



## GENÉTICA APLICADA

# La ingeniería detrás de un cultivo

Los cultivos genéticamente modificados surgieron para facilitar el manejo y reducir los costos de producción. Un repaso por 20 años de la tecnología que ayudó al desarrollo de la agricultura argentina, y que hoy plantea un nuevo cambio de paradigma: de la tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos a cultivos más eficientes en el consumo de agua y de nutrientes.

Por Cecillie Esperbent

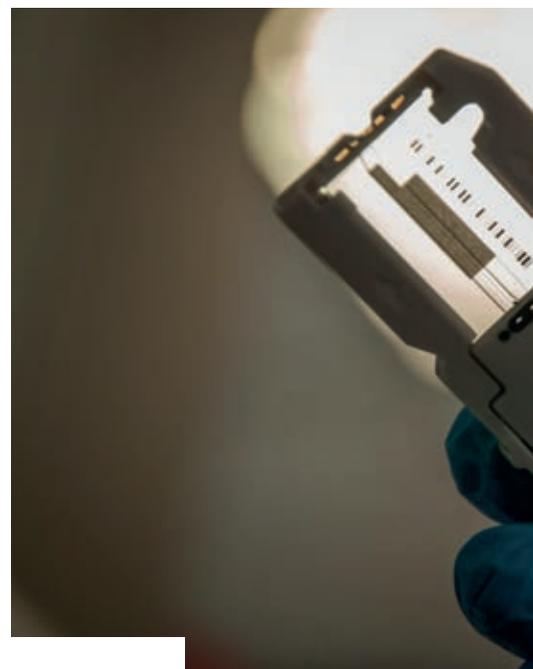
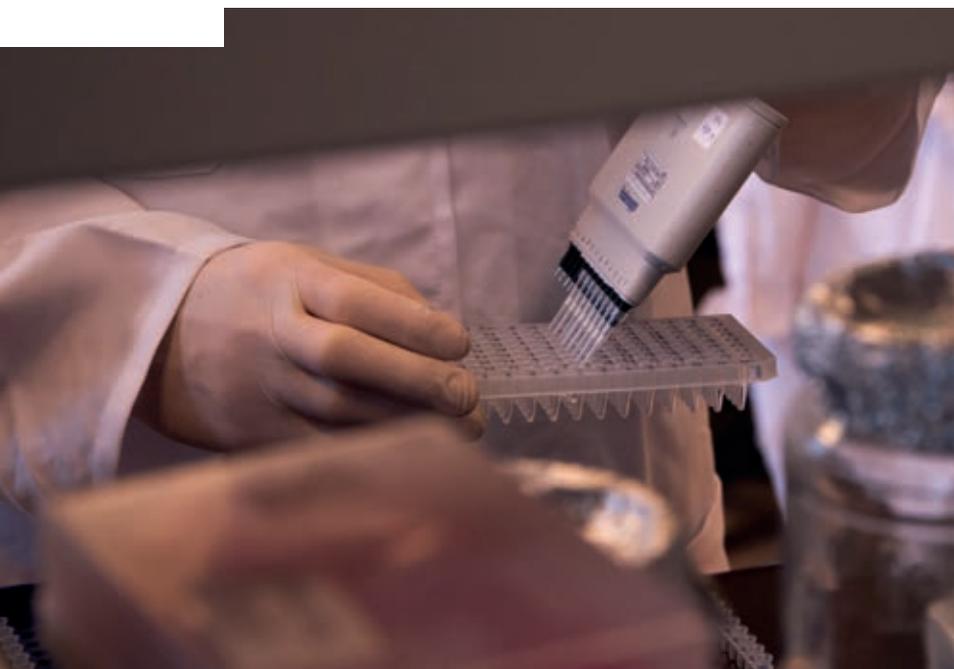
La expansión de la agricultura derivó, primero, en un incremento del área cultivada y, luego, en la necesidad de aumentar la productividad por planta. Así, la transgénesis y los organismos genéticamente modificados permitieron la obtención de cultivos tolerantes a herbicidas (TH) y resistentes a insectos (Bt), avances que ayudaron reducir los costos de pro-

ducción –por el menor consumo de combustible y cantidad de labores y aplicaciones– y disminuir el impacto ambiental por el menor uso de insecticidas, entre otros.

Ahora, **un nuevo cambio de paradigma propone a la edición de genes como la herramienta que permitirá desarrollar cultivos más eficientes** en el consumo de agua y

en la absorción de nutrientes, con ciclos más cortos y resistentes a los eventos climáticos extremos.

Desde que la ciencia avanzó lo suficiente para crear organismos genéticamente modificados (OGM), la controversia alrededor de su uso no dejó de existir. Pero, ¿qué es un cultivo genéticamente modificado? Para aclararlo, Ruth Heinz –directora del Insti-



**“LA BIOTECNOLOGÍA MODERNA OFRECE NUEVAS ALTERNATIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS CULTIVOS Y UTILIZA LA INGENIERÍA GENÉTICA PARA MODIFICAR Y TRANSFERIR GENES DE UN ORGANISMO A OTRO”.**  
**(RUTH HEINZ)**

tuto de Biotecnología del Centro de Investigación en Ciencias Veterinarias y Agronómicas (CICVyA) del INTA— lo define como “una planta cuyos genes fueron modificados mediante ingeniería genética”.

“**La modificación introducida le otorga a la planta nuevas características beneficiosas** como: resistencia a enfermedades, virus, bacterias, hongos, plagas, tolerancia a herbicidas y a estreses como pueden ser sequías, heladas y altas temperaturas”, señaló Heinz y agregó: “Además, puede contribuir a cambiar los rasgos nutricionales de frutos o semillas, por ejemplo, aumentar el contenido de vitaminas o la proporción de ácidos grasos o aceites saludables”.

La modificación genética es una técnica más entre un abanico de procesos que se pueden realizar para mejorar la agricultura. “Esto se logra mediante la introducción de uno o más genes nuevos o mediante la modificación de uno preexistente, propio de la planta”, indicó Heinz y aclaró: “Una característica importante es que son cambios heredables, es decir, que se transmiten a la descendencia”.

Seleccionar las mejores características y minimizar las probabilidades de que los cultivos sean perjudicados por factores externos, son básicamente los objetivos de la genética aplicada a los vegetales. “**Los cultivos GM más difundidos son los que poseen tolerancia a herbicidas (TH) y resistencia a insecticidas (Bt)**, aunque en

los últimos años los desarrollos fueron orientados a la combinación de ambas características”, señaló Heinz.

Siembra directa, manejo de cultivos e insumos por ambiente y fabricación y adopción de máquinas inteligentes son algunos ejemplos de las herramientas que hicieron más eficiente la producción agrícola nacional y ubican a la Argentina en el grupo de países líderes en el desarrollo y uso de tecnología para el agro.

En este sentido, Mariano Bosch, vicepresidente del INTA, puso en valor el rol del instituto como un organismo público dedicado a la investigación científica y desarrollo de la tecnología aplicada al campo agropecuario y agroindustrial. “**La Argentina cuenta con una tradición científica de excelencia que la destaca internacionalmente por sus logros** y eso es gracias a la labor de una institución como la nuestra”, planteó.

“La soja, por ejemplo, le permitió a nuestro país ser uno de los que más rápido adoptó la siembra directa como tecnología agrícola sustentable”, ilustró Bosch y se refirió a la importancia de revisar las prácticas agronómicas recomendadas para mantener el equilibrio de los ambientes. De lo contrario, “el productor tiene que batallar contra malezas o insectos cada vez más tolerantes a los agroquímicos, pero no se da cuenta que la presencia de una maleza en el lote es una respuesta a lo que se hace”, señaló el vicepresidente del INTA.



**“Como institución científica entendemos la importancia de estudiar cómo funcionan los cultivos para actuar en el futuro”**, expresó Bosch y aseguró: “Los cultivos genéticamente modificados aportan a la sustentabilidad del sistema, reducen el uso de productos químicos, permiten optimizar la producción y la calidad de los cultivos para obtener variedades que resistan sequía, baja disponibilidad de nitrógeno y hasta suelos salinos”.

En línea con una carta firmada por más de 100 premios nobeles, Bosch aseguró que no hay evidencia científica sobre el perjuicio –para la salud o para la naturaleza– que implican los OGM.

En el documento, investigadores del ámbito de la medicina, química y física galardonados con el Premio Nobel pidieron a los “gobiernos del mundo” que “aceleren el acceso de los agricultores a todas las herramientas de la biología moderna”. Además, destacaron que “todas las agencias científicas y regulatorias en el mundo establecieron de manera reiterada y coherente que las culturas y los alimentos mejorados gracias a las biotecnologías son igualmente seguros –sino más– que aquellos procedentes de otros métodos de producción”.

De acuerdo con los firmantes, “el cultivo de arroz dorado tiene el potencial de disminuir de manera considerable la proporción de muertes y enfermedades en el planeta causadas por una deficiencia de vitamina A (VAD)”.

## UN FONDO PARA FINANCIAR PROYECTOS AGROBIOTECNOLÓGICOS

La inversión económica vinculada a los desarrollos biotecnológicos para el sector agroproductivo se convirtió en una frontera que no todos los proyectos de investigación podían atravesar, especialmente a la hora de encarar la fase de prueba de seguridad y eficacia.

La creación del Fondo de Regulación de Productos Biotecnológicos (Fonrebio), que aportará financiamiento y previsibilidad a la etapa regulatoria, es un instrumento de cooperación impulsado por los Ministerios de Agroindustria y de Ciencia y Tecnología que buscan fomentar la producción nacional de productos agrobiotecnológicos.

“El Fonrebio es un ejemplo de política de Estado”, destacó Feingold quien reconoció: “Este acuerdo interministerial representa una clara señal de apoyo hacia la biotecnología y hacia estos desarrollos, no solo para el agro sino también para otras esferas”. Para el INTA “es altamente positivo”, señaló Feingold y agregó: “Somos una institución pionera en la generación de OGM con capacidad técnica para realizar los desarrollos, pero estos se encuentran con una restricción desde el punto de vista presupuestario a la hora de pasar a fases más avanzadas”.

El principal objetivo de este Fondo es financiar hasta el 80 % del costo total del proyecto con créditos de devolución contingente y aportes no reembolsables –subsidios–, por un monto mínimo de un millón de pesos y un máximo de 20.

Con financiamiento del Fondo Tecnológico Argentino (Fontar), de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica del Ministerio de Ciencia, podrán solicitarlo instituciones de Ciencia y Técnica y empresas que desean obtener la aprobación para la liberación y el uso comercial de los productos biotecnológicos desarrollados en el país.

### Un poco de historia

Los objetivos de la genética aplicada a los vegetales son, básicamente, seleccionar las mejores características para minimizar las probabilidades de que los cultivos sean perjudicados por factores externos. Ahora bien, **el mejoramiento de los cultivos por la mano del hombre no es un hecho nuevo. Tuvo sus inicios hace más de diez mil años**, cuando comenzó a cultivar y seleccionar las mejores plantas. Con esa elección, y mediante cruzamientos entre plantas, se crearon nuevas variedades lo que le permitió

obtener mejores alimentos de manera más eficiente.

Según Heinz, las plantas comestibles “fueron modificadas por innumerables generaciones de agricultores, a lo largo de milenios. De hecho, los primeros registros de la biotecnología datan de tiempos ancestrales con el uso de microorganismos para la producción de alimentos como pan y cerveza”.

Aunque el hombre no entendía cómo ocurrían estos procesos –jugo de uva fermentado se convierte en vino o que la leche puede convertirse en queso o yogur– los utilizaba para su beneficio.

**“COMO INSTITUCIÓN CIENTÍFICA ENTENDEMOS LA IMPORTANCIA DE ESTUDIAR CÓMO FUNCIONAN LOS CULTIVOS PARA ACTUAR EN EL FUTURO”.  
(MARIANO BOSCH)**

## ENSAYOS Y RESULTADOS DE CALIDAD

El laboratorio de Detección de OGM y la Unidad de Genómica, del Instituto de Biotecnología del INTA, fueron distinguidos por el Organismo Argentino de Acreditación (OAA) por cumplir con los requisitos de calidad en la ejecución de los ensayos, en la emisión de los resultados y la competencia del personal, plasmados en la norma IRAM 301 (ISO/IEC 17025).

Viviana Pedroarias –responsable técnica del Laboratorio de detección de Organismos Genéticamente Modificados (OGM)– explicó: “Que un ensayo esté acreditado significa que se conoce perfectamente la calidad de su resultado, la cual es adecuada para el fin previsto. Esto permite la armonización de los resultados entre los laboratorios de todo el mundo y asegura su similar interpretación”, detalló.

De acuerdo con Andrea Puebla –responsable técnica de la Unidad de Genómica–, si bien resulta complejo estimar el dinero que ahorra el Estado, está claro que “al invertir en calidad se asegura excelencia y competitividad a escala nacional e internacional”, y agregó: “Al invertir en Genómica, el país gana en independencia tecnológica mediante la investigación, el desarrollo y la innovación”.

El Laboratorio de detección de OGM del INTA ofrece este servicio al sector privado de la producción agropecuaria y de la industria alimenticia a partir del análisis de granos, semillas, alimentos y materias primas. Además, colabora con el SENASA como laboratorio oficial para este tipo de ensayos.

La Unidad de Genómica es un laboratorio de alta complejidad que provee servicios de secuenciación de ADN, genotipificación, desarrollo de proyectos de biología molecular, capacitación de recursos humanos en las tecnologías genómicas y es un servicio abierto para instituciones públicas y privadas que necesiten ensayos en esta área.

Recién a fines del siglo 19 se asientan las bases que dan origen a la genética. A partir de allí, “comienza un principio activo de mejoramiento genético con el foco puesto en generar diversidad, en cruzar a los individuos más distantes para obtener o resaltar las características deseadas”, resaltó Heinz.

Cuando los científicos comprendieron la estructura de los genes y cómo la información que portaban se traducía en funciones o características, comenzaron a buscar la forma de aislarlos, analizarlos y modificarlos. Este fue el inicio de “**la biotecnología moderna, una disciplina que surge en**

**la década de 1980, ofrece nuevas alternativas para el mejoramiento de los cultivos y utiliza la ingeniería genética para modificar y transferir genes de un organismo a otro**”, expresó Heinz.

### La Argentina como centro de referencia

Las plantas genéticamente modificadas dieron origen a las especies más cultivadas a escala mundial. A 20 años de la Resolución 167/96, que marcó el puntapié inicial de la biotecnología agrícola en la Argentina, la soja RR –

tolerante a glifosato– es la más sembrada por los productores en el país.

En la Argentina, la Dirección de Biotecnología del Ministerio de Agroindustria de la Nación es la encargada de regular el uso de los OGM de interés agropecuario, la implementación de las normas vigentes y la evaluación de las actividades relacionadas, desde su desarrollo hasta su eventual comercialización.

Martín Lema, director de Biotecnología de la cartera agropecuaria, afirmó que **maíz, soja y algodón son los cultivos que tienen mayor proporción de cultivares genéticamente modificados**, en comparación con



los tradicionales. De hecho, en 2015 el área implantada con estas semillas superó las 24 millones de hectáreas.

**“Un organismo genéticamente modificado es quizás uno de los productos que mayores controles recibe antes de su aprobación”**, expresó Lema y ejemplificó: “En nuestro país, la Conabia (Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria) analiza la bioseguridad de cada cultivo modificado y el Senasa (Servicio Nacional de Sanidad Agroalimentaria) evalúa la inocuidad de los alimentos derivados”.

Así, el objetivo de la Dirección es garantizar que los OGM sean seguros desde el punto de vista genético-molecular y que las actividades que se realicen no representen un riesgo para el agroecosistema.

Gracias a un equipo de investigadores, que trabaja desde hace más de 20 años en temas vinculados a la bioseguridad de las actividades agropecuarias, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) reconoció a la Conabia como Centro de Referencia para la Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados.

En este sentido, Eve Crowley, representante Regional Adjunta para Améri-

ca Latina y el Caribe y Representante de la FAO en Chile, durante el encuentro aseguró que **“la Argentina será un socio estratégico fundamental al momento de trabajar para garantizar la seguridad alimentaria mundial”**.

El acuerdo, firmado entre José Graziano da Silva –director General de la FAO– y Carlos Casamiquela –ex ministro de Agricultura– busca aprovechar de manera segura los avances de la biotecnología para incrementar la productividad de los agricultores y mejorar la seguridad alimentaria.

“Este reconocimiento es el resultado de la implementación del sistema regulatorio argentino, una comisión que pocos países tienen”, indicó Lema y aclaró: “El acuerdo establece que tanto la FAO como la Argentina brindarán asesoramiento y capacitación sobre bioseguridad agrícola en general, y el análisis y monitoreo de riesgos de los OGM en concreto, a los países que lo soliciten”.

Según el registro de la Conabia el listado de eventos transgénicos aprobados comercialmente en la Argentina, asciende a 35. Pese a ser el cultivo más difundido en el país (por la cantidad de hectáreas implantadas), existen solo ocho eventos de soja, entre las mejoras se destacan tolerancia a

herbicidas, resistencia a sequía, a insectos y mejora nutricional. Con 22 inscripciones, el maíz encabeza el ranking de los cultivos con variedades que poseen resistencia a insectos y herbicidas. La lista se completa con cuatro de algodón y solo uno de papa.

**“En general, las aprobaciones nacionales ofrecen tolerancia a herbicidas, resistencia contra plagas y hay algunas que combinan ambas cualidades agronómicas”**, indicó Lema.

En 2015, el Ministerio de Agroindustria aprobó una soja que produce un grano con alto contenido de ácido oleico, una característica muy demandada por el mercado estadounidense. “Apuntamos a la promoción de biotecnología con agregado de valor”, apuntó Lema y agregó: “Buscamos que el producto que se cosecha tenga un valor superior, en comparación con el grano convencional”.

### **Biotecnología: el desafío de la agricultura**

El mejoramiento de los cultivos, ya sea por métodos tradicionales de cruzamiento, por mejoramiento asistido por marcadores moleculares o mediante técnicas de ingeniería genética,

## LA EDICIÓN GENÉTICA PERMITE “EDITAR UN GENOMA COMO SI FUERA UN ARCHIVO DE TEXTO”. (SERGIO FEINGOLD)

implica la transferencia de genes de un organismo a otro. Con el cruzamiento tradicional, los miles de genes pertenecientes a una planta son mezclados de manera azarosa con los miles de genes de su compañera de cruzamiento.

Durante este proceso –que puede llevar hasta 15 años– se transfieren características deseadas, pero también pueden trasladarse rasgos no deseados. Por ejemplo, la planta nueva puede producir frutos más grandes, pero con un sabor desagradable, que antes no tenía. Entonces, la ingeniería genética aplicada al mejoramiento vegetal permite que un único rasgo deseado pueda ser transferido de un organismo a otro.

De acuerdo con la FAO, “**la biotecnología incluye una amplia gama de tecnologías aplicadas a la agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y acuicultura y la agroindustria** que se utilizan para diversos fines, como el mejoramiento genético de plantas y animales para aumentar sus rendimientos o eficiencia; caracterización y conservación de los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura; diagnóstico de enfermedades de plantas y animales, desarrollo de vacunas o la producción de alimentos fermentados”.

Para Sergio Feingold, director del Laboratorio de Agrobiotecnología del INTA y coordinador del Programa Nacional de Biotecnología del INTA, “**la biotecnología no se reduce, ni se agota, en la generación de un organismo genéticamente modificado** con resistencia a herbicidas o lepidópteros”.

Esta área de la ciencia que se enfoca en la aplicación de la tecnología a la biología, “permite una aproximación más racional a otros desarrollos que no necesariamente tienen que ver con la modificación genética de un cultivo”, señaló Feingold y ejemplificó: “Tam-



bién incluye al mejoramiento asistido mediante marcadores moleculares, esto quiere decir que el investigador identifica las variantes de los genes que aportarán las características deseadas y trabaja directamente con la información del ADN”.

“**Un marcador molecular es como un test de diagnóstico**”, explicó Feingold y aclaró: “Te indica que la planta tiene la variante del gen que la hace resistente a una enfermedad, por ejemplo”. Para confirmar que lleva la característica fenotípica buscada se realiza la evaluación, que se hace a partir de la extracción del ADN. Este procedimiento permite reducir los tiempos y costos de la investigación considerablemente.

Ahora bien, entre los principales problemas que enfrenta la producción agrícola nacional se encuentran la aparición de malezas cada vez más resistentes y la necesidad de aumentar la productividad por planta. En este contexto, “la agrobiotecnología permite pensar un nuevo cambio de paradigma”, expresó Feingold.

**La estrategia es desarrollar cultivos más eficientes en el consumo de agua y en la absorción de nutrientes**, con ciclos más cortos y resistentes a los eventos climáticos extremos. “Trabajamos en la búsqueda de cultivos que tengan una ventaja competitiva con respecto a las malezas, en la absorción de los nutrientes”, aseguró Feingold y aclaró: “Desde el Programa Nacional

de Biotecnología proponemos utilizar todas las técnicas disponibles que permitan una aproximación sistémica a los desafíos productivos, con énfasis en la sostenibilidad del sistema. Por ejemplo, en el caso de malezas resistentes, la idea no es establecer una guerra con ellas, sino proponer una coexistencia con un nivel de malezas que no afecte el rendimiento económico”.

Una técnica de reciente aparición, que está signada como una de las de mayor potencial tanto en el ámbito agropecuario como de salud humana, es la edición génica. Esta nueva herramienta permite la modificación dirigida de secuencias del genoma de un organismo.

Así, la edición genética permite “**editar un genoma como si fuera un archivo de texto**”, apuntó Feingold y explicó: “Con esta técnica, aplicada a un cultivo, es posible apagar o prender genes, o modificar su secuencia de manera específica para eliminar características indeseables o potenciar las favorables”.

### Más información:

Ruth Heinz  
heinz.ruth@inta.gob.ar  
Mariano Bosch  
vicepresidencia@inta.gob.ar  
Martín Lema  
mlema@magyp.gob.ar  
Sergio Feingold  
feingold.sergio@inta.gob.ar