



Dossier

# Bioproductos y sanidad vegetal

## Los bioproductos y la agricultura

### Una razón fundamental

Los bioproductos o bioinsumos son productos obtenidos a partir de organismos vivos o sus derivados tales como hongos, bacterias, material vegetal, enzimas u otros, que mediante el uso de herramientas biotecnológicas permiten cubrir un amplio espectro de prestaciones durante mucho tiempo delegadas –en la agricultura particularmente- a productos obtenidos artificialmente mediante síntesis química. Lo que se pretende con los primeros es que los mismos efectos de los segundos se produzcan de manera “natural”, propendiendo a una relación más íntimamente relacionada con los principios de la vida misma.

El normal desempeño de la naturaleza supone un estado de equilibrio entre sus principales componentes. En lo que conocemos como biósfera –esa porción del planeta en la que ocurren los fenómenos de la vida-, es fundamental que los procesos bioquímicos y físicos, propios de los organismos que lo habitan,

dispongan de los nutrientes que necesitan y sean capaces de transformar y reutilizar todo lo que ellos mismos u otros producen. Es lo que expresa el concepto de “biodegradabilidad”. Así como los gases pesados de origen fósil terminan intoxicando la atmósfera, muchas de las moléculas que los productos de síntesis química agregan a las plantas, al suelo o al agua terminan obstaculizando o impidiendo su natural procesamiento y conduciendo en definitiva a las muchas variantes –más o menos graves- de lo que llamamos contaminación.

La evidencia del deterioro ambiental, producto en gran medida de la actividad humana, hace de la sustentabilidad la razón fundamental que guía los cambios que deben introducirse en la manera en que producimos y, en nuestro caso, también en los insumos que utilizamos para estimular y proteger el rendimiento de nuestros cultivos. La pregunta que guía hoy la aventura del conocimiento en este aspecto es: ¿cómo solucionamos los problemas de hoy sin atentar contra nuestras necesidades de mañana?

La adopción y uso eficaz de

#### María Paula Filippone

Investigador Adjunto ITANOA (EEAOC-CONICET).

Jefe de la Sección Biotecnología  
paulafilippone@eeaoc.org.ar

#### Pia de los Angeles Di Peto

Becaria posgrado ITANOA (EEAOC-CONICET).

#### Carlos F. Grellet Bornounville.

Investigador Asistente ITANOA (EEAOC-CONICET), Sección Biotecnología,  
failosk@hotmail.com

#### Nadia R. Chalfoun

Investigador Asistente ITANOA (EEAOC-CONICET), Sección Biotecnología,  
nadiarchal@yahoo.com.ar

#### María Laura Tórtora

Investigador EEAOC, Sección Agronomía de la Caña de Azúcar  
ltortora@eeaoc.org.ar

#### Lucía Vera

Becaria posgrado EEAOC, Sección Agronomía de la Caña de Azúcar. lvera@eeaoc.org.ar

#### Alicia Mamani

Docente de la Fac. de Agronomía y Zootecnia de la EEAOC, e investigadora externa del ITANOA.  
al\_mama@yahoo.com.ar

#### Atilio P. Castagnaro

Investigador Principal ITANOA (EEAOC-CONICET). atiliocastagnaro@gmail.com

bioproductos va imponiéndose actualmente como una de las tecnologías clave para asegurar la sustentabilidad y la productividad de la agricultura. La sustentabilidad en primer lugar, porque su práctica a lo largo de 10.000 años ha ido erosionando los recursos naturales esenciales para los procesos biológicos que la hacen posible; y la productividad por la persistente necesidad de alimentar a una masa humana que sigue creciendo.

La generación y la utilización adecuada de los denominados bioproductos como insumos agrícolas se ha instalado así como una tendencia quizá irreversible, que se orienta a un mejor aprovechamiento tanto de los recursos de la propia naturaleza como del conocimiento más profundo hoy disponible al respecto, para una más amigable –y durable– interrelación productiva con la biósfera.

### ■ Una convergencia necesaria

La creciente amplitud de la oferta de bioproductos es una clara señal de su cada vez más aceptable adopción por parte de muchos productores. Numerosas empresas de agroquímicos están incorporando entre sus ofertas productos de este tipo, que se presentan bajo diferentes denominaciones dependiendo de la formulación o de los ingredientes activos que contengan. Entre éstos podemos encontrar **biofertilizantes, bioestimulantes, bioinoculantes, bioestabilizadores y biocontroladores** o, entre otros más, los **abonos orgánicos, humus y guanos**.

Las bondades intrínsecas de estos productos no son sin embargo independientes de las condiciones del contexto en el que se los ponga a actuar. Los diferentes tipos de bioproductos existentes hoy en el mercado poseen, como rasgo común, el hecho de que su mayor eficacia depende del modo en que

En la Argentina, la historia de los bioproductos comienza en el año 1957 con los biofertilizantes formulados en base a microorganismos simbióticos destinados para el cultivo de leguminosas (principalmente soja) que se importaban especialmente de EEUU. El impulso a la producción nacional de biofertilizantes lo dio el desarrollo y continua expansión del cultivo de la soja junto con las informaciones disponibles que indicaban claramente los beneficios económicos y ecológicos de la inoculación de las semillas con bacterias fijadoras de nitrógeno. Esta demanda por biofertilizantes determinó, a su vez, la institucionalización de los desarrollos bio-industriales en

las universidades y organismos públicos de ciencia y tecnología.

El mercado de los inoculantes para leguminosas, se compone de una demanda local y regional con un marcado crecimiento, tanto por el aumento de las hectáreas sembradas con soja, como por el aumento de hectáreas inoculadas dentro de las hectáreas sembradas. Existe una demanda de productos biológicos que contemplen las especificidades locales y la potencialidad productiva que ha tomado la región, lo que ha hecho que las empresas radicadas en la región dispongan de ventajas competitivas con respecto a otros productos provenientes del exterior. (Corvalán D *et al.*, 2007).

se utilicen, de la especie vegetal de que se trate y de las circunstancias del sistema agroecológico en el que se encuentra el cultivo.

Si bien la diversidad de bioproductos disponibles en el mercado crece mucho más velozmente que aquella a la que cambia el modo de concebir y de practicar la agricultura, ambos procesos tienden de todos modos a converger. Una convergencia necesaria que la atención del presente inmediato demora generalmente en definir. El caso de los bioproductos destinados al manejo fitosanitario, agrupados bajo la denominación general de biocontroladores, resulta un buen ejemplo de los fundamentos que impulsan ese gradual acercamiento a un criterio sistémico e integrado de manejo agrícola.

### Manejo fitosanitario

#### ■ El precio de la domesticación de los cultivos

El cultivo excluyente de una misma especie en un territorio más o menos extendido,

propio de la agricultura, no es natural. Su práctica implica una alteración de la biodiversidad en la que los seres vivos compiten o se complementan para su subsistencia en un mismo contexto ecológico. Por otro lado, la forzada domesticación de las especies útiles para la alimentación humana, necesaria para la obtención de resultados homogéneos y productivamente rendidores, ha ido estrechando la estructura genética de las versiones primitivas de esas mismas especies ahora domesticadas y mejoradas, con la frecuente pérdida de muchas de sus aptitudes originales para sobrevivir entre sus naturales adversarios, ya sean estos climáticos o biológicos. En ese proceso, que ha llevado a las especies cultivadas a una dependencia inevitable de los cuidados del hombre, no ha sido posible sin embargo eliminar totalmente la competencia de otros diferentes organismos vivos no domesticados -malezas, insectos y microorganismos como bacterias, hongos o virus- que pugnan por su propio derecho a prevalecer, en el mismo territorio. Al contrario,

muchas de las propiedades de las versiones primitivas de las mismas especies se han ido perdiendo y, en muchos casos, eso ha significado que posean menor capacidad de respuesta ante la agresión de otros organismos vivos o inclemencias climáticas, produciendo dificultades para su desarrollo o enfermedades o vulnerabilidad antes plagas.

### ■ El triángulo de la enfermedad

Las enfermedades infecciosas de las plantas se desarrollan por la combinación de los siguientes tres factores o condiciones básicas:

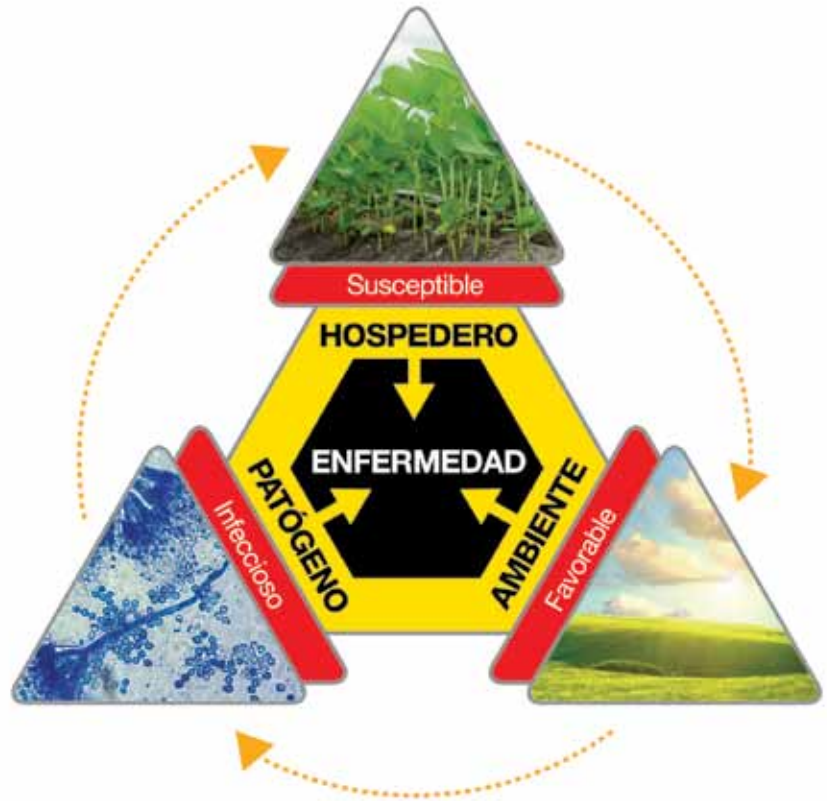
1. El ambiente propicio: se refiere a los factores ambientales apropiados para el desarrollo de una enfermedad entre los cuales los más importantes son la cantidad y la frecuencia de las lluvias o fuerte rocío, la humedad relativa y la temperatura del aire y del suelo.
2. La presencia de un patógeno virulento.
3. Un genotipo vegetal (hospedante) susceptible.

Estos tres componentes conforman el conocido “triángulo de la enfermedad”, uno de los paradigmas en fitopatología. La enfermedad puede ser prevenida eliminando cualquiera de estos tres componentes causales, por lo tanto, las medidas eficaces de control de enfermedades están dirigidas a romper este triángulo ambiente-patógeno-planta, y estas a su vez se pueden dividir en una serie de prácticas culturales, biológicas, físicas o químicas.

El control de las enfermedades de los cultivos por lo tanto – ya sea para evitarlas o impedir su progreso- requiere un conocimiento profundo del agente causal, del ciclo de la enfermedad y de las

interacciones planta-patógeno en relación con los factores ambientales. El logro de dichos objetivos se inicia con la elección del mejor genotipo vegetal y continúa durante toda la vida de

manejo de enfermedades que son aplicadas antes de la infección; el segundo (terapia o acción curativa) funciona con cualquier medida aplicada después de que la planta ha sido infectada. Un ejemplo del



**Figura 1.** Triángulo de la enfermedad: la enfermedad depende de las interacciones entre la planta hospedera, el patógeno y el ambiente.

la planta y aun con posterioridad al ciclo del cultivo, incluyendo el transporte, almacenamiento y comercialización. Relativamente pocas enfermedades son controladas por un solo método y en general se requiere de la acción combinada de varias estrategias.

### ■ Prevención y terapia

Las muchas estrategias, tácticas y técnicas utilizadas en el manejo de enfermedades pueden ser agrupadas bajo uno o más principios de acción muy amplios. El sistema más simple consiste de dos principios, prevención y terapia. El primero (prevención) incluye tácticas de

primer principio es la aplicación de cuarentenas para prevenir la introducción del agente causal de una enfermedad (patógeno) en una región donde no ha incidido previamente. El segundo principio se puede ilustrar con los tratamientos térmicos o químicos de material vegetativo tales como bulbos, cormos y estacas, para eliminar hongos, bacterias, nematodos y virus que se hayan establecido dentro del material vegetal. La producción y reproducción de material saneado, como es el caso de la utilización del cultivo de meristemas<sup>1</sup> para eliminar patógenos sistémicos y producir material de propagación saneado, estrategia muy utilizada en cultivos de propagación clonal como la

<sup>1</sup> El meristema es un tejido embrionario constituido por un grupo de células indiferenciadas que se encuentran en activa división celular y que tienen la capacidad de formar todos los tejidos de la planta (totipotencialidad). A partir de ellos se pueden regenerar plantas completas.



caña de azúcar para producir caña semilla de “alta calidad”, lo cual permite disminuir la incidencia de enfermedades durante el cultivo.

La mayoría de las medidas de control se dirigen a disminuir el inóculo del patógeno e incluyen los principios de exclusión, la erradicación del patógeno, la protección, la resistencia y selección de la planta, y la terapia.

Los principios que fundamentan los métodos de control de enfermedades en plantas son:

a. **Evasión**, consiste en evitar las enfermedades mediante el establecimiento del cultivo en lugares o en fechas en que no exista el inóculo o bien cuando este no es infectivo o es escaso.

b. **Exclusión**, tiene como objetivo evitar la introducción del inóculo o

el establecimiento de un patógeno en un área libre. Los principios de evasión y exclusión se aplican mediante métodos culturales y regulatorios.

c. **Erradicación**, es la eliminación del patógeno de una parte de la planta, de grupos de plantas, de un campo, de una región o de un país.

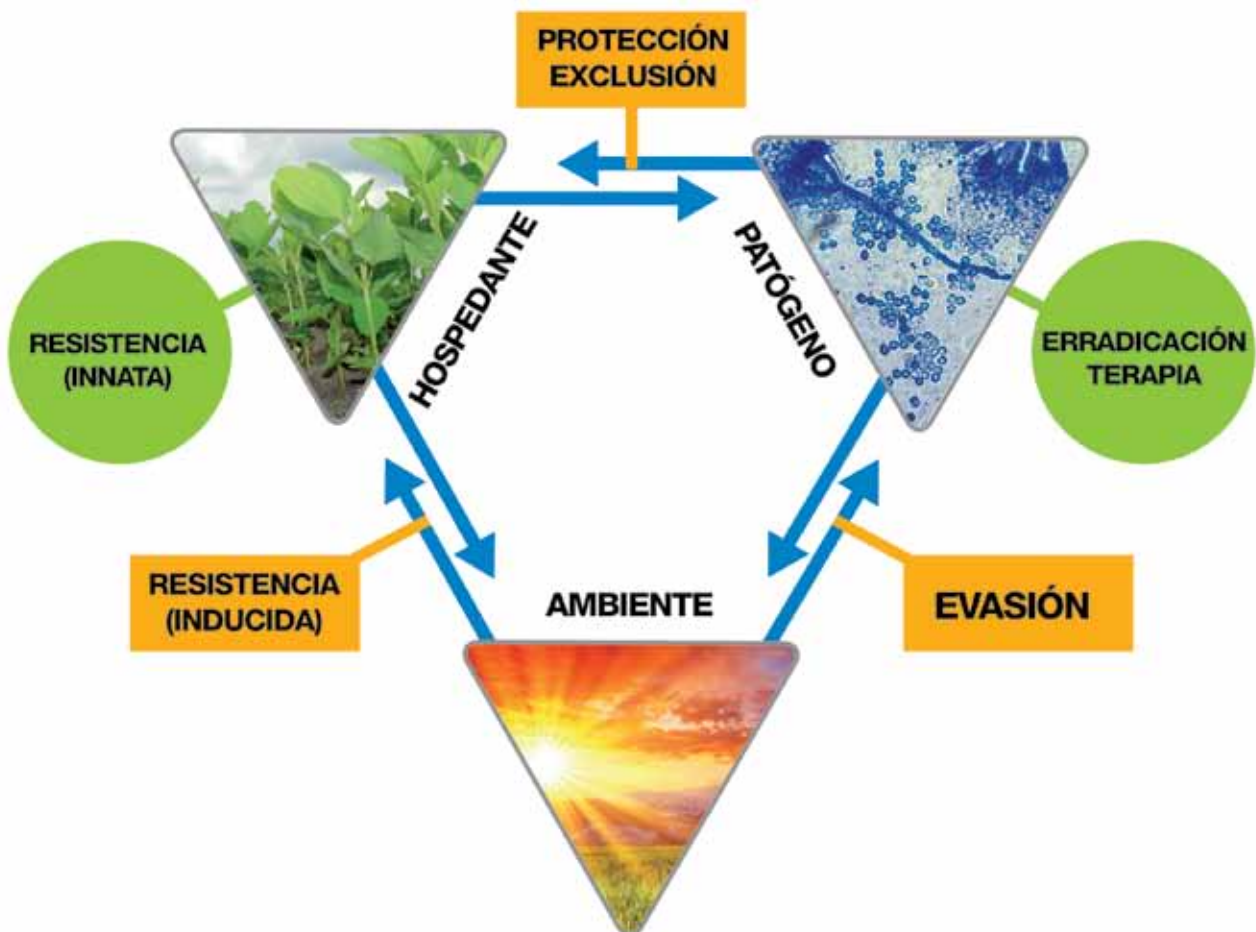
d. **Protección**, es el establecimiento de una barrera o impedimento de índole diversa entre el hospedante y el patógeno que interfiera en la actividad de este último.

Por su parte, la terapia incluye medidas aplicadas una vez que el patógeno ya ha infectado a la planta. En este caso la práctica más generalizada es el control químico, el cual consiste en la represión del patógeno o la prevención de su desarrollo mediante el uso de sustancias químicas.

## Manejo integrado

**E**n el contexto de los valores sociales y ambientales actuales, el “control” de enfermedades, un término vinculado culturalmente a control químico, es considerado hoy un concepto demasiado rígido. Asociada a la conciencia acerca de la importancia de la sustentabilidad, se ha ido profundizando y extendiendo la búsqueda de enfoques multifacéticos, conduciendo a lo que hoy llamamos *manejo integrado de enfermedades*.

Medidas a menudo severas y únicas, como son la aplicación de pesticidas, la fumigación de suelos o las quemadas, tienden gradualmente a erradicarse. Los procedimientos del manejo de enfermedades están frecuentemente determinados por la predicción o modelos de enfermedades, más que basados



por un calendario de actividades o de una simple recomendación aislada de un examen concreto del territorio. Aunque en la práctica se combinen aún necesariamente métodos de control directo con estrategias fitosanitarias integrales, el cambio que se estaría operando consiste en un avance desde la reacción a la proacción.

El manejo integrado de enfermedades en plantas se basa en anticipar la incidencia y atacar puntos vulnerables del ciclo de la enfermedad. Por ello se requiere de un diagnóstico adecuado para identificar el patógeno y un entendimiento exhaustivo de su ciclo -incluyendo los factores climáticos y ambientales incidentales y de las necesidades de manejo cultural que la especie vegetal y la variedad cultivada- especialmente requieren. En otras palabras, el mejor control de las enfermedades se da en el marco de un manejo fitosanitario adecuado e integral, en el que los bioproductos obran como coadyuvantes necesarios.

### ■ **Bio-tecnologías**

Los nuevos términos que incluyen el prefijo *bio* (*bioproductos*, *biocontrol*, *bioeconomía*, *biotecnología*...) aluden al mismo principio común: todos refieren a la orientación biológica de su obtención y su desarrollo, o de los efectos de su ingestión o aplicación agroalimentaria o farmacéutica. Del mismo modo, el término *biocontrol* en agricultura alude a la utilización de organismos o de sustancias producidas por estos para contrarrestar efectos negativos de organismos patógenos.

El perfeccionamiento de la producción y del uso de bioproductos es hoy uno de los engranajes del progreso de una agricultura atenta a su propia sustentabilidad. Es así que la búsqueda de más y mejores biocontroladores, tanto como la

de los métodos integrados para su aplicación, supone el trazado de estrategias que surgen del estudio de la interacción de la planta con su entorno.

La participación de los *bioproductos* en los sistemas agrícolas ya está establecida: constituyen, como se dijo, **medios económicamente atractivos y ecológicamente aceptables para reducir los insumos de origen sintéticos, mejorar la cantidad y calidad de los recursos propios de sistema agroecológico en el que se desarrolla el cultivo, sumar eficacia al manejo convencional y contribuir al saneamiento ambiental.**

### ■ **En defensa propia**

La respuesta de una planta infectada por un organismo causante de enfermedades es compleja.

Como ocurre en general con todos los organismos vivos, las plantas están dotadas de un sistema de defensa y de una variedad de estrategias para la utilización de esos mecanismos para su resguardo frente a situaciones ambientales o biológicas adversas, como en el caso de plagas y enfermedades. Las plantas en general tienen unos procesos metabólicos y celulares más versátiles que los animales. Esto se debe a que las plantas no pueden moverse para evitar una situación adversa y es por eso que poseen una sorprendente variedad de recursos defensivos. Así, para que un microorganismo patógeno pueda establecer una infección debe en primer lugar superar las barreras pasivas de la planta. Estas se basan en la defensa química y en la presencia de barreras estructurales preformadas o preexistentes. La defensa química consiste en una gran diversidad de compuestos irritantes, repulsivos, venenosos o antimicrobianos. Las barreras estructurales se basan en la producción de una cubierta

protectora en la superficie de todos los tejidos denominada cutícula, la cual puede estar constituida por cutina, suberina y ceras, formando una capa hidrofóbica e impermeable sobre la pared de las células de la epidermis que actúa como una primera línea de defensa; o por la presencia de estructuras específicas como por ejemplo espinas, pubescencia, etc. Cuando el patógeno supera las barreras preformadas o preexistentes de la planta, esta es capaz de poner en marcha diferentes mecanismos moleculares (denominado *inmunidad innata*) generando nuevas barreras las cuales forman parte de lo que se conoce como “defensa inducible”. Las distintas defensas de las plantas pueden ser generales al reino vegetal, pero también hay defensas que son particulares asociadas a determinados grupos de plantas o hasta un genotipo de planta en particular.

El mecanismo a través del cual las plantas reconocen los patógenos no es del todo conocido, pero todo indicaría que depende de componentes que se liberan o producen durante la interacción planta-patógeno, conocidos como “inductores”, es decir moléculas naturales (bióticas), procedentes de la planta (inductores endógenos) o del fitopatógeno (inductores exógenos), capaces de inducir respuestas estructurales y/o bioquímicas asociadas a la resistencia de la planta frente al organismo que las ataca. En primer lugar se activan los mecanismos de defensa en el sitio de infección (defensa local), pero posteriormente se activan las defensas a otros sitios de la plantas que no han sido lesionadas por el patógeno. Esta resistencia se denomina sistémica inducida o adquirida. La respuesta tiene una duración de semanas y no es específica, ya que actúa de forma semejante para una amplia variedad de patógenos.

Aunque aún falta mucho por dilucidar acerca del complejo sistema de

defensa vegetal, el uso de las técnicas de la biología y la genética molecular han generado gran cantidad de información acerca de los mecanismos utilizados por las plantas para defenderse de los fitopatógenos. Los nuevos conocimientos confirman que la activación de la defensa en las plantas tiene una base compleja que depende de la manifestación coordinada de un conjunto de mecanismos de defensa. Estos mecanismos responden a la expresión o represión de genes cuyos productos participan en las diferentes vías metabólicas que participan en la defensa.

En el diseño de estrategias para contribuir al control de fitopatógenos, la biotecnología aprovecha las estrategias de defensa de las propias plantas en beneficio de ellas mismas. Así por ejemplo mediante la transgénesis se pueden introducir genes de defensa de unos organismos a otros, o utilizar compuestos constituyentes de la muy diversa defensa química vegetal con propiedades “protectoras contra patógenos”, o diseñar estrategias de control utilizando propiedades que se activan en la interacción de la planta con microorganismos benéficos o con el mismo patógeno.

## ■ Tipos de Bioproductos

**A** la hora de “diseñar” un bioproducto destinado a la protección de las plantas contra las enfermedades, como se menciona anteriormente, se pueden aprovechar diferentes estrategias surgidas de las plantas y su interacción con el ambiente y los organismos que existen en su entorno. Se pueden desarrollar

bioproductos con microorganismos, compuestos y/o extractos de los mismos, como así también a partir de compuestos y/o extractos vegetales. De esta forma podemos agrupar los bioproductos en dos grandes grupos: **1- de origen microbiano** y **2- de origen vegetal**.

**1** La interacción de las plantas con organismos microbianos al igual que con herbívoros y otras especies de plantas puede ser de carácter positivo, negativo o neutral. Aunque cada caso depende de una serie de vinculaciones complejas, acerca de la mayoría de las cuales conocemos muy poco, los mecanismos químicos involucrados en estos tres tipos de interacciones pueden ser de naturaleza similar. La selección de un microorganismo o compuesto microbiano para ser utilizado en protección vegetal, deriva de la caracterización y conocimiento de esas interacciones; así, por ejemplo, la especificidad de las interacciones planta-patógeno sirve para seleccionar la interacción que proporcione una ventaja para una de las partes (patogénesis o resistencia), o para ambos organismos (simbiosis).

Las estrategias utilizadas en la formulación de un bioproducto para el control de patógenos son variadas, pero básicamente se pueden dividir en dos grandes grupos: aquellas que actúan directamente inhibiendo al patógeno y aquellas que inducen las defensas propias de las plantas. En el primer caso, se aprovechan compuestos microbianos que poseen actividad inhibitoria contra otros microorganismos<sup>2</sup>. En el caso de los inductores de la defensa de las plantas, se trata

del uso de ciertas sustancias como carbohidratos, proteínas y pequeñas moléculas, que son capaces de desencadenar en las plantas mecanismos de defensa que confieren resistencia al ataque de patógenos. Los inductores de la defensa resultan de interacciones planta-microorganismo y pueden provenir del patógeno o de la misma planta. Así, por ejemplo, ante la invasión de tejidos vegetales por un microorganismo, la respuesta defensiva inducible más temprana es la muerte del tejido hospedante causada por el ataque del patógeno o por una reacción de hipersensibilidad, de la cual se liberan componentes de la pared celular vegetal que inducen la activación de defensa en tejidos adyacentes. De manera similar, la actividad de algunas enzimas hidrolíticas, producidas por la célula vegetal como reacción de defensa, liberan componentes de la pared celular de ciertos hongos que tienen un efecto inductor de defensa en los tejidos vegetales<sup>3</sup>.

Otra estrategia muy utilizada en la formulación de bioproductos es utilizar directamente los microorganismos vivos, tales como microorganismos benéficos (simbióticos) o fitopatógenos atenuados (protección cruzada), muy utilizada esta última en la protección contra virus. En este grupo se encuentran por ejemplo **los bioinoculantes para cultivos de leguminosas**, formulados en base a los géneros *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter* u otros y a una gran cantidad de microorganismos denominados PGPR<sup>4</sup>. La mayoría de estos PGPR -o biofertilizantes- son bacterias de vida libre benéficas para ciertos

<sup>2</sup> Es el caso de, por ejemplo, la pyrrolicidina A, proveniente de *Acremonium zeae* tiene actividad antibacteriana y antifúngica en maíz (Donald T. Wicklow and Stephen M. Poling, 2009); brefeldin A obtenido a partir de *Aspergillus clavatus* strain H-037 con actividad antiviral y antifúngica (Helmsand and Rothman, 1992).

<sup>3</sup> El primer inductor caracterizado fue una proteína de bajo peso molecular, monilicolina A, aislada del hongo *Monilinia fructicola* por Cruickshank y Perrin en 1968. Desde entonces se han identificado numerosos inductores de naturaleza química diversa. como por ejemplo la proteína conocida como harpin, producida por *Erwinia amylovora*, la cual induce la respuesta hipersensible en una gran cantidad de cultivos (Wei y col., 1992); el Gluticid, formulado a partir del sobrenadante de una cepa de *Pseudomonas aeruginosa* (mezcla de ácido salicílico, sideróforos, polisacáridos, etc.), tiene efecto biofungicida, e inductor de la defensa y además del crecimiento vegetal (Díaz de Villegas y col., 2002), etc.

<sup>4</sup> Plant Growth Promoting Rhizobacteria: rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal.

tipos de cultivos. Son habitantes naturales del suelo, no patógenas, que se asocian a las raíces de numerosas especies vegetales aprovechando las sustancias excretadas por las raíces y proveyendo a su vez a las plantas sustancias que promueven su crecimiento como fitohormonas, sideróforos, osmoprotectores, o favoreciendo la fijación de nitrógeno, solubilización de fósforo, etc.; es el caso de *Pseudomonas fluorescens* y *Azospirillum brasilense*. Existen muchas otras bacterias y microorganismos PGPR, pero no tienen un efecto tan ampliamente reconocido como promotoras de crecimiento vegetal.

Los PGPR, pueden además proteger a la planta contra el ataque de patógenos, funcionando así como biocontroladores, otro efecto benéfico que puede traducirse en mejores rendimientos.

A pesar de encontrarse libremente en los suelos, solo son capaces de producir beneficios agronómicos importantes cuando se aplican a las semillas o a las raíces en condiciones óptimas, incrementando el rendimiento de los cultivos en forma significativa sobre los controles no biofertilizados.

**2** En el caso de los bioproductos desarrollados a partir de las plantas, se aprovechan las múltiples estrategias que estas poseen para defenderse. Así por ejemplo se han desarrollado algunos formulados en base a compuestos y/o extractos vegetales que actúan directamente inhibiendo el desarrollo de los patógenos (efectos curativos), o indirectamente induciendo los mecanismos de defensa propios de la planta (efecto preventivo); en este último caso pueden ser compuestos de la propia planta o resultado de

la interacción con microorganismos patógenos o no, como se menciona anteriormente<sup>5</sup>.

La explotación de la inducción de la resistencia en protección vegetal se ha transformado en una de las estrategias más prometedoras, ya que en general se utilizan compuestos y extractos vegetales en bajas concentraciones y proveen una protección de larga duración y de amplio espectro.

**El sistema de defensa vegetal es muy efectivo para detener o contrarrestar una infección, lo que hace que la muerte de plantas por enfermedad termine siendo una situación excepcional.** Todas las plantas poseen la capacidad para defenderse, y en general se puede decir que lo que diferencia un genotipo resistente de uno susceptible a un determinado patógeno es la velocidad con la que se activan los mecanismos de defensa.

El conocimiento de los recursos de defensa que poseen las plantas o los microorganismos que son beneficios para estas, para extrapolarlos hacia el desarrollo de estrategias de manejo, incrementa las posibilidades para generar tecnología de bajo impacto para el agroecosistema y la salud humana. En este siglo las nuevas industrias ligadas al sector agropecuario liderarán el camino del desarrollo sustentable, así como en el pasado lo fueron la minería y el petróleo. En este sentido el desarrollo de biosinsumos constituye una demanda social y es una pieza fundamental en la nueva agricultura que se está imponiendo, cuyo desarrollo requiere una visión de futuro y acciones concretas que fortalezcan tanto el desarrollo tecnológico como las inversiones necesarias.

## Bioproductos con la marca EEAOC

**E**n la EEAOC se viene trabajando en investigación y desarrollo de bioinsumos desde hace más de 15 años. Su inicio está relacionado con la fundación de la Sección Biotecnología, en el año 2002, cuando se iniciaron los trabajos de evaluación de compuestos de origen vegetal, de microorganismos avirulentos y de PGPR, que habían resultado de investigaciones previas desarrolladas en la institución o en colaboración con otras como el CONICET, la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), etc. Un impulso mayor se da con la conformación del Instituto de Tecnología Agroindustrial del Noroeste Argentino (ITANOA), de doble dependencia EEAOC-CONICET, dentro del cual se lleva a cabo el Proyecto de Desarrollo Tecnológico y Social PCTI-161 "Desarrollo de bioinsumos para incrementar la sostenibilidad de las agroindustrias del NOA". Los objetivos de este proyecto se orientan a la generación de bioinsumos de origen vegetal o microbiano que tengan un efecto benéfico en la producción agroindustrial, ya sea sobre el incremento de la producción / rendimiento o sobre la sanidad de los cultivos, en la inocuidad de productos agroalimentarios, en la producción de bioenergía y en otras actividades agroindustriales para la mejora cualitativa y cuantitativa de los procesos productivos. El proyecto implica la articulación del trabajo de diferentes secciones de la EEAOC tales como Biotecnología, Agronomía y Mejoramiento de Caña de azúcar, Fitopatología, Zoología y Granos.

Comprende diferentes líneas de investigación y desarrollo que se

<sup>5</sup> La literatura registra innumerables reportes de compuestos y/o extractos vegetales con actividad antifitopatogénica o como inductores de la defensa (Cohen, 2001; Kessmann y col., 1994a, b; Ton y col., 2005). Tal es el caso del producto denominado "ulvana", biopolisacárido obtenido de la pared celular del alga verde *Ulva spp.* (Paulert y col., 2009) que en forma de aplicaciones foliares induce resistencia en manzana contra *C. gloesporioides* (Araújo y col., 2008); Bio-S y Neudo Vital, los cuales son productos comerciales a base de extractos de plantas (Von Rad y col., 2005).



## Nuestras líneas de investigación y desarrollo

### Genotipos vegetales

Desarrollo de marcadores moleculares para acelerar el proceso de selección varietal

Transgénesis: incorporación de nuevos caracteres a genotipos “elites”.

Saneamiento y vigorización vegetal por medio de cultivo *in vitro* de meristema y micropropagación.

Optimización de protocolos para el cultivo *in vitro* y transgénesis en genotipos de interés.

### Insumos biológicos

Aislamiento y caracterización de microorganismos PGPR

Aislamiento y caracterización de moléculas vegetales y/o microbianas con propiedades benéfica para los cultivos

Caracterización de patógenos avirulentos.

Caracterización de mecanismos de inducción de la defensa vegetal.

Evaluación de la interacción de bioinsumos y agroquímicos convencionales

de avanzar con los estudios que permitan el registro del mismo.

Otras líneas coordinadas por Biotecnología que hoy están en curso comprenden investigaciones con microorganismos PGPR, y el desarrollo de estrategias generadas a partir del estudio de las interacciones entre distintas variedades de soja con microorganismos que no le producen enfermedad (avirulentos), para desarrollar un bioinsumo específico para el manejo fitosanitario de este cultivo.

Actualmente, uno de los componentes del subprograma de Agronomía de la Caña de Azúcar se orienta a la selección y caracterización de diferentes géneros de especies bacterianas promotoras del crecimiento (PGPB), aisladas a partir de los cultivos de caña de azúcar y sorgo azucarado, con potencial para estimular el crecimiento e incrementar la productividad de estos cultivos. Mediante diferentes convenios con empresas privadas se ha optimizado un sistema de evaluación de bioproductos comerciales y otros nuevos formulados a partir de nuestros aislamientos que incluyen ensayos en laboratorio, invernáculo y campo. Bajo condiciones controladas de laboratorio se realiza la selección, caracterización y estudio de las bacterias PGPB (características promotoras del crecimiento, estudios de estabilidad, compatibilidad con agroquímicos, etc). Una vez seleccionadas y caracterizadas, se realizan bioensayos en cámara de brotación e invernáculo, en los que se evalúa el crecimiento inicial de las plántulas luego de la inoculación. Finalmente, aquellas bacterias que presenten mayor capacidad de promoción del crecimiento se evalúan en ensayos a campo tanto en microparcelas bajo un sistema de manejo controlado, como en lotes comerciales bajo un sistema de manejo convencional.

La inclusión primero y la constancia

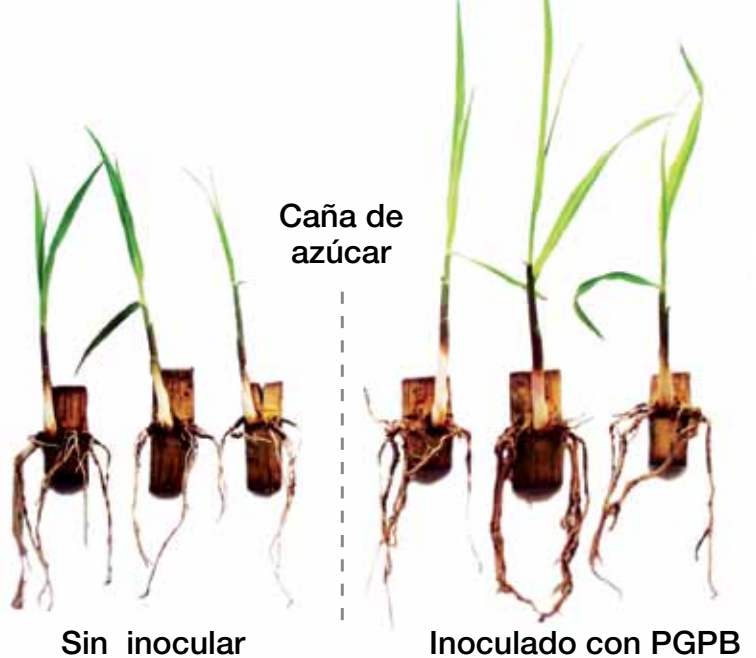
encuentran en distintas etapas de avance. Por ejemplo, entre los trabajos liderados por la Sección Biotecnología, cabe mencionar una tecnología patentada en Argentina, Brasil y México desde el Instituto Superior de Investigaciones Biológicas (INSIBIO), basada en un tanino (HeT) cuya utilización en la protección frente a enfermedades de plantas cultivadas (cítricos, frutilla, etc.), fue probada en la EEAOC.

Por supuesto también destaca un producto que actúa como una “vacuna vegetal” diseñado a partir de una proteína aislada de un hongo patógeno de plantas, y sirve para proteger los cultivos de plagas y enfermedades, sin generar daño en los humanos, en el cultivo, ni en el ambiente. Las pruebas (de concepto) se realizaron aplicando la proteína (o principio activo) extraída del hongo (*Acremonium* sp.) en diferentes cultivos como frutilla, soja, caña de azúcar, trigo y cebada, y de ese modo, se desencadenaba una respuesta de defensa en la planta que conducía a que la misma no se enferme o lo haga en mucho menor medida o de una manera que no afecte la calidad y/o el rendimiento del cultivo. Estos resultados y la tecnología derivada que fue patentada en 33 países

durante el año 2012, sentaron las bases para establecer un convenio de colaboración con una empresa argentina para extender los ensayos a cultivos de importancia regional y nacional, la que a su vez adquirió la exclusividad de explotación de la patente y se está encargando, conjuntamente con el ITANOA, de su formulación, elaboración a escala industrial, registro y comercialización.

Otro de los desarrollos conducido por la Sección Biotecnología y que se encuentra en una etapa más preliminar, consiste en combinar en extractos vegetales uno o más compuestos activos que, además de tener un efecto directo contra patógenos, tengan la capacidad de inducir la defensa de las plantas e incrementar su rendimiento. El resultado satisfactorio de varios años de investigación aplicada en limoneros, caña de azúcar, soja y frutilla bajo condiciones controladas, y el bienvenido aporte del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica de la Nación para la adquisición del equipamiento necesario para montar una planta piloto (Proyecto EMPRETECNO), permitirá escalar la producción de este nuevo bioproducto de tal forma que se pueda seguir con la etapa de evaluaciones a campo en vistas





luego de la dedicación de la EEAOC a las investigaciones biotecnológicas a lo largo de los últimos 15 años ha permitido fortalecer equipos técnicos multidisciplinares dedicados a la tarea, merecer el reconocimiento y el apoyo de los organismos científicos nacionales e internacionales, y avanzar en el siempre arduo intento de acercar gradualmente los tiempos entre el inicio de un proyecto científico y el resultado esperado.

#### Bibliografía consultada

**Araujo, L.; L. C. Borsato; R. M. Valdebenitosanhueza e M. J. Stanik. 2008.** Fosfito de potássio e ulvana no controle da mancha foliar da gala em macieira. *Tropical Plant Pathology* 33 (2): 148-152.

**Bai, Y.; X. Zhou and D. L. Smith. 2003.** Enhanced soybean plant growth resulting from coinoculation of *Bacillus* strains with *Bradyrhizobium japonicum*. *Crop Sci.* 43: 1774-1781.

**Chalfoun, N. R.; A.P. Castagnaro y J.C. Díaz R. 2011.** Induced resistance activated by a culture filtrate derived from an avirulent pathogen as a mechanism of control of anthracnose in strawberry. *Biol. Control* 58: 319-329.

**Cohen, Y. 2001.** The BABA story of induced resistance. *Phytoparasitica* 29: 375-378.

**Escobar, M. A. y A. M. Dandekar. 2003.** *Agrobacterium tumefaciens* as an agent of disease. *Trends Plant Sci.*

8 (8): 380-386.

**Filippone, M. P.; J. Díaz Ricci; A. Mamaní de Marchese; R. N. Fariás and A. Castagnaro. 1999.** Isolation and purification of a 316 Da preformed compound from strawberry (*Fragaria ananassa*) leaves active against plant pathogens. *FEBS Letters* 1999 Oct 1, 459 (1):115-118.

**Francl, L. J. 2001.** The Disease Triangle: A Plant Pathological Paradigm Revisited. *The Plant Health Instructor*. En línea: doi:10.1094/PHI-T-2001-0517-01.

**Helms, B. and J. E. Rothman. 1992.** Inhibition by brefeldin A of a Golgi membrane enzyme that catalyses exchange of guanine nucleotide bound to ARF. *Nature* 360: 352-354. En línea: doi:10.1038/360352a0 (consultado 26 noviembre 1992).

**Helms, J. B. and J. E. Rothman. 1992.** Inhibition by brefeldin A of a Golgi membrane enzyme that catalyses exchange of guanine nucleotide bound to ARF. *Nature* 360: 352-354.

**Kessmann H.; T. Staub; C. Hofmann; T. Maetzke; J. Herzog; E. Ward; S. Uknes and J. Ryals. 1994.** Induction of systemic acquired resistance in plants by chemicals. *Annu. Rev. Phytopathol.* 32: 439-459.

**Mamaní, A.; M. P. Filippone; C. Grellet; B. Welin; A. P. Castagnaro and J. C. Ricci. 2012.** Pathogen-induced accumulation of an ellagitannin elicits plant defense response. *Mol*

*Plant Microbe Interact.* 25 (11):1430-9. En línea: doi: 10.1094/MPMI-12-11-0306.

**Mauch-Mani. 2005.** Dissecting the  $\beta$ -aminobutyric acid-induced priming phenomenon in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 17: 987-999.

**Panwar, J.; V. K. Saini; J. C. Tarafdar; P. Kumar and S. Kathju. 2005.** Changes in labile P status under different cropping systems in an arid environment. *J. Arid. Environ.* 61: 137-145.

**Radman, R.; T. Saez; C. Bucke and T. Keshavarz. 2003.** Elicitation of plants and microbial cell systems. *Biotech and Appl. Biochem.* 37: 91-102.

**Ryals, J. A.; U. H. Neuenschwander; M. G. Willits; A. Molina; H. Y. Steiner and M. D. Hunt. 1996.** Systemic acquired resistance. *The Plant Cell* 8: 1009-1819.

**Villa, P.; M. Stefanova; A. Frías; M. E. Díaz de Villegas; J. Martínez; A. Bell; E. Torres; Y. Hernández; G. González; J. Almandoz; F. Rodríguez; L. Castellanos e I. Alfonso. 2002.** Producción de un biofungicida a partir de *Pseudomonas aeruginosa* cepa PSS, efectivo en el control de hongos fitopatógenos. *Fitosanidad* 10 (2): 146-147.

**Vlot, A. C.; D. A. Dempsey and D. F. Klessig. 2009.** Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. *Annual Review of Phytopathology* 47: 177-206.

**Von Rad, U.; M. J. Mueller and J. Durner. 2005.** Evaluation of natural and synthetic stimulants of plant immunity by microarray technology. *New Phytol.*: 165, 191-202.

**Wei, Z. M.; R. J. Laby; C. H. Zumoff; D. W. Bauer; S. Y. He; A. Collmer and S. V. Beer. 1992.** Harpin, elicitor of the hypersensitive response produced by the plant pathogen *Erwinia amylovora*. *Science* 257: 85-88.

**Wicklow, D. T. and S. M. Poling. 2009.** Antimicrobial Activity of Pyrocidines from *Acremonium zeae* Against Endophytes and Pathogens of Maize. *Biological control* 99 (1): 109-115.



# Hay mercados Cuidémonos del HLB Cuidemos nuestra citricultura

Presencia  
internacional  
y apertura de  
nuevos mercados

Preservación  
de la calidad  
y la inocuidad  
fitosanitaria

Mejores  
prácticas  
agronómicas  
e industriales

Mejoras del  
marco legal y  
condiciones  
laborales

Relacionamiento  
y cooperación  
interinstitucional



## ASOCIACIÓN TUCUMANA DEL CITRUS

**Suma de voluntades para la gestión del interés común**

Monteagudo 492 - 1er Piso Of. A

T4000ICJ | S.M. de Tucumán | Tucumán | Argentina

Tel: (0381) 421 2969 - 422 4983 | Fax: (0381) 421 4611

Mail: [asociacion@atcitrus.com](mailto:asociacion@atcitrus.com) | [gerenciaatc@atcitrus.com](mailto:gerenciaatc@atcitrus.com)

[www.atcitrus.com](http://www.atcitrus.com)

**180**  
ASOCIADOS

