Línea 3 - Microbioma y promoción del crecimiento vegetal por microorganismos.

### **Grado de Avance**

Etapa inicial de actividades experimentales.

### **Perspectivas**

Continuar con mi desarrollo en la actividad científica en el ámbito de la sanidad vegetal, y en el manejo de microorganismos benéficos.

### **Experiencia en el pasaje por INIA**

Este primer año de trabajo ha sido una gran experiencia de aprendizaje y relacionamiento con un excelente grupo humano y técnico-profesional.

## ESTUDIANTES DE MAESTRÍA

Ing. Qca. Abigail Guibaud Grosso



Foto: Ma. Emilia Guinovart

### **Formación previa**

Ingeniera Química, Facultad de Ingeniería – Udelar.

### **Programa de posgrado**

Maestría en Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería.

### **Título del proyecto**

“Desarrollo de *films* a partir de polímeros lignocelulósicos para el encapsulamiento de bioinsumos de uso agrícola”.

### **Relación con PEI**

Línea 1 - Bioproducción, formulación y aplicación de bioinsumos.

### **Grado de avance**

Inicio de redacción de tesis y finalizando pruebas experimentales.

### **Perspectivas**

Evaluar la actividad de los biocontroladores y biofertilizantes incorporados al recubrimiento lignocelulósico en plantas de soja y caracterizar el biopolímero para su posible adaptación a otros microorganismos y cultivos.

### **Experiencia en el pasaje por INIA**

Mi experiencia en INIA ha sido desde todo punto de vista muy enriquecedora, tanto en lo personal como en lo profesional.

El proyecto me permitió incursionar en el mundo de la microbiología, que ha representado un desafío que pude superar gracias al apoyo y guía tanto de mi tutor como de mis compañeros.

Lic. Bioqca. Iberia Iglesias



Foto: Ma. Emilia Guinovart

**Formación previa**

Bioquímica Clínica y Licenciada en Bioquímica, Facultad de Ciencias - Udelar.

**Programa de posgrado**

Maestría en Biotecnología, Facultad de Ciencias.

**Título del proyecto**

“Caracterización de aislamientos *Metarhizium* spp. compatibles con rizobios para el desarrollo de un bioinsumo agrícola que reduzca las enfermedades de implantación en soja”.

**Relación con PEI**

Línea 1 - Bioproducción, formulación y aplicación de bioinsumos.

**Grado de avance**

En redacción de tesis.

**Perspectivas**

Una vez obtenido el título de Magister considero continuar mi formación como investigadora por medio de la realización de un Doctorado en Biotecnología.

Aspiro a acceder a nuevos conocimientos y publicar artículos científicos que hagan un aporte en la materia.

**Experiencia en el pasaje por INIA**

El trabajo fue siempre muy intenso pero disfrutable. Me permitió adquirir conocimientos y experiencia. De momento me encuentro terminando de redactar la tesis, la que espero defender pronto.

Lic. Qca. Paula Sanguñedo De Bellis



Foto: Ma. Emilia Guinovart

**Formación previa**

Bioquímica Clínica y Licenciada en Química, Facultad de Química – Udelar.

**Programa de posgrado**

Maestría en Biotecnología, Facultad de Ciencias.

**Título del proyecto**

“Nanopartículas biogénicas a partir de *Trichoderma* spp. y su aplicación en el control de fitopatógenos de arroz y trigo”.

**Relación con PEI**

Línea 1 - Bioproducción, formulación y aplicación de bioinsumos.

**Grado de avance**

Finalización, en proceso de redacción de tesis.

**Perspectivas**

Espero que el proyecto en el que se enmarca la maestría signifique el inicio del desarrollo de un futuro bioinsumo de utilidad en la industria agropecuaria.

**Experiencia en el pasaje por INIA**

Trabajar en conjunto con INIA Las Brujas ha sido una experiencia muy motivadora y en la cual adquirí muchos conocimientos sobre un área que anteriormente desconocía. Los experimentos que realicé fueron llevados a cabo con total fluidez.

Ing. Alim. Magdalena Olivera Alegre



Foto: Ma. Emilia Guinovart

### **Formación previa**

Ingeniera en Alimentos,  
Facultad de Química – Udelar.

### **Programa de posgrado**

Maestría en Biotecnología,  
Facultad de Ciencias.

### **Título del proyecto**

“Tecnologías de multiplicación  
y formulación de cepas de  
*Trichoderma* para el desarrollo  
de un bioinsumo de uso  
agrícola”.

### **Relación con PEI**

Línea 1 - Bioproducción,  
formulación y aplicación de  
bioinsumos.

### **Grado de avance**

Finalizando redacción de tesis.

### **Perspectivas**

Una vez culminada la maestría  
haber podido obtener un  
formulado de *Trichoderma* para  
plantas de arroz y trigo con  
un efecto benéfico, y además  
dejar un camino avanzado  
en la optimización del producto  
y su conservación.

### **Experiencia en el pasaje por INIA**

Una experiencia muy  
enriquecedora ampliando el  
área de conocimientos más allá  
de la Ingeniería Alimentaria.  
Una etapa de gran aprendizaje  
académico y de adquisición de  
una variedad de herramientas  
prácticas. Además, una  
experiencia muy cálida con  
un hermoso grupo de trabajo  
siempre a disposición para  
colaborar.

Ing. Amb. Salvador Ruiz González



Foto: Ma. Emilia Guinovart

### **Formación previa**

Ingeniero Agroambiental,  
Universidad Complutense de  
Madrid.

### **Programa de posgrado**

Maestría en Ciencias Agrarias,  
Facultad de Agronomía, Udelar.

### **Título del proyecto**

“Mapeo asociativo de la fijación  
biológica de nitrógeno en  
germoplasma avanzado del  
programa de mejoramiento  
genético de soja de INIA”.

### **Relación con PEI**

Línea 4 - Componente 1:  
Maximización de la simbiosis en  
la fijación biológica de nitrógeno  
(FBN).

### **Grado de avance**

En redacción de tesis.

### **Perspectivas**

Una vez finalizada la maestría  
me gustaría continuar con mi  
formación superior realizando un  
doctorado en una institución con un  
programa multidisciplinar que me  
permita fusionar los conceptos de  
agronomía y mejoramiento genético  
con mi pasión por la programación  
y el análisis de datos.

### **Experiencia en el pasaje por INIA**

Los dos años de maestría en los  
que trabajé como becario en INIA  
bajo la tutela de Elena Beyhaut  
y Juan Rosas han marcado un  
cambio de dirección trascendental  
en mi formación agronómica y en  
mis intereses académicos.

Gracias a INIA he podido adquirir  
herramientas y conocimientos  
nuevos para aplicarlos en un  
entorno multidisciplinar que  
me ha hecho crecer personal  
y profesionalmente.

## 11 - EL SIMPOSIO 2022

Los días 27 y 28 de setiembre se llevó a cabo en INIA Las Brujas el 2° Simposio Microorganismos para la Agricultura. Fue una ocasión para el encuentro y comunicación de los avances científicos y técnicos que se han generado en la academia, en las empresas productoras de bioinsumos y en los usuarios de estos productos. La doble jornada fue una oportunidad para conectar los diversos actores que trabajan en el desarrollo y aplicación de estas herramientas, de fundamental importancia para una transición hacia sistemas agroecológicos sostenibles. Participaron expositores en modalidad presencial y virtual desde Argentina, Colombia, España, Holanda y Uruguay con presentaciones en formato oral y póster. Por su parte, más de 100 asistentes participaron en forma presencial y aproximadamente 20 lo hicieron en forma virtual desde Argentina, Perú y localidades distantes del país.



**Figura 14** - El simposio concluyó con un taller en el que participaron investigadores, productores, y empresas privadas. En este taller se discutieron temas relevantes sobre el desarrollo de los bioinsumos y situaciones emergentes para su uso.

desarrollo y aplicación de bioinsumos en la agricultura, y fueron organizados en dos módulos: “Avances en tecnologías de formulación y aplicación” y “Desarrollos y perspectivas de empresas productoras y usuarias de bioinsumos” con representantes de las empresas Khyma, BioUruguay, Rizobacter y Lallemand. En representación de los usuarios de bioinsumos se presentó información del FPTA 244 “Introducción de agentes de control biológico en el manejo integrado de plagas en horticultura”.

**Presentaciones, libro de resúmenes del Simposio y otras publicaciones y productos del Grupo.**

Acceda **AQUÍ**

El Simposio culminó con un taller en el que los participantes discutieron en torno a las limitantes y desafíos para el desarrollo y adopción por parte de los productores de los insumos biológicos. Como temas emergentes, surgió la necesidad de priorizar la investigación en formulaciones y aplicaciones en campo de cepas ya seleccionadas, así como continuar con las

prospecciones y mejoramiento de cepas. El Ing. Agr. Miguel Sierra, gerente de Innovación y Comunicación, realizó el cierre de la jornada, destacando la evolución que han tenido los temas tratados en los últimos años y el logro, no menor, de contar con un ecosistema de empresas productoras de bioinsumos, investigadores y productores rurales comprometidos con el desarrollo y uso de estas alternativas tecnológicas.



**Figura 15** - La presentación de trabajos en formato póster fue otra de las actividades importantes del simposio que permitió ampliar los trabajos realizados en el tema de bioinsumos de uso agrícola.

En la primera jornada se presentaron trabajos académicos en torno a tres temas: “Promoción del crecimiento vegetal mediada por microorganismos”, “Integración de información sobre el microbioma en el manejo de sistemas de producción y en el mejoramiento genético” y “Nuevas estrategias para potenciar el control biológico”. En la segunda jornada, los trabajos presentados tuvieron un énfasis en los aspectos más prácticos del

12 - CONVENIO INIA - MGAP Y COLECCIÓN NACIONAL DE CEPAS DE RIZOBIOS

Los recursos genéticos microbianos han acompañado el desarrollo de las civilizaciones en aplicaciones como la transformación de la leche en yogures y quesos, o mediante fermentaciones alcohólicas usando levaduras para la producción de cervezas y vinos. Otro ejemplo para mencionar es el uso de levaduras en la panificación. Más recientemente, a principios del siglo XX, en la agricultura se empezaron a usar microorganismos para inocular cultivos de leguminosas con bacterias llamadas rizobios que posibilitan a las leguminosas obtener el nitrógeno a partir de la atmósfera.

En décadas más recientes el uso de microorganismos benéficos en agricultura se ha ampliado mucho, lo que llevó a la necesidad de crear bancos de conservación y caracterización de germoplasma microbiano — bacterias y hongos— para su posterior valorización y uso como bioinsumo. Uruguay comenzó en la década de los 60 a generar la “Colección Nacional de Cepas de Rizobios” para ser usados en los inoculantes comerciales de leguminosas.

Más recientemente, en el año 2012, mediante un convenio firmado entre INIA y el MGAP se acordó que INIA realice la curaduría de la Colección Nacional de Cepas de Rizobios, conservando y valorizando las cepas. Las actividades incluyen el genotipado por métodos moleculares y la capacidad de nodular y fijar nitrógeno. Además de la curaduría, INIA provee al MGAP servicios de análisis de laboratorio concernientes al registro y control de calidad de los inoculantes (Figura 16).

Estos análisis incluyen la verificación de la identidad de las cepas presentes, la ausencia total de contaminantes y la cuantificación de células vivas. Por otro lado, como resultado de los proyectos de investigación, se generan colecciones de bacterias y hongos de importancia agrícola. En estas colecciones se asegura la conservación usando al menos dos estrategias de preservación, entre ellas la liofilización y la conservación a -80° C.

Además de la curaduría, INIA provee al MGAP servicios de análisis de laboratorio concernientes al registro y control de calidad de los inoculantes.

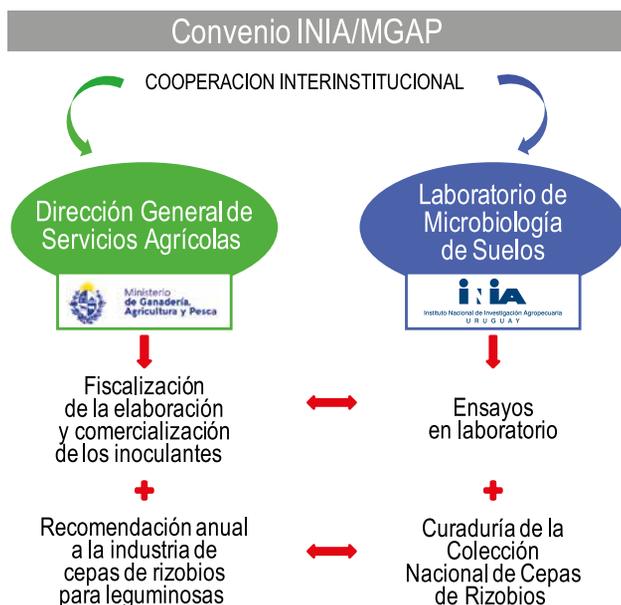


Figura 16 - Esquema de cooperación interinstitucional INIA-MGAP



Figura 17 - Ensayo de eficiencia simbiótica de cepas de rizobios para soja en condiciones controladas.

## 13 - LA VISIÓN DE SOCIOS Y USUARIOS

"La investigación y desarrollo local de bioinsumos es de máxima importancia y necesidad. Un excelente ejemplo de lo que se puede lograr lo representa el proyecto Alianza para la Innovación, en el que nos embarcamos hace varios años tres empresas nacionales dedicadas a la formulación de inoculantes para leguminosas. Frente a una necesidad detectada por el ex-ministro Aguerre de contar con un inoculante a base de algún microorganismo que facilitara la disponibilidad de fósforo a las plantas, INIA tomó el guante y lideró la investigación que tiene como fin registrar un producto formulado en Uruguay, con una cepa originaria del país y que permita al productor ser más eficiente en su producción y reducir la aplicación de fertilizante fosfatado. Fue un gran proyecto liderado por Nora Altier, quien conformara un excelente equipo de técnicos del grupo Bioinsumos INIA y del Instituto Pasteur. Este trabajo fue presentado en el reciente Simposio sobre el uso de Microorganismos en la Agricultura. La posibilidad de interactuar y debatir acerca del 'estado del arte' de los bioinsumos con técnicos de INIA, invitados del exterior, colegas y productores no es algo común en nuestro país, pero sí, absolutamente necesario para avanzar hacia un manejo más integrado de los cultivos. Debemos apoyar instancias de difusión como estas, en las que las nuevas tecnologías se ponen a disposición de los productores".

Ing. Pedro Lage - Lallemand Plant Care

"Para nosotros, el grupo de trabajo de INIA en Bioinsumos cumple un rol fundamental en lo que respecta a la evaluación de cepas, investigación en formulación de productos biológicos y ensayos de eficacia agronómica. Creemos que en este nuevo contexto nacional que apuesta a una producción más sostenible tiene un potencial enorme de aporte al sector en el tema de los controladores biológicos a nivel nacional".

Ing. Agr. MSc. Adriana Vieta - Técnica Extensionista de DIGEGRA/MGAP y Técnica responsable del Proyecto FPTA 344

"El Convenio de Vinculación Tecnológica entre INIA y el MGAP-DGSA basado en la cooperación interinstitucional ha permitido dar respuesta a los nuevos desafíos, modernizando el sistema de fiscalización y asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad para los inoculantes.

La generación de información a través de la investigación y la apuesta al desarrollo de bioinsumos de uso agrícola es trascendente para la concreción de tecnologías innovadoras para la agricultura sustentable con el consenso de todos los actores involucrados en el tema".

Lic. Bioq. María Mayans  
Encargada de Dpto. de Nutrición Vegetal -  
DGSA/MGAP

"La investigación y el desarrollo de bioinsumos es vital para la generación de sistemas de producción sostenibles y responsables con el medio ambiente. Desde Khyrna, creemos que aún queda mucho camino por recorrer en esta transición hacia un nuevo paradigma productivo. En este sentido el área de bioinsumos de INIA es un aliado vital tanto para el desarrollo como para la difusión de estas herramientas. El simposio sobre microorganismos organizado por INIA es una excelente oportunidad para conocer y trabajar en conjunto con actores públicos y privados promoviendo la investigación y desarrollo de estos instrumentos generando espacios de apoyo de suma importancia para el crecimiento del país".

Gervasio Krismanich  
Cofundador Khyrna - Soluciones Biológicas



Foto: Irvin Rodríguez

**Figura 18** - Grupo de trabajo en Bioinsumos INIA. De izquierda a derecha: M. Olivera, E. Beyhaut, N. Altier, C. Barlocco, N. Mattos, E. Abreo, L. Sessa, A. Villar, A. Guibaud, B. Dini, P. Torres, V. Lopez, M. Mortalena, I. Iglesias, F. Rivas.