



12

MEJORAMIENTO GENÉTICO VEGETAL Y BIOTECNOLOGÍA APLICADA. SU IMPORTANCIA EN LA EXPANSIÓN AGRÍCOLA Y LA PRODUCTIVIDAD GRANARIA.

DE LOS TRIGOS ORIGINARIOS A LOS ACTUALES. DE LAS POBLACIONES ORIGINARIAS DE MAÍZ Y GIRASOL A LOS HÍBRIDOS CON TECNOLOGÍAS DE AVANZADA. DE LAS VARIEDADES INTRODUCIDAS DE SOJA A LOS DESARROLLOS NACIONALES GENÉTICAMENTE MODIFICADOS. CULTIVOS MUTANTES. NUEVAS FORMAS DE CREACIÓN DE VARIABILIDAD: SU IMPACTO PRESENTE Y FUTURO. PROSPECTIVA DE LA AGROBIOTECNOLOGÍA EN ARGENTINA.

AUTOR

ING. AGR., MS SC JULIO FERRAROTTI

INTRODUCCIÓN.

TRAS UN BREVE PASO POR LOS ORÍGENES FUNDACIONALES DE LA GENÉTICA, EL MEJORAMIENTO GENÉTICO VEGETAL Y LA BIOTECNOLOGÍA, EL LECTOR TRANSITARÁ POR LOS PRINCIPALES HECHOS DE LOS ÚLTIMOS 60 AÑOS DE INVESTIGACIÓN

EN SEMILLAS PARA LOS CUATRO PRINCIPALES CULTIVOS EXTENSIVOS DE ARGENTINA (TRIGO, MAÍZ, GIRASOL Y SOJA), FINALIZANDO CON UNA VISIÓN PROSPECTIVA DE LOS ESCENARIOS POR VENIR.

ORÍGENES DE LA AGROBIOTECNOLOGÍA MODERNA.

GENÉTICA, FITOTÉCNICA Y MICROBIOLOGÍA.

La Genética como ciencia encuentra sus orígenes en 1900, momento en que algunos investigadores de la fisiología vegetal y botánica tuvieron en cuenta trabajos que habían sido publicados en 1866 por Gregor Mendel, un monje austríaco interesado en conocer la manera en que los caracteres o rasgos se transmiten de padres a hijos.

El religioso había trabajado sobre una especie perteneciente a la familia de las leguminosas en los jardines de su convento. Allí descubrió la existencia de ciertos patrones hereditarios relacionados con siete pares de características contrastantes en siete variedades diferentes de la especie.

Mendel apuntó que los caracteres diferenciales correspondientes a cada una de las características observadas se transmitían como unidades de herencia separadas, y cada uno de ellos lo hacía de forma independiente en relación con los demás.

Señaló que cada individuo de la generación parental posee estas unidades en arreglos de a pares, pero que sólo aporta una unidad a su descendencia, y la restante es aportada por el otro progenitor. Más tarde, estas unidades recibieron el nombre de genes. Los hallazgos de Mendel sentaron las bases de la genética, y a su vez favo-

recieron el desarrollo de unas cuantas disciplinas, tales como el mejoramiento genético vegetal, la biotecnología, la genómica y la bioinformática, entre otras.

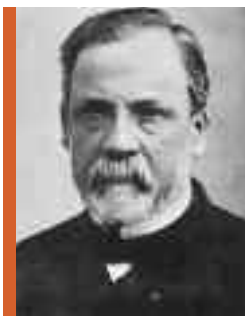
Actualmente puede afirmarse que el conocimiento de la genética como ciencia ha sido en buena parte responsable de la evolución científico-tecnológica del siglo XX en muchos campos vinculados con la biología y las ciencias naturales, generando a su vez enormes expectativas en una visión prospectiva hacia el siglo XXI.

Contemporáneo de Gregor Mendel, el químico francés Louis Pasteur (1822-1895) es a quien se debe buena parte del conocimiento moderno de las funciones de ciertos seres vivos aplicados a la industrialización y conservación de alimentos, como así también a la medicina preventiva.

En 1854, cuando era profesor de química y decano en Lille (Université Lille Nord de France), y a pedido de unos amigos bodegueros, se interesó por determinados problemas de la industria del vino, que estaba perdiendo grandes cantidades de dinero como resultado del deterioro del líquido almacenado en toneles y barricas.

Una vez identificado el origen microbiológico del problema, Pasteur desarrolló hacia 1867 un método inédito, posteriormente denominado “pasteurización”, cuyos principios y técnicas aún hoy son utilizados para la preservación de la calidad en diferentes productos alimenticios.

Además del mencionado proceso, la humanidad le debe a Pasteur descubrimientos tan relevantes como el dimorfismo del ácido tartárico, la erradicación de la teoría de la generación espontánea (estableciendo para todo los tiempos la teoría germinal), métodos de esterilización y asepsia hospitalaria, y la creación de vacunas.



LOUIS PASTEUR | 1822-1895
FOTOG.: PÚBLICA

de los trabajos de Gregor Mendel y Louis Pasteur ha sentado los cimientos de la agrobiotecnología moderna.

Numerosos científicos interesados en descubrir los fenómenos de origen biológico a los postulados de Mendel y el británico Charles Darwin (1809-1882), padre de la Teoría Evolutiva, utilizaron con el correr del tiempo toda la tecnología disponible en el estudio de las moléculas.

Puede afirmarse que es a la investigadora británica Rosalind Franklin (1920-1958) a quien se le deben los trabajos fundacionales para la deducción de la estructura química del ADN (ácido desoxirribonucleico) conocida como la “molécula de la vida”. En 1951, instalada en la Unidad de Biofísica del King College en la Universidad de Londres, utilizó técnicas de difracción de rayos X para analizar moléculas de ADN y obtuvo nuevos datos que podían ayudar a la descripción teórica del ADN junto a su colega Maurice Wilkins.

Compañero de laboratorio de Rosalind Franklin, Wilkins mantenía comunicación científica frecuente con James Watson y Francis Crick. En esos intercambios les mostró algunas de las imágenes que Franklin había obtenido con estos métodos sin que ella estuviera al tanto. Las imágenes reveladas proporcionaron datos tan relevantes que les permitieron a Watson y Crick deter-

minar definitivamente la estructura del ADN, hito científico por el que recibieron el Premio Nobel de Fisiología en 1962.

Desafortunadamente, Watson y Crick obviaron otorgar en sus comunicaciones la merecida relevancia que correspondía a los trabajos de Rosalind Franklin.

Los estudios moleculares siguieron avanzando de manera impensada en la época de Mendel a partir de mediados del siglo XX. En 1953, el genetista esta-

dounidense James Dewey

Watson y el británico

Francis Harry Compton

Crick trabajaron juntos sobre

la determinación de la

estructura del ADN en su

carrera para la obtención

del Premio Nobel.

La información proporci-

onada por el trabajo de

Watson y Crick permitió

comprender más tarde la

forma en que se copia la

información hereditaria.

Ellos descubrieron que la

molécula de ADN se

encuentra formada por dos

filamentos alargados que

se enrollan formando una

estructura de doble hélice

altamente condensada,

resultando ser el mate-

rial constitutivo de los

cromosomas.

Un hecho relevante de estos

descubrimientos fue el

posterior establecimiento

del “dogma central” por el

cual se explica la manera

en que los seres vivos, a

partir de la información

genética en su ADN, cons-

truyen las proteínas de la

vida a través de la traduc-

ción de dicha información

por la cooperación como

intermediario de otro

ácido, el ARN (ácido

ribonucleico).

El dogma central fue

discutido posteriormente

(a las

Leyes de Mendel también

se les encontraron excep-

ciones), pero permitió

comprender que las

bases moleculares que

gobiernan la herencia

son comunes a todos

los seres vivos, pertenez-

can al taxón que

pertenezcan.

Las primeras discusiones

sobre el dogma central

se deben a los trabajos

de la científica

estadounidense

Barbara McClintock

(1902-1992) y

pertenecen al

específico campo

de las investigaciones

en especies

agrícolas.



JAMES WATSON | EE. UU. Y
FRANCIS CRICK | INGLATERRA,
FOTOG.: PÚBLICA



ROSALIND FRANKLIN | 1920-1958
FOTOG.: PÚBLICA



GREGOR MENDEL | 1822-1884
FOTOG.: PÚBLICA

En sus investigaciones se probaba la existencia de intercambio intracromosómico (transposición genética) de material genético, que producía nuevas variedades de maíz. Habiendo demostrado que este fenómeno es una respuesta de las células, al volver a arreglar su genoma frente a presiones ambientales, McClintock sentaba bases para la comprensión del origen y el camino evolutivo de dicha especie. El genetista Marcus Rhoades se unió en 1931 al proyecto de McClintock con la finalidad de elaborar el mapa genético de la planta de maíz.

En 1941, McClintock se unió al grupo de genetistas de Cold Spring Harbor, donde obtuvo el apoyo financiero permanente de la Carnegie Institution de Washington. Allí desarrolló los trabajos que le permitieron descubrir los mecanismos de la transposición genética, y descubrió la existencia de ciertas

partes móviles en los cromosomas del maíz que más tarde se llamarían “transposones”.

McClintock había identificado esos elementos genéticos en una especie superior veinte años antes que los biólogos moleculares, quienes estaban trabajando con formas de vida de menor complejidad.

El universo científico, que había sido escéptico con sus descubrimientos, tuvo que admitir finalmente que el dogma central del ADN (ADN → ARN → proteínas) ya no estaba fijado como criterio universal inmutable. Tal vez uno de los errores más elementales de la ciencia ha sido pretender que ciertas leyes que rigen en la naturaleza respondan a una explicación dogmática.

Los beneficios emergentes de la mejora genética en especies agrícolas pudieron ser mejor comprendidos a raíz de los trabajos de Norman Ernest Borlaug (EE. UU., 1914-2009). Borlaug es un verdadero ícono de las Ciencias Agrarias del siglo XX y con todo mérito se lo ha considerado como el padre de la “revolución verde”, fenómeno que revolucionó la producción agrícola entre los 60 y los 70.

En 1944, Norman Borlaug se trasladó a trabajar a México como especialista en fitopatología. En 1945

se instaló en el Estado de Sonora para estudiar diferentes variantes del trigo, su interacción con las royas y los beneficios de aplicar nuevas prácticas agronómicas.

Junto con sus compañeros de equipo, dirigió sus experimentos hacia el control de las royas que devastaban por entonces los trigales mexicanos. Las primeras variedades resistentes a las royas (Kentana, Yaqui y Mayo) fueron lanzadas en 1948 junto con la difusión de nuevas prácticas agronómicas dentro de un sistema tendiente a disminuir sensiblemente las pérdidas económicas.

Gracias a los trabajos de Borlaug, México alcanzó el autoabastecimiento de trigo en 1956. Poco después, con su equipo de trabajo obtuvo un logro de enorme trascendencia.

Tal fue el desarrollo de variedades enanas de trigo, portadoras de los genes Norin, que se llegó a quintuplicar el rendimiento respecto de los tradicionales. Las nuevas variedades contaban con amplia adaptación ambiental, resistencia a las principales enfermedades y poseían excelente calidad industrial. Esos cultivares fueron implantados por primera vez en 1962. Gracias a ello, México incrementó notablemente su producción y se convirtió en un país exportador de trigo.

Debido a la obtención de los trigos de Borlaug, quien colaboró a la formación del CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo), el mundo podía evitar en esos tiempos una gran hambruna en los países pobres, que prometía el advenimiento de una nueva guerra mundial.

Muchos países como India, China, Túnez, Pakistán, España, Turquía, Argentina y Uruguay se beneficiaron con las nuevas variedades y tecnologías desarrolladas en México por Norman Borlaug.

En mérito a sus contribuciones, Borlaug recibió el Premio Nobel de la Paz en 1970.

También obtuvo los reconocimientos más altos que a un civil se le pueden dar en los EE. UU. Además, se

hizo acreedor del mayor reconocimiento que la India otorga a civiles extranjeros, y de una enorme cantidad de premios, diplomas, medallas, honores y agradecimientos en todo el mundo.

Durante la edición de la presente obra la desaparición física de Norman Borlaug ha conternado al universo de la agronomía, en particular, y de las ciencias en general. Ocurrió en Dallas, Texas-EE. UU., el 12 de septiembre de 2009.

La Fundación Rockefeller, cuyos aportes habían sido preponderantes en los trabajos de Borlaug, volvió a tomar relevancia cuando, a finales del siglo XX y junto con el auspicio de la Unión Europea, propició recursos para los trabajos del alemán Ingo Potrykus, el alemán Peter Bayer y el sirio-alemán Salim Al-Babili, quienes en 1999 obtuvieron el denominado “Arroz Dorado”.

Dicho producto, emergente de la complementación de conocimientos en mejoramiento genético y biología molecular, es el primer organismo modificado genéticamente destinado a incrementar los aportes de vitamina A para las poblaciones humanas que más lo necesitan.

La modificación genética les permite a este tipo de arroces acumular en su embrión grandes cantidades de caroteno y otros carotenoides, pigmentos precursores de la vitamina A.

La elevada concentración de caroteno les otorga a los granos de este cereal un característico color ambarrino subido, lo que da origen a su nombre.

El importante aporte de vitamina A que proviene del consumo de Arroz Dorado es de suma utilidad para las poblaciones en cuya alimentación dicha vitamina es deficitaria, contribuyendo a paliar enfermedades provenientes de la avitaminosis A, importante en los países subdesarrollados o en vías de desarrollo.

Se estima que cada año alrededor de 500.000 niños en todo el mundo pierden la vista a causa de la avitaminosis A, especialmente en el sudeste de Asia y algunas áreas de África y Latinoamérica.

El aumento en la dieta diaria infantil de esta vitamina mediante el Arroz Dorado podría prevenir entre uno y dos millones de muertes al año de niños menores de cuatro años y unas 500.000 de niños mayores a dicha edad.

El breve relato anterior, que ha hecho viajar al lector desde Mendel hasta Potrykus, permitirá comprender

mejor la evolución de la agrobiotecnología en la Argentina de los últimos 60 años y realizar una prospección de los años por venir.

EL MEJORAMIENTO GENÉTICO Y LA BIOTECNOLOGÍA ASOCIADA (AGROBIOTECNOLOGÍA) EN LA ARGENTINA DE LOS ÚLTIMOS 60 AÑOS.

TRIGO.

El mejoramiento genético del trigo pan (*Triticum aestivum* L.) en Argentina excede ampliamente los últimos 60 años, ya que éste se encuentra ligado a la producción de granos.

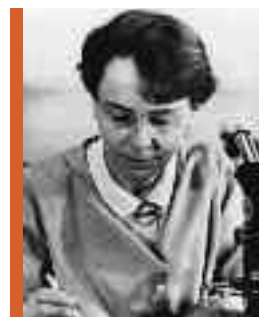
Las primeras semillas que se utilizaron en el país, importadas durante largo tiempo por las primeras familias suizas entre 1857 y 1920, estaban compuestas por poblaciones heterogéneas sin ningún tipo de selección para las condiciones agroecológicas del medio local.

En función de esa baja adaptación se producían pérdidas de rendimientos en las cosechas por factores de orden climático y/o biótico. Entonces, era frecuente la provisión de semillas entre diferentes zonas, lo que originaba un flujo genotípico y génico que hacía aumentar de manera progresiva la desuniformidad de las poblaciones.

Los mecanismos de selección natural operaron durante décadas sobre esas poblaciones, y lograron que se obtuviera un cierto grado de adaptación a las regiones de producción.

Las poblaciones poseían baja productividad de grano, y además manifestaban niveles indeseables de susceptibilidad a vuelco, desgrane y enfermedades, en especial a las royas. De ese modo, los rendimientos medios del país eran bajos, estaban alrededor de los 700 kilogramos por hectárea.

Todo ello derivó a pensar seriamente en crear variedades mejoradas, con adaptación a las distintas regiones trigueras, mediante selecciones de progenie a partir de las poblaciones y el desarrollo de nuevos genotipos con base en cruzamientos programados entre parentales seleccionados y con variedades importadas. Luego se emplearon diferentes métodos



BARBARA MCCLINTOCK | 1902-1992 | FOTOG.: PÚBLICA



NORMAN BORLAUG
ESTADOS UNIDOS, 1914-2009
FOTOG.: PÚBLICA

de selección artificial.

En el orden mundial, los progresos relacionados con la genética aplicada al mejoramiento vegetal y la experimentación agrícola aún no habían alcanzado el grado de avance al que llegarían en años posteriores. Para arribar rápidamente a la era que es objeto de esta obra, es preciso señalar que los trabajos en mejoramiento genético con base científico-fitotécnica comenzaron, y no tuvieron solución de continuidad, en 1912 tras la contratación del especialista Guillermo Backhouse, formado en Cambridge (Inglaterra) por acción del entonces Ministro de Agricultura Dr. Adolfo Mujica.

Hacia el año 1949, la República Argentina ya llevaba cuatro décadas de mejoramiento genético de trigo, y es posible afirmar que la obra llevada adelante por el Ingeniero Agrónomo Enrique Klein (1889-1970) y el Agrónomo José Buck (1900-1971), ambos alemanes, resultó ser una enorme colaboración para que el país fuera conocido internacionalmente por su capacidad productiva y exportadora de este cereal.

Enrique Klein nació en Colonia (Alemania) en 1889. Cursó estudios en la Universidad de Bonn, donde se

especializó en genética y fitotécnica. En 1912, contratado por el gobierno uruguayo, trabajó bajo las órdenes del especialista Alberto Boerger, compatriota con quien había arribado al Río de la Plata.

En 1919, Klein se radicó en la Argentina y adquirió en Plá, Partido de Alberti, Provincia de Buenos Aires, las primeras 205 hectáreas

donde comenzó su labor de fitotecnista. Allí fundó su Criadero Argentino de Plantas Agrícolas.

Obtuvo numerosas variedades de trigo, maíz, girasol, centeno, cebada cervecera, avena, sorgo y lino. Estos trabajos hicieron que en 1959 la Universidad de Bonn le concediera el título de Doctor *honoris causa* y en 1962 la República Federal de Alemania la Cruz al Mérito. También recibió en 1969 los Doctorados *honoris causa* de las Universidades de Buenos Aires y de La Plata, además de numerosas distinciones.

En la historia del criadero fueron desarrolladas 79

nuevas variedades de trigo, de las cuales 47 corresponden al período de análisis 1949-2009.

De las 79 variedades, 44 fueron desarrolladas por Enrique Klein. En su fecunda labor, también fue creador de 5 variedades de avena, 3 de cebada, 2 de centeno, 7 selecciones de lino, 2 selecciones de sorgo del Sudán, 2 selecciones de girasol y 4 selecciones de maíz. Para el año 2008 se comercializaban 11 variedades de trigo con títulos de propiedad a favor del Criadero Klein S.A., que ocupaban aproximadamente el 23,0 % de la superficie sembrada en Argentina.

Por su parte, José Buck llegó a la Argentina en 1923. Por entonces, el Ministerio de Agricultura le encomendó la conducción de una serie de ensayos en la Estación de Genética Experimental de su dependencia ubicada en Devoto, Provincia de Córdoba. Posteriormente, fue contratado para trabajar en la Chacra Experimental de La Previsión, actualmente CEI Barrow, cercana a Tres Arroyos en la Provincia de Buenos Aires.

Hacia 1930 comenzó su propio programa de mejoramiento genético en Defferrari, Provincia de Buenos Aires, y fundó el Criadero Buck. La ubicación actual de Buck S.A. en La Dulce, Provincia de Buenos Aires, data de 1943.

Al igual que su compatriota, hombre de profundo apego al negocio familiar, las generaciones que lo sucedieron llevaron adelante y ampliaron las fronteras de sus sueños. Buck S.A. es hoy una de las pocas empresas de origen y arraigo solo en Argentina que continúa en actividad, modernizando sus proyectos de investigación y poniéndose a la altura de las modernas tecnologías.

El Gobierno de la República Federal de Alemania condecoró con la Cruz al Mérito a José Buck en virtud de su fecunda tarea realizada en Argentina.

Con el correr de los años, el Criadero que José Buck fundó en el primer tercio del Siglo XX ha desarrollado 65 variedades de trigo, 56 de las cuales pertenecen al período analizado.

Hacia 2008 se comercializaron 9 variedades con títulos de propiedad a favor de Buck S.A. adaptadas a las diferentes regiones trigueras, que ocupan aproximadamente el 23,6% del total sembrado en Argentina. Con el objetivo de recordar a los pioneros, en 1925 había arribado al país el Dr. Ítalo Cortese Vigliano (1894-1974). Dicho especialista trabajó sucesiva-



JOSÉ BUCK | 1900-1971
FOTOG.: GENTILEZA CRIADERO BUCK S.A.

mente en diferentes criaderos privados, llevando de un lado a otro su material de crianza. Nacido en Vercelli (Italia), Vigliano obtuvo el grado de Doctor en Ciencias Agrarias, y además fue Teniente Coronel en Retiro del Ejército Italiano a su llegada a la Argentina.

Su intensa labor en fitotécnica de trigo figura entre las de los criadores de mayor actividad en los primeros tiempos. Sus primeros trabajos fueron realizados en la Sociedad Cooperativa Agricultores Federados Argentinos y hacia 1933 obtuvo las variedades FAA 1, FAA 2, FAA 3 y FAA 4, todos cultivares de altísimo rendimiento para la época, pero de calidad deficiente en relación con las demandas de los mercados compradores. Más adelante, trabajando en el Criadero Santo Domingo en Monte Buey, Prov. de Córdoba, logró 7 variedades de trigo con endosperma semiduro, orientando sus trabajos a las exigencias comerciales. Entre ellas, en 1949 el cultivar Benvenuto Inca alcanzó una extraordinaria difusión y llegó a ocupar el 24,88% del total sembrado en el país.

Para la época en que comienza nuestro relato, el Dr. Vigliano se encontraba asociado a la firma J. Olaeta, con Criadero en la localidad de Armstrong, Provincia de Santa Fe. Allí logró 14 variedades de trigo, 6 del tipo duro y 8 del semiduro, destacadas por su buen comportamiento a roya de la hoja y excelente calidad industrial. La variedad Olaeta Artillero se convertía en la más resistente a *Puccinia graminis* del mercado y, junto con Klein Petiso, la variedad Olaeta Rumbo alcanzaban los valores más altos de fuerza correctora.

En 1962, registró para la firma Agrolit de Totoras, Provincia de Santa Fe, las variedades duras Agrolit Vigliano y Agrolit Don Orione. El primero significó un avance en la resistencia a *Puccinia recondita* y *P. graminis*, en tanto que el segundo lo fue para *P. graminis*. Ambos eran cultivares precoces y de buena productividad.

Luego de haber logrado el registro de 27 variedades de trigo, hacia principios de la década del 60, el Dr.

Vigliano se retiró de la actividad y vendió todo su material de crianza a la firma Organización Ferrarotti Para el Campo S.R.L., que comenzaban sus actividades en la ciudad de Rosario, Provincia de Santa Fe, y más tarde derivaría en OFPEC y la actual Relmó S.A. Sus dueños de entonces, el Ing. Agr. Julio A. Ferrarotti (1904-1982) y el Agr. Julio R. Ferrarotti (Buenos Aires, 1932) comenzaron de esa manera sus trabajos de mejoramiento genético vegetal en trigo. El Dr. Vigliano fue Presidente de la Casa de Italia en Rosario de 1944 a 1945, ciudad donde falleció en 1974. Por sus aportes al mejoramiento del trigo en Argentina fue condecorado como Caballero de la Orden al Mérito por la República Italiana.

Durante la época de Klein, Buck y Vigliano tuvo origen el primer gran esfuerzo programático estatal que le dio importancia a la mejora del cultivo de trigo en momentos donde la fitotécnica aún era una novel disciplina a nivel mundial. El Dr. Guillermo Backhouse, graduado de la Universidad de Cambridge, Inglaterra, arribó en 1912 a la Argentina contratado por el gobierno nacional por iniciativa del Dr. Adolfo Mujica, Ministro de Agricultura, con la finalidad de desarrollar variedades aptas para sus zonas agroecológicas.

Juan Williamson y Enrique Amos completaban, como ayudantes, la terna británica que por un período de cinco años tubo la responsabilidad de dedicarse a la genética del trigo para fines estratégicos.

Hasta 1917, Backhouse realizó una muy detallada labor de reconocimiento de toda nuestra área cerealera, sobre las características de sus poblaciones, practicando cultivos de observación, selecciones genealógicas en distintas poblaciones, en especial en los trigos Barleta y Ruso. También hizo numerosos ensayos comparativos con variedades extranjeras para establecer su grado de adaptación y utilidad en nuestro medio.

Dentro de las mismas directivas inició cruzamientos entre selecciones genealógicas de poblaciones del país con variedades importadas, y tenía entre sus propósitos lograr resistencia a royas, que era uno de los fitoparásitos que afectaban en mayor proporción a los cultivos de trigo, en especial *Puccinia recondita*. Del mismo modo prestó atención a la resistencia, al desgrane y al ciclo vegetativo.

El mismísimo José Buck se había iniciado en Argentina

con Backhouse en la más arriba citada Estación de Genética Vegetal de Devoto, Provincia de Córdoba. En la localidad de Pirovano, Prov. de Buenos Aires, René Massaux, otro visionario del mejoramiento genético del trigo en Argentina, fundó el Criadero Massaux, con el cual obtuvo 4 variedades de trigo. El más importante de ellos fue Massaux N° 5, que fue registrado en 1947 y se caracterizó por su grano duro y fuerza correctora. Esta variedad consiguió la difusión de los trigos duros en la zona Rosafé, Entre Ríos y Buenos Aires y alcanzó el 6,86% del área sembrada. Sus otras creaciones fueron el duro Massaux N° 1 y el semiduro Massaux N° 3, ambos para siembras tempranas y de doble propósito. El cultivar restante, Massaux Don René, fue finalizado por su sucesor, el Ing. Agr. G. A. Tomé tras el fallecimiento de René Massaux.

El Ing. Agr. Hans Olsen, de origen dinamarqués, comenzó sus tareas de fitotécnia en la Chacra Experimental de Bordenave. Contratado por el Criadero Vilela, de la localidad de Aparicio Provincia de Buenos Aires, continúa con su labor de mejoramiento genético que lo llevaría a desarrollar las variedades Vilela Sol en 1958 y Vilela Mar en 1960. El primero alcanzó un gran nivel de difusión hacia 1964, habiendo ocupado para esa época el 9,26% de la superficie sembrada. Debido a que fue la variedad de mayor penetración en la zona de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, se destacó por sus características industriales y su aptitud como cultivar de doble propósito. También fue un fitomejorador que demostró la excelencia de sus conocimientos teóricos y prácticos, y su actuación fue destacada en la formación de recursos humanos en el campo de la genética vegetal.

Junto con el Ing. Olsen se formó el Ing. Agr. Rubén Miranda, actual responsable del programa de mejoramiento genético de trigo del Criadero de la Asociación de Cooperativas Agrarias (ACA).

Un gran aporte a la triticicultura argentina se atribuye a la labor de mejoramiento genético desarrollada por la actividad pública a través del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), tras la creación en 1960 del Programa Cooperativo de Mejoramiento Genético de Trigo con la colaboración del CIMMYT.

En ese momento, la Estación Experimental Agrope-

cuaria de Marcos Juárez, Provincia de Córdoba, fue designada como sede y coordinadora del Programa Trigo, y, hasta el presente articula los trabajos que en mejoramiento genético de la especie realizan las demás unidades como Pergamino (Buenos Aires), Paraná (Entre Ríos) y Resistencia (Chaco), entre otras. El accionar de su por entonces Director, el Ingeniero Agrónomo Ernesto Godoy (1911-1983), resultó preponderante en el impulso del mejoramiento del cultivo de trigo en el ámbito público.

Ernesto Godoy participó de varias reuniones internacionales fundamentales en la evolución de la fitotécnia del trigo en Argentina, tales como la Tercera Conferencia Internacional de Trigo (México, 1965), Cuarta Reunión Latinoamericana de Fitotécnia (Chile, 1968), Primera Reunión de la Comisión de Trigo del Programa Cooperativo Regional para la Agricultura (Chile, 1969) y la Reunión de Producción de Trigo organizada por CIMMYT en México en 1971.

Le fue otorgado el Premio Bolsa de Cereales de Buenos Aires 1979 en reconocimiento por sus contribuciones a la industria cerealera.

En 1981, la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria lo designó “Académico Correspondiente” en mérito a sus trabajos de investigación en el cultivo de trigo en Argentina.

Además, muchos y valiosos aportes en el campo del mejoramiento genético, la biotecnología y las disciplinas afines al Programa Trigo del INTA han sido realizados con la asistencia del actual Instituto de Genética Ewald A. Favret (IGEAF), que lleva su nombre en honor al prestigioso genetista argentino nacido en Zárate, Provincia de Buenos Aires en 1921 y fallecido en Villa Gesell, en la misma provincia, en 1992.

Favret había dirigido la marcha de la institución durante los períodos 1960-1973 y 1976-1987.

Dicho centro de investigación tiene sus orígenes en el Instituto de Fitotécnia, creado en 1945 a partir de



HANS OLSEN (DER.), JUNTO A RUBÉN MIRANDA | FOTOG.: GENTILEZA ING. RUBÉN MIRANDA



ERNESTO GODOY | 1911-1983
FOTOG.: WWW.INTA.GOV.AR

de Castelar, del cual el Instituto de Fitotécnia fue uno de los 10 integrantes.

Posteriormente, tras la creación del INTA, en 1958 el CNIA y sus institutos pasaron a formar parte de éste, con tareas en marcha en las áreas de Genética Vegetal, Inmunología Vegetal, Mejoramiento de Plantas Hortícolas y Mejoramiento de Frutales y Forestales.

En el año 1970, se creó el Centro de Investigación Castelar (CICA) para coordinar las tareas entre las Unidades de Genética denominadas GEN-1, especializada en Fisiogenética, GEN-2, que desarrollaba tareas en Ecogenética, GEN-3, dedicada a la Inmunología Vegetal y GEN-4, abocada a Métodos de Mejoramiento. Más adelante, en 1976, las Unidades de Genética se agruparon en el Departamento de Genética del CICA.

En 1989, se adoptó la denominación de Instituto de Genética, y desde 1992 su actual nombre IGEAF. Después de dos nuevas reestructuraciones del INTA de Castelar, que se realizaron entre los años 1999 y 2002, quedaron finalmente establecidos tres Centros de Investigación, y el Instituto pasó a formar parte del Centro de Investigaciones en Ciencias Veterinarias y Agronómicas (CICVyA).

Durante la década del 90, debido a los avances de la Biología Molecular y sus aplicaciones en el mejoramiento genético, el Instituto canalizó sus actividades y recursos para desarrollo de métodos de asistencia a los trabajos fitotécnicos del INTA. Se armó de ese modo un moderno laboratorio de Biología Celular y Molecular, que comenzó a funcionar en 1994. Además

las Divisiones de Inmunología Vegetal y de Exploración e Introducción de Plantas, que habían sido fundadas en 1944.

En 1948, se creó el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA)

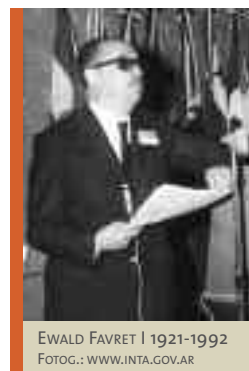
de estar involucrado en los programas de mejoramiento públicos, el Instituto prestaba servicios de biotecnología a diversas empresas privadas de la industria semillera y otras áreas.

Desde los orígenes del programa de mejoramiento genético de trigo del INTA, la base de germoplasma estuvo integrada en su mayor parte por introducciones del CIMMYT, que poseían en su genoma los genes de enanismo y productividad que habían sido descubiertos y luego desarrollados por Norman Borlaug. La generación de una nueva variabilidad a partir de cruzamientos artificiales conteniendo dicho fondo genético, con posterior selección local ha sido el cimiento del trabajo fitotécnico del INTA.

Entre los logros más relevantes de la institución en agrobiotecnología pueden mencionarse la obtención de variedades con alto rendimiento, diferentes grados precocidad, avances en la resistencia a royas, fusariosis de la espiga y septoriosis. Se obtuvieron líneas isogénicas con la translocación 1Rs/1B1 del centeno para evaluar su incidencia en la calidad panadera, se avanzó en la resistencia genética a sequía, se determinó la interacción “genotipo x ambiente” en la resistencia a *Drechdlera tritici-repentis* y se estudiaron las bases genéticas de la heterosis en trigo con el objeto de desarrollar cultivares híbridos. Además, fueron descriptas nuevas variantes del virus del enanismo amarillo de la cebada, y se determinó el número de genes involucrados en la resistencia genética a la roya de la hoja. La selección asistida por marcadores moleculares está cooperando en la identificación de genes introducidos y apilados que codifican para la lenta infección de roya de la hoja (resistencia de campo) y algunos involucrados en mejor resistencia a fusariosis de la espiga.

A lo largo de su trayectoria, el INTA ha desarrollado 64 variedades de trigo, todas correspondientes al período analizado. Debido al convenio de vinculación tecnológica que la empresa Bioceres mantiene con la institución, hacia 2008 se comercializaron 9 variedades con títulos de propiedad a favor de INTA, adaptadas a las diferentes regiones trigueras y que ocuparon aproximadamente el 6,5 % del total sembrado en Argentina.

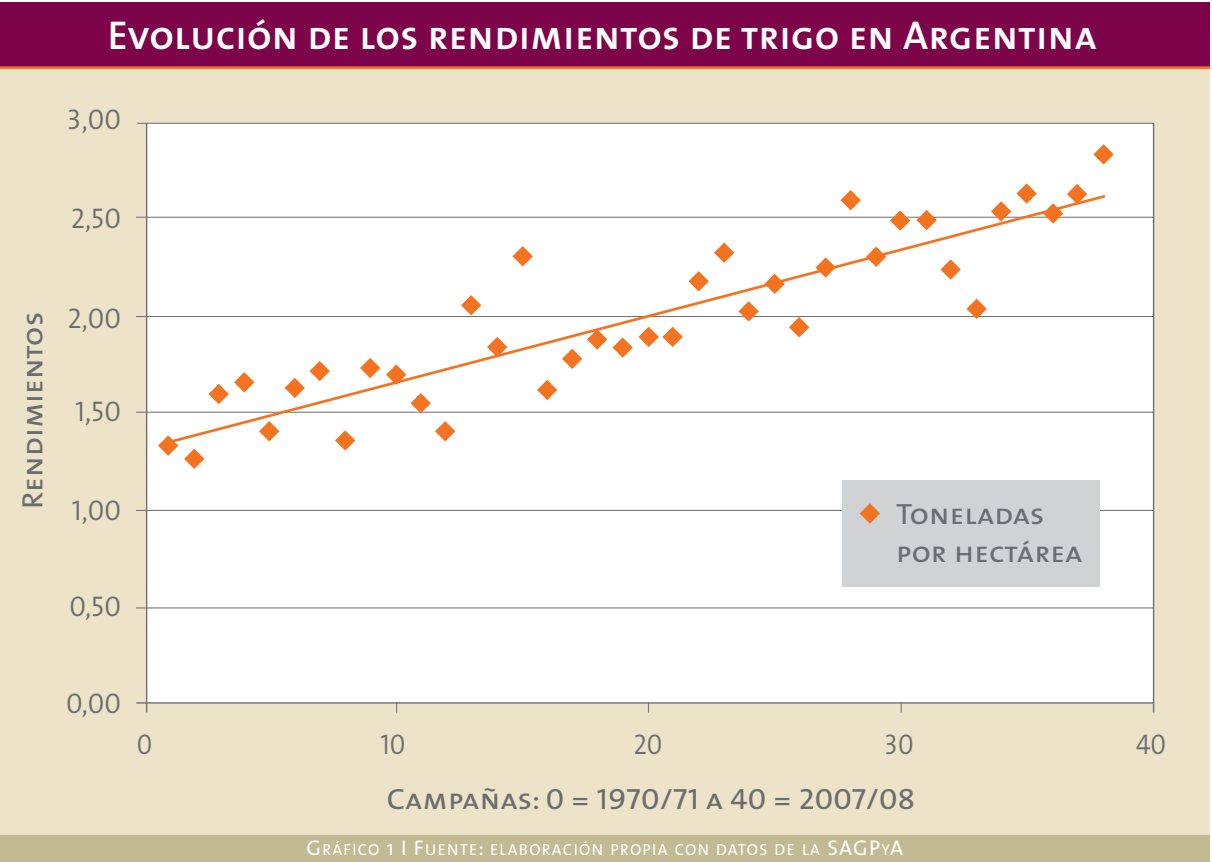
En 1976, comenzó otro programa que más tarde haría significativos aportes al mejoramiento triguero argentino. La Asociación de Cooperativas Argen-



EWALD FAVRET | 1921-1992
FOTOG.: WWW.INTA.GOV.AR

tinas (ACA) inició la mejora varietal del cultivo, y estableció su campo experimental en las cercanías de la localidad de Cabildo, Provincia de Buenos Aires. El proceso se inició a partir de materiales provistos por el Ing. Hans Olsen, que había desarrollado una extensa labor de mejoramiento triguero en el país desde 1927, en el Ferrocarril Sur y en la firma Vilela. En una primera etapa, el trabajo se orientó a variedades para la zona semiárida, ámbito para el cual estaba adaptado el material de Olsen. Así llegaron al mercado las variedades Cooperación Cabildo en 1980 y Cooperación Bahía en 1983. El contacto directo con el CIMMYT a partir de 1982 abrió la posibilidad de disponer de una mayor variabilidad de germoplasma y poder desarrollar cultivares aptos para otras zonas trigueras del país, incrementando las localidades de selección y evaluación de las posibles nuevas variedades, caracteri-

zándolas por rendimiento, sanidad frente a las enfermedades más importantes del cultivo y calidad comercial e industrial de sus granos. De la mano del Ing. Agr. Rubén Miranda, el desarrollo del Programa de mejora llegó a su punto máximo al contar con genética propia donde se destacaron variantes de diferentes ciclos, aptitudes agronómicas e industriales, estabilidad y potencialidades de producción. Ese programa propio le permitió a ACA un rápido recambio ante problemas sanitarios y el lanzamiento de nuevas variedades cuando la demanda exigía alguna característica particular que el mercado requería. Como resultado de la creación de variedades exitosas, la presencia de ACA en el mercado de semillas de trigo ha crecido significativamente, habiendo superado con sus variedades el 11% del total de semilla comercializada en el país.



Como producto del mejoramiento genético y la evolución en los sistemas de manejo y cosecha del cultivo, la productividad del trigo en Argentina y ha superado a tasas crecientes con el correr de las épocas (Gráfico 1). Desde la plena difusión de los trigos con germoplasma CIMMYT, los rendimientos por hectárea pasaron de 1,54 toneladas en el promedio de la década del 70 a 1,81 para los 80, y subieron a 2,21 en los 90 para alcanzar las 2,49 en lo que va de los 2000. Esos incrementos representan aumentos del 11,7% entre los 70 y los 80, 12,2% entre los 80 y los 90 y 11,2% entre los 90 y lo que va de los 2000. El 99,71% de las variedades de trigo que se siembra en Argentina corresponde a variedades de empresas nucleadas en la Asociación de Semilleros Argentinos (ASA).

BREVE PASO POR LOS TRIGOS HÍBRIDOS.

Entre 1960 y 1970 varias empresas de semillas a nivel mundial comenzaron con programas de mejoramiento de trigo con enfocando esfuerzos en la obtención de híbridos. En la experiencia Argentina, iniciada en 1970 bajo la conducción del Ing. Agr. Néstor Machado, la empresa Cargill participó de un proyecto que incluía con esfuerzos enfocados Estados Unidos, Francia y Australia. Los trigos híbridos fueron considerados una posibilidad teórica en el mejoramiento durante muchos años hasta que algunos informes de investigación probaron el posible uso de algunos sistemas de androesterilización que permitían trabajar con esta especie autógama como si se tratara de una alógama. En el programa de Cargill, donde era necesario focalizar la obtención de híbridos comerciales,

EMPRESAS SOCIAS DE ASA CON GENÉTICA DE TRIGO			
01	ACA	06	KLEIN
02	BIOCERES	07	NIDERA
03	BUCK	08	PRODUSEM
04	CAPELONI	09	RELMÓ
05	DON MARIO	10	SURSEM

TABLA 1 | FUENTE: ASA

Machado estudió tres aspectos destacados que debían coadyuvar positivamente de manera simultánea. El primero de ellos se refería al sistema de esterilización. Luego de probar algunos agentes químicos y un sistema natural, se seleccionó como mejor opción la androesterilidad genético-citoplasmática ofrecida por *Triticum timopheevi*. Por otro lado, la producibilidad de la semilla híbrida se constituía en otro de los factores que debían ser resuelto. De ese modo, se analizaron las condiciones ambientales y genéticas relacionadas con la polinización cruzada a nivel comercial. El programa se encontraba en el sudeste de la Provincia de Buenos Aires, donde las condiciones y los niveles de rinde eran más adecuados. Finalmente, el proyecto debía arrojar atractivos niveles de rentabilidad, tanto para las empresas de semillas como para los agricultores, ya que propondría un cambio en el mercado para ambos actores, y se pretendía que éste fuera aceptado y adoptado. La preocupación principal estuvo ligada al sistema de esterilización. El sistema *T. timopheevi* era efectivo para producir líneas estériles, pero no eficiente en cuanto a la restauración de la fertilidad. Los mejores restauradores se encontraban en germoplasma exótico, con numerosas deficiencias agronómicas. La capacidad de restauración del sistema *T. timopheevi* no era muy conocida y poseía una fuerte interacción con el ambiente. La restauración completa no fue lograda sino hasta 1978, cuando se obtuvieron los primeros híbridos totalmente restaurados. El procedimiento adecuado para asegurarse la restauración completa incluyó la selección recurrente y un control de la restauración en plantas individuales durante varias generaciones avanzadas. Se determinó que el sistema de restauración genético está conformado por 3 genes mayores y algunos modificadores. Habida cuenta de la ulterior importancia que tendría el carácter “restauración completa” para el programa, el foco puesto en ello y la elevada presión de selección dirigida hacia la restauración redujeron la velocidad del programa cuando se consideran las características de valor agronómico. Además, debían ser llevados adelante dos programas simultáneos: obtención de restauradores y obtención de líneas A/B, al igual que en cualquier

sistema genético citoplasmático. Convertir una línea B a su versión A lleva por lo menos 2 años si se utiliza invernáculo para hacer 3 retrocruzas por año. Al mismo tiempo, las líneas parentales debían ser incluidas en un ensayo fenológico para determinar los días de floración, y al mismo tiempo obtener una estimación de la aptitud para la polinización cruzada de las diferentes líneas.

El criterio de selección agronómico aplicado tanto para los restauradores como para las líneas B también debía considerar el rinde per se a través de la evaluación fenotípica, e identificar la variancia aditiva como un componente necesario en las líneas. Una buena expresión de la producibilidad fue considerada obligatoria durante el proceso de selección. La polinización cruzada en trigo posee una fuerte interacción con el ambiente. La baja humedad relativa, los vientos moderados y las temperaturas templadas al momento de floración son las condiciones más convenientes. El sudeste de Buenos

natoria entre sí. En ambos grupos participaron trigos primaverales e invernales, y se combinaron características agronómicas, resistencia a enfermedades y calidad panadera. Cuando los híbridos experimentales se compararon con variedades puras comerciales, las diferencias en los rindes fueron estadísticamente superiores.

Luego de algunas experiencias extensivas con semillas híbridas, lo que los agricultores más apreciaron fueron algunos componentes de rinde tales como: vigor inicial, tolerancia a estrés y resistencia a enfermedades, lo cual estaba presente en la mayoría de los híbridos comerciales. Además, se obtuvieron buenos resultados al utilizar bajas densidades de siembra. Algunos agricultores líderes que utilizan siembra de precisión sembraron 30 kg de semilla híbrida por hectárea con excelentes resultados.

Los híbridos arribaron finalmente al mercado y fueron comercializados entre 1986 y 1993, con

Luego de algunas experiencias extensivas con semillas híbridas, lo que los agricultores más apreciaron fueron algunos componentes de rinde tales como: vigor inicial, tolerancia a estrés y resistencia a enfermedades, lo cual estaba presente en la mayoría de los híbridos comerciales.

Aires, o la región agroecológica para el trigo llamada Subregión IV, posee las condiciones óptimas para la polinización cruzada. Además, es posible sembrar trigo con muy buenos resultados desde fin de mayo a mediados de agosto, lo cual resulta útil cuando el sistema de producción de semilla híbrida requiere de siembras espaciadas en el tiempo.

En cuanto a la rentabilidad para el agricultor, ésta se encuentra principalmente condicionada por el aumento del rinde comparado con las variedades, debido a que deben adquirir semillas más caras y hacerlo todos los años. Luego de hacer y probar cerca de 2000 híbridos, Machado y su equipo de colaboradores identificaron un fondo genético que demostró altos niveles de heterosis y podía cumplir con la premisa.

Se utilizaron los conceptos relacionados con el agrupamiento heterótico comunes a la hibridación de plantas alógamas, y lograron obtener dos grupos genéticos diferentes con buena aptitud combi-

excelente desempeño agronómico.

Ajustadas las variables del proyecto, solo la rentabilidad para la empresa de semillas aseguraría la continuidad de estos genotipos en el mercado. Sabiendo que las condiciones tecnológicas y del ambiente deben permitir una baja densidad de siembra, y que la siembra para semillas debe asumir mayores costos de producción, el negocio de los agricultores debía permitir que la semilla fuera el insumo más caro en su plan de costos. Es preciso remarcar que las líneas endocriadas con mayor aptitud combinatoria que actúan como parentales de los híbridos manifiestan una depresión por endocría para el carácter rendimiento, y son menos productivas que las variedades puras comerciales. Además, el precio alto de la semilla debe estar relacionado con la expresión de alto rinde, y éste a su vez se encuentra estrechamente ligado a las tecnologías de punta. Dichas tecnologías deben ser bien conocidas y aplicadas en el área de difusión.

Para la producción, las condiciones del medio deben ser aptas para la polinización cruzada en un área donde sea posible un aislamiento espacial, con lo cual muchas veces la distancia de las zonas de producción a los mercados compradores tiene un costo de incidencia del flete importante.

Los datos experimentales demostraron que se pueden obtener buenos rindes, superiores a variedades puras, y con buena estabilidad en los híbridos de trigo, como así también buena tolerancia al estrés, buena resistencia a enfermedades y vigor inicial.

La empresa decidió discontinuar el programa por la afectación producida en los niveles de rentabilidad, en un mercado donde el precio de las semillas de autógamas está depreciado por la existencia de un mercado ilegal de semillas.

Ese obstáculo, que desalienta la investigación tuvo el mismo efecto en otras empresas que, si bien orientadas hacia la obtención de variedades puras, tuvo que abortar sus proyectos por la baja rentabilidad de la semilla, como son los casos de los programas que en su momento condujeron Dekalb y Northrup King. La experiencia recogida en Argentina por Cargill en trigos híbridos adquiere relevancia en cuanto a los conocimientos técnicos acumulados en la fecundación cruzada, lo que puede tener utilidad en el desarrollo rápido y efectivo de mayor variabilidad en los proyectos de investigación.

NUEVAS FRECUENCIAS GÉNICAS PARA EL TRIGO EN ARGENTINA.

El Siglo XXI promete un nuevo salto para la genética de trigo en Argentina. La reciente incorporación de nuevas empresas interesadas en su mejoramiento, como Nidera, Relmó, Don Mario o Sursem adelantan para los años por venir nuevos desarrollos y crecimiento en lo cuantitativo y cualitativo.

Estos programas, que han incorporado germoplasma proveniente de ambientes que someten a los genotipos a presiones selectivas de diferente origen como Francia, Suiza, Uruguay o Brasil, traen aparejadas nuevas frecuencias génicas para caracteres relacionados con el rendimiento, la sanidad y la calidad industrial que agregan variabilidad a la genética de

base CIMMYT.

En poco tiempo, el programa de Nidera alcanzó una porción de mercado superior al 19%, en tanto que las variedades de Don Mario ocupan más del 6% y Relmó posee una porción mayor al 2% con su genética. El caso más reciente es el de Sursem.

Estos promisorios programas seguramente harán su aporte a los mencionados más arriba para que la productividad de trigo continúe con su tendencia creciente, a la vez de ofrecer la calidad necesaria para satisfacer las necesidades de los mercados compradores.

MAÍZ.

Originario del continente americano, el maíz cultivado (*Zea mays* L.), que había sido llevado por la colonización española a Europa, retornó mejorado en forma de variedades de polinización abierta hacia principios del siglo XX en manos de inmigrantes provenientes en su mayor parte del norte de Italia. Principalmente, en la región del Piamonte fuerzas selectivas naturales y artificiales habían conformado las nuevas poblaciones.

A principios de dicho siglo el Ing. Enrique Klein, quien se había afincado en Argentina en 1919 luego de siete años de trabajo en la República Oriental del Uruguay, obtuvo las primeras variedades locales mediante de la utilización de cultivares italianos, variedades criollas y materiales que él había avanzado fitotécnicamente del otro lado del Río de la Plata.

La endocría de líneas puras de maíz tuvo sus orígenes en 1922 a raíz de los trabajos del estadounidense Thomas Bregger, quien había sido contratado por la Dirección de Genética del Ministerio de Agricultura de la Nación e instalado en la Estación Experimental de Pergamino.

Tras el trabajo de Bregger, para 1925 se contaba con 1.300 líneas endocriadas. Un hecho significativo a destacar es que por aquel entonces Thomas Bregger comenzó con los trabajos de avance de generaciones en contra estación con Estados Unidos para otorgar celeridad a los programas argentinos, metodología que se utiliza hasta nuestros días. En 1934, el Ing. Agr. Raúl Ramella, quien había sido su discípulo,

reinició los trabajos y en 1937 evaluó los primeros híbridos experimentales en la Chacra Experimental de Pergamino.

Antes de entrar al período que nos ocupa, deben ser mencionados los señeros aportes a la investigación genética en maíz hechos por el Ing. Agr. Salomón Horowitz, director de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires entre 1932 y 1938, año en que pasó a la Universidad de La Plata. Entre ese año y 1945 formó un grupo de investigadores y fundó el Instituto Fitotécnico Santa Catalina, donde se destacaron genetistas argentinos de la talla de los Ings. José María Andrés y Luis Mazoti.

Entre la extensa labor desarrollada por el Ing. Horowitz y sus colaboradores se destaca en el año 1942 el hallazgo en poblaciones de maíces provenientes de áreas infestadas por langostas del gen *ag*, al que denominó “amargo”, se caracterizó y se ubicó en el cromosoma 1 del maíz. El maíz portador del gen “amargo” era resistente al ataque de langosta y Horowitz supuso en su momento que este recurso genético sería de fundamental importancia para contrarrestar el daño del insecto. La desaparición del peligro de la langosta a causa del Plan Nacional de Lucha Contra la Langosta, sumada al hecho de que el “maíz amargo” era deficiente en características agronómicas de importancia, acabó con las expectativas de colaborar al control de dichos insectos a través de híbridos resistentes. Sin embargo, se sabe del interés que tuvo Horowitz en su momento por conocer la base química del producto del gen *ag*.

A más de 60 años, la historia iniciada por Horowitz en Argentina alcanzó nuevas formas en otro país. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), por medio del Dr. Bradley Binder, anunció hace un tiempo el descubrimiento que el “maíz amargo” proveniente de Argentina posee un compuesto químico que impide que las larvas del barrenador del tallo europeo, *Ostrinia nubilalis*, puedan depositar sus huevos sobre la planta. Los barrenadores son insectos del orden *lepidópteros* responsables de daños sobre raíces, tallos y espigas del cultivo del maíz en todo el mundo.

Información científica dada a conocer por una gran Compañía Internacional, reveló que una buena cantidad de sus actuales líneas progenitoras de

híbridos contenía contribuciones de los genes de “maíz amargo” del 5 al 50%, pero nada se sabía respecto a su eventual uso comercial. Sin embargo, en una importante reunión científica llevada a cabo en septiembre de 1999 en Cambridge, Gran Bretaña, el Dr. Stephen Smith, investigador de la compañía de semillas Pioneer Hi-Bred International de los Estados Unidos, presentó un análisis en el que el “maíz amargo” aporta más del 5% de la constitución genética de los híbridos analizados en la década del 90. En otra reunión técnica, el mismo investigador reveló que el 3% de los genes presentes en los híbridos de maíz francés es aportado por el “maíz amargo”.

De acuerdo con el mercado de semillas de maíz que la compañía Pioneer ocupa en los Estados Unidos, un cálculo estimativo muestra que la ganancia eventual obtenida por la contribución del recurso genético del “maíz amargo” estaría alrededor de los 100 millones de dólares anuales.

Problemas políticos hicieron que Horowitz emigrara a Venezuela, donde hoy en día se lo reconoce como uno de los pilares de la investigación genética en ese país, falleció en Maracay el 6 de enero de 1978.

Entre tanto, los trabajos orientados a obtener cultivos híbridos vieron sus primeros frutos en la Estación Experimental Ángel Gallardo, perteneciente a la Provincia de Santa Fe, hacia 1945. Se trataba de los híbridos dobles Santa Fe N° 2 y Santa Fe N° 3, creados por los Ings. Agrs. Antonio Marino y José Tomás Luna.

Los mencionados cultivos inauguraron el período objeto de esta obra, ya que fueron registrados en 1949 en el Registro Oficial creado por de la Ley de Granos N° 12.253 en su capítulo “Fomento de la Genética”. El Santa Fe N° 2 ya había sido lanzado sin ese registro en 1947.

Cabe mencionar como hito significativo que la inscripción de estos cultivos dio base a los primeros registros oficiales de un híbrido para cualquier especie en Argentina.

Los Ings. Marino y Luna pasaron dicho año a prestar servicios en la Empresa Cargill y lograron para ésta el registro de los primeros híbridos del sector privado, Cargill 250-A y Cargill 300, conformados en un 100% por base genética norteamericana.

La nueva legislación protegía tanto a las creaciones

públicas como privadas y gracias a su aplicación, hacia el mismo año el Ingeniero José María Andrés registró el híbrido FAV 355 para la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires. También en 1949 ingresaron al reciente Registro Oficial las obtenciones privadas La Lucila 501, La Lucila 502 y la Lucila 503 del Criadero La Lucila.

Durante los años 50 hubo una intensa labor en el mejoramiento del maíz dentro el sector público, primero por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación, y más tarde por el INTA, cuya fecha de fundación data de 1956. A su vez, comenzó a tomar forma durante esa década una industria privada fuerte y próspera.

En 1951, el Ing. Agr. Juan Etchecopar, de la Estación Experimental Pergamino registró los híbridos dobles Pergamino N° 1 MAG y Pergamino, N° 2 MAG, habiendo alcanzado éste último una gran difusión en el mercado gracias a su alto potencial de rendimiento comparado con los cultivos preexistentes y a su buena calidad de grano, de preferencia por el sector exportador. Ese mismo año, el Criadero El Pelado registró el híbrido El Pelado N° 1.

En 1954, el Ing. Agr. Juan Rosenzweig creó el híbrido Santa Fe N°4 en la Estación Experimental Ángel Gallardo.

En el año 1959, la Estación Experimental Agrope-

Pergamino Guazú, respectivamente.

En 1963, los mismos profesionales registraron para la Estación Experimental Agropecuaria INTA Pergamino el híbrido Abatí INTA, de buen rendimiento, colorado duro y cuyo grano tuvo con gran aceptación por los mercados compradores. Su inscripción marcó otro avance que signaría el desarrollo de mercado en los años por venir. Se trataba del primer híbrido de tres vías con Registro Oficial en el país.

En la etapa anterior a la plena difusión de los híbridos, las variedades más destacadas en el mercado habían sido Colorado Klein, Colorado común o Cuarentín, Colorado Casilda, Amarillo Klein, Amarillo Precoz de Simoni, Colorado La Holandesa y Colorado Manfredi.

Un hecho relevante de la normativa en semillas influyó notablemente para sentar las bases de la pujante industria que luego se desarrollaría en el país, e hizo alcanzar niveles de competitividad equiparables con los del mundo desarrollado, situación que se ha mantenido incólume con el correr del tiempo. En 1959, la Secretaría de Agricultura estableció por Resolución el sistema de “pedigree cerrado” para los híbridos desarrollados por los esfuerzos privados.

De ese modo, a partir del denominado “secreto industrial” se estableció una forma de protección

Cabe mencionar como hito significativo que la inscripción de estos cultivos dio base a los primeros registros oficiales de un híbrido para cualquier especie en Argentina.

cuaria de INTA Pergamino, colocó la piedra fundacional de lo que luego sería el gran salto evolutivo de los 90. De ese modo se registraron los primeros tres cultivos híbridos simples en Argentina, cuyas fórmulas de pedigree quedaron asentadas en el Registro como: AZ1 x ZN6, AD3 x W4 y ZN6 x CN1. Este hecho ya señalaba la tendencia a seguir para la obtención de híbridos de alta productividad aprovechando la heterosis que dentro de la especie se produce al combinar líneas puras.

En 1960 y 1961, los Ings. Agrs. Juan Carlos Rossi y Fulvio Petri, de la Estación Experimental de Pergamino, registraron los híbridos Pergamino Pitá y

comercial a los productos privados, garantizando el retorno a la inversión hecha en investigación y desarrollo. Este aspecto, materia de discusión permanente en las autógamas hasta el presente, otorgó enormes ventajas al mejoramiento genético de las especies de polinización abierta. El secreto de la fórmula híbrida conlleva la ventaja de fácil apropiación de la creación, sumada a que la probabilidad de copia por parte de terceros tiende a cero.

El INTA continuó con el sistema de “pedigree abierto”, y entregaba líneas endocriadas a las empresas para que fueran evaluadas en experimentos de aptitud combinatoria como posibles parentales de

futuros cultivares híbridos. Es probable que solo unos pocos visionarios hayan podido imaginar el enorme aporte que la Institución Oficial haría a una industria que se consolidó como innovadora y pujante hasta nuestros días.

La década del 60 sería testigo de los primeros resultados que emergieron de la Resolución ministerial. Por entonces, Enrique Klein se encontraba trabajando en el mejoramiento de maíz como parte de un sector privado al que se sumaban las empresas Morgan de la localidad de Colón, Cargill en Pergamino, los Criaderos Mickland de Junín, La Lucila de Pergamino y Santa Teresita de Murphy, Provincia de Santa Fe, ente otros.

Los desarrollos en ese momento apuntaban a la obtención de híbridos dobles con tipo de endosperma colorado duro, conocidos universalmente como “*flint*”. Para esta década, los híbridos de las empresas privadas comenzaron a tener la mayor difusión en el mercado imponiéndose sobre las viejas variedades por su mejor resistencia a sequía, mayor rendimiento, facilidad para la cosecha mecánica, resistencia al vuelco y maduración uniforme.

Años más tarde, Morgan sería adquirida por la Compañía Mycogen, y actualmente pertenece a Dow AgroSciences, en tanto que la división semillas de Cargill fue adquirida por Monsanto. Poco a poco, fueron arribando grandes marcas como Dekalb (más tarde comprada por Monsanto), Northrup King (luego Novartis y hoy Syngenta, conformada también por lo que fuera Funks y luego Ciba Geigy).

Otras de las empresas que se instalaron en el país fueron Asgrow (antes de pertenecer a Monsanto), que decidió abandonar su operación en Argentina, pero la investigación en toda sus línea de productos fue continuada por Nidera. Hacia los 90, se fueron sumando más compañías, como Pioneer (adquirida luego por DuPont) y otras (*Tabla 2*). Conglomeradas en ASA, actualmente vuelcan al mercado el 92,46% del total de híbridos sembrados en Argentina.

Continuando con la cronología, en 1969 se creó el Banco de Germoplasma de Maíz en la Estación Experimental Agropecuaria de INTA Pergamino, y se constituyó en uno de los primeros reservorios de recursos genéticos de Sudamérica. De ese modo, la Institución continuó con un rol preponderante no solo en el avance del mejoramiento de maíz en

Argentina, sino también en la preservación de su variabilidad.

EMPRESAS SOCIAS DE ASA CON GENÉTICA EN MAÍZ			
01	ACA	11	NIDERA
02	ADM	12	PANNAR S.A
03	ADVANTA SEMILLAS	13	PAU SEMILLAS
04	AGM ARGENTINA	14	PIONEER ARG
05	CARGILL SACI	15	PRODUSEM
06	CÍA. ARG. DE SEM	16	RELMO
07	CRIAD. RUSTICANA	17	SEMILLERA GUASH
08	DOW AGROSC.	18	SEMINIUM
09	KWS	19	SURSEM
10	MONSANTO	20	SYNGENTA
		21	ZETA SEMILLAS

TABLA 2 | FUENTE: ASA

Entre principios de los 50 y finales de los 70 casi la totalidad de la superficie cultivada con maíz era sembrada con híbridos dobles en reemplazo de las variedades de polinización abierta de principios de ese siglo. Precisamente fue durante ese período que el aporte tecnológico a la cultura del maíz comenzó a crecer a tasas que actualmente ponen a la genética argentina en un plano de igualdad con las principales potencias tecnológicas del hemisferio Norte. Dicho crecimiento tuvo un significativo correlato con la instalación en Argentina de las grandes compañías internacionales de genética.

Aproximadamente desde finales de los años 70 y pasando por toda la década del 80, los híbridos dobles fueron reemplazados, y cobraron preponderancia los cultivares de tres vías o híbridos triples. Por esos tiempos comenzó a tener importancia la utilización de líneas con endosperma amarillo dentado provenientes de Estados Unidos en pruebas de aptitud combinatoria. La heterosis producida entre ciertas líneas endocriadas de endosperma flint con este tipo de genotipos derivó en importantes avances del rendimiento del cultivo.

En 1972, se inauguró una nueva y promisoría era, cuando el Ing. Agr. Néstor Baracco registró para la Compañía Continental de Semillas de la localidad de Murphy Provincia de Santa Fe el primer híbrido

triple privado denominado Contimax.

El año 1978 vio salir a luz al primer híbrido simple del sector privado. De la mano maestra del Ing. Agr. Fabio Nider (1937-2005), la empresa Dekalb registró su reciente desarrollo denominado 2F-10. El Ing. Nider representa un ícono indiscutido del mejoramiento genético privado del maíz en Argentina. Sustentado en principios técnicos, logró transmitir al universo de los mejoradores de maíz la importancia de la participación de germoplasma autóctono en el logro no solo de mayor productividad en los híbridos, sino también en la adaptación a condiciones agroecológicas locales y tolerancia a enfermedades epizooticas, como el mal de Río Cuarto. Vale la pena recordar en esta obra el réquiem que a modo de homenaje escribió tras su fallecimiento el actual presidente de ASA, el Ing. Agr. Oscar A. Domingo.

A partir de la década del 90, los híbridos simples se

consolidaron definitivamente en el mercado y dominaron la mayor parte del área sembrada. Es preciso reiterar que el sistema de “pedigree cerrado” hace que los híbridos puedan ser considerados como invenciones de naturaleza fácilmente apropiable y difícilmente copiable. Dicha característica ha alentado fuertes inversiones, mayores en términos comparativos con otras especies, en el desarrollo de nuevos híbridos de maíz y las tecnologías de producción asociadas. En la medida que se iban produciendo todos los avances mencionados, la producción nacional aumentaba en un 52%, al pasar de 4,9 (1960/61 - 1964/65) a 7,6 (1988/89 - 1992/93) millones de toneladas. Este aumento era debido al avance tecnológico puesto de manifiesto en la mejora de rendimientos, ya que en el mismo período se registró una disminución del área sembrada.

En el año 1992, se formalizó un Convenio de

“Ha muerto Fabio Nider. Fue el 3 febrero en Uberlandia, Brasil. Como siempre, viajando, trabajando. Súbitamente nos quedamos sin él, cuando todavía esperábamos y queríamos mucho más de él, no solo de sus conocimientos técnicos sino también de su atrayente personalidad. Nació en Trieste (Italia) un poco antes de que comenzara la guerra, llegó muy chico a la Argentina, y nunca le escuchamos ninguna referencia de su niñez europea. El tono particular e inconfundible a su voz denotaba que el “argentino” no era su idioma nativo y caracterizaba su conversación por la particular entonación y énfasis. La educación universitaria formal la comenzó en Mendoza y la finalizó en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UBA, de donde egresó en 1963. Realizó cursos de postgrado en varios establecimientos y se destaca el de Agronegocios de la Universidad Austral. Con una innata capacidad de aprendizaje alcanzó niveles de conocimiento comparables, sino superiores, a los de los máximos grados académicos de su especialidad, sin haber dejado en ningún momento de trabajar para dedicarse a estudiar. Sus años al lado de Charles F. Krull fueron importantísimos para la formación de Fabio. Desde antes de recibirse comenzó a trabajar en la empresa donde desarrollaría toda su actividad profesional, Dekalb. Se inicio prácticamente con la empresa y los primeros tiempos fueron duros. No había nadie que le enseñara cómo sembrar un ensayo, cómo hacer esos trabajos tan específicos. Por aquellos años solo tuvo como guía a

Ramón Agrasar, quien seguramente le aportó más entusiasmo que conocimientos prácticos de la tarea rutinaria indispensables para el éxito. Se hizo solo e hizo a muchos. Terminó dirigiendo un equipo de fitomejoradores exitoso que es el orgullo de la industria semillera argentina. El maíz fue su “*partenaire*”, se entendieron. Fabio tuvo ideas muy claras de cómo encarar el mejoramiento en Argentina y pudo sostenerlas en el trabajo diario, cosa no siempre posible. Sus superiores lo comprendieron. Cuando la mayoría de los programas transitaba otros caminos -todos similares y no tan exitosos- Fabio persistió en su esquema heterótico que posteriormente sería imitado por casi todos. Así lanzó el 4F 32, un nuevo nivel de rendimiento en el país y comenzó la serie de los tallos púrpuras y hojas erectas. Después vino otra etapa, la de los tres líneas, y el 3 F 21 sería otro jalón. Puede decirse que comenzaba la época “Nideriana” del cultivo de maíz en Argentina, con un claro liderazgo del mercado. El 4 F 37 con su tolerancia al mal de Río Cuarto y estabilidad de rendimientos sería el punto máximo de esa era. Supo como pocos identificar los problemas que había que solucionar con el mejoramiento. Si el sorgo de Alepo era la maleza principal, el otro factor limitante era el mal de Río



FABIO NIDER | 1937-2005
 FOTOG.: GENTILEZA DE MONSANTO ARGENTINA

Cuarto, y fue de los primeros en dedicarse a buscar tolerancia. También en esto fue exitoso, sacando enorme ventaja a otros programas. Llegaría la época de los híbridos simples. El 2 F 10 fue de los primeros. Pero realmente no llegarían al gran cultivo si no se actualizaban los sistemas de producción. Fabio encargaría el último gran desafío para terminar de modernizar el cultivo, también en esto tuvo suerte y encontró las personas que creyeron en él y aprobaron las inversiones, en especial Jorge Guergo Presidente de la compañía. Habrá sido suerte o un extraordinario poder de persuasión avalado por sólidos conocimientos técnicos, los que permitió seguir adelante con sus ideas. El riego, el despanojado mecánico, el secado en espiga fueron las incorporaciones a la producción de maíz que permitieron la masiva adopción de los híbridos simples y de nuevo germoplasma. El equipo que formó y dirigió Fabio tomó posteriormente el liderazgo. La planta de procesamiento María Eugenia ubicada en Rojas (Bs. As.) es un claro ejemplo de la última etapa de su trabajo. Fabio no solo trabajó en maíz. El equipo de investigación que dirigió durante muchos años lo hizo también en trigo, girasol y sorgo. Fabio fue antes que un fitomejorador un gran agrónomo. Al lado de él se vivía la profesión. En el camino de más de 40 años no todas fueron mieles. En la década del 70 tuvo que soportar, entre otras cosas, la afrenta de la intolerancia en algunos lugares públicos en Salto (Bs. As.), lugar donde residió desde 1964 y donde descansa, por trabajar en una empresa multinacional, la misma en la que culminó su actividad, y en la que obtuvo los logros que hoy celebramos. Años difíciles, como también lo fueron los de la década del 80, en los que la producción agropecuaria estuvo estancada, producto de políticas antiagrarias. No era buen marco para el trabajo de Fabio. Pero llegarían los 90 y allí el desquite, cuando productores agropecuarios harían uso masivo de la tecnología, apoyados en los tres pilares: estabilidad monetaria, mercado a término en dólares y eliminación

de las retenciones. Se duplicaría la producción de granos por medio de dos cultivos insignia: soja por aumento de área y maíz por aumento de rendimientos unitarios. Aquí el sello de Fabio y lo que el país todo tiene que agradecerle. Integrante del primer Comité Técnico de la Comisión Nacional de Semillas, le tocó a partir de 1979 junto con otros integrantes de éste comenzar a implementar la ley de Semillas y Creaciones Fitogenéticas 20.247, cambiar conceptos arraigados y crear nuevos paradigmas. A partir de ese año, Fabio tuvo una actividad ininterrumpida en el ámbito del INASE. Coordinó desde su creación el Comité de Cereales Estivales y fue miembro de la CONASE en representación de los fitomejoradores. La vida profesional fue exitosa y brillante. La otra, la privada, con altibajos. Primero sería la temprana desaparición de su esposa y cuando, no sin dificultades, pudo rehacer su vida de afectos y compañía y todo parecía que se encaminaba a disfrutar de todo lo conseguido- familia, respeto, consideración- en un marco apacible, el golpe de la muerte de su hija mayor, hace unos meses, fue aparentemente un precio demasiado elevado que la ternura de su corazón no pudo sostener. Creyó firmemente en la libertad individual del hombre en todos sus aspectos, luchó por ella en todos los ámbitos y era tema diario de su conversación, como también lo era el paradigma de que el esfuerzo individual, manifestado en el trabajo diario no solo dignifica al individuo sino que hace avanzar a la sociedad. Ha muerto Fabio Nider, como siempre, trabajando, viajando. Realizó su trabajo con alegría, siempre desde la actividad privada, pudo hacerlo desde una misma empresa con la que se identificó, creó los híbridos, los produjo y como si eso no fuera suficiente, y como de yapa, “ayudaba” en el marketing. Millones de toneladas de sorgo, girasol y especialmente maíz llevan su marca, la sociedad toda se ha beneficiado con su trabajo. Personalidades como Fabio no deben ser olvidadas. No lo olviden. No lo olvidaremos”.

ING. AGR. OSCAR DOMINGO

Vinculación Tecnológica denominado “INTA - Semilleros”, para el cual fue indispensable el genio y la dedicación del Ing. Agr. Guillermo Eyherabide en su creación, desarrollo, articulación y conducción. En ese acuerdo participan la mayoría de las empresas que desarrollan híbridos de maíz. Desde la firma se han registrado cerca de cincuenta líneas endocriadas que se ponen a disposición de las empresas. En el marco del acuerdo, en 1993 el INTA liberó la

primera línea con alta tolerancia al mal de Río Cuarto, a la que siguieron otras con similares características. En 1998 y en 2000 se liberaron las primeras líneas de endosperma blanco flint. Los materiales generados por el INTA a través de este convenio están siendo utilizados por el sector privado. Principalmente los incorporan a sus campos de cría como fuente de variabilidad, y en segundo lugar los utilizan tal cual en sus proyectos

EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DEL MAÍZ EN ARGENTINA

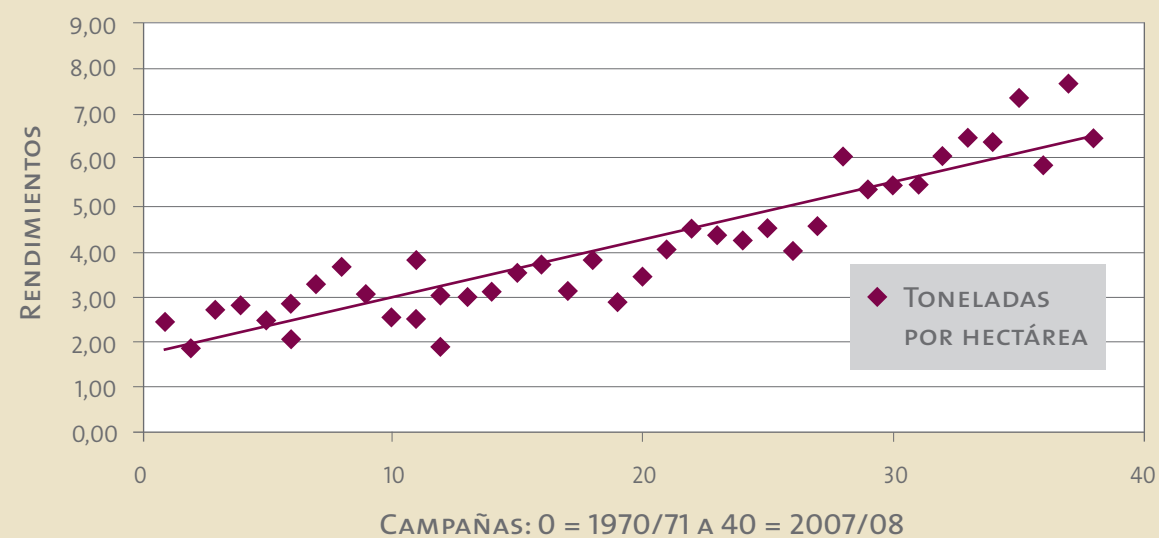


GRÁFICO 2 | FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LA SAGP Y A

de híbridos comerciales.

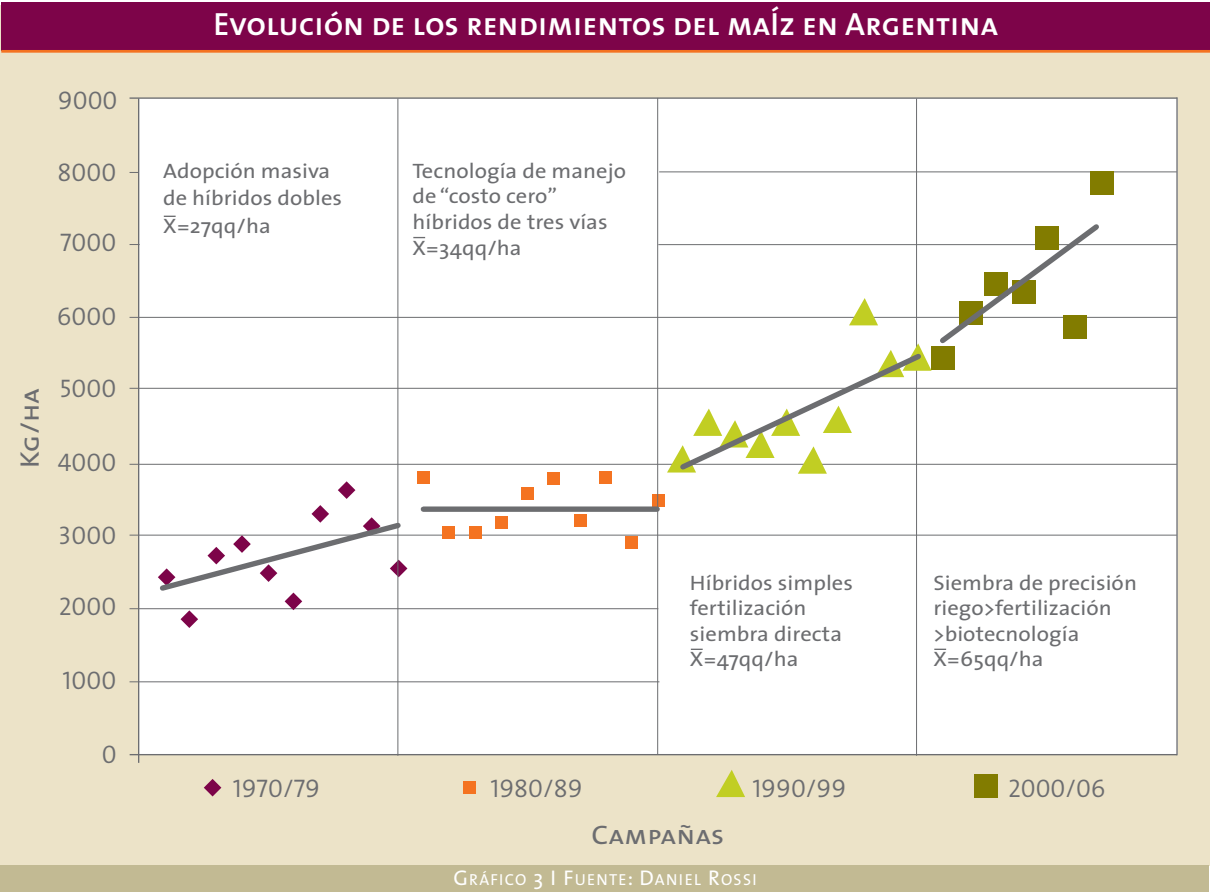
Tras todas estas décadas de mejoramiento genético, los rendimientos por hectárea fueron aumentando a tasa continua de 2,1 toneladas en el promedio de la década del 70, pasando a 3,35 en los 80, subiendo a 4,72 en los 90 hasta alcanzar 6,47 toneladas por hectárea entre las campañas 2000/01 y 2007/08. Los saltos entre dichos períodos corresponden al 16% entre los 70 a los 80, 14% entre los 80 a los 90 y 14% entre los 90 y lo que va de los 2000 (Gráfico 2).

Si se hace un análisis de las últimas cuatro décadas, puede observarse con claridad que el aumento creciente en la productividad nacional del maíz está positivamente correlacionado con el tipo genético de los cultivares sembrados en diferentes períodos (Gráfico 3) y la mejora en las tecnologías de producción. Los híbridos modernos superan en rendimiento a los anteriores comparados bajo diferentes tecnologías, planteos con diferente densidad poblacional y en ambientes con diferente oferta de recursos naturales. El mejoramiento genético actuó exitosamente en la aptitud combinatoria entre líneas parentales, que a su vez fueron mejoradas per se para mayor productividad

o capacidad polinizadora. La fitotécnica operó sobre diferentes características reproductivas en las líneas, como número de hileras por espiga, número de granos por hilera y prolificidad. Estos parentales transmiten a los híbridos cada vez mayor sanidad y tolerancia a vuelco, quebrado, además de la capacidad de mantener el follaje verde durante más tiempo y mayor tolerancia a estrés hídrico en floración, donde se ubica el período crítico del maíz.

Se estima que la contribución del mejoramiento genético al incremento de los rendimientos nacionales del maíz durante 30 años de análisis es de aproximadamente el 50%, se atribuye el resto a los avances realizados por las tecnologías de manejo y cosecha del cultivo.

La ganancia genética para el rendimiento del maíz en Argentina ha sido estimada mediante diferentes metodologías (Tabla 3). Nider y Mella calcularon ganancias genéticas de 93, 109 y 82 kg ha⁻¹año⁻¹ para el período 1961-1979, 1970-1978 y 1949-1984. Las estimaciones obtenidas por Presello y colaboradores (1977) fueron de 91 y 72 kg ha⁻¹ año⁻¹ en condiciones de riego y estrés hídrico respectivamente, para el



ESTIMACIONES DE PROGRESO GENÉTICO EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ RESULTANTE DEL TRABAJO DE MEJORAMIENTO GENÉTICO EN ARGENTINA			
AUTORES	PERÍODO	PROGRESO GENÉTICO	
		KG HA ⁻¹ AÑO ⁻¹	%
NIDER Y MELLA, 1980	1961-1979	93	
NIDER Y MELLA, 1980	1970-1978	109	
NIDER Y COLAB., 1884	1961-1979	82	1,1
EYHERABIDE Y DAMILANO, 1992	1979-1988	70	1,1
EYHERABIDE Y COLAB., 1994	1979-1991	112	1,8
PRESELLO Y COLAB., 1997	1961-1995	81	1,4
	1979-1998	169	2,9
EYHERABIDE Y DAMILANO, 2001	1979-1989	67	1,1
	1989-1998	249	3,7

TABLA 3 | FUENTE: RECOPIACIÓN DE GUILLERMO EYHERABIDE

período 1961-1995. Eyherabide y Damilano observaron una tasa de ganancia de 169 kg ha⁻¹ año⁻¹ entre 1979 y 1999 y, con otro método de 67 y 249 kg ha⁻¹ año⁻¹ para los períodos 1979-1989 y 1989-1999 respectivamente.

Un nuevo salto tecnológico, como producto de las fuertes inversiones ocurridas en el campo de la agrobiotecnología, sucedería a partir de los 2000. Los albores del nuevo siglo encontraron a la Argentina en un plano de paridad con países desarrollados en el lanzamiento de híbridos con eventos provenientes de la ingeniería genética incorporados a su genoma.

Ya en 1998, finalizando la década anterior, se habían registrado los primeros transgénicos en Argentina. De ese modo, veían la luz del mercado los híbridos Cargill 271 MG, Morgan 11 Bt, los cultivares 33V08 y 33Y09 de Pioneer, y los denominados Copahue TD y Tilcara TD de Syngenta Semillas. Todos estos híbridos

ofrecían la novel característica de resistencia a insectos del orden *lepidópteros*.

En el año 2004, Monsanto registró el DK 682 RR, en tanto que Pioneer hizo lo propio con el 33R76, y se inauguró la era de los híbridos resistentes a herbicidas ya que ambos presentan altos niveles de tolerancia al glifosato.

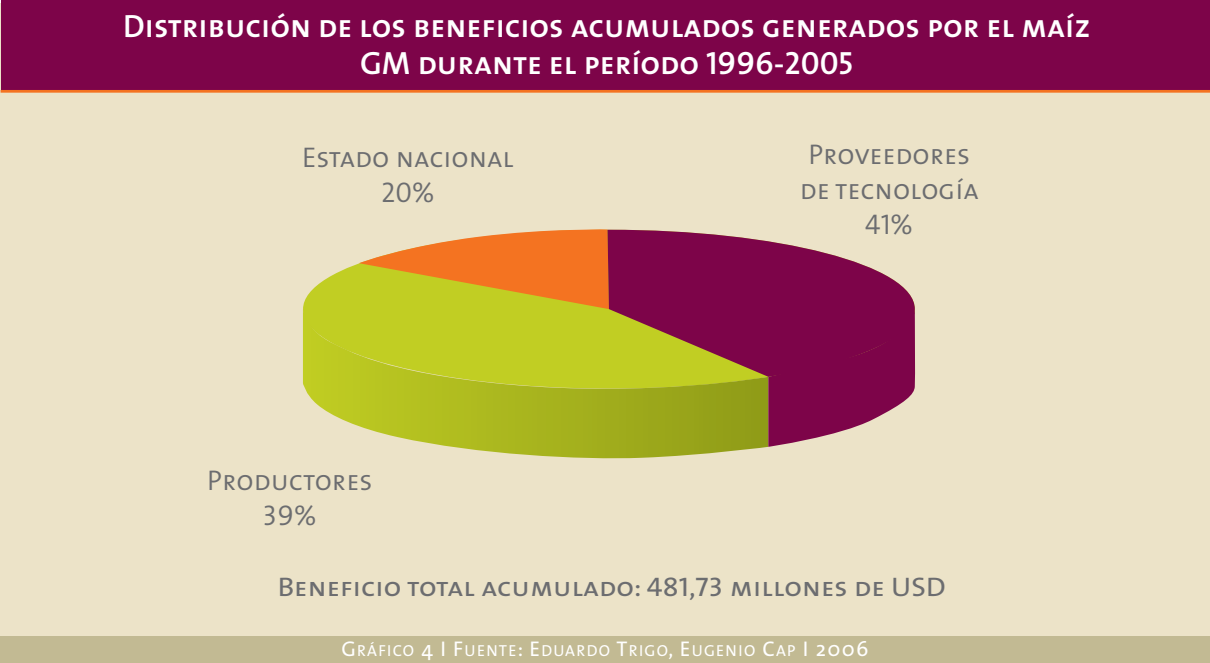
Estas técnicas de transformación permiten superar las barreras de entrecruzamiento genético producto del proceso evolutivo denominado especiación e incorporar genes desde cualquier organismo vivo hacia la especie que es objeto de un programa de mejora.

En el año 2006, los investigadores Mark Mikel y John Dudley publicaron en la prestigiosa revista científica Crop Sciences un trabajo denominado “Evolución del Maíz Dentado de Norteamérica del Sector Público a los

EVENTOS TRANSGÉNICOS EN MAÍZ APROBADOS EN ARGENTINA CARACTERÍSTICAS CONFERIDAS A LOS HÍBRIDOS Y AÑO DE APROBACIÓN		
CARACTERÍSTICA INTRODUCIDA	EVENTO	AÑO DE APROBACIÓN
RESISTENCIA A INSECTOS LEPIDÓPTEROS	176	1998
TOLERANCIA AL HERBICIDA GLUFOSINATO DE AMONIO	T25	1998
RESISTENCIA A INSECTOS LEPIDÓPTEROS	MON810	1998
RESISTENCIA A INSECTOS LEPIDÓPTEROS	Bt11	2001
TOLERANCIA AL HERBICIDA GLIFOSATO	NK603	2004
RESISTENCIA A INSECTOS LEPIDÓPTEROS Y TOLERANCIA AL HERBICIDA GLUFOSINATO DE AMONIO	TC1507	2005
TOLERANCIA AL HERBICIDA GLIFOSATO	GA21	2005
TOLERANCIA AL HERBICIDA GLIFOSATO Y RESISTENCIA A INSECTOS LEPIDÓPTEROS, ACUMULADOS POR CRUZAMIENTO	NK603 X MON810	2007
TOLERANCIA A LOS HERBICIDAS GLIFOSATO Y GLUFOSINATO DE AMONIO, Y RESISTENCIA A INSECTOS LEPIDÓPTEROS	1507 X NK603	2008

TABLA 4 | FUENTE: CONABIA | SAGPyA

Propietarios de Germoplasma”. En dicho texto se hace referencia al “maíz amargo argentino” como clave instrumental para el desarrollo de un tipo único de germoplasma dentro de Pioneer. De ese modo, aquel descubrimiento y posterior desarrollo de

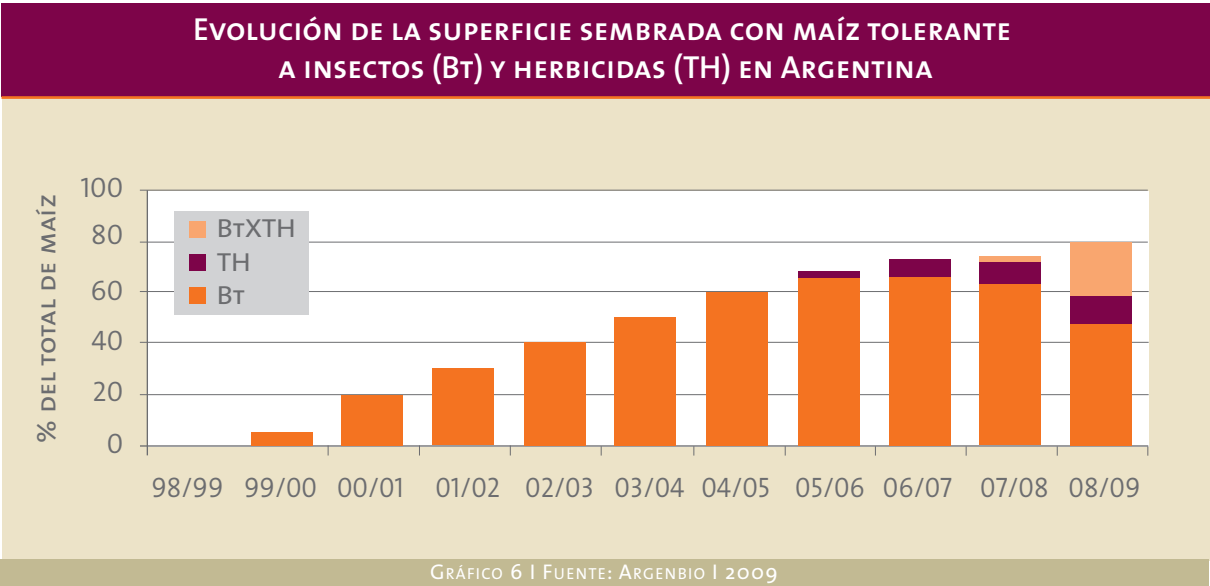
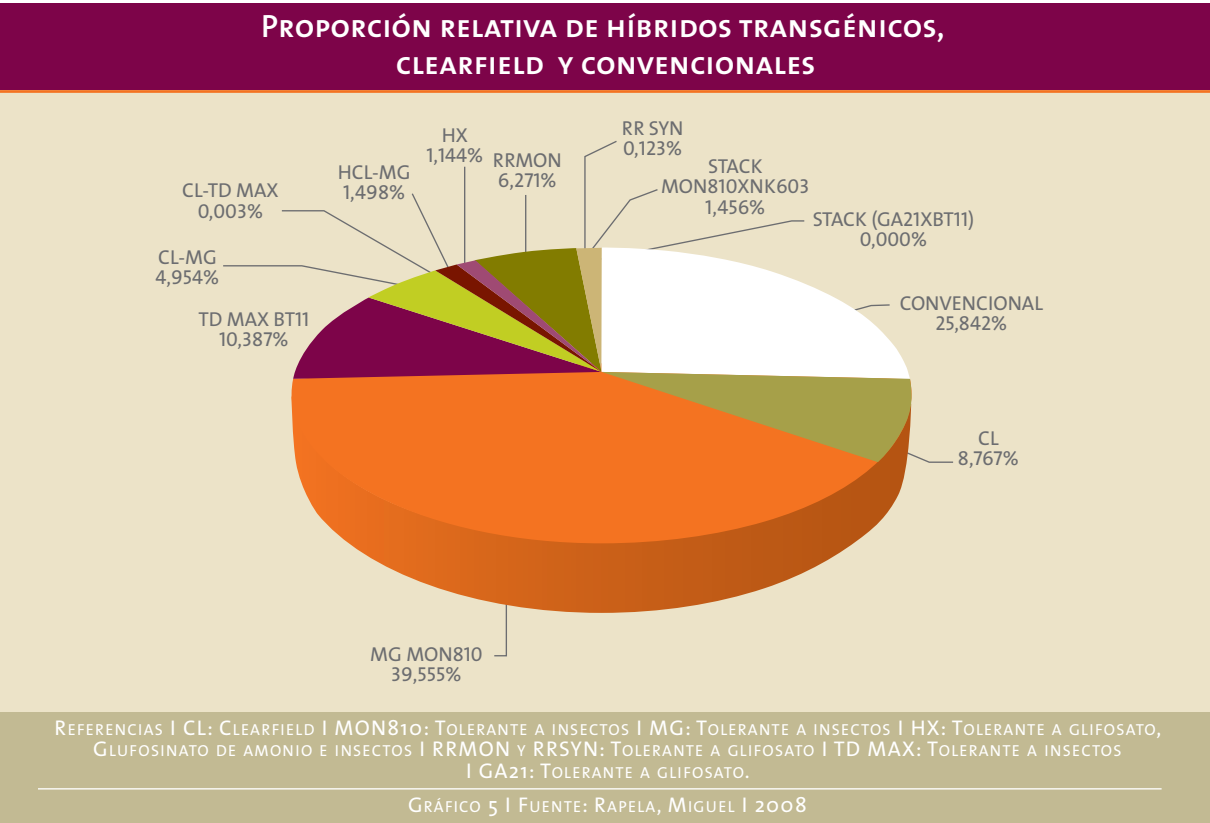


Horowitz hoy forma parte del germoplasma con objetivos comerciales de una de las compañías más grandes del mundo. Un hecho que no puede dejar de mencionarse a la hora de recordar los grandes desarrollos argentinos en materia de genética vegetal.

En ese mismo año, se implantaban 102 millones de hectáreas con cultivos transgénicos en el mundo. De ellas, unas 26 millones de hectáreas correspondían al cultivo de maíz. Durante la campaña 2006/2007, prácticamente el 73% del total de maíz cultivado en Argentina poseía eventos transgénicos, y el 7% correspondía al maíz tolerante al herbicida glifosato y el 66% restante a híbridos con tolerancia a insectos lepidópteros. En 2008, se implantaron 114 millones de hectáreas con cultivos transgénicos en el mundo, de las cuales el 16,8% corresponde a la Argentina en las que están incorporadas unas 3.100.000 hectáreas de maíz transgénico.

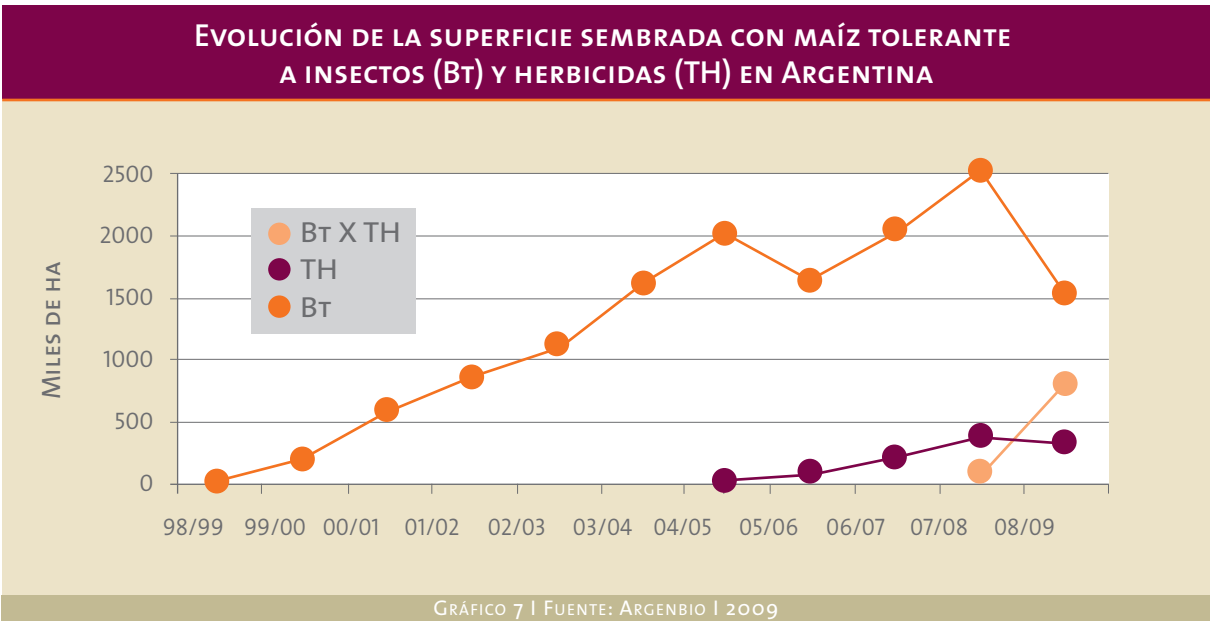
Dentro del campo de la agrobiotecnología, los eventos transgénicos son transmitidos a las líneas a través de hibridaciones sexuales artificiales, con posterior selección y empleo de diferentes métodos de endocría entre los que se destaca el método de retrocruzas recurrente.

Actualmente, se comercializan en Argentina híbridos genéticamente modificados que poseen resistencia a los insectos *Diatraea saccharalis* y *Spodoptera frugiperda*, conferida por el gen “Bt” (de origen bacteriano), y otros con resistencia a diferentes grupos de herbicidas, como glifosato o glufosinato de amonio. El organismo oficial que atiende los asuntos vinculados con cultivos transgénicos es la Comisión Nacional de Biotecnología Agrícola (CONABIA), cuya creación, trayectoria y funciones serán descriptas más adelante. Esta oficina del Estado, que depende de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, es la responsable de la aprobación comer-



cial de los cultivos genéticamente modificados. En dicho contexto, nueve eventos han sido aprobados hasta el presente para el cultivo del maíz (Tabla 4). Los beneficios acumulados durante los primeros 10 años de maíz GM fueron analizados, y han superado los cuatrocientos ochenta millones

de dólares (Gráfico 4). Para el 2008, los eventos transgénicos transferidos a las líneas progenitoras fueron responsables de la presencia de casi un 65% de maíces transgénicos en la superficie total cultivada con maíz en la República Argentina (Gráfico 5).



Desde el lanzamiento de cultivares híbridos genéticamente modificados al mercado, éstos se han difundido de manera constante. Ya en el 2009, el 80% de la superficie cultivada con maíz se encuentra ocupada por genotipos con tolerancia a insectos, herbicidas o tolerancia combinada (*Gráficos 6 y 7*).

El mejoramiento genético vegetal y las biotecnologías aplicadas son exitosas a partir del paciente y dedicado trabajo de hombres y mujeres que hacen de la provisión de alimentos en cantidad y calidad su desvelo cotidiano. Muchos han sido mencionados más arriba y otros tantos seguramente han sido involuntaria, pero injustamente omitidos. La memoria y la bibliografía consultada con certeza han jugado esa mala pasada. De todos modos, vaya un recuerdo agradecido a todos quienes con su tarea han contribuido, y lo siguen haciendo, a que el maíz argentino haya adquirido una evolución genética para caracteres relacionados con el rendimiento, la calidad y la sanidad a tasas equiparables con los países de mayores recursos económicos. Y a que hoy cuente en su genoma con los más modernos eventos que le permiten tolerar moléculas químicas o ataques de insectos plaga. El trabajo sin descanso seguirá siendo uno de los pilares fundamentales para que la tecnología argentina siga distinguiéndose en el mundo.

GIRASOL.

Los primeros datos de la existencia del girasol (*Helianthus annuus* L.) como especie cultivada en Argentina se encuentran hacia el siglo XIX. Fue introducido por inmigrantes judíos provenientes de Rusia que se hicieron agricultores en las Provincias de Entre Ríos, Santa Fe y Buenos Aires. Los pobladores, que sembraban la oleaginosa para propio consumo de sus pepitas, comenzaron tareas de selección masal de las plantas más sanas y productivas. Adquirió mayor difusión agrícola hacia 1900, cuando se identificaron dos polos productivos, uno en el Partido de Carlos Casares (Provincia de Buenos Aires) y el restante en la localidad de Basabilbaso (Provincia de Entre Ríos), alrededor de los cuales comenzaría una gran expansión.

Las primeras variedades cultivadas se caracterizaron por ser de porte alto y ciclo largo, como Gigante de

Rusia y Gigante Americano, todos originarios del oriente de Europa. Estos cultivares fueron cruzándose naturalmente y dieron lugar a poblaciones con gran variación en ciclo vegetativo, además del color, la forma y el tamaño del fruto.

En 1938, el Ingeniero Enrique Klein obtuvo una variedad, denominada Klein 7 G, a través de selección masal dentro de una población con alta variabilidad, cuyos objetivos fueron acortamiento del ciclo, menor porte de planta y aumento del contenido de aceite.

El mejoramiento en el ámbito público tiene antecedentes en la Estación Experimental de Pergamino, con las tareas fitotécnicas realizadas por Etchecopar, Faulcaut, Abalos, Illia y Davreux, en 1936. Ellos realizaron endocría, selección y recombinación en variedades sintéticas a partir de poblaciones recolectadas en el área girasolera y en puntos de embarques. En 1945, estos fitotecnistas registraron la variedad Saratov Selección Pergamino. Con la introducción de variedades rusas, más precoces y de menor altura que las que existían en Argentina, como Saratov, Kruglik, Skorospheli y Fushinka, y francesas de mayor ciclo y altura, se incorporó una nueva base genética a las poblaciones locales.

Entre tanto, se desarrollaba la actividad fitotécnica en Pergamino los Ings. Brunnini y Schelotto de la Chacra Experimental de La Previsión, Barrow, Provincia de Buenos Aires se abocaron a la selección de genotipos con el fin de desarrollar nuevas variedades. De ese modo, en 1939 publicaron los resultados de la variedad La Previsión 8, con la que se lograron mejoras en los rendimientos del 9% comparada con el común de la zona, que era el cultivar Gigante de Rusia. Posteriormente, en 1942, se publicaron en el Boletín de la Chacra los resultados obtenidos con La Previsión 9.

Esta nueva variedad provenía también de una selección sobre Gigante de Rusia. En 1941, Brunnini y Schelotto la inscribieron en el Registro Oficial de Semillas Fiscalizadas.

En la campaña 1948 inicia su programa de mejoramiento genético de girasol la Estación Experimental Agropecuaria de INTA Manfredi, en la provincia de Córdoba.

En 1953, en Pirovano, Provincia de Buenos Aires, René Massaux en su Criadero y Semillero Massaux obtuvo por selección sobre una población cultivada

en Pirovano la variedad Massaux, y ese mismo año la variedad Selección Massaux E.M.

A principios de 1957, como consecuencia de demandas del sector aceitero por mayor investigación en el cultivo, el Ministerio de Agricultura de la Nación nombró al Ing. Agr. Aurelio Luciano como técnico responsable en la Estación Experimental Agropecuaria de INTA Pergamino.

Luciano, tras un paso por el Instituto de Fitotécnica de Castelar para especializarse en la genética de la resistencia a royas, continuó en Pergamino con tareas de fitotécnica que habían sido iniciadas por el Ing. Agr. Walter Kugler y el Adm. Rural Mauricio Davreux.

El Ing. Agr. Aurelio Luciano nació en Buenos Aires en 1931. Obtuvo su título de grado en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires y su Maestría en la Universidad de Texas, Estados Unidos. Fue becario de la Fundación Rockefeller y sus trabajos en fitotécnica llevaron a la creación de numerosas variedades, líneas endocriadas e híbridos de girasol, además de dos híbridos de maíz y uno de sorgo forrajero. Cuatro de las líneas de girasol desarrolladas por Luciano conforman el set internacional de diferenciales de roya del girasol. Asistió a numerosos congresos internacionales (Texas-EE. UU., Perú, Minnesota-EE. UU., Australia, Rumania, U.R.R.S., Nueva York-EE. UU., España, Yugoslavia, China) ha sido distinguido en Argentina por la Academia de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires, el Centro Argentino de Ingenieros Agrónomos, la Bolsa de Cereales de Entre Ríos, el Comité Permanente de Oleaginosas y el Centro Regional de Entre Ríos. Pero la más alta distinción recibida fue en 1988 al haberle sido otorgado el Premio Pustovoit por su contribución al desarrollo y promoción del cultivo de girasol en el mundo. Y a la fecha, es el único investigador del sector privado que se ha hecho merecedor de la más alta distinción de la especialidad a nivel mundial.

Los híbridos experimentales generados por Luciano y Davreux en Pergamino rápidamente comenzaron a manifestar la superioridad en rendimientos respecto a las variedades como consecuencia de la heterosis. La fórmula A73 x AK2 llegó a triplicar la producción de Selección Klein, la variedad más sembrada por aquella época.

No obstante ello, la difusión de los cultivares híbridos mostraba su cuello de botella en la producción comer-

cial, eficiente y económica de semillas. Como consecuencia de este hecho, se comenzó a trabajar en diferentes líneas de investigación con el objetivo de superar el escollo.

De ese modo, se abordó el desarrollo de líneas endocriadas autoincompatibles, tratamientos con gametocidas, mutagénesis con Cobalto 60 y utilización de congéneres silvestres. Éstos últimos, como *Helianthus annuus silvestre*, *H. debilis ssp. cucumerifolius*, *H. agrophyllus* y *H. petiolaris* resultaron de fundamental importancia en la transmisión de genes de resistencia a enfermedades al girasol cultivado, además de permitir el abordaje de una solución definitiva a la producción de semilla híbrida mediante el uso de la androsterilidad genéticocitoplasmática.

Durante los 60, el INTA logró las primeras líneas resistentes a la roya negra (*Puccinia helianthi*) y se establecieron como objetivos la obtención de variedades de polinización abierta, sintética e híbridos de alta productividad con resistencia a enfermedades. En dicha década el mejoramiento genético de girasol fue particularmente fructífero en las EEA Pergamino y Manfredi de INTA.

En 1960, J. Báez, T. Mácola y Hugo Bauer obtuvieron la variedad Manfredi INTA, que se caracterizaba por su buena resistencia a los ataques de *Puccinia helianthi*, y así éste resultó el primer cultivar en Argentina y América con resistencia a tal enfermedad.

En 1960 y 1961, Aurelio Luciano encontró en cruzamientos de *Helianthus petiolaris* x variedades cultivadas varias plantas estériles. En ese año, el Dr. Cauderon, Director de la Estación Experimental de Clermont Ferrand, Francia, visitó la EEA Pergamino y se interesó por estos trabajos.

En 1962, J. Báez, T. Mácola y Hugo Bauer inscribieron la variedad Impira INTA. Rápidamente, se transformó en una de las variedades más sembradas debido a su resistencia a las razas de *Puccinia helianthi* existentes en los años 60, buen comportamiento a *Sclerotinia sclerotiorum*, tolerancia a sequía



AURELIO LUCIANO | Bs. As., 1931
FOTOG.: GENTILEZA ING. AURELIO LUCIANO

y alto potencial de rendimiento. Más tarde, el Ing. Agr. Enrique Antonelli obtuvo en INTA Castelar las líneas Impira Sel. 5 Magnif e Impira Sel. 11 Magnif, ambas diferenciales de *Puccinia helianthi*.

Continuando con la búsqueda permanente de resistencia a roya, en 1964, Aurelio Luciano, Mauricio Davreux y Walter Kugler obtuvieron la variedad Guayacán INTA a partir del cruzamiento de la variedad canadiense Sunrise con una línea endocriada del mismo origen y retrocruzada la F1 con Selección Klein. La variedad presentaba un 70% de plantas tolerantes a las razas de roya de la época y rápidamente se difundió en la región agrícola central argentina.

También en ese año, los mismos autores crearon en Pergamino la variedad Ñandubay INTA a partir del cruzamiento múltiple que se había realizado en Manfredi [(Saratov Sel. Pergamino M.A. x Sel. Klein) x *Helianthus debilis* ssp *cucumerifolius*].

Un año después, Hugo Bauer y J. Báez obtuvieron en Manfredi la variedad Cordobés INTA a partir del cruzamiento interespecífico triple [(*Helianthus annuus* var. Saratov Sel. Pergamino M.A. x *Helianthus annuus* var. Sel. Klein) x *Helianthus annuus* ssp. *annuus*]. Adquirió difusión gracias a su resistencia a sequía y a las cuatro razas internacionales de *Puccinia helianthi* (60% de plantas libres de Roya Negra bajo inoculación artificial). Además, contaba con resistencia a *Albugo tragopogonis* y a *Alternaria helianthi*.

En 1969, Luciano y Davreux crearon la variedad Pehuén INTA, que proviene del cruzamiento: {VNIIMK 6540} x [CA3 x (9-2-5-4 x M688-1)] x [VNIIMK 8932} x (Sunrise x 953-102-1-1-22-4)], consiguiendo mayor precocidad, contenido en aceite y la resistencia a *Puccinia helianthi* que ya caracterizaba al germoplasma argentino en el mundo.

En 1969, el Dr. Leclercq de la Estación Experimental de Clermont Ferrand, Francia, desarrolló líneas endocriadas con androesterilidad genético-citoplasmática provenientes de cruzamientos entre *Helianthus petiolaris* con girasol cultivado. Dicho centro de investigación había continuado con los trabajos observados en Argentina a principios de la década. Mediante la introgresión de *Helianthus petiolaris* en *Helianthus annuus* se transfiere el sistema androestéril al girasol cultivado y se desarrollan líneas portadoras. Esta innovación resultó en un gran salto,

y otorgó ventajas tanto en el desarrollo de nuevos híbridos como en la producción comercial de semilla. El primer híbrido comercial argentino obtenido utilizando el por entonces novedoso método fue C S-200 de la empresa Cargill en 1973. A partir de 1975, los híbridos crecieron en el mercado y ocuparon de a poco superficie cultivada en reemplazo de las variedades de polinización abierta.

En 1970, el Ing. Francisco Saura realizó selecciones sobre la variedad rusa VNIIMK 1646 en el Criadero Northrup King de Tres Sargentos, provincia de Buenos Aires, y obtuvo una variedad de mayor contenido de aceite y menor ciclo de cultivo a la que denomina Norkinsol. Sobre esa misma variedad trabajaron J. San Martín, J. Sequeira y S. Espada en el criadero Forrajeras Bonaerenses S.A., en Norberto de la Riestra, provincia de Buenos Aires y obtuvieron un año más tarde la variedad Riestra 70, de ciclo más tardío que Norkinsol y de muy buen contenido de aceite. En 1972, los Ingenieros Jorge Dolinkue y Francisco Saura obtuvieron Norkinsol 2 a partir de trabajos de reelección sobre Norkinsol.

La variedad rusa VNIIMK 1646 resultó ser un fondo genético muy atractivo para los genetistas argentinos. De ese modo, en ese mismo año trabajando en la Chacra Bellocq, del Ministerio de Asuntos Agrarios de Buenos Aires, el Ing. Pereyra inscribió la variedad Negro Bellocq.

También en 1972, trabajando en el criadero Forestal de Pergamino, provincia de Buenos Aires, Aurelio Luciano inscribió la variedad Forestal Cambá, obtenida por reelección de la variedad Pehuén INTA.

En 1976, Hugo Bauer, Daniel Alvarez y C. Areco, de la EEA INTA Manfredi, inscribieron la variedad Teguá INTA a partir del cruzamiento de Kruglik Sel.10 x VNIIMK 6540 por su alto nivel de plantas resistentes a *Plasmopara halstedii* y *Puccinia helianthi*. En 1977, los Ingenieros Enrique y Oscar Klein registraron la variedad Klein Casares, proveniente del cruzamiento VNIIMK 6540 x Sel. Klein con el objetivo de lograr mayor contenido de aceite.

En 1979, Mauricio Davreux, Pedro Ludueña, Amelia Bertero de Romano y C. Farizio obtuvieron en Pergamino la variedad Guayacán 2 INTA y mejoraron el contenido en aceite y peso por capítulo de la variedad Guayacán INTA.

En 1980, a partir de cruzamientos múltiples en la

EEA INTA Saenz Peña, provincia de Chaco, F. Tcach obtuvo la variedad “Charata INTA”.

En 1982, Mauricio Davreux registró la variedad Aguaribay INTA en Pergamino, en 1984 Hugo Bauer, Daniel Alvarez y C. Areco la variedad Calchín INTA en Manfredi, y en 1985 F. Tcach obtuvo la variedad Caburé INTA en Saenz de gran resistencia a *Puccinia helianthi* y *Plasmopara halstedii*.

Finalmente, en 1990, E. Ducós y E. Ducós, registraron la variedad Antilcó, seleccionada en el criadero El Cencerro en la localidad de Coronel Suárez, provincia de Buenos Aires, obtenida por su alto contenido en aceite, precocidad y de bajo porte, se cerró hasta el presente el desarrollo de cultivares de polinización abierta. Entre tanto, desde mediados de los 70 los híbridos venían apoderándose de la mayor parte del mercado de semillas.

Como producto del mejoramiento genético se van logrando rendimientos crecientes de aceite por hectárea. Hacia fines de los 70 se obtenían 0,8 toneladas

por hectárea. Tal productividad fue aumentando hasta alcanzar una media de 1,7 toneladas por hectárea, con un potencial de hasta 3 toneladas por hectárea en los cultivares más productivos.

Dentro de la era de los híbridos, la productividad por hectárea ha ido mejorando de manera sensible y constante (Gráfico 8). Éstos pasaron de 0,77 toneladas por hectárea en el promedio de la década del 70 a 1,29 durante los 80, y alcanzaron 1,72 en los 90 para arribar a 1,73 en lo que va de los 2000. Esos valores indican saltos progresivos del 17; 13,3 y 10 por ciento, respectivamente.

Cabe mencionar que durante las década de los 70, 80 y 90 los investigadores argentinos interactuaron fructíferamente con investigadores de girasol de los Estados Unidos. Una línea hermana de GP 365, desarrollada por Luciano, denominada HA 60 fue registrada en EE. UU. en 1968 como la primera línea resistente a roya en ese país, y en 1971 el Dr. Kinman registró a favor del USDA la cmsHA 60 como

EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DEL GIRASOL EN ARGENTINA

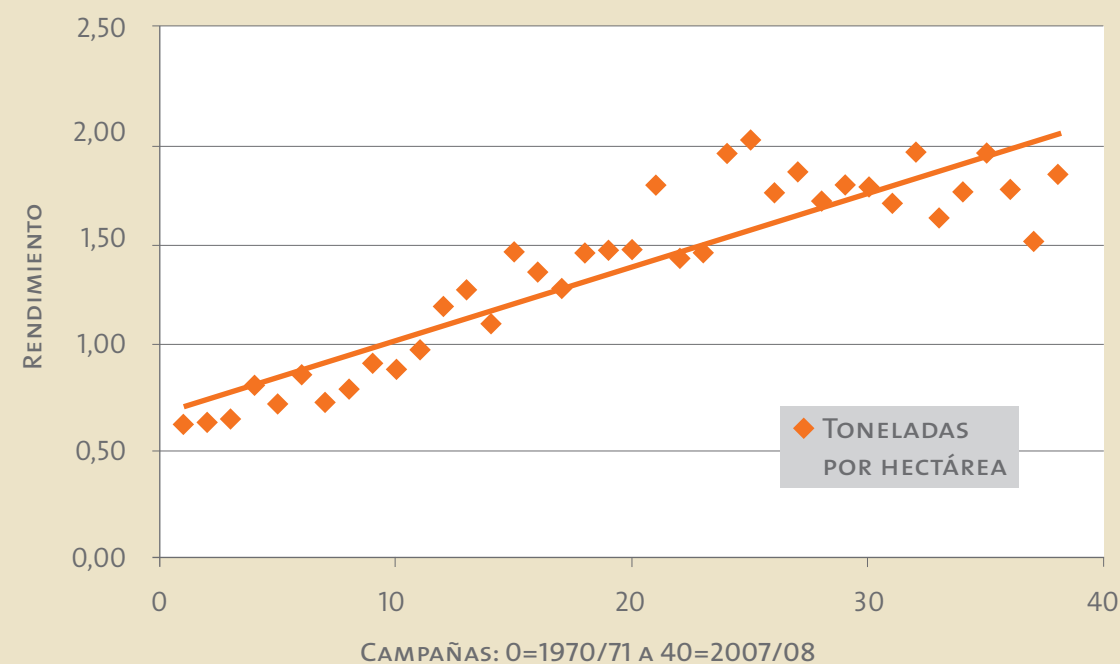


GRÁFICO 8 | FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LA SAGPyA

primera línea con citoplasma estéril de Estados Unidos.

En 1974, el Ing. Agr. Arnaldo Vazquez inscribió para la Compañía Continental de Semillas el híbrido Contiflor, cuyo parental femenino era Guayacán INTA convertido a citoplasma estéril. Ese mismo parental fue utilizado por el propio Vazquez para registrar el híbrido Contiflor 2 en 1979.

En 1975, Aurelio Luciano registró para la Compañía Continental de Semillas el híbrido P 75 de pedigree F 155 x c 951. Luego registró P 78 en 1979, P80 en 1981 y P 81 en 1983. En años posteriores, el Ing. Néstor Luciani registró los híbridos P 84 (F 150 x P26) x P68 y P 86 (F 282 x P26) x P42.

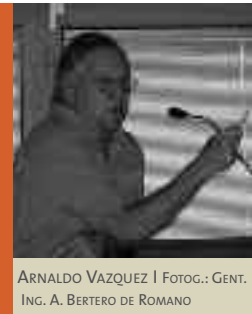
En 1978, el USDA registró la línea RHA 93, derivada de Pehuén INTA y en 1979 la línea HA 290, derivada del cruzamiento entre P21 y HA 60. El aporte del mejoramiento genético argentino a la base genética de los Estados Unidos fue muy importante.

Entre tanto, el Ing. Agr. Arnaldo Vazquez registró en 1982 el híbrido Contiflor 3 para Continental, genotipo muy saludable y de altísimo potencial de rendimiento, que rápidamente se apoderó de la mayor parte del mercado de semillas. Más adelante, junto con la Ing. Amelia Bertero de Romano, conformarían una de las duplas más exitosas en el mejoramiento genético del girasol.

En 1983, el USDA registró las sintéticas BRS-1, BRS-2 y BRS-3 obtenidas de un compuesto en el que interviene fondo genético argentino mediante la variedad Impira INTA.

Mediante esta fructífera relación entre investigadores argentinos y norteamericanos, los híbridos locales comenzaron a diferenciarse en líneas de productos con diferentes atributos. De ese modo, en 1984, el Ing. Aníbal Fernández registró para la empresa Dekalb Argentina el cultivar Dekalb G-100, que se destacó en el sur de la provincia de Buenos Aires por su alto contenido en aceite.

En 1985, el USDA registró la línea HA-R5 derivada de Guayacán INTA resistente a las cuatro razas de *Verticillium* presentes en



ARNALDO VAZQUEZ | FOTOG.: GENT. ING. A. BERTERO DE ROMANO

Estados Unidos. En el mismo año, registró el germoplasma HA-R4 derivado de Saenz Peña 74-1-2 (de la EEA Saenz Peña, Chaco) por su combinación de resistencia a *Verticillium*, cuatro razas de roya y dos razas de *downy mildew* endémicas de Estados Unidos. También se registró para la misma época la línea HA-R1 derivada de Pergamino 71/538, resistente a cuatro razas de roya y a *Verticillium*, HA-R2 derivada de Impira INTA también resistente a cuatro razas de roya y a *Verticillium* y HA-R3 derivada de la variedad Charata, segregante para resistencia a *Verticillium*.

Las líneas y el germoplasma mencionados fueron registrados para el USDA por el Dr. Thomas Gulya y provienen de material argentino originado en el INTA por técnicos de Pergamino, Manfredi y Saenz Peña, bajo la coordinación fitotécnica del Ing. Aurelio Luciano y la valiosa colaboración del Ing. Enrique Antonelli del Instituto de Fitotécnica de Castelar.

En 1986, el USDA registró el compuesto ND-BLOS, derivado de las variedades Pehuén, Impira y Guayacán. Un año después hizo lo propio con la sintética LBLYS, formada por varias líneas, entre ellas HA 60 (derivada de 61/2604 de INTA Pergamino).

En 1987, el Argentino Criadero de Semillas hizo públicas las líneas Ph 67 A y B, F 164 A y B, P 386 y P94, que habían sido originadas en INTA y pasaron a formar parte del grupo de diferenciales para roya de uso universal. Siendo El Ing. Luciano coordinador del Comité Internacional de Roya del Girasol, tales líneas fueron distribuidas a los principales centros de investigación del mundo.

En 1988, el Ing. José María Bruniard obtuvo para la Asociación Argentina de Cooperativas Agrícolas el híbrido ACA 882, que se difundió rápidamente en el mercado por su alta resistencia al vuelco y un significativo salto en los rendimientos por hectárea. Ese mismo año, el Ing. Jorge Dolinkue inscribió para la compañía Northrup King el híbrido Norkin Tordillo, que se destacó por su alta tolerancia al ataque de pájaros y amplio espectro de tolerancia al complejo de enfermedades que infecta al cultivo.



ING. AMELIA BERTERO DE ROMANO | FOTOG.: GENTILEZA ING. AMELIA BERTERO DE ROMANO

En 1993, el USDA registró las líneas NDBR1 y NDBR2 que derivan de Impira INTA, HA 89 y ND 761, en tanto que en 1995 hizo lo propio con la línea HA 407, derivada de HA 89 y Norte INTA.

En ese año, el Dr. Jerry Miller de North Dakota, considerando que el uso de un único citoplasma estéril otorgaba vulnerabilidad genética investigó otras posibles fuentes de androesterilidad. De ese modo trabajó con *Helianthus petiolaris ssp. fallax* y determinó que la línea HA 60 (derivada de 61/2604 de INTA Pergamino y hermana en F4 de GP 365 del Ing. Luciano) restaura la androesterilidad de tal citoplasma en mayor proporción que el resto de las líneas evaluadas. La propia GP 365 también es restauradora de la fertilidad en ese citoplasma estéril.

También en 1993, el Ing. Néstor Luciani, trabajando para el Criadero La Tijereta, registró el híbrido Agrobél 910, que se difunde rápidamente en el mercado por su comportamiento sanitario y alto potencial de rendimiento.

Ya durante los 2000, el universo de compañías privadas actuando en mejoramiento genético de girasol es mucho mayor y Argentina se consolida como país dominante en los mercados mundiales de la oleaginosa, sosteniendo una posición legítimamente adquirida durante los últimos 20 años. Vendrían los híbridos confiteros, para mercados de especialidades, los alto oléico y los resistentes al grupo químico de las imidazolinonas, que serán mencionados más adelante.

Actualmente, las empresas socias de ASA (Tabla 5) vuelcan al mercado el 92,47% de la semilla híbrida de girasol.

En la opinión del autor, el girasol pertenece a un grupo de especies que podría ser calificado como de “difícil domesticación”. Obstáculos como el desgrane, la susceptibilidad a los pájaros, el vuelco o el complejo de enfermedades que lo hacen su hospedante, han sido características que se han mejorado lentamente con el correr del tiempo, requieren mejora continua y la paciente dedicación de hombres y mujeres que hacen de la oleaginosa el objetivo de aplicación de sus conocimientos y trabajo.

Son muchos y muy especializados los investigadores argentinos que durante la breve historia del cultivo han realizado y realizan aportes a la mejora genética del girasol. La memoria y la bibliografía suelen ser

injustas, pero a la pléyade de genetistas, fitotecnistas y fitopatólogos mencionados más arriba, y corriendo el riesgo de que quede alguno en el tintero, cabría agregar la profesión y vocación de mejoradores tales como Nora Mancuso, Daniel Gonzalez Pipo, Daniel Arnalda, Hugo Dinardo, Javier Mallo, Luis Albizuri, Urbano Rosbaco, Patricio Heiland, Guillermo Pantaleón y Martín Luders, entre tantos otros que hicieron que el germoplasma argentino de girasol sea distinguible por su nivel de mejoramiento genético entre las colecciones más diversas del mundo.

LISTADO DE EMPRESAS SOCIAS DE ASA CON GENÉTICA EN GIRASOL			
1	ACA	11	PALAVERSICH
2	ADM	12	PANNAR
3	ADVANTA	13	PIONNER
4	BUCK	14	PRODUSEM
5	CAS	15	RUSTICANA
6	DOW	16	SEMINIUM
7	EL CENCERRO	17	SPS
8	KWS	18	SURSEM
9	MONSANTO	19	SYNGENTA
10	NIDERA		
TABLA 5 FUENTE: ASA			

SOJA.

Antes de ingresar al tema objeto de este capítulo, vale la pena desarrollar una breve descripción del arribo de la soja (*Glycine max*, L. Merr.) a la Argentina con intenciones de ser incorporada a las rotaciones agrícolas. Fue hacia 1862 que se hicieron las primeras siembras, no contando con el registro histórico del origen de la simiente.

Comenzó a ensayarse en distintas Escuelas Agrícolas en 1909, y luego se realizaron ensayos en la Estación Experimental Agronómica de Córdoba entre 1910 y 1920.

En 1912, la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, de Tucumán, llevó adelante trabajos tendientes a identificar usos industriales de la especie. En 1919, la Empresa Ferrocarril Buenos Aires

al Pacífico intentó introducir la soja a la agricultura nacional con fines comerciales.

En 1925, puede afirmarse que ocurrió el primer intento serio a nivel nacional, cuando el Ministro de Agricultura Tomás Le Bretón hizo introducir semilla desde Europa.

Hacia el año 1935, la Empresa Gobecia S.A. abordó un nuevo intento de introducción con propósitos comerciales, situación que se repitió entre 1941 y 1943 por parte de la Empresa Bunge y Born.

A lo largo de la década del 60 se arraigó en forma definitiva este cultivo en nuestro país, lo que permitió con la introducción y selección de germoplasma de origen extranjero su difusión exitosa en la Argentina, cuyo incremento significativo en la superficie de siembra comenzó a principios de los 70 a partir de un reducido número de cultivares de gran capacidad adaptativa, posiblemente debido a una amplia base genética.

Cerca de ciento cincuenta variedades fueron introducidas al país, principalmente de EE. UU., pero solo un reducido grupo logró gran difusión en el cultivo y durante un lapso prolongado la producción se mantuvo concentrada en el uso de unas pocas variedades de soja.

Se puede afirmar que el origen de lo que luego fuera la acelerada y exitosa historia de la genética del cultivo en Argentina radica en las introducciones de variedades realizadas por los Laboratorios Brandt en 1956. Esta firma, que se asoció con la nacional Agrosoja del Ing. Agr. Ramón Agrasar ingresaba para esa época introducciones de EE. UU. que se sumaban a otra serie de accesiones que se encontraban en el país provenientes de idéntico origen, Asia y Europa. Las variedades importadas por la empresa de Agrasar fueron Hawkeye, Clark, Wabash, Dorman, Ogden, Lee, Harosoy, Adams, Blackhawk, Chipewa, Jackson, Jew 45, Lindarin, Renville, Hill, Ford, Shelby y Scott. Junto con el resto de los genotipos, Argentina contaba de esa manera con una colección poco caracterizada para las condiciones locales de 96 cultivares.

Inspirado por los conocimientos genéticos del Dr. Ítalo C. Vigliano, el Agr. Julio Rafael Ferrarotti decidió asociarse con su padre, el Ing. Agr. Julio Andrés Ferrarotti, para fundar una empresa denominada Organización Ferrarotti para el Campo en el año 1962, desde la cual haría mejoramiento de soja

y trigo.

Ferrarotti convocó a trabajar en su nuevo emprendimiento al Agr. Mario Pellegrini, quien había desarrollado tareas de evaluación para los Laboratorios Brandt en campos experimentales de Agrosoja. Trabajaron sobre las introducciones argentinas durante 3 años, en tanto comenzaron a solicitar variedades de diferentes partes del mundo mediante las Embajadas.

En 1965, Ferrarotti sembró un gran bloque de cruzamientos en diseño dialélico con la intención de generar nueva variabilidad y someter los nuevos genotipos a las presiones selectivas del ambiente local. Nació de esta manera el mejoramiento genético de soja en el país. Citando al Ing. Agr. Rodolfo Rossi, Julio R. Ferrarotti es el “decano de los mejoradores de soja en Argentina”.

Poco afecto a los reconocimientos públicos, como consecuencia de una personalidad proclive a cultivar un perfil íntimo, prefiriéndolo a las exposiciones, Julio R. Ferrarotti expresó “cuando el hombre sabe donde va, el mundo entero se abre para darle paso” en sus palabras de agradecimiento al haber sido distinguido por PROSOJA en el marco del Seminario Internacional de Soja organizado en AAPRESID 2003 por su “Labor Pionera en el Mejoramiento Genético del Cultivo en Argentina”.

En 1971, se incorporó la soja a las especies que se fiscalizaban, y a comienzos de la década del 80 los cultivares provenientes de introducciones y selecciones de éstas, que alcanzaron gran difusión, comenzaron a ser reemplazados por genotipos seleccionados localmente, según las características edáficas y climáticas de las distintas zonas sojeras del país y los factores limitantes bióticos de diferente origen.

Hacia fines de los 70 Ferrarotti realizó un valioso aporte al Régimen de Fiscalización y al Registro de Propiedad, y contribuyó con las autoridades en la confección de los legajos que, bajo el imperio de la Ley 20.247, aún hoy se utilizan con algunas modificaciones para la inscripción de variedades de soja. En 1978, presentó la primera variedad de soja de creación nacional. Los nóveles procedimientos burocráticos hicieron que recién en 1980 contara con la aprobación. Se trataba de la variedad de su creación OFPEC Rendidora 627, que tuvo gran difusión en las provincias de Santa Fe, Entre Ríos y Córdoba, y



JULIO R. FERRAROTTI | Bs. As., 1932
FOTOGRAFÍA: GENTILEZA DEL AUTOR

compitió con las introducciones norteamericanas que por entonces se sembraban.

Fue en esa década que el Subsecretario de Agricultura, el Ing. Agr. Armando Palau, realizó gestiones para que el entonces Presidente de la Nación Juan Domingo Perón se interesara por la importación de grandes volúmenes de semilla de soja de Estados Unidos.

La industria avícola estaba en crisis de alimentos y la soja podría constituirse en una fuente proteica de origen vegetal de alto valor. Ramón Agrasar, en ese momento titular de la empresa Dekalb Agrosoja, colaboró en la acción poniendo en contacto al Subsecretario con universidades y empresas estadounidenses.

En octubre de 1974, partieron a Estados Unidos dos aviones Hércules de la Fuerza Aérea Argentina con el objeto de introducir semilla de soja de las variedades recomendadas y ponerla a disposición de multiplicadores locales.

Fue en esa década y de ese modo la manera definitiva en que la soja se convirtió en un cultivo masivo. Dicho ambiente resultó favorable para la difusión de las variedades de Ferrarotti, primeras creaciones argentinas.

La generación local de germoplasma comenzó a entusiasmar a muchos y el ejemplo de Organización

Ferrarotti Para El Campo derivó a que en 1976 dieran comienzo los programas de dos grandes compañías internacionales, Asgrow y Continental. La sucesiva movilidad que caracteriza a las empresas privadas de gran tamaño en los últimos 30 años derivó en que la compañía Nidera heredara la línea completa de investigación de Asgrow y Continental se reconvirtiera primero en ICI, luego en Brett, siendo Don Mario quien comprara finalmente este programa de mejoramiento genético.

En ese entonces, dos jóvenes profesionales, los Ings. Rodolfo Rossi y Ricardo Siciliano, comenzaban una exitosa carrera en el mejoramiento del cultivo. Unos años más tarde Oscar Enrico se formaría con Siciliano. De los tres, solo Rossi continúa hoy en actividad.

Dos años más tarde, El INTA y la EEAOC de Tucumán oficializaron la fundación de sus respectivas líneas de trabajo en genética de soja.

Las décadas del 80 y 90 fueron fructíferas en el desarrollo de variedades locales e introducción de genética extranjera.

Tres variedades íconos caracterizaron la década del 80. Estas representaron tal vez el último empujón brindado por genética norteamericana en variedades de grupo de madurez intermedio a largo, ya que la generación de cultivares locales crecía a tasa acelerada.

De ese modo, la variedad Asgrow 5308 seleccionada por el Ing. Agr. Rodolfo Rossi y registrada en 1984, la NK S-641 seleccionada por el Ing. Agr. Jorge Dolinkue, registrada ese mismo año y la RA 702 seleccionada por el Ing. Agr. Roberto Wright e inscrita en 1988, concentraron durante varios años la mayor proporción del mercado de semilla fiscalizada en los grupos de madurez V, VI y VII, respectivamente.

Cabe aquí mencionar la clara visión estratégica y productivista del Ing. Agr. Gerardo Bartolomé, uno de los propietarios de la empresa Don Mario. Sin ser Bartolomé un fitotecnista, observó a principios de la década de 1990 una gran posibilidad de aumentar la media nacional de rendimientos de la soja a partir de la utilización de variedades de mayor precocidad en determinados ambientes donde teóricamente podrían expresar lo máximo de su potencial de rinde. Un concepto agronómico, atado a un proyecto empre-

sarial que rendiría grandes frutos para Don Mario, y más tarde para todo el universo del mejoramiento de soja en Argentina. Bartolomé no se había equivocado, las variedades de Grupo IV de Madurez se difundieron rápidamente en el mercado, los programas de mejoramiento genético volcaron esfuerzos y recursos para el desarrollo de este tipo de productos y ya hacia el Siglo XXI se habían apoderado de aproximadamente el 60% del mercado nacional. Actualmente, la empresa Don Mario es una de las más importantes en el rubro genética de semillas en Argentina.

Los 90 fueron marcados a fuego por la irrupción de las variedades genéticamente modificadas. Un desarrollo más detallado de este tipo genético será abordado más adelante. Hacia 1999, el 88% del esfuerzo de los programas en su conjunto se encontraba centralizado en la generación de variedades argentinas, en tanto que el 12% se dedicaba a la evaluación de germoplasma introducido de diversos orígenes, principalmente desde Estados Unidos.

El avance genético para el rendimiento de soja en Argentina ofrece una orientación acerca de la porción del aumento de la productividad debida a los trabajos de mejora.

Algunos estudios se han hecho al respecto e indican que el grado de avance se encuentra en un plano de paridad, o a veces es superior a los que se reportan en otros países donde la actividad es importante, como Estados Unidos o Brasil. En la *Tabla 6* puede observarse un resumen de alguno de los trabajos realizados.

En 2006, mediante un esfuerzo conjunto de los mejoradores argentinos de soja nucleados en PROSOJA, el Ing. Agr. Diego Santos analizó el progreso genético para el rendimiento a través de 20 años de mejoramiento en Argentina (*Gráfico 9*). Dicho trabajo le valió obtener el Primer Premio como labor experimental en el congreso MERCOSOJA 2006, reunión técnico-científica del MERCOSUR. A continuación se transcribe una conclusión contundente sobre la interpretación de los datos obtenidos:

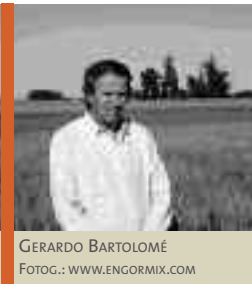
“Considerando el crecimiento de los rendimientos de Argentina en el lapso evaluado (23 kg ha⁻¹ año⁻¹) la ganancia encontrada representa un 62%. Este aporte por parte del mejoramiento a la productividad de la soja en Argentina es mayor que el promedio histórico citado por Evans (1993, 50%). Se confirma, además, que los rendimientos de Argentina no están limitados por el potencial de rendimiento de sus variedades, sino por factores relacionados con el ambiente y el manejo agronómico del cultivo”.

Tal guarismo, partícipe en el aumento de los rendimientos de la soja en Argentina, coloca a los trabajos vinculados con la genética del cultivo como principal

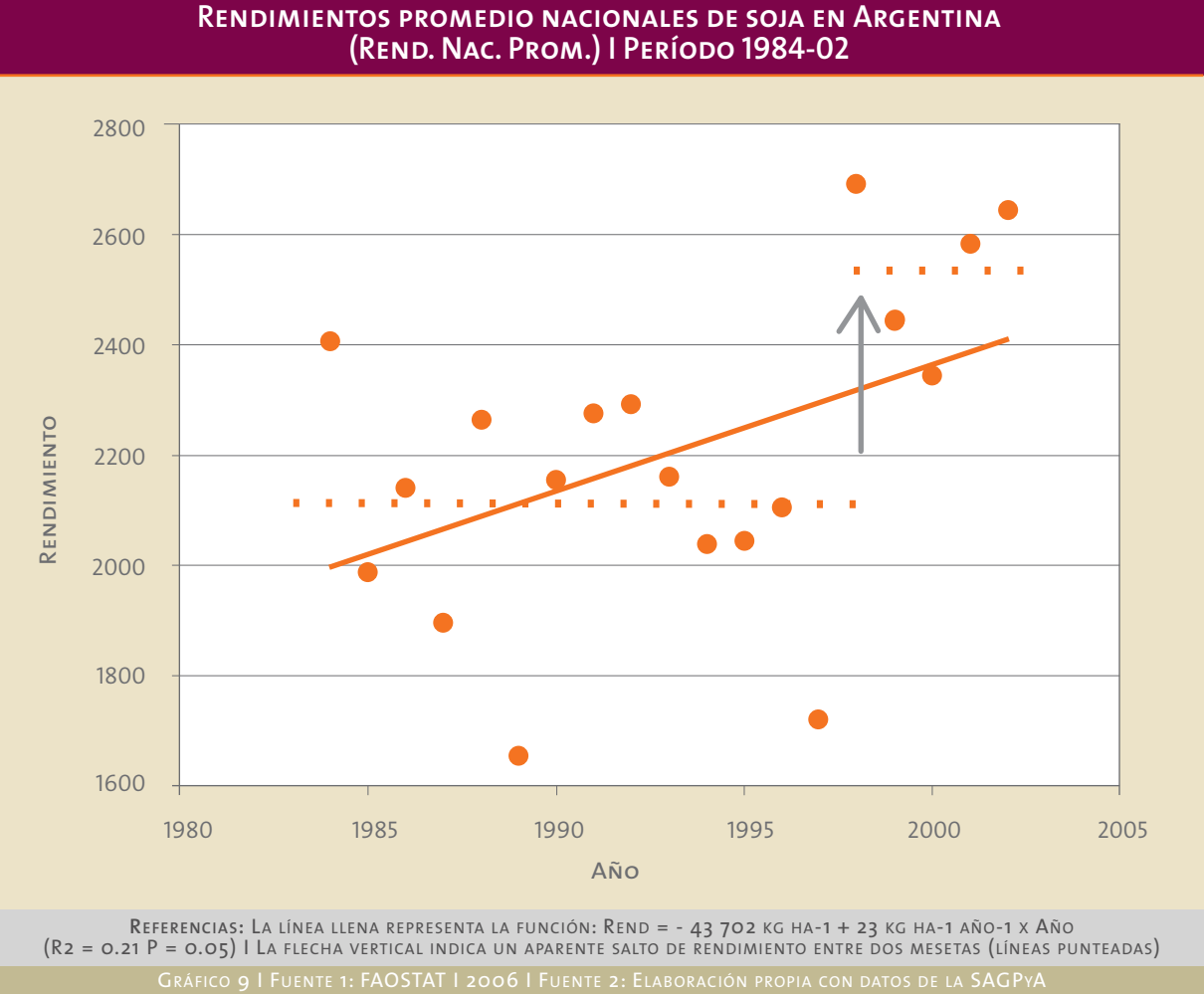
GANANCIA GENÉTICA ANUAL PARA RENDIMIENTO DE SOJA EN ARGENTINA		
PERÍODO	G.M.	GANANCIA GENÉTICA
1983-89	TODOS	1,00
1990-96	IV	0,70
	V	1,30
	VI	1,60
	VII	1,00
1997-02	IV	1,80
	V	1,00
	VI	1,20
	VII + VIII	2,00

TABLA 6 | FUENTE: ROSSI, SALADO, FERRAROTTI | 2002

factor responsable del extraordinario éxito de la oleaginosa en el país. Los rendimientos promedios a nivel nacional presentan un crecimiento continuo que, para el período 1982 a 2007 arroja 31 kg ha⁻¹ año⁻¹, superior al período analizado por Santos, ajustando la recta de regresión a r = 0,47 como se observa en el *Gráfico 10*. Siendo el cultivo de soja una especie autógama y gran impulsora de modernas tecnologías en materia de genética, sistemas de cultivo, maquinaria agrícola, estrategias y productos de protección, tecnología de cosecha entre otras, vale la pena detenerse un momento para analizar el gran impacto en la evolución de su mejora genética y biotecnología asociada que han tenido dos organismos públicos creados en la década

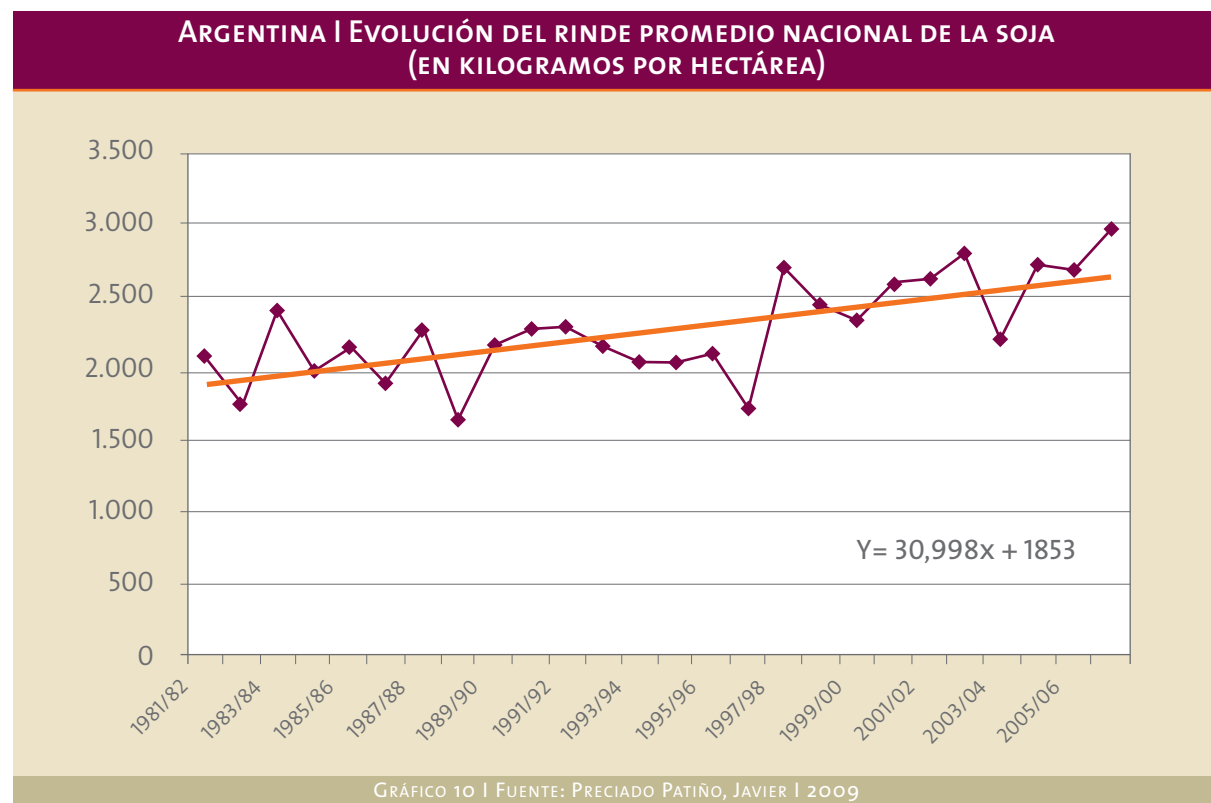


GERARDO BARTOLOMÉ
FOTOG.: WWW.ENGORMIX.COM



del 90 bajo la órbita de la Secretaría de Agricultura comandada por el Ing. Agr. Felipe Solá. Se trata del Instituto nacional de Semillas (INASE) y la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA). Ante la necesidad de contar con una estructura oficial que pudiera dar respuesta a las crecientes exigencias de la realidad nacional e internacional, la Secretaría a cargo de Solá convocó a todos los sectores vinculados a esta actividad, que mantuvieron múltiples reuniones para analizar en profundidad el tema. Finalmente, fue decisión política del Secretario de Agricultura propiciar la creación del INASE como organismo autárquico y descentralizado de la Administración Pública

Nacional, en el ámbito de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, concretándose a través del Decreto de Creación N° 2817 del 30 de diciembre de 1991. Este organismo pasó a ser el Órgano de Aplicación de la Ley de Semillas N° 20.247. En 1992, asume su primera Presidenta, la Ing. Agr. Adelaida Harries, instrumentadora de la política de transformación de la Secretaría, ya iniciada con su gestión a partir de 1990 en el anterior Servicio Nacional de Semillas. Este Instituto se constituyó en una herramienta con especiales ventajas para el cumplimiento de los objetivos propuestos, por una parte al ser descentralizado y contar con autonomía económica y financiera, y por



la otra al ser conducido por un Directorio integrado por representantes de los sectores oficial y privado vinculados a esta actividad. El INASE estructuralmente, además de su Directorio, quedó integrado por las siguientes Direcciones dependientes: Certificación y Control, Registro de Variedades y Calidad.

Un paso importante en crear condiciones favorables y de credibilidad tanto para inversores nacionales como extranjeros, fue la adhesión mediante la Ley del Congreso Nacional N° 24.376/94, al Acta 1978 de la Unión para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). Resultado también de la confiabilidad e interés despertado por el país en el concierto de las naciones, fue que se concretó en Buenos Aires a mediados del año 1995, el

Congreso de la Federación Internacional de Semillas (FIS-ASSINSEL), y en marzo del año 1996 Argentina fue sede de la Reunión Anual de la OCDE, para la certificación de semillas destinadas al comercio internacional.

Producto de la Reforma del Estado impulsada por el Presidente de la Nación Fernando de la Rúa, en 2001, el INASE fue disuelto quitándosele su carácter de descentralizado y autárquico. Todo el sistema de registro de creaciones fitogénéticas y comercio de semillas entró en un cono de sombras como producto de esta determinación.

Durante el gobierno del Presidente Néstor Kirchner, por Ley N° 25.845, promulgada el 06/01/2004 se logra la restitución del INASE como órgano descentralizado, con autarquía económica y financiera en el ámbito de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, y con jurisdicción en todo el territorio de la Nación Argentina, con las misiones y funciones normadas por la ley 20.247 y el Decreto 2.817/91 de creación del Instituto. Una vez más, se

demuestra el acierto de la política que Felipe Solá había adoptado en su momento.

Aunque el Directorio del INASE aún no se ha vuelto a conformar, la calma institucional y certidumbre de los funcionarios de carrera que componen el Instituto coadyuvan en un funcionamiento estable, que con la disolución se había perdido.

Por otro lado, también bajo la gestión del Secretario Felipe Solá, en 1991, Argentina instituyó un marco regulatorio para los organismos genéticamente modificados (OGMs). Para esa fecha, diversas empresas y distintos organismos de investigación del sector público comenzaron sus desarrollos en esta área, y la necesidad de regular estas actividades llevó a la creación de la CONABIA como instancia de evaluación y consulta del Secretario de Agricultura, quien es la autoridad de aplicación de dicha regulación.

Poco después, la CONABIA desarrolló la primera normativa para la introducción experimental y liberación al ambiente de OGMs.

El nuevo marco otorgaba de esa manera un ambiente favorable para lo que sería en 1996 el registro y lanzamiento al mercado de los primeros cultivares transgénicos. Precisamente fue la soja el primer cultivo con estas tecnologías que vio luz en el campo argentino.

Tal significativo hecho no fue obra de la casualidad. La Empresa Monsanto, junto a una estrecha colaboración de Nidera en Argentina, había estado trabajando durante largo tiempo para que las variedades de soja con resistencia a glifosato fueran una realidad. De ese modo, las variedades A-6001 RG y A-6401 RG marcaron un hito histórico que signaría los años por venir. En su creación había estado involucrado el Ing. Agr. Rodolfo Rossi como autor principal y la Ing. Agr. Claudia Nari como coautora, prestigiosos mejoradores del cultivo que durante muchos años, entre los 80 y los 90 constituyeron la dupla más exitosa de Argentina en el rubro trabajando para Nidera, habiendo consolidado a dicha empresa como la más importante proveedora de semilla de soja a nivel nacional a partir de la excelencia de su genética. Completando la terna que marcó una bisagra en la producción sojera nacional, el norteamericano Dr. Christopher Tinus, de Monsanto, trabajó desde Estados Unidos en la creación de estas variedades junto con los técnicos argentinos.

En los años posteriores, las empresas involucradas en

el mejoramiento genético fueron lanzando sus variedades con la nueva tecnología poco a poco al mercado. De ese modo, a Nidera le siguieron Relmó y Don Mario, y una a una fueron incorporándose todas las demás.

El cultivo de soja en Argentina sufrió un dramático cambio a partir de las variedades resistentes a glifosato, lo que inauguró una agricultura diferente a la de la era pretransgénicos.

La ampliación del cultivo de soja hacia zonas otrora marginales para la agricultura, la perfecta asociación del glifosato con la siembra directa, el abaratamiento de los costos de producción, la mayor plasticidad operativa significaron, entre otras, nuevas ventajas provenientes de la utilización de las modernas variedades transgénicas.

La superficie sembrada con el cultivo pasó de crecer a una tasa del 3,3% al 10% anual, salto atribuible en gran parte a la soja transgénica asociada con la siembra directa y el uso de glifosato.

Tal interacción triple favorece, entre otras cosas, la expansión agrícola a partir del menor tiempo operativo que demanda respecto de la agricultura convencional y la posibilidad de abordar áreas donde las malezas se convertían en una limitante insalvable.

El sistema que conforma la interacción de la soja resistente al glifosato con el herbicida se caracteriza especialmente por:

> Es simple. Evita la mezcla de diferentes herbicidas o aplicaciones repetidas, comunes en las sojas de tipo convencional.

> Presenta una mayor flexibilidad, ya que el glifosato se puede aplicar en cualquier momento, independientemente del tamaño y estadio



CLAUDIA NARI | FOTOG.: GENTILEZA ING. CLAUDIA NARI



FELIPE SOLÁ | SECRETARIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA | 1991 | FOTOG.: PÚBLICA



RODOLFO ROSSI | FOTOG.: GENTILEZA ING. RODOLFO ROSSI

de la maleza y el cultivo.

- > Proporciona un mayor control de las malezas, obteniéndose cultivos más limpios.
- > Ofrece mayor seguridad, siendo nula la fitotoxicidad para el cultivo a dosis aun superiores a las recomendadas.

En la campaña agrícola previa al lanzamiento de la soja resistente a glifosato, se cosecharon casi seis millones de hectáreas en Argentina. Cuatro años más tarde, dicho guarismo había crecido un cuarenta y seis por ciento (*Cuadro 1*).

Durante ese mismo período, el crecimiento en cantidad de toneladas cosechadas ascendió al 64 por ciento. La reducción de costos, fundamentalmente por el ahorro energético de la siembra directa, sumada a la mayor simplicidad de manejo de la soja resistente, se convertía en la principal contribución al salto productivo.

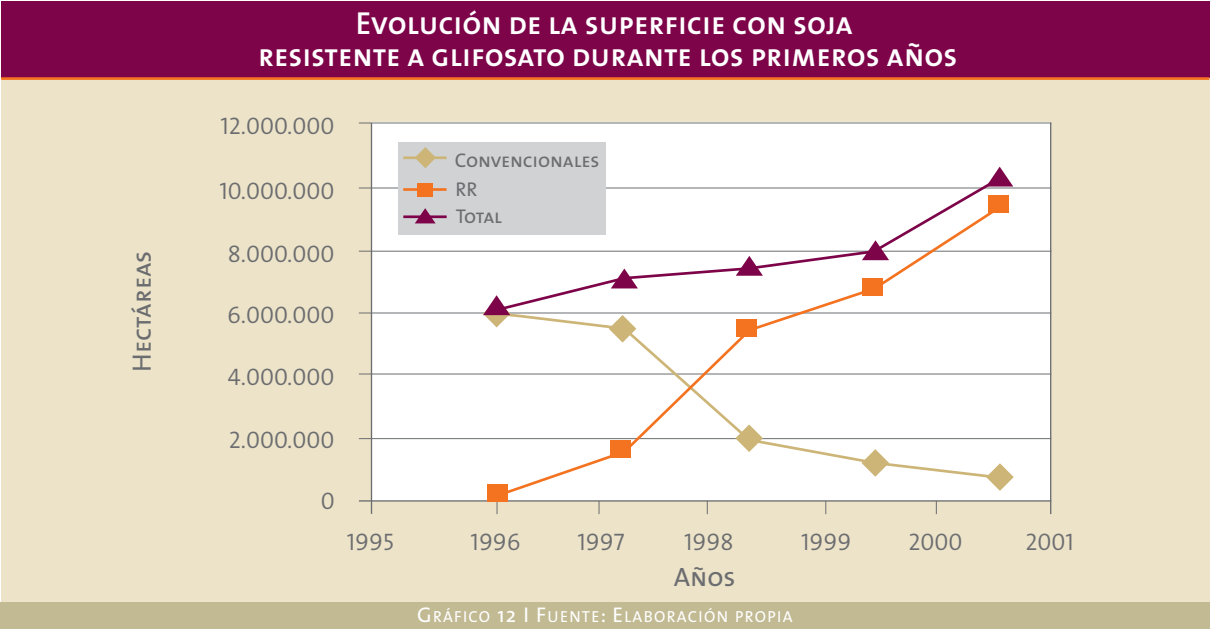
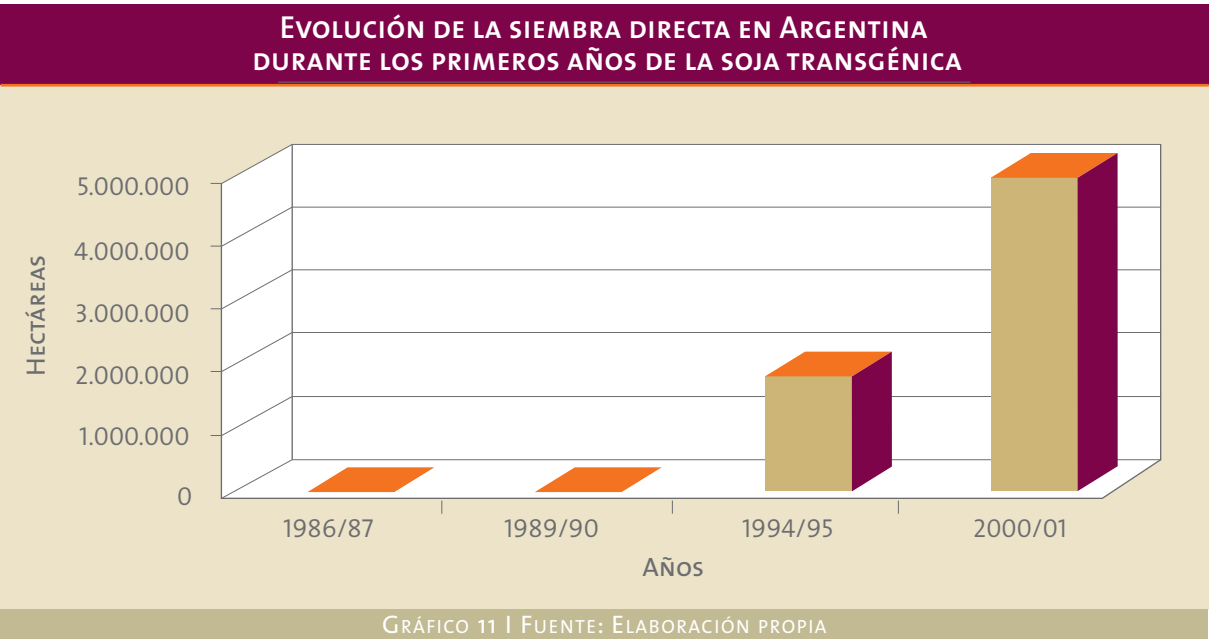
La práctica conservacionista tuvo en Argentina un crecimiento acelerado durante los primeros años de la soja transgénica (*Gráfico 11*).

De esa manera, el nuevo siglo recibiría a la novel

AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE SOJA EN ARGENTINA EN LOS PRIMEROS CINCO AÑOS DE TRANSGÉNICOS			
	95/96	99/99	
HAS. COSECHADAS	5.900.000	8.600.000	+ 46%
TONS. COSECHADAS	12.400.000	20.300.000	+ 64%
CUADRO 1 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA			

tecnología con grandes expectativas. Los mejoradores argentinos trabajaron duramente, y en ese período de tiempo se produjo un reemplazo dramático de la oferta varietal en el país. A sus objetivos de mejoramiento como el incremento de rendimiento por hectárea, la tolerancia a enfermedades, nematodos y adversidades abióticas, se sumaba la incorporación del gen CP4, inserto en el evento de transformación A 40-3-2 para otorgar resistencia al herbicida. Solo dos campañas bastaron para que las nuevas variedades ocuparan el 50% del área sembrada y cuatro para que se apoderaran de prácticamente la totalidad (*Gráfico 12*).

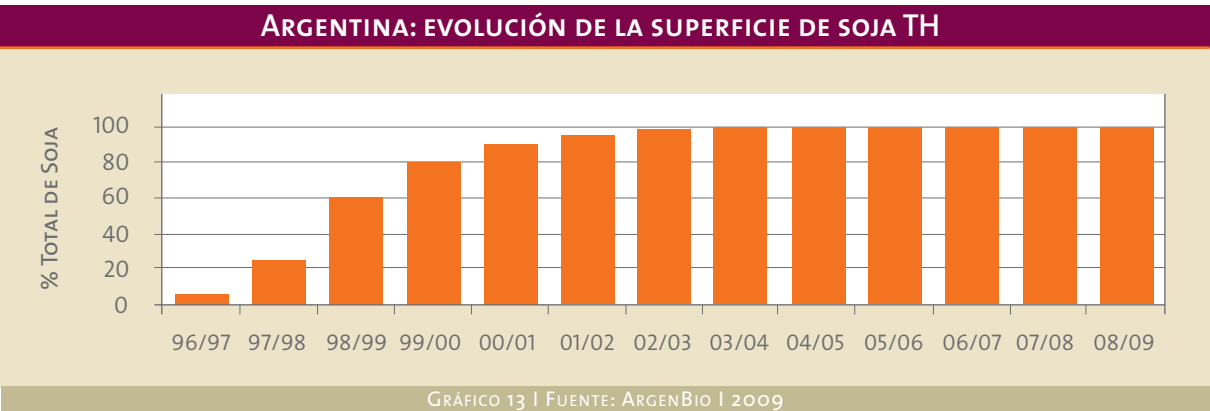
La adopción de variedades GM, tan rápida y eficaz como se ha mostrado, no ha tenido en el tiempo solución de continuidad, y es preciso remarcar que

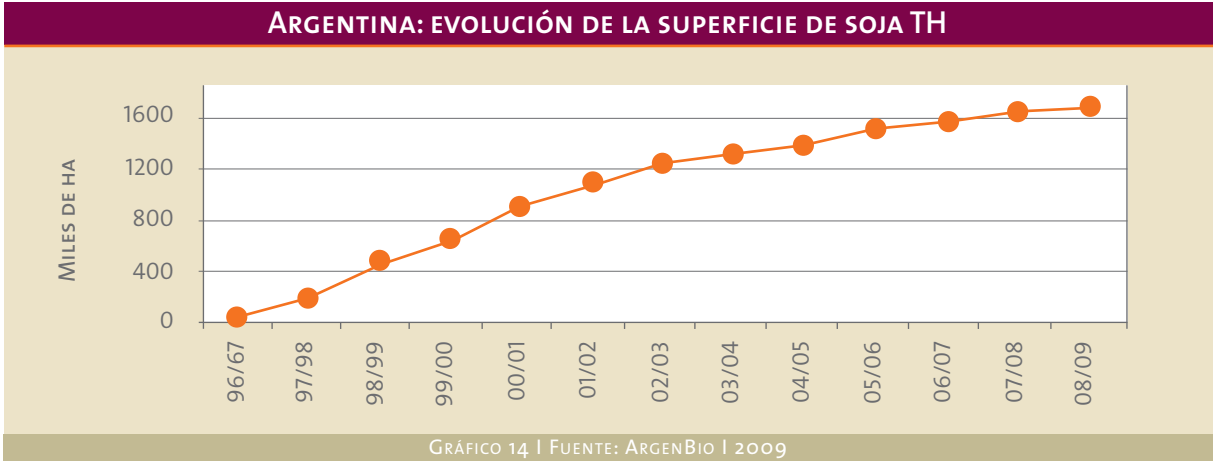


no han existido razones de ninguna índole para que ésta hubiera sufrido algún tipo de retracción. Por el contrario, el crecimiento continuo de la soja en superficie cultivada, producto del mejoramiento que hoy ofrece variedades aptas para el Trópico, la Patagonia, el Oeste seco o el Este húmedo fue acompañado por los cultivares con este tipo genético (*Gráficos 13 y 14*).

Además del avance creciente de la superficie implantada con variedades GM sobre las convencionales, la expansión del área sembrada con soja, por encima de

la tendencia preexistente en 1996, se ha mantenido constante. Dicho fenómeno se debe en primer lugar al incremento del cultivo de soja de segunda, especialmente mediante la combinación siembra directa-soja GM, y en segundo lugar al avance de la frontera agrícola de la soja hacia zonas extra-pampeanas, donde sustituyó a otros cultivos como algodón y poroto, o a la ganadería en regiones consideradas hasta entonces como marginales para la agricultura. Los 90 fueron testigos de la ocupación de área por la





soja en provincias como Chaco, Santiago del Estero, Entre Ríos, Salta y ya en los 2000 se sembraba soja en territorios desérticos del norte de la Patagonia Argentina como el Valle Inferior, el Valle Medio y el Alto Valle del Río Negro.

El autor de este capítulo condujo un proyecto desde el 2000 al 2008 tendiente a la obtención de variedades y ajuste de prácticas de manejo para el Norte de la Patagonia Argentina. Para ello, trabajó con germoplasma estadounidense, suizo y canadiense hibridándolo con variedades locales. Por otro lado, años de experimentación en la región permitieron ajustar los grupos de madurez más aptos, fecha de siembra óptima, densidad poblacional, distanciamiento entre hileras y tecnología de riego.

El proyecto pasó de la etapa de investigación a la experimental, de ésta a la de desarrollo y, finalmente, a la de producción habiéndose obtenido en la campaña 2007/08 rendimientos superiores a los 5.000 kilogramos por hectárea.

La superficie cultivada con soja pasó de crecer a una tasa del 3,3% anual previo a 1996 al 10% en años posteriores.

A los diez años de cultivar soja transgénica en Argentina, los beneficios totales acumulados ascendían a 19.737.06 millones de dólares estadounidenses (Gráfico 15).

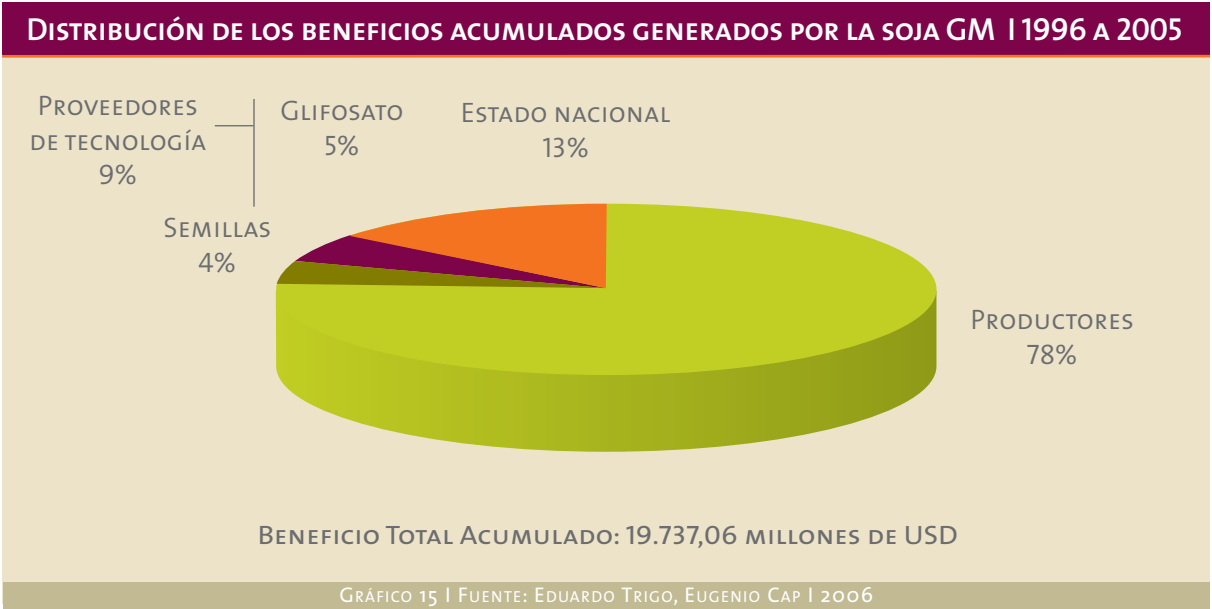
Hacia la campaña agrícola 2007/08, la superficie sembrada con soja superó las 16 millones y medio de hectáreas (Gráfico 16), de las cuales 16.380.000 fueron cosechadas. Puede afirmarse que la alta tasa de

cosecha se encuentra íntimamente ligada al cultivo de este tipo genético, la utilización de glifosato, la siembra sin labranza, la agricultura de precisión y los controles de cosecha.

En una economía sin subsidios para las producciones primarias, y un sistema financiero que no atiende con eficiencia las necesidades del sector, la tecnología ha jugado un rol determinante en la viabilidad de la agricultura argentina. Desde el invento de la rueda, el molino de viento, la imprenta o la máquina de escribir, la tecnología aumenta la producción y baja los costos. Mayor ingreso por mano de obra empleada. Mayor productividad.

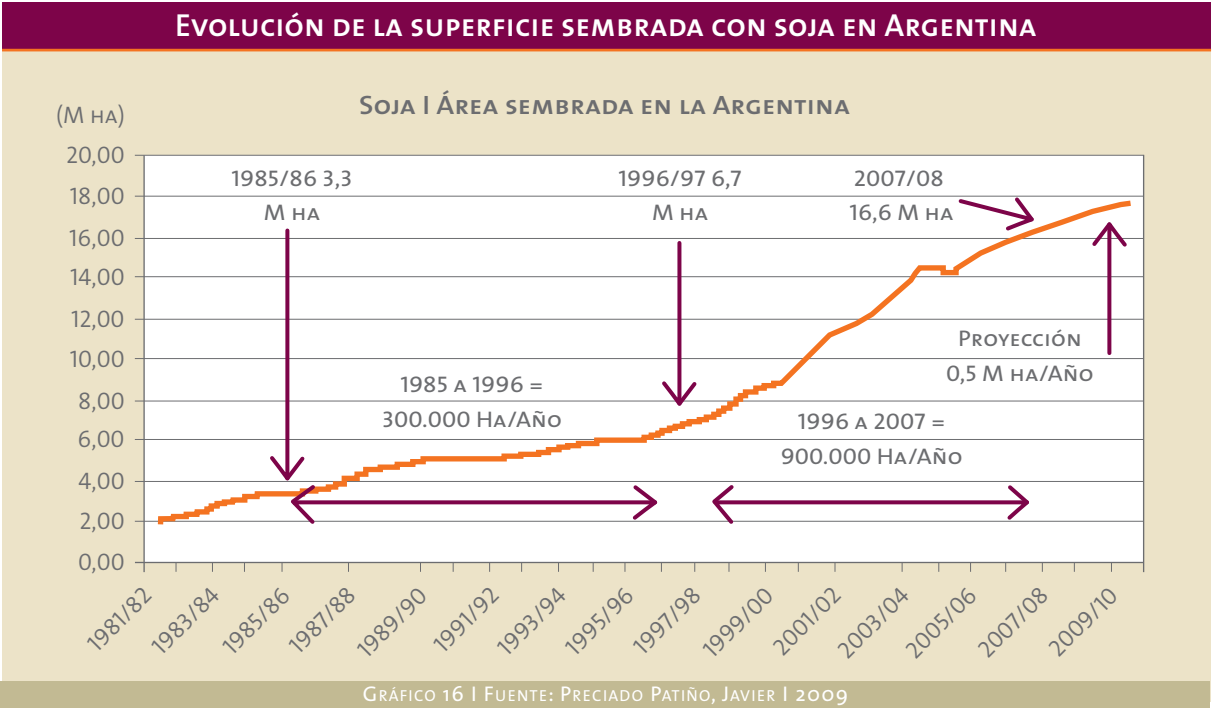
Durante la campaña agrícola 1997/98 ocurrió una drástica epifitía ocasionada por infecciones del hongo *Daporthia phaseolorum* causante del Cancro del Tallo de la Soja. Si bien se detectaron casos en vastas áreas del país, las provincias de Santa Fe, Tucumán y Salta fueron las más severamente afectadas.

Afortunadamente, los mejoradores argentinos habían estado trabajando sobre la probabilidad de ocurrencia de la enfermedad y el mercado ya contaba para esa campaña agrícola con variedades resistentes a nivel comercial. El autor de este capítulo lo había estado haciendo desde 1989 y había lanzado al mercado cinco variedades resistentes



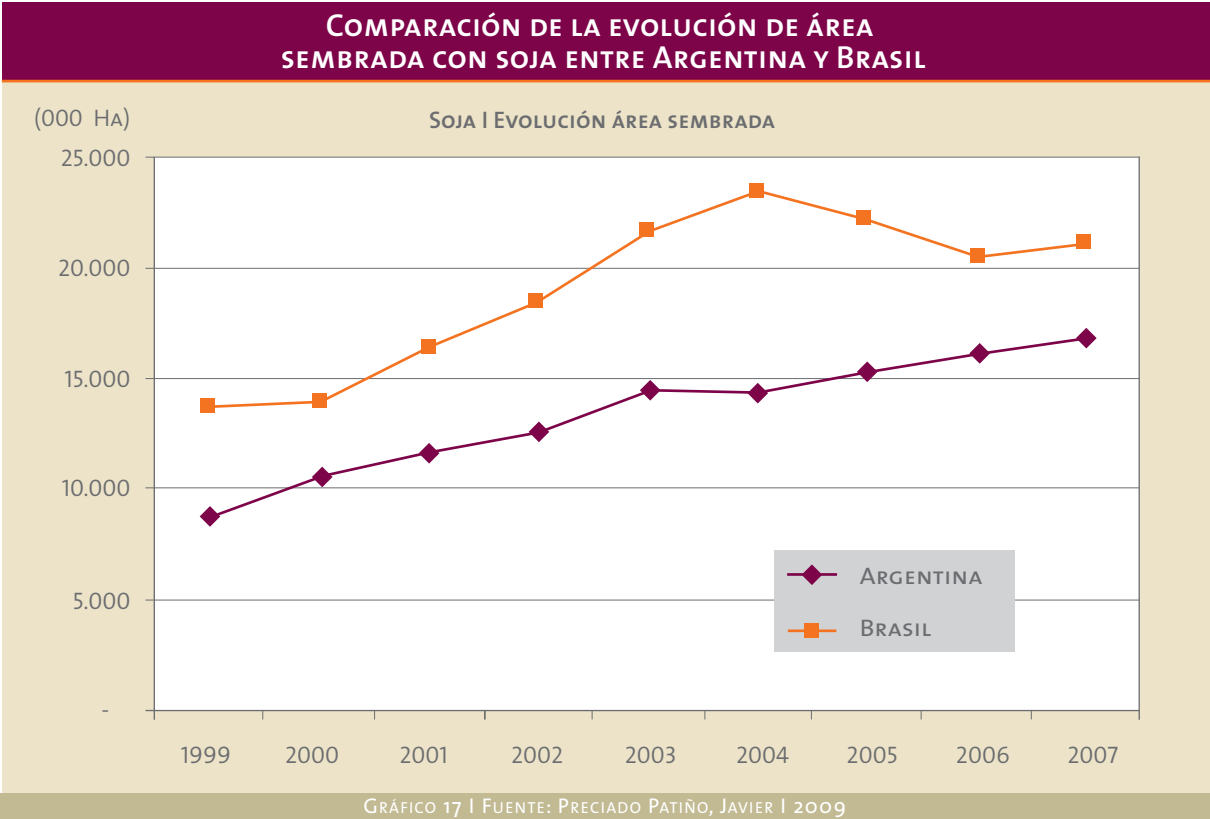
(O. Vencedora, O. Entrerriana, O. Bonaerense, Eureka 51 y Delia 46). De igual manera se trabajó en el resto de los programas y solo en dos campañas se contaba con el 100% de las variedades comerciales con resistencia incorporada por mejoramiento genético.

En la campaña siguiente ocurrió otra epifitía, esta vez ocasionada por el Nematodo del Quiste de la Soja



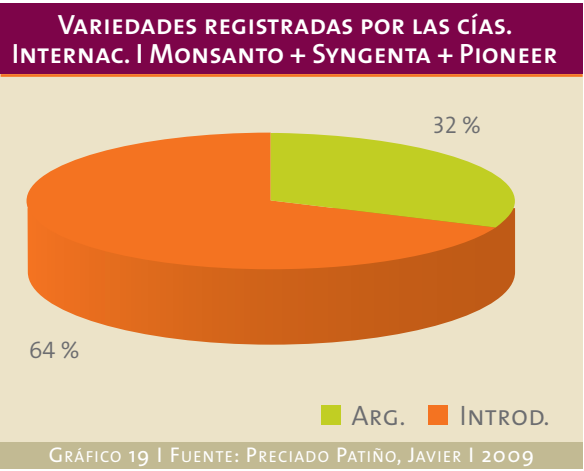
Heterodera glycines. La industria en su conjunto reaccionó rápidamente y, con fondos de ASA y ArPOV, el Comité Técnico de la Asociación de Semilleros Argentinos a cargo del Ing. Miguel Rapela solventó un amplio y profundo trabajo de relevamiento. Bajo la coordinación técnica del Ing. Juan Carlos Gamundi de la EEA INTA Oliveros y la supervisión de los Ings. Rodolfo Rossi y el suscripto se estimaron los niveles de incidencia y severidad en todo el país, para luego determinarse los diferentes fenotipos, mal llamados razas, presentes en cada zona productiva. Nuevamente, el mejoramiento genético dio respuesta inmediata liberándose al mercado gran cantidad de variedades resistentes para la campaña siguiente, a la vez de trazar recomendaciones de manejo de la enfermedad mediante adecuadas rotaciones. Dos años más tarde, el patógeno *Cercospora sojina*, causante de la mancha ojo de rana azotaba vastas áreas productivas del Noroeste Argentino y por tercera vez consecutiva el mejoramiento local ofre-

ció soluciones inmediatas mediante variedades resistentes. Un emergente de la época fue la variedad A-8000 de Nidera que, por alta productividad, adaptación al área agroecológica y máximo nivel de resistencia al hongo se apoderó rápidamente del 60% del mercado en el Noroeste del país. Todas estas soluciones aportadas por el mejoramiento genético argentino, sumadas a los beneficios de la soja transgénica, colaboraron enormemente a que el crecimiento y la difusión del cultivo no tuvieran solución de continuidad. Además del aporte a la expansión de la frontera agrícola en Argentina, la era de los transgénicos ha permitido mantener la competitividad con Brasil, dentro del MERCOSUR y en el contexto global (Gráfico 17). En 1999, se sembraban 8,79 millones de hectáreas en Argentina, en tanto que Brasil implantaba 13,69 millones. Hacia el 2007, Argentina crecía a 16,6 millones de hectárea, trepando su competidor a 21,11 millones.



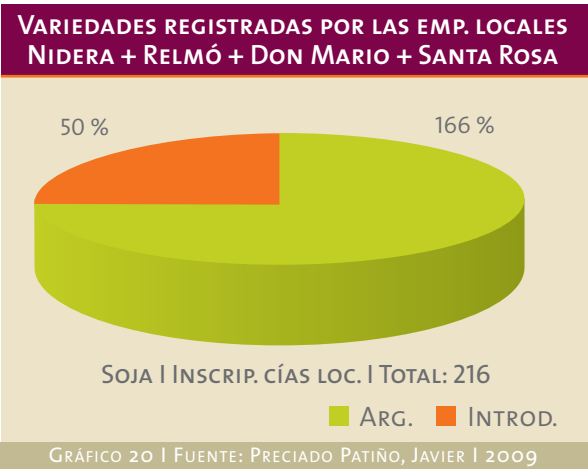
Esto significa un promedio 1999/2007 de 13,45 millones de hectáreas para Argentina y 19,04 para Brasil, lo que da como resultado una superficie acumulada para el período de 121,96 millones de hectáreas para el primero y 171,39 para el segundo. En ese período se registraron 267 variedades inéditas en Argentina y 399 en Brasil, arrojando un coeficiente para el primer país de una variedad inscrita cada 50.380 hectáreas, en tanto los brasileños registraban una cada 47.728, o una variedad inscrita cada 453.417 hectáreas en Argentina y cada 429.552 en Brasil. En el período 1999/2007 se registraron un total de 267 cultivares en el primer país y 399 en el segundo. Los índices muestran un nivel de competitividad argentino muy favorable en el lanzamiento de nuevas variedades con mejoras genéticas incorporadas respecto a su principal competidor en la región. La tasa de registro de nuevas creaciones genéticas ha ido creciendo en Argentina desde las primeras variedades. Durante el quinquenio 2000/04 el número total de nuevas variedades inscritas fue 23% mayor que para el quinquenio 1995/99. Durante éste, se

superó en un 126% a las registraciones hechas durante 1990/94, que había tenido un 377% de crecimiento sobre el período 1985/89 (Gráfico 18). De continuar la tendencia, en 2005/09, el número de variedades inscritas en el INASE treparía a 176, lo cual significaría un récord absoluto. Actualmente, existen 501 variedades inscritas en los Registros Nacional de Cultivares, Nacional de la Propiedad de Cultivares y Régimen de Fiscalización. Un total de 35 solicitantes (corregido por fusiones y adquisiciones) poseen variedades registradas, y 10 de ellos son solicitantes del 80,5%. Solo 4 solicitantes son de carácter público y tienen 35 variedades inscritas. Las principales compañías locales inscribieron más variedades que las internacionales (216 frente a 96) y además con predominio de las obtenciones propias por sobre introducciones (Gráficos 19 y 20). Desde aquellos pioneros mencionados al comienzo, en 2007 se arribó a nueve empresas con programas de mejoramiento de soja (Nidera, Don Mario, Relmó, Syngenta, La Tijereta, Santa Rosa, ACA, Agreseed y Atar) y dos instituciones (INTA y EEAOC) de acuer-



do con los registros de variedades que obran en INASE. En 2008, se encontraban operando en semilla de soja 25 empresas asociadas a ASA, que proveen el 94,667 % de las variedades lanzadas al mercado (*Tabla 7*). Muchos fueron y son los genetistas, fitotecnistas, fitopatólogos, ecofisiólogos que han realizado y realizan sus aportes al mejoramiento genético del cultivo. A riesgo de parecer injusto con su memoria y sus colegas, el autor recuerda además de los mencionados más arriba a Juan Carlos Suarez, Juan Carlos Tommaso, Marcos Quiroga, Mirta Antongiovanni, Daniel Ploper, Mario Devani, Graciela Salas, Luis Salado Navarro, Diana Fresoli, Patricia Beret, Raquel Benavidez, Fernando Ledesma, María Eva González, Raúl Vicentini, Eligio Morandi, Martín Oliva, Ernesto Zelarayán, Nicanor Lorenzo, Luis Salines, Francisco Fuentes, Diego Soldini, Silvia Vallone, Eduardo

LISTADO DE EMPRESAS SOCIAS DE ASA CON GENÉTICA EN SOJA			
1	ACA	8	PIONEER
2	AFA	9	RELMÓ
3	AGD	10	SANTA ROSA
4	DON MARIO	11	SEMINIUM
5	MARCHIONI	12	SPS
6	MONSANTO	13	SURSEM
7	NIDERA	14	SYNGENTA



Teysendier, Oscar Ricci, Nora Mancuso, Daniel Roldán, Walter Santone, José María Bruniard, Marisa Della Maddalena, Bibiana Ferrari, Silvina Lustig, Juan Pablo Ortiz, Andrés Martino, Cristina Palacios, Víctor Veliz y Pedro Rojas. Algunos aún permanecen en actividad. El autor pide disculpas por involuntarios olvidos en el agradecimiento que los argentinos debemos a la enorme pléyade de investigadores y experimentadores y para los técnicos que han logrado mediante la genética que la soja se convirtiera en el cultivo más importante de Argentina.

CULTIVOS MUTANTES Y NUEVA TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN.

En la competencia permanente con las malezas, una de las tecnologías de gran impacto en la agricultura contemporánea ha sido la combinación de genotipos resistentes al grupo químico de las imidazolinonas (IMI) con herbicidas formulados con base a dicho principio activo. Estas tecnologías comenzaron a ser investigadas por el laboratorio Cyanamid en los 80, trabajos que fueron continuados por la alemana BASF tras la adquisición de la compañía americana. Argentina hoy cuenta con híbridos y variedades de este tipo en las especies maíz, girasol y trigo. Cada cultivo posee un sistema genético particular, y a veces la resistencia está gobernada por más de un sistema

dentro de un único cultivo. Para todos los casos, la enzima acetohidroxi sintetasa (AHAS) es inhibida por el herbicida, lo cual interfiere en la vía metabólica de síntesis de los aminoácidos esenciales Valina, Leucina e Isoleucina, con lo que provoca la muerte de la planta. Los diferentes mecanismos genéticos que intervienen en la resistencia impiden la inhibición de la AHAS con lo que la síntesis de aminoácidos y proteínas continúa su curso natural generando plantas normales. Los caracteres XI12 (IT) de naturaleza dominante y XA17 (IR) de carácter codominante se encuentran involucrados en la resistencia de los híbridos de maíz. Ambos producen cambios en la AHAS impidiendo el enlace con la IMI, en lo que se podría decir la generación de una enzima resistente. Los híbridos IT son dominantes y heterocigotas, en tanto que los IR son homocigotas. Los primeros híbridos con capacidad para abordar este sistema de producción “genético/químico” fueron lanzados al mercado en 1997 y la mayor parte de los productos que hoy se encuentran en el mercado corresponde al tipo IT. Las empresas han hecho un gran esfuerzo para reconvertir sus líneas de trabajo tendientes a la obtención del tipo IR, ya que éstos ofrecen mayor independencia ante situaciones de estrés, siendo muy importante el térmico y no poseen interacción negativa con insecticidas organofosforados como los IT, tolerando además dosis mayores de aplicación de herbicidas. La obtención de híbridos IR es más costosa, requiere trabajo de mejoramiento sobre ambos parentales, pero los beneficios son tan contrastantes que han hecho que en la actualidad comenzara una nueva era de productos, con más cantidad de exponentes de este tipo en desarrollo. Los criadores obtienen los híbridos experimentales, que luego son evaluados por la BASF en sus campos experimentales. Una gran cantidad de programas de mejoramiento desarrollan híbridos tolerantes a IMI (*Tabla 8*). En el 2003 fueron lanzados los primeros híbridos de girasol con resistencia a IMI en Argentina. El sistema genético había sido identificado en congéneres silvestres del girasol cultivado que crecían en su entorno natural en Kansas, EE. UU., en 1996, y se encuentra gobernado por el par alélico Imr1.

Mediante sistemas de retrocruzas, los genes fueron introducidos a líneas endocriadas y luego por diferentes métodos de mejoramiento genético se desarrollaron los híbridos resistentes, a los que se denominó IMISUN. Entre el año 2003 y el 2008, los híbridos resistentes a IMI se apoderaron del 25% del mercado en Argentina. Un desarrollo reciente en el campo de esta tecnología ha surgido a través de un convenio de cooperación entre las empresas BASF y Nidera mediante su laboratorio de biotecnología dirigido por el Dr. Carlos Sala. Los trabajos persiguen el objetivo de obtener, mediante la utilización de mutágenos, nuevos genes que expresen mayor nivel de tolerancia a IMI, y a su vez permitan un mejoramiento genético más sencillo y eficaz de los girasoles que los portan. Dicho programa comenzó en el año 2000 y los primeros híbridos con los nuevos genes mutados comen-

NÓMINA DE EMPRESAS CON SUS MAÍCES RESISTENTES A IMI	
EMPRESA	PRODUCTOS
ADVANTA	AM 8323CL
ACA	ACA 2001 CL
ALBERT	PREMIUM CL, SILOMAX PLUS CL
ATAR	TRILENIUM 525 IMI
DON ATILIO	DA AGUILA CL
DON MARIO	H2750 CL, H2750 MGCL, H2760 MGCL
DOW	M9 IMI, MASS 534CL, DUO 546HXCL, DOW 2E464CL
KWS	TANDEM CL, RIVAL CL, KM 3601 CL, KM 3631 CL
LA TIJERETA	LT610CL
MONSANTO	DK682 CL, DK682 CL/MG
NIDERA	AX 820CLMG, AX 882HACL, AX 882HCLMG
PANNAR	PAN6046CL, PAN6220CL, PAN6436CL, PAN6422CL
PIONEER	32V20, 32M95
RIESTRA	RIESTRA 202 CL, RIESTRA 213 CL
SPS	SPS2603 CL, SPS2603 MGCL, SPS2720 CL, SPS 2720 CLHOMO, SPS2770 CL, SPS MEGASILO CL
SURSEM	ALBION CL, ALBION MGCL, MIDAS MGCL, CEDRIC CL, PRIMUS CL, POPER 42 CL

TABLA 8 | FUENTE: BASF

zaron a evaluarse en experimentos de campo en el año 2005. En 2006 y 2007/08 se llevaron adelante 11 ensayos de tolerancia a herbicidas y 7 ensayos regulatorios en Norteamérica, Sudamérica y Europa. El nuevo gen, de dominancia incompleta, se ha denominado CLHA-Plus y ha demostrado poseer una resistencia relativa a las IMI significativamente superior al gen mutante original obtenido de la especie silvestre. Los mayores niveles de expresión de la resistencia se obtienen en los híbridos homocigotos CLHA-Plus y los heterocigotos CLHA-Plus/IMISUN. El gen CLHA-Plus es la mutación más potente que se ha encontrado hasta el presente en girasol en relación con la tolerancia a IMI, lo que otorga a su vez mayor flexibilidad de maniobra en los trabajos de mejoramiento para la selección de germoplasma, en la formulación de moléculas herbicidas y en la utilización de la tecnología genética/química bajo diferentes condiciones ambientales.

Una importante proporción de las empresas que desarrollan híbridos de girasol posee productos comerciales aptos para esta tecnología (*Tabla 9*).

Un desarrollo reciente y de próximo lanzamiento al mercado argentino se encuentra relacionado con variedades de trigo capaces de ser incorporadas a la tecnología de cultivo genética/química.

En 1999, el gen ALS 1 de tolerancia a IMI fue localizado en el cromosoma 1D de la variedad de ciclo largo Fidel. Un año más tarde, el mismo gen fue detectado en la variedad Grandini de ciclo corto. Hacia el 2001, el gen ALS 2 se detectó en el cromosoma 1B de la variedad de ciclo largo Teal 11 A y entre el 2003 y 2004 dos genes, ALS1 y ALS2, tuvieron expresión en la variedad Janz de ciclo largo. Los mencionados genes, de manifestación codominante, que se encuentran involucrados en la tolerancia del trigo a los herbicidas del grupo IMI, fueron obtenidos por mutagénesis sobre germoplasma propio de la especie y detectados e incorporados a variedades con aptitud agronómica mediante selección asistida por marcadores moleculares.

Entre otras ventajas, solo una aplicación en post emergencia temprana del cultivo es necesaria y el sistema provee un control prolongado de malezas, evitando nacimientos posteriores. El herbicida no se absorbe por el rastrojo, posee un amplio espectro de control en gramíneas anuales y latifoliadas, se puede

NÓMINA DE EMPRESAS CON SUS GIRASOLES RESISTENTES A IMI	
EMPRESA	PRODUCTOS
ACA	ACA 203 CL
ADVANTA	CF 27 CL
AGROSEMILLAS DEL SUR	AD-66 GACL
DON ATILIO	ARAUCANO CL
DON MARIO	GH 1000 CL, DM 315 CL
DOW	MG 40 CL, MG 60 CL, NTO 1.0 CL
EL CENCERRO	CACIQUE CL, CACIQUE 308 CL
KWS	KS 362 CL
LA TIJERETA	AGROBEL 973 CL
MONSANTO	DK 4000 CL, DK 3890 CL, DK 3910 CL, DK 3948 CL
NIDERA	PARAISO 102 CL, PARAISO 103 CL, PARAISO 68 CL
PANNAR	PAN 7058 CL
PIONEER	PIONEER 64Z88, PIONEER 65Z55, PIONEER 65Z52
PRODUSEM	PROSOL 101 CL
RIESTRA	ALBISOL 20 CL
SEEDS 2000	SEA 2033 CL, SEA 2088 CLAO, JAGUAR CL
SPS	SPS 3204 CLAO, SPS 3250 CL, SPS 3G04 CLAO
SURSEM	SRM 773 CL,
SYNGENTA	NK 44 CL, NK 48ScL
TABLA 9 FUENTE: BASF	

utilizar en intersembra trigo/soja y provee seguridad en la rotación en años con escasas precipitaciones. Próximamente, las empresas Buck y Nidera lanzarán al mercado nuevas variedades de trigo aptas para el sistema de cultivo genético/químico.

DEL GENOTIPO A LAS MOLÉCULAS.

Puede decirse que la biotecnología aplicada a la agricultura se encuentra aún en sus etapas fundacionales. De todos modos, la incorporación de transgenes a los cultivos ya ha producido en el mundo importantes mejoras, como plantas más tolerantes a la sequía y la salinidad, resistencia a plagas y enfermedades y con mayor valor nutricional (*Tabla 10*). Las posibilidades de mejorar los cultivos con estos métodos son enormes.

Las técnicas de biotecnología que aplican el conocimiento de funciones de organismos vivos como hongos, bacterias y levaduras son utilizadas desde épocas prebíblicas. Con el correr del tiempo, su complementación con la genética ha permitido instrumentar técnicas en las que está involucrado directamente el ADN, la molécula de la vida.

En sentido práctico y amplio, la agrobiotecnología moderna comprende principalmente dos grandes áreas de aplicación conocidas como “ingeniería genética” y “selección asistida por marcadores moleculares”, cuya complementación amplía la posibilidad de generar importantes innovaciones cualitativas y cuantitativas para los cultivos.

Los desarrollos biotecnológicos actualmente en el mercado están orientados, entre otros, al aumento de productividad, reducción de costos de producción, tolerancia a herbicidas e insectos y promoción de prácticas agrícolas sustentables y conservacionistas. Representan la primera generación de productos con biotecnología aplicada.

La ingeniería genética deriva en plantas transformadas a partir de la incorporación de genes que codifican la expresión de nuevas características para la especie, o secuencias de ADN ausentes en el genoma original y que otorgan nuevo valor agregado a ésta. A modo de ejemplo, éste es el caso de las variedades de soja resistentes a glifosato mediante el evento de transformación “A 40-3-2” desarrollado por la empresa Monsanto en EE. UU. Dicho evento contiene el gen CP4-EPSPS que interviene en rutas metabólicas, lo que otorga resistencia de las plantas al herbicida. La disposición de las empresas de mejoramiento en Argentina, hizo posible la creación de las conocidas “variedades RR” que rápidamente se apoderaron de casi el 100% de la superficie cultivada.

Otro ejemplo de ingeniería genética aplicada a la agricultura es la obtención de variedades que producen la toxina de la bacteria denominada *Bacillus thuringiensis*. El gen transferido, denominado “Cry”, es conocido como “gen Bt”. Los eventos que lo contienen poseen genes amplificadores de la expresión de la toxina, lo que la hace más eficiente en el control de insectos del orden lepidópteros, con una producción de hasta 1000 veces más respecto a la síntesis codificada por el gen bacteriano original. Una gran cantidad de variedades transgénicas se

CARACTERÍSTICAS NUEVAS Y YA DISPONIBLES QUE PODRÍAN AYUDAR A LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS EN LOS PAÍSES MÁS POBRES SI SE TRASLADARAN A SUS CULTIVOS
ENRIQUECIMIENTO CON B-CAROTENO PARA CORREGIR LA CARENCIA DE VITAMINA A
ACEITES, ALMIDONES Y AMINOÁCIDOS MÁS NUTRITIVOS
MEJOR PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS
MEJOR DIGESTIBILIDAD PARA LOS ANIMALES
DEMORA DE LA MADUREZ EXCESIVA DE FRUTAS Y VERDURAS
RESISTENCIA A LAS ENFERMEDADES BACTERIANAS Y MICÓTICAS
RESISTENCIA A LOS INSECTOS
RESISTENCIA A LOS VIRUS
TOLERANCIA A LA SAL
TOLERANCIA AL ALUMINIO Y AL MANGANESO
TABLA 10 FUENTE: SALAMINI 1999

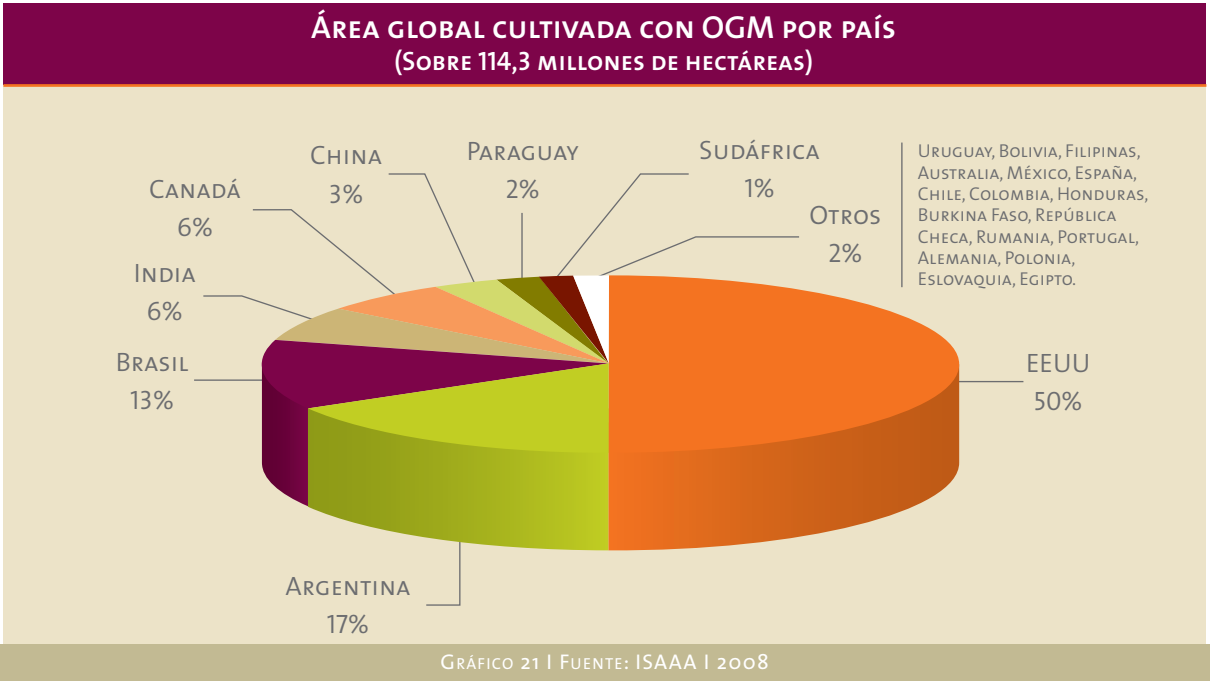
encuentra en etapa de desarrollo. Se han transferido genes que aumentan el rendimiento, otorgan resistencia a factores bióticos (hongos, bacterias, virus, nematodos, insectos), abióticos (sequía, calor, frío, salinidad), toleran otras moléculas herbicidas o presentan un balance nutricional y energético que prioriza la presencia de aminoácidos y ácidos grasos de valor esencial.

La selección asistida por marcadores moleculares (MAS) es de gran utilidad en mejoramiento. Estos marcadores son secuencias de ADN cuya expresión es identificada a nivel molecular y poseen una ubicación conocida en el genoma.

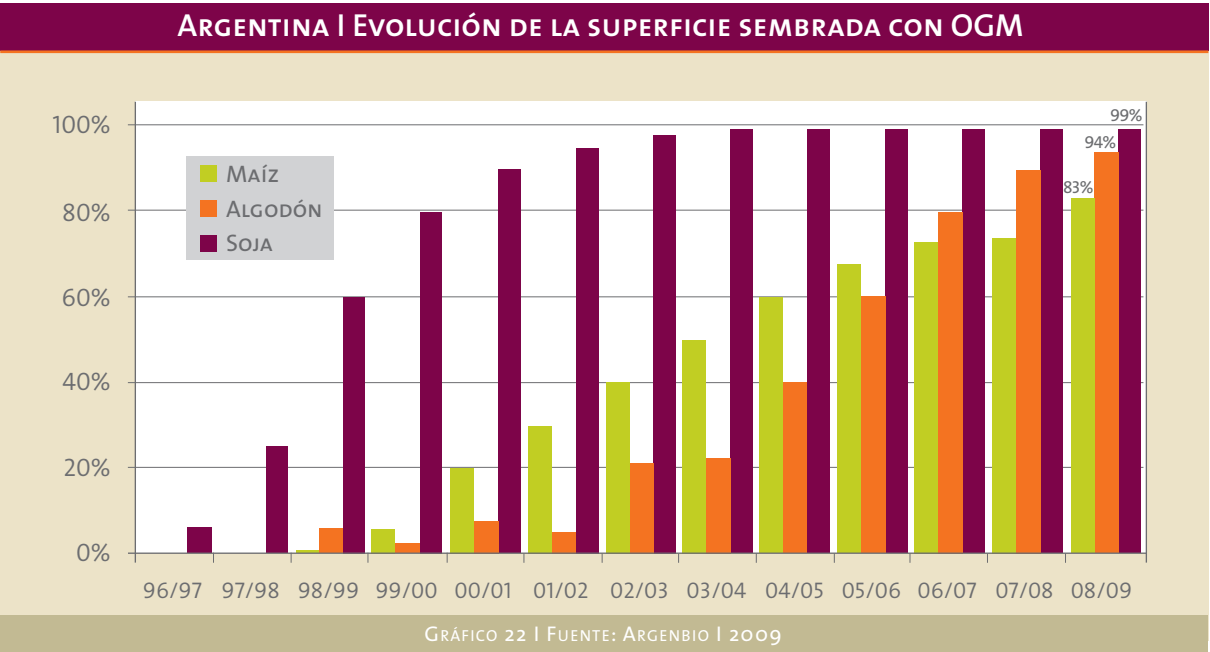
Al ligar genes de interés con un marcador molecular es posible seleccionar variedades portadoras con mayor probabilidad de éxito que en la selección tradicional. La fitotécnia, como parte de la agrobiotecnología, complementa la labor al seleccionar plantas portadoras de la nueva característica para una alta expresión de los caracteres con valor agronómico.

El ligamiento entre un marcador molecular y una secuencia de ADN favorable está vinculado con la proximidad física dentro del genoma entre el gen de interés y el marcador, denominada distancia genética. Cuanto más próxima es esta distancia, mayor utilidad posee el marcador para su utilización en programas de selección asistida.

El futuro del mejoramiento asistido por transgénesis



y marcadores moleculares promete soluciones para la farmacopea (síntesis biológica de medicamentos), la industria química (síntesis natural de polímeros o combustibles) o la medicina preventiva (producción agrícola de vacunas) a partir, entre otros organismos vivos, de cultivos extensivos.



Un aporte adicional proveniente de los métodos biotecnológicos aplicados a la fitotécnia es la posibilidad de la selección *in vitro*. Mediante el cultivo de tejidos, ciertas características difíciles de seleccionar en la planta adulta pueden ser identificadas a nivel celular. De esa manera, se aíslan las células deseadas y se regenera tejido en un medio nutritivo apropiado, constituyendo un callo a partir del cual se intenta obtener una planta adulta con capacidad reproductiva. Tales plantas luego son utilizadas en la fitotécnia mediante métodos tradicionales para introducir los caracteres buscados en plantas de valor agronómico. Argentina cuenta hoy con una posición de privilegio en el contexto global respecto de la superficie total sembrada con cultivos transgénicos (Gráfico 21). La adopción de estos tipos de cultivares ha sido a una tasa muy alta cuando se compara con la de otros tipos de tecnologías. En Argentina se cultivan tres especies genéticamente modificadas, la soja ocupa la mayor proporción destinada al cultivo, en segundo lugar el algodón y finalmente el maíz (Gráfico 22), alcanzando cada uno el 99, 94 y 83% del área total sembrada, respectivamente.

CONSTRUIR NUEVOS PARADIGMAS.

De la “segregación independiente de los genes” al “dogma central” y de éste a la “ruptura de barreras interespecíficas, intergenéricas o aun interreinales” mediante la transgénesis, cada paradigma se ha ido construyendo sobre la base del conocimiento de aquellas “unidades de herencia” originalmente descriptas por Mendel, más tarde llamadas genes. El gran desafío de la genética moderna radica en la interpretación del funcionamiento de secuencias génicas completas, mapas genéticos o genomas de cada especie. Construye un nuevo paradigma donde la unidad en estudio deja de ser “el gen” y es ahora de interés saber la forma en que el conjunto de los mismos impactan en la expresión fenotípica observable, calificable o mensurable. Si se puede afirmar que la genética como ciencia ha revolucionado el siglo XX y promete grandes avances hacia el XXI, también se debe reconocer que la evolución acelerada de los conocimiento aplicables

de la electrónica a partir del desarrollo del chip se ha constituido en una herramienta fundamental para las ciencias, los deportes, las artes y las comunicaciones en general. Para el caso de este nuevo paradigma, la bioinformática es hoy el instrumento que apoya el desarrollo de grandes avances. Se trata de la aplicación de tecnología informática a la gestión y el análisis de información biológica. Disciplinas tales como matemática aplicada, estadística, ciencias de computación, inteligencia artificial, química o biología molecular son interrelacionadas por la bioinformática a fin de analizar información o simular sistemas o mecanismos de índole biológica, corrientemente a nivel molecular. El centro de estas técnicas se encuentra en la utilización de recursos computacionales para solucionar o investigar problemas de tal magnitud de escala que sobrepasan el discernimiento humano. Estas técnicas son de extrema utilidad para la secuenciación genómica de la información genética en diversas especies, entendiendo a la genómica como el conjunto de ciencias y técnicas dedicadas al estudio integral del funcionamiento, la evolución y el origen de los genomas. Las ciencias genómicas han tenido un importante auge en los últimos años, sobre todo gracias a las avanzadas técnicas de secuenciación de ADN para realizar análisis de genomas completos. A diferencia de la genética clásica, que a partir de un fenotipo, busca el o los genes responsables de su manifestación la genómica tiene como objetivo predecir la función de los genes a partir de su secuencia, pudiendo llegar a inducir la manifestación de nuevos fenotipos. Relacionada con la genómica, la proteómica puede ser definida como la genómica funcional a nivel de proteínas. Es la disciplina que correlaciona las proteínas con sus genes codificantes, y estudia el conjunto completo de proteínas que pueden ser obtenidas de un genoma. Conocer el proteoma de un organismo significa obtener una imagen dinámica de las proteínas expresadas por ese organismo, en un momento dado y bajo determinadas condiciones concretas de tiempo y espacio. Las técnicas conocidas como electroforesis de poliacrilamida de dos dimensiones, o la espectrometría de

masas, permiten analizar el conjunto de proteínas presentes en la célula en un determinado momento. A dicho conjunto se lo denomina proteoma. Además de la proteómica, otra rama íntimamente vinculada a la genómica es la transcriptómica. Esta disciplina estudia y compara conjuntos de ARN mensajeros, denominados transcriptos, presentes en una célula, un tejido o un organismo a los que denomina transcriptomas. Al igual que los proteomas, los transcriptomas presentan variabilidad y se encargan de revelar cuáles son los genes que se están expresando en un momento dado. La transcriptómica también se vale de la bioinformática y tiene como base de estudio a los denominados microarreglos. Los microarreglos de ADN son pequeños soportes sobre los cuales secuencias de millares de diversos genes se encuentran unidas a puntos fijos. Estos soportes son generalmente microláminas de vidrio, y también pueden ser microplacas de siliconas o micromembranas de nylon. Sobre ellos se cons-

Argentina cuenta hoy con una posición de privilegio en el contexto global respecto de la superficie total sembrada con cultivos transgénicos.

truyen arreglos de muestras que contienen segmentos de ADN (secuencias génicas) de manera ordenada y ubicados en un punto específico. Estos puntos pueden estar constituidos por ADN, ADN copia (ADNc), o directamente oligonucleótidos. El ARN o el ADN de un conjunto de células puede ser marcado con fluorescencia o radioactividad, y esta preparación se puede utilizar para hibridar con el ADN del microarreglo.

Estas nuevas técnicas son mencionadas a modo de ejemplo del mundo venidero y están basadas en la tecnología de los ácidos nucleicos. Se espera que sean signatarias de un nuevo camino y actualmente constituyen el gran paradigma en cuya redacción están abocados numerosos científicos. Es muy probable que en el mejoramiento futuro de las especies que aquí se han analizado, estas tecnologías y las próximas por llegar participen en el otorgamiento de nuevas y provechosas funciones.

EL MARCO REGULATORIO.

Tal como fuera mencionado, Argentina instituyó un marco regulatorio para los organismos genéticamente modificados en 1991 con la creación de la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA) como instancia de evaluación y consulta, en el ámbito de la entonces SAGyP (luego SAGPyA), constituyéndose en la instancia de asesoramiento del Secretario de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, quien es la autoridad de aplicación de dicha regulación. La CONABIA está constituida por representantes de los sectores público y privado involucrados en la Biotecnología Agropecuaria. La Comisión es un grupo interdisciplinario e interinstitucional cuya coordinación técnica funciona en el ámbito de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. La normativa argentina está basada en las características y los riesgos identificados del producto biotecnológico y no en el proceso mediante el cual

dicho producto fue originado. En otras palabras, la normativa se aplica a los productos genéticamente modificados en función de sus características, contemplando, en cuanto a los procedimientos empleados para su obtención, sólo aquellos aspectos que pudieran significar un riesgo para el ambiente, la producción agropecuaria o la salud pública. Estas normas definen las condiciones que deben reunirse para permitir la liberación al medio de dichos materiales y éstas son aplicadas por la CONABIA al evaluar cada solicitud presentada.

El circuito para la autorización de la comercialización de organismos genéticamente modificados consta de un procedimiento administrativo de tres etapas:

1. Evaluación de los riesgos para los agroecosistemas, derivados del cultivo en escala comercial del material genéticamente modificado en consideración, a cargo de la CONABIA, etapa que lleva como mínimo 2 (dos) años de

- evaluación.
2. Evaluación del material para uso alimentario, humano y animal, la cual es competencia del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Esta etapa se cumple en por lo menos un año.
3. Dictamen sobre la conveniencia de la comercialización del material genéticamente modificado por su impacto en los mercados, a cargo de la Dirección Nacional de Mercados, de manera tal de evitar potenciales impactos negativos en las exportaciones argentinas.

Tres cultivos (soja, maíz y algodón) cuentan en Argentina con autorización para la comercialización de variedades o híbridos que poseen determinados eventos transgénicos (Tabla 11).

Según la Resolución del SENASA N°412 del 10 de mayo de 2002. La evaluación para uso alimentario de los organismos genéticamente modificados comprende, entre otros, los siguientes puntos:

1. Tóxicos naturales.
2. Tóxicos de nueva expresión.
3. Homología del producto del transgen con alérgenos conocidos.
4. Modificaciones nutricionales
5. Modificación nutricional y caracterización nutricional asignable a métodos de elaboración
6. Modificación de la biodisponibilidad de macronutrientes y/o micronutrientes
7. Caracterización del alimento modificado desde el punto de vista de su inocuidad para el consumo humano y animal.

Luego se deben cumplir con aquellos requisitos normados por el Instituto Nacional de Semillas para la inscripción en el Registro Nacional de Cultivares y en el Régimen de Fiscalización. En 2007 se autorizaron 146 eventos para su libera-

ción al medio (Tabla 12). A su vez, fueron 43 los eventos aprobados para producción de semillas en contra estación con la finalidad de proveer al Hemisferio Norte (Tabla 13). Un caso en el que el marco regulatorio actuó rechazando una solicitud en Argentina ocurrió en 1996 y estuvo relacionado con el evento GT3 que le otorga resistencia al herbicida glifosato al cultivo de canola (*Brassica napus L.*). El propósito del solicitante fue la producción de semilla en contra estación para Canadá.

A continuación se transcriben las consideraciones de la CONABIA relativas al posible impacto ecológico del cultivo comercial de canola modificada mediante ingeniería genética:

1. Importancia del flujo de genes y semillas con la flora espontánea.

En vastas áreas del territorio de la República Argentina existen varias crucíferas espontáneas emparentadas con la canola. Estas poblaciones corresponden a los géneros *Brassica*, *Diplotaxis*, *Hirschfeldia*, *Raphanus* y *Sinapsis*, y en su mayoría invaden lugares disturbados en paisajes agrícolas, agrícola-ganaderos, urbanos y peri-urbanos. La magnitud del potencial para la hibridación e introgresión entre estas poblaciones ha sido evaluada experimentalmente, y si bien se lo considera como existente, se lo evalúa de muy escasa magnitud. En nuestra opinión y sobre la base del estado actual del conocimiento acerca de la evolución y el problema de las invasiones, el potencial registrado es suficiente como para afirmar que el flujo génico se va a producir y que el resultado de éste, tomando en cuenta el impacto sobre el ecosistema, es impredecible. También es posible afirmar que, como sucede con las poblaciones de colza (*Brassica napus L.*) ya cultivadas en la Argentina, algún porcentaje de las semillas de la canola modificada mediante ingeniería genética, se incorporarán al banco de semillas que provee el inóculo para la flora espontánea.

2. Impacto sobre la biodiversidad y las propiedades del ecosistema.

No existe ninguna razón a priori para considerar que la canola modificada para ser resistente a herbicidas

Eventos transgénicos aprobados en Argentina para su comercialización				
Especie	Característica introducida	Evento de transformación	Solicitante	Resolución
Soja	Tolerancia a glifosato	"40-3-2"	Nidera S. A.	SAP y A N° 167 (25-3-96)
Maíz	Resistencia a lepidópteros	"176"	Ciba-Geigy S. A.	SAGP y A N° 19 (16-1-98)
Maíz	Tolerancia a glufosinato de amonio	"T25"	AgrEvo S. A.	SAGP y A N° 372 (23-6-98)
Algodón	Resistencia a lepidópteros	"MON 531"	Monsanto Argentina S.A.I.C.	SAGP y A N° 428 (16-7-98)
Maíz	Resistencia a lepidópteros	"MON 810"	Monsanto Argentina S.A.I.C.	SAGP y A N° 429 (16-7-98)
Algodón	Tolerancia a glifosato	"MON 1445"	Monsanto Argentina S.A.I.C.	SAGP y A N° 32 (25-4-01)
Maíz	Resistencia a lepidópteros	" Bt 11"	Novartis Agrosem S.A.	SAGP y A N° 392 (27-7-01)
Maíz	Tolerancia a glifosato	" NK 603 "	Monsanto Argentina S.A.I.C.	SAGPyA N° 640 (13-7-04)
Maíz	Resistencia a lepidópteros y tolerancia a glufosinato de amonio	"TC 1507"	Dow AgroSciences S.A. Pioneer Argentina S.A.	SAGP y A N° 143 (15-03-05)
Maíz	Tolerancia a glifosato	"GA 21"	Syngenta Seeds S.A.	SAGP y A N° 640 (22-08-05)
Maíz	Tolerancia a glifosato y resistencia a lepidópteros	NK603x810	Monsanto Argentina S.A.I.C.	SAGP y A N° 78
Maíz	Resistencia a lepidópteros y tolerancia a glufosinato de amonio y glifosato	1507 x NK603	Dow AgroSciences S.A. y Pioneer Argentina S.R.L.	

TABLA 11 | Fuente: CONABIA

o cualquier aumento poblacional de las crucíferas genere un impacto sobre las propiedades actuales del ecosistema o se prevea un efecto negativo en la flora y la fauna de la región. El mayor riesgo predecible es agrícola y está relacionado con el cultivo de canola

como actividad de la región. En los cultivos de canola, los procesos de flujo génico y de semillas generarán una rápida evolución de las malezas crucíferas hacia poblaciones con mayor tolerancia a los herbicidas que se usarán para controlarlas.

Eventos transgénicos aprobados en Argentina para su liberación al medio					
Nº	Empresa	Cultivo	Característica	Evento	Ambiente
1	Bioceres S.A	Trigo	Tolerancia a sequía y salinidad	TUBIH4-1 y otros	Campo
2	INTA	Alfalfa	Expresión constitutiva de la secuencia codificante de la enzima antocianidina reductasa	BAN	Campo
3	Chacra Experimental Agrícola	Caña de azúcar	Tolerancia a herbicida	AAB037 al AAB044 y JAB001	Invernáculo
4	INTA	Papa	Resistente a virus: enrollamiento de la hoja de la papa, mosaico de la lechuga y otros relacionados	Eventos LR derivados del vector pVH-ATG y eventos RY derivados del vector pK-LMV-REP	Campo
5	Syngenta Agro S.A.	Maíz	Resistencia a lepidópteros y tolerancia a herbicidas	Bt11xGA21	Campo
6	Monsanto Argentina	Maíz	Tolerancia a glifosato	Eventos HAM027, HAM041	Campo
7	Monsanto Argentina	Maíz	Resistencia a lepidópteros, coleópteros y tolerancia a glifosato	MON89034xMON88017	Campo
8	Monsanto Argentina	Maíz	Resistencia a lepidópteros	MON89034	Campo
9	Monsanto Argentina	Maíz	Tolerancia a glifosato y resistencia a lepidópteros	NK603xMON810	Campo
10	Monsanto Argentina	Maíz	Tolerancia a glifosato y resistencia a lepidópteros y coleópteros	MON88017xMON810	Campo
11	Monsanto Argentina	Maíz	Tolerancia a glifosato y resistencia a lepidópteros	NK603xMON810	Campo
12	Southern Seeds Production S.A.	Maíz	Tolerancia a glifosato y resistencia a lepidópteros	GA21xBt11	Campo
13	INTA	Trigo	Resistencia al virus mal de río cuarto y a virus cercanamente relacionados	K11	Invernáculo

TABLA 12 | Fuente: CONABIA | Continúa en la página siguiente

Eventos transgénicos aprobados en Argentina para su liberación al medio					
Nº	Empresa	Cultivo	Característica	Evento	Ambiente
14	Monsanto Argentina	Soja	Tolerancia a glifosato	MON89788	Campo
15	Monsanto Argentina	Soja	Tolerancia a glifosato y resistente a lepidópteros	MON89788xMON87701	Campo
16	Monsanto Argentina	Maíz	Incremento del rendimiento a través del aumento en la eficiencia del uso del nitrógeno	86 eventos, derivado de las construcciones PV-ZMAP1237, PV-ZMAP1450, PV-ZMAP3493, PV-ZMAP5129, PV-ZMAP6943, PV-ZMAP6944, PV-ZMAP4900, PV-ZMPQ5638, PV-ZMPQ5642, PV-ZMAP-1343	Campo
17	Monsanto Argentina	Maíz	Alto rendimiento	30 eventos derivados de las construcciones PV-ZMAP829, PV-ZMAP5714	Campo
18	Monsanto Argentina	Maíz	Resistencia a lepidópteros y tolerancia a glifosato	MON810xNK603	Campo
19	Monsanto Argentina	Maíz	Resistencia a lepidópteros y tolerancia a sequía	MON87460xMON89034	Campo
20	Monsanto Argentina	Soja	Tolerancia a glifosato	MON89788	Campo
21	Dow AgrSc Arg. S.A.	Maíz	Resistencia a lepidópteros, tolerancia a glufosinato de amonio y glifosato	1507xNK603	Campo
22	Monsanto Argentina	Maíz	Tolerancia a glifosato y resistencia a coleópteros	MON88017	Campo
23	Monsanto Argentina	Maíz	Resistencia a coleópteros, tolerancia a glifosato y a sequía	MON87460xMON88017	Campo
24	Monsanto Argentina	Maíz	Tolerancia a sequía y a glifosato	MON87460xNK603	Campo
25	Monsanto Argentina	Maíz	Resistencia a lepidópteros, tolerancia a sequía y a glifosato	MON87460xMON89034xNK603	Campo
26	Monsanto Argentina	Maíz	Tolerancia a sequía	MON87460	Campo
Tabla 12.1 (cont.) Fuente: Conabia Continúa en la página siguiente					

Eventos transgénicos aprobados en Argentina para su liberación al medio					
Nº	Empresa	Cultivo	Característica	Evento	Ambiente
27	Monsanto Argentina	Maíz	Resistencia a lepidópteros, coleópteros y tolerancia a glifosato	MON89034xMON88017	Campo
28	Monsanto Argentina	Maíz	Resistencia a lepidópteros, coleópteros, tolerancia a sequía y glifosato	MON87460xMON89034xMON88017	Campo
29	Monsanto Argentina	Soja	Modificación en la composición de aceites y tolerancia a glifosato	46 eventos derivados de las construcciones PV-GMPQ/HT6302, PV-GMPQ/HT6303, PV-GMPQ/HT6304, PV-GMPQ/HT6305, PV-GMPQ/HT6306, PV-GMPQ/HT4404	Campo
30	Monsanto Argentina	Soja	Modificación en la composición de aceites y tolerancia a glifosato	GM_A92453xMON89788, GM_A93569xMON89788, GM_A94932xMON89788, GM_A94978xMON89788	Campo
31	Monsanto Argentina	Soja	Con modificación en la composición de aceites	16 eventos derivados de las construcciones PV-GMPQ4598, PV-GMPQ5903, PV-GMPQ5904, PV-GMPQ154	Campo
32	Monsanto Argentina	Soja	Tolerancia a glifosato y resistencia a lepidópteros	MON89788xMON87701	Campo
33	Monsanto Argentina	Soja	Tolerancia a glifosato	MON89788	Campo
34	Monsanto Argentina	Soja	Modificación en la composición de aceites	4 eventos, derivados de las constr. PV-GMPQ5731, PV-GMPQ5732	Campo
35	Monsanto Argentina	Maíz	Alto contenido de lisina libre en el grano	LY038	Campo
36	Monsanto Argentina	Maíz	Resistencia a coleópteros y tolerancia a glifosato	MON88017	Campo
37	Monsanto Argentina	Maíz	Alto contenido de lisina libre en el grano, resistencia a lepidópteros y coleópteros y tolerancia a glifosato	LY038xMON89034xMON88017	Campo
38	Monsanto Argentina	Maíz	Alto contenido de lisina libre en el grano resistencia a lepidópteros y tolerancia a glifosato	LY038xMON89034xNK603	Campo
Tabla 12.2 (cont.) Fuente: Conabia Continúa en la página siguiente					

Eventos transgénicos aprobados en Argentina para su liberación al medio					
Nº	Empresa	Cultivo	Característica	Evento	Ambiente
39	Monsanto Argentina	Maíz	Resistencia a lepidópteros	MON89034	Campo
40	Monsanto Argentina	Soja	Alto rendimiento construcciones	PV-GMAP1894, PV-GMAP5779	Campo
41	INTA	Maíz	Resistencia al virus del mal de Río Cuarto	Grupo de eventos K11, N41, X40 y K45	Campo
42	Monsanto Argentina	Maíz	Tolerancia a glifosato, resistencia a coleópteros y lepidópteros	MON88017xMON810	Campo
43	Chacra Exp. Agrícola	Caña de azúcar	Tolerancia a un herbicida	037-001 y 037-002	Campo
44	Asociados Don Mario S.A.	Soja	Tolerancia a isoxaflutol y glifosato	FG74	Campo
45	Asociados Don Mario S.A.	Soja	Tolerancia a glifosato	MON89788	Campo
46	Monsanto Arg.	Maíz	Resistencia a coleópteros	ZM_S210067 y otros	Campo
47	Monsanto Arg.	Maíz	Resistencia a lepidópteros	MON89034	Campo
48	Monsanto Arg.	Maíz	Resistencia a lepidópteros, coleópteros y tolerancia a glifosato	MON89034xMON88017	Campo
49	Monsanto Arg.	Maíz	Alto contenido de lisina libre en el grano	LY038	Campo
50	Monsanto Arg.	Soja	Incremento de rendimiento	GM_A12540 y otros	Campo
51	Monsanto Arg.	Maíz	Tolerancia a glifosato y resistencia a coleópteros	MON88017	Campo
52	Monsanto Arg.	Soja	Modificación en la composición de aceites	GM_A175644 y otros	Campo
53	Chacra Exp. Agrícola	Caña de azúcar	Tolerancia a herbicida	037-001 y otros	Campo
54	Monsanto Arg.	Maíz	Tolerancia a sequía	ZM_M38835 y otros	Campo
55	Bayer CropScience	Algodón	Resistencia a insectos y tolerancia a glufosinato de amonio	T304-40xGHB119	Campo
56	Bayer CropScience	Algodón	Resistencia a insectos y tolerancia a glufosinato de amonio	GHB119	Campo
57	Bayer CropScience	Algodón	Resistencia a insectos, tolerancia a glufosinato de amonio	T304-40	Campo
58	Bayer CropScience	Algodón	Tolerancia a glifosato	GHB614	Campo

TABLA 12.3 (CONT.) | Fuente: CONABIA | Continúa en la página siguiente

Eventos transgénicos aprobados en Argentina para su liberación al medio					
Nº	Empresa	Cultivo	Característica	Evento	Ambiente
59	Asoc. Don Mario S.A.	Soja	Tolerancia a glifosato	MON89788	Campo
60	Bayer CropScience	Maíz	Metabolismo de carbohidratos alterado, tolerancia al herbicida glufosinato de amonio	FLZMF162 00601 y otros	Campo
61	Bayer CropScience	Arroz	Tolerancia a glufosinato de amonio	LLRICE62	Campo
62	Monsanto Arg.	Maíz	Tolerancia a glifosato y resistencia a lepidópteros	NK603xMON810	Campo
63	Monsanto Arg.	Maíz	Tolerancia a glifosato y resistencia a lepidópteros	NK603xMON810	Campo
64	Monsanto Arg.	Maíz	Resistencia a coleópteros y tolerancia a glifosato	MON88017	Campo
65	Asoc. Don Mario S.A.	Soja	Tolerancia a glifosato y a herbicidas del grupo de las sulfonilureas	DP-356Æ43-5	Campo
66	INTA	Maíz	Resistencia al virus del mal de Río Cuarto	Eventos K11, N41, X40 y K45	Campo
67	EEAOC	Caña de azúcar	Tolerancia a glifosato	Tuc3Rh1 al Tuc3Rh1-40	Campo
68	Monsanto Arg.	Soja	Modificación en la composición de aceites y tolerancia a glifosato	GM_A38136 x MON89788	Campo
69	Monsanto Arg.	Soja	Tolerancia a glifosato	MON89788	Campo
70	Monsanto Arg.	Soja	Modificación en la composición de aceites y tolerancia a glifosato	MON87754xMON89788	Campo
71	Monsanto Arg.	Soja	Modificación en la composición de aceites	GM_A38136	Campo
72	Monsanto Arg.	Soja	Tolerancia a dicamba	GM_A89761 y otros	Campo
73	Monsanto Arg.	Soja	Tolerancia a glifosato	MON89788	Campo
74	Monsanto Arg.	Soja	Tolerancia a glifosato y resistencia a insectos	MON89788xMON87701	Campo
75	Monsanto Arg.	Soja	Modificación en la composición de aceites	MON87754	Campo
76	Monsanto Arg.	Soja	Resistencia a insectos	MON87701	Campo
77	Bayer CropScience	Algodón	Tolerancia a glifosato y glufosinato de amonio	GHB614xLL25	Campo
78	Pioneer Arg.	Maíz	Tolerancia a glifosato y a sulfonilureas	DP-Æ9814Æ-6	Campo
79	Pioneer Arg.	Soja	Tolerancia a glifosato y a sulfonilureas	DP-356Æ43-5xMON40-3-2	Campo

TABLA 12.4 (CONT.) | Fuente: CONABIA | Continúa en la página siguiente

Eventos Transgénicos Aprobados en Argentina para su Liberación al Medio					
Nº	Empresa	Cultivo	Característica	Evento	Ambiente
80	Bayer CropScience	Arroz	Metabolismo de Carbohidratos Alterado y Tolerancia a Glufosinato de Amonio	GAO00942-01801 y otros	Campo
81	Pioneer Arg.	Maíz	Resistencia al Virus del Mal de Río Cuarto	7150.89.1.1 y otros	Invernáculo y Campo
82	Pioneer Arg.	Maíz	Tolerancia a Glifosato, Glufosinato de Amonio, Sulfonilureas y Resistencia a Lepidópteros	DP-Æ9814E-6x1507	Campo
83	Bayer CropScience	Algodón	Resistencia a Insectos, Tolerancia a Glufosinato de Amonio y Glifosato	T304-40xGHB119xGHB614	Campo
84	Bayer CropScience	Arroz	Aumento de Rendimiento y Tolerancia a Glufosinato de Amonio	YT-1, YT-2, YT-3	Campo
85	Bayer CropScience	Arroz	Tolerancia a Stress Abiótico y Tolerancia a Glufosinato de Amonio	ST 41T y otros	Campo
86	Pioneer Arg.	Soja	Aumento de Ácido Oleico y Tolerancia a Glifosato	DP-305423-1xMON40-3-2	Campo
87	Pioneer Arg.	Soja	Tolerancia a Glifosato y a Sulfonilureas	DP-356Æ43-5	Campo
88	Pioneer Arg.	Maíz	Resistencia a Lepidópteros, Tolerancia a Glufosinato de Amonio y Glifosato	1507xNK603	Campo
89	Pioneer Arg.	Soja	Tolerancia a Glifosato, a Sulfonilureas y Alto Contenido de Ácido Oleico	DP-305423-1xDP-56043-5	Campo
90	Monsanto Arg.	Maíz	Alto Contenido de Lisina Libre en el Grano	LY038	Campo
91	Monsanto Arg.	Maíz	Tolerancia a Glifosato y Resistencia a Lepidópteros	NK603xMON810	Campo
92	Asoc. Don Mario S.A.	Soja	Con Tolerancia a Glufosinato de Amonio	A5547-127	Campo
93	Pau Semillas S.A.	Maíz	Tolerancia a Glifosato y Resistencia a Lepidópteros	NK603xMON810	Campo
94	Satus Ager S.A.	Soja	Tolerancia a Glifosato	MON89788	Campo
95	Asoc. Don Mario S.A.	Soja	Con Tolerancia a Glufosinato de Amonio	A2704-12	Campo
96	Dow AgrSc Arg. S.A.	Maíz	Resistencia a Lepidópteros, Tolerancia a Glufosinato de Amonio y a Glifosato	1507xNK603	Campo

TABLA 12.5 (CONT.) | Fuente: CONABIA | Continúa en la página siguiente

Eventos Transgénicos Aprobados en Argentina para su Liberación al Medio					
Nº	Empresa	Cultivo	Característica	Evento	Ambiente
97	AGIDEA S.A.	Maíz	Tolerancia a Glifosato y Resistencia a Coleópteros	MON88017	Campo
98	AGIDEA S.A.	Maíz	Resistencia a Lepidópteros, Coleópteros y Tolerancia a Glifosato	MON89034x88017	Campo
99	Syngenta Agro S.A.	Maíz	Alto Contenido de α-Amilasa y Resistencia a Lepidópteros	3272xBt11	Campo
100	Syngenta Agro S.A.	Maíz	Resistencia a Coleópteros y Lepidópteros	MIR604xBt11	Campo
101	Asoc. Don Mario S.A.	Soja	Tolerancia a Isoxaflutol y a Glifosato	FG72	Campo
102	Syngenta Agro S.A.	Soja	Tolerancia a Glifosato y a Sulfonilureas	DP-356Æ43-5	Campo
103	Syngenta Agro S.A.	Maíz	Alto Contenido de α-Amilasa y Resistencia a Lepidópteros	3272xBt11xMIR604	Campo
104	Syngenta Agro S.A.	Maíz	Resistencia a Coleópteros y Lepidópteros y Tolerancia a Glifosato	MIR604xBt11xGA21	Campo
105	Syngenta Agro S.A.	Maíz	Resistencia a Coleópteros y Tolerancia a Glifosato	MIR604xGA21	Campo
106	Syngenta Agro S.A.	Maíz	Resistencia a Lepidópteros y Tolerancia a Glifosato	Bt11xGA21	Campo
107	Syngenta Agro S.A.	Maíz	Resistencia a Lepidópteros, Tolerancia a Glifosato	MIR162xBt11xGA21	Campo
108	Syngenta Agro S.A.	Maíz	Resistencia a Lepidópteros	MIR162xBt11	Campo
109	M. del Pilar Alvarez	Maíz	Resistencia a Coleópteros	ZM_5210067 y otros	Campo
110	Nerina Giovagnoli	Soja	Resistencia a Insectos	MON87701	Campo
111	Syngenta Agro S.A.	Maíz	Resistencia a Coleópteros y Lepidópteros y Tolerancia a Glifosato	MIR604xMIR162xBt11xGA21	Campo
112	Syngenta Agro S.A.	Maíz	Resistencia a Coleópteros	MIR604	Campo
113	Nerina Giovagnoli	Soja	Tolerancia a Glifosato y Resistencia a Insectos	MON89788xMON87701	Campo
114	INTA	Naranja Amargo Sevillano	Resistencia al Virus de la Tristeza de los cítricos (VTC)	Eventos derivados de las construcciones p25, p23, IHP23-14	Invernáculo
115	Nerina Giovagnoli	Soja	Tolerancia a Glifosato	MON89788	Campo

TABLA 12.6 (CONT.) | Fuente: CONABIA | Continúa en la página siguiente

Eventos transgénicos aprobados en Argentina para su liberación al medio					
Nº	Empresa	Cultivo	Característica	Evento	Ambiente
116	NERINA GIOVAGNOLI	SOJA	CON MODIFICACIÓN EN LA COMPOSICIÓN DE ACEITES Y TOLERANCIA A GLIFOSATO	MON87754xMON89788	CAMPO
117	NERINA GIOVAGNOLI	SOJA	MODIFICACIÓN EN LA COMPOSICIÓN DE ACEITES	MON87754 (ANTES GM_A36712)	CAMPO
118	DOW AgrSc ARG. S.A.	Maíz	RESISTENCIA A LEPIDÓPTEROS, COLEÓPTEROS, TOLERANCIA A GLUFOSINATO DE AMONIO Y A GLIFOSATO	TC1507x59122xNK603	CAMPO
119	SYNGENTA AGRO S.A.	Maíz	CON RESISTENCIA A LEPIDÓPTEROS	MIR162	CAMPO
120	SYNGENTA AGRO S.A.	Maíz	RESISTENCIA A COLEÓPTEROS Y LEPIDÓPTEROS	MIR162xBt11xMIR604	CAMPO
121	SYNGENTA AGRO S.A.	Maíz	ALTO CONTENIDO DE α-AMILASA	3272	CAMPO
122	SYNGENTA AGRO S.A.	Maíz	COMPORTAMIENTO DIFERENCIAL ANTE ESTRÉS HÍDRICO	5217 Y 5224 DERIVADOS DEL PLÁSMIDO P3149	CAMPO
123	ASOC. DON MARIO S.A.	Maíz	TOLERANCIA A GLIFOSATO	HCEM485	CAMPO
124	BAYER CROPSc S.A.	SOJA	TOLERANCIA A GLUFOSINATO DE AMONIO	A5547-127	CAMPO
125	TECNOPLANT S.A.	PAPA	RESISTENCIA AL VIRUS PVY	SY230; SY233	INVERNÁCULO Y CAMPO
126	PIONEER ARG.	Maíz	ALTO CONTENIDO DE ÁCIDO OLEICO EN GRANO Y TOLERANCIA A GLUFOSINATO	PHP28156	CAMPO
127	PIONEER ARG.	Maíz	ALTO CONTENIDO DE FÓSFORO DISPONIBLE EN GRANO Y TOLERANCIA A GLUFOSINATO	PHP28189	CAMPO
128	PIONEER ARG.	Maíz	ALTO CONTENIDO DE ANTIOXIDANTES Y TOLERANCIA A GLUFOSINATO	PHP28278	CAMPO
129	PIONEER ARG.	Maíz	ALTO CONTENIDO DE ACEITE Y ÁCIDO OLEICO EN GRANO, MEJOR DIGESTIBILIDAD Y TOLERANCIA A GLUFOSINATO	PHP27347	CAMPO
130	PIONEER ARG.	Maíz	ALTO CONTENIDO DE ACEITE EN GRANO Y TOLERANCIA A GLUFOSINATO	PHP28289; PHP29528; PHP29806	CAMPO
131	PIONEER ARG.	Maíz	ALTO CONTENIDO DE ÁCIDO OLEICO Y DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO EN GRANO, MEJOR DIGESTIBILIDAD Y TOLERANCIA A GLUFOSINATO	PHP27643	CAMPO
132	PIONEER ARG.	Maíz	ALTO CONTENIDO DE ÁCIDO OLEICO EN GRANO, MEJOR DIGESTIBILIDAD Y TOLERANCIA A GLUFOSINATO	PHP27401	CAMPO

TABLA 12.7 (CONT.) | FUENTE: CONABIA | CONTINÚA EN LA PÁGINA SIGUIENTE

Eventos transgénicos aprobados en Argentina para su liberación al medio					
Nº	Empresa	Cultivo	Característica	Evento	Ambiente
133	CHACRA EXP. AGRÍCOLA	CAÑA DE AZÚCAR	TOLERANCIA A HERBICIDA	AAB037 A AAB060 (NA85-1602), JAB001 A JAB 0014 (NA02-2320) Y FAB 001 AL 006 (NA97-3152)	CAMPO
134	TECNOPLANT S.A.	PAPA	RESISTENCIA AL VIRUS PVY	SY230, SY233	CAMPO
135	DOW AgrSc ARG. S.A.	Maíz	RESISTENCIA A LEPIDÓPTEROS Y TOLERANCIA A GLUFOSINATO DE AMONIO Y GLIFOSATO	1507xNK603	CAMPO
136	GUILLERMO SCHEILD	CÁRTAMO	EXPRESIÓN DE GLA EN LAS SEMILLAS	CT01-4119-2	CAMPO
137	MONSANTO ARG.	Maíz	TOLERANCIA A SEQUÍA	MON87460	CAMPO
138	MONSANTO ARG.	Maíz	RESISTENCIA A LEPIDÓPTEROS Y COLEÓPTEROS Y TOLERANCIA A GLIFOSATO	MON89034xMON88017	CAMPO
139	MONSANTO ARG.	SOJA	TOLERANCIA A GLIFOSATO PROTECCIÓN A CIERTOS INSECTOS	MON89788xMON87701	CAMPO
140	EEAOC	SOJA	TOLERANCIA A SEQUÍA	A4-1 Y OTROS, Y M4-1 Y OTROS	CAMPO
141	IBBM, FULTAD DE Cs. EXACTAS DE LA UNLP E INTA EEA CONCORDIA	NARANJO DULCE	RESISTENCIA AL VIRUS DE LA PSOROSIS (CPsV)	CONSTRUCCIÓN HP54K: 6 EVENTOS, CONSTRUCCIÓN HP48K: 7 EVENTOS, CONSTRUCCIÓN HP24K: 8 EVENTOS.	INVERNÁCULO
142	DOW AgrSc ARG. S.A.	Maíz	RESISTENCIA A LEPIDÓPTEROS Y COLEÓPTEROS Y TOLERANCIA A GLUFOSINATO DE AMONIO Y GLIFOSATO	1507x59122xNK603	CAMPO
143	DOW AgrSc ARG. S.A.	Maíz	RESISTENCIA A LEPIDÓPTEROS Y TOLERANCIA A GLUFOSINATO DE AMONIO Y A GLIFOSATO	1507xNK603	CAMPO
144	DOW AgrSc ARG. S.A.	Maíz	RESISTENCIA A COLEÓPTEROS, LEPIDÓPTEROS Y TOLERANCIA A GLUFOSINATO DE AMONIO	1507x59122	CAMPO
145	MONSANTO ARG.	SOJA	TOLERANCIA A GLIFOSATO	MON89788	PRODUCCIÓN
146	ASOC. DON MARIO S.A.	SOJA	TOLERANCIA A GLIFOSATO	MON89788	PRODUCCIÓN

TABLA 12.8 (CONT.) | FUENTE: CONABIA

Tres cultivos (soja, maíz y algodón) cuentan en Argentina con autorización para la comercialización de variedades o híbridos que poseen determinados eventos transgénicos.

Eventos Aprobados en 2007 para la Producción de Semillas				
Nº	Empresa	Cultivo	Característica	Evento (Producto)
1	Pioneer Argentina	Maíz	Resistencia a lepidópteros, tolerancia a glufosinato de amonio y tolerancia a glifosato	TC1507xNK603
2	Pioneer Argentina	Maíz	Resistencia a lepidópteros y coleópteros, tolerancia a glufosinato de amonio y a glifosato	TC1507xNK603xE4497.59.1.22
3	Monsanto Argentina	Maíz	Resistencia a coleópteros y lepidópteros	MON863xMON810
4	Monsanto Argentina	Maíz	Resistencia a lepidópteros	MON89034
5	Monsanto Argentina	Maíz	Resistencia a lepidópteros, coleópteros y tolerancia a glifosato	MON89034xMON88017
6	Monsanto Argentina	Maíz	Tolerancia a glifosato y resistencia a coleópteros	MON88017
7	Monsanto Argentina	Maíz	Tolerancia a glifosato y resistencia a coleópteros	NK603xMON863
8	Monsanto Argentina	Maíz	Tolerancia a glifosato y resistencia a coleópteros y lepidópteros	MON88017xMON810
9	Monsanto Argentina	Maíz	Resistencia a coleópteros, lepidópteros y tolerancia a glifosato	MON863xMON810xNK603
10	Monsanto Argentina	Maíz	Resistencia a lepidópteros y tolerancia a glifosato	MON89034xNK603
11	Southern Seeds Production S.A.	Maíz	Resistencia a coleópteros y tolerancia a glifosato	MIR604WRxGA21
12	Southern Seeds Production S.A.	Maíz	Tolerancia a glifosato, resistencia a coleópteros y a lepidópteros	MON88017xMON810
13	Southern Seeds Production S.A.	Maíz	Resistencia a coleópteros y lepidópteros	MIR604WRxBt11
14	Southern Seeds Production S.A.	Maíz	Resistencia a coleópteros, lepidópteros y tolerancia a glifosato	MIR604xBt11xGA21
15	Monsanto Argentina	Maíz	Resistencia a coleópteros y tolerancia a glifosato	MON88017
16	Satus Ager S.A.	Maíz	Resistencia a coleópteros y tolerancia a glifosato Resistencia a coleópteros y lepidópteros y tolerancia a glifosato	MON88017, MON88017xMON810
17	Satus Ager S.A.	Maíz	Resistencia a coleópteros y tolerancia a glifosato Resistencia a coleópteros y lepidópteros y tolerancia a glifosato	MON863xMON810, MON863xMON810xNK603
18	Satus Ager S.A.	Maíz	Resistencia a coleópteros y lepidópteros y tolerancia a glifosato	MON88017xMON810
Tabla 13 (cont.) Fuente: Conabia Continúa en la página siguiente				

Eventos Aprobados en 2007 para la Producción de Semillas				
Nº	Empresa	Cultivo	Característica	Evento (Producto)
19	Satus Ager S.A.	Maíz	Resistencia a lepidópteros y tolerancia a glifosato	MON810xNK603,
20	Monsanto Argentina	Maíz	Resistencia a coleópteros, lepidópteros y tolerancia a glifosato	MON863xMON810xNK603
			Tolerancia a glifosato resistencia a coleópteros y tolerancia a glifosato	MON863xNK603
21	Monsanto Argentina	Maíz	Alto contenido de lisina, resistencia a lepidópteros y tolerancia a glifosato alto contenido de lisina y resistencia a lepidópteros	LY038xMON810xNK603, LY038xMON810
22	Monsanto Argentina	Maíz	Tolerancia a glifosato y resistencia a coleópteros y alto contenido de lisina y resistencia a lepidópteros	MON88017xLY038xMON810
23	Monsanto Argentina	Maíz	Tolerancia a glifosato, resistencia a coleópteros y alto contenido de lisina	MON88017xLY038
24	Pioneer Argentina	Maíz	Resistencia a lepidópteros, tolerancia a glufosinato de amonio y glifosato	1507xNK603
25	Pioneer Argentina	Maíz	Resistencia a coleópteros resistencia a coleópteros y tolerancia a glifosato resistencia a coleópteros y lepidópteros y tolerancia a glufosinato de amonio	E4497.59.1.22, E4497.59.1.22xNK603, E4497.59.1.22xTC1507
26	Pioneer Argentina	Maíz	Resistencia a lepidópteros, tolerancia a glufosinato de amonio y a glifosato	1507xNK603
27	Pioneer Argentina	Maíz	Resistencia a lepidópteros y coleópteros y tolerancia a glufosinato de amonio y a glifosato	TC1507xNK603xE4497.59.1.22
28	Asoc. Don Mario S.A.	Maíz	Resistencia a lepidópteros, tolerancia a glufosinato de amonio y a glifosato	1507xNK603
29	Satus Ager S.A.	Maíz	Resistencia a lepidópteros y tolerancia a glifosato	MON810xNK603
30	Syngenta Agro S.A.	Maíz	Resistencia a coleópteros y lepidópteros	MIR604WRxBt11
31	Syngenta Agro S.A.	Maíz	Resistencia a coleópteros y tolerancia a glifosato	MIR604WRxGA21
32	Syngenta Agro S.A.	Maíz	Resistencia a coleópteros, lepidópteros y tolerancia a glifosato	MIR604WRxBt11xGA21
33	Syngenta Agro S.A.	Maíz	Resistencia a coleópteros	MIR604WR
34	Monsanto Argentina	Maíz	Resistencia a coleópteros, tolerancia a glifosato y alto contenido de lisina libre en el grano	MON88017xLY038
35	Southern Seeds Production S.A.	Maíz	Tolerancia a glifosato, resistencia a lepidópteros y coleópteros	GA21xBt11xMIR604
Tabla 13.1 (cont.) Fuente: Conabia Continúa en la página siguiente				

EVENTOS APROBADOS EN 2007 PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLAS				
Nº	EMPRESA	CULTIVO	CARACTERÍSTICA	EVENTO (PRODUCTO)
36	SOUTHERN SEEDS PRODUCTION S.A.	MAÍZ	TOLERANCIA A GLIFOSATO, RESISTENCIA A LEPIDÓPTEROS Y COLEÓPTEROS	GA21xBT11xMIR604
37	SOUTHERN SEEDS PRODUCTION S.A.	MAÍZ	RESISTENCIA A LEPIDÓPTEROS, TOLERANCIA A GLUFOSINATO DE AMONIO Y GLIFOSATO	1507xNK603
38	SOUTHERN SEEDS PRODUCTION S.A.	MAÍZ	RESISTENCIA A COLEÓPTEROS, LEPIDÓPTEROS Y TOLERANCIA A GLIFOSATO	MIR604xBT11xGA21
39	KRUGUER S.A.	MAÍZ	RESISTENCIA A COLEÓPTEROS Y LEPIDÓPTEROS Y TOLERANCIA A GLUFOSINATO DE AMONIO	TC1507x59122
40	SYNGENTA AGRO S.A.	MAÍZ	RESISTENCIA A LEPIDÓPTEROS Y TOLERANCIA A GLIFOSATO	Bt11xGA21
41	ASOC. DON MARIO S.A.	MAÍZ	TOLERANCIA A GLIFOSATO, RESISTENCIA A COLEÓPTEROS Y LEPIDÓPTEROS	MON88017xMON810
42	SATUS AGER S.A.	MAÍZ	RESISTENCIA A COLEÓPTEROS Y TOLERANCIA A GLIFOSATO I RESISTENCIA A LEPIDÓPTEROS Y COLEÓPTEROS Y TOLERANCIA A GLIFOSATO	MON88017, MON88017xMON810
43	DOW AGRSC. ARGENTINA	MAÍZ	RESISTENCIA A LEPIDÓPTEROS Y TOLERANCIA A GLUFOSINATO DE AMONIO Y A GLIFOSATO	TC1507xNK603
TABLA 13.2 (CONT.) I FUENTE: CONABIA				

El resultado final de estos procesos se manifestará en niveles de competencia generados por las malezas crucíferas y de contaminación de las semillas del cultivo con semillas de estas malezas que reducirán significativamente la duración de esta tecnología en el mercado.

En este contexto se debería pensar si realmente es conveniente ingresar al sistema productivo argentino una especie genéticamente modificada de la familia de las crucíferas, que por ello, presenta en nuestra región agrícola un mayor riesgo de generar problemas de más difícil solución que otras especies como girasol, soja o maíz.

RESOLUCIÓN N° 228.

Mediante la Resolución N° 228 del 11 de abril de 1997, el Secretario de Agricultura, Ganadería, Pesca

y Alimentación resuelve no otorgar el permiso para la realización del Ensayo de Liberación al Medio de Canola Genéticamente Modificada correspondiente al evento de transformación GT73.

Hoy se cultivan unas 20 millones de hectáreas con cultivos transgénicos en Argentina. La evolución ha sido espectacular desde el lanzamiento de las primeras variedades de soja tolerantes a herbicidas en 1996. Deben existir pocos casos en el mundo, salvo en los casos del *software* y el *hardware*, en los que una tecnología determinada es adoptada de manera masiva en tan poco tiempo (*Tabla 14*).

UNA MIRADA HACIA EL PORVENIR.

¿Habrà imaginado Don Enrique Klein que el trigo alcanzaría rendimientos superiores a los 7.000 kg ha⁻¹ en Argentina? ¿Habrà soñado alguna vez Don Walter

Kugler que el maíz superaría la barrera de los diez mil? ¿Davreux se habrá detenido a pensar por un momento que Argentina haría un invaluable aporte al fondo genético de girasol hacia el mundo desarrollado, o Ferrarotti que la soja ocuparía un lugar de privilegio para la economía nacional a partir del mejoramiento local? Aunque también es posible que el avance en los conocimientos haya arrojado una realidad que logró superar el límite de sus sueños y aspiraciones, como los del resto de los pioneros.

Hoy se puede asegurar que la variabilidad natural de las especies ha sido eficientemente explotada por el mejoramiento genético de los cultivos extensivos en Argentina. Existen sólidas bases científicas para pensar que dicha variabilidad aún no está explotada en un 100%, con lo cual aún existen desafíos, ardua es la tarea y promisorio el devenir de los tiempos

La asistencia de técnicas moleculares desarrolladas a partir de mediados del Siglo XX, cuando fue descripta la estructura molecular del ADN, ya ha contribuido a efectivos y provechosos avances en el camino de mejorar los cultivos en tanto la humanidad demanda

cantidades crecientes y calidades superiores.

¿Qué nos queda por imaginar de los años por venir? A la luz de la celeridad de los avances tecnológicos ayudados por la electrónica y la informática, la respuesta se torna difícil, aun para las mentes más imaginativas. Lo que se puede augurar con esperanzas es que muchos y variados hitos favorables seguirán sucediendo en la genética de los cultivos en el mundo. Para que Argentina siga teniendo con su ciencia y técnica un lugar de privilegio, la responsabilidad que marcan los tiempos está relacionada con la consolidación de los cimientos donde el andamiaje del futuro ha de ser construido.

La formación de Recursos Humanos, la generación de ambientes favorables para el desarrollo de inversiones y la estructuración de un sistema jurídico acorde al nuevo orden universal, son materias que deben tener a los argentinos en plena labor, sin dar descanso a su evolución.

Hacia el 2030 habrá más de 5.000 millones de habitantes en el planeta. Solo para satisfacer la demanda de alimentos es imperativo duplicar la

EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE CULTIVADA CON OGM (EN MILES DE HECTÁREAS)							
	SOJA TH	MAÍZ BT	MAÍZ TH	MAÍZ BT x TH	ALGODÓN BT	ALGODÓN TH	TOTAL
96/97	370	-	-	-	-	-	370
97/98	1.756	-	-	-	-	-	1.756
98/99	4.800	13	-	-	5	-	4.818
99/00	6.640	192	-	-	12	-	6.844
00/01	9.000	580	-	-	25	-	9.605
01/02	10.925	840	-	-	10	-	11.775
02/03	12.446	1.120	-	-	20	0.6	13.586
03/04	13.230	1.600	-	-	58	7	14.854
04/05	14.058	2.008	14.5	-	55	105	16.241
05/06	15.200	1.625	70	-	22.5	165	17.082
06/07	15.840	2.046	217	-	88	232	18.423
07/08	16.600	2.509	369	82	162.3	124	19.846
08/09	17.000	1.536	320	800	72	210	19.938
TABLA 14 I FUENTE: ARGENBIO I 2009							

producción en los próximos 20 años y trabajar para los más de 8.000 millones que habrá hacia el 2050. Dentro del período de análisis se han producido tres desarrollos muy importantes en biotecnología en los últimos treinta años. Primero fue el de las herramientas de introducción y expresión de genes interespecíficos o intergenéricos en un diverso espectro de cultivos, un área de énfasis durante los 80. En segundo orden, el desarrollo de productos basados en la transeferencia de caracteres gobernados por genes simples y los esfuerzos de la doctrina regulatoria para lograr apoyo público y comercial durante los 90. En tercer lugar, y mucho más reciente, se menciona el apilado de caracteres combinando diferentes genes de control para enfermedades, malezas e insectos en una misma planta. Estos desarrollos modernos han sido una complementación fundamental a la fitotécnia de las últimas décadas, le han dado al mercado cultivos más produc-

En tercer lugar, y mucho más reciente, se menciona el apilado de caracteres combinando diferentes genes de control para enfermedades, malezas e insectos en una misma planta. Estos desarrollos modernos han sido una complementación fundamental a la fitotécnia de las últimas décadas, le han dado al mercado cultivos más productivos y con mayor calidad en su oferta.

tivos y con mayor calidad en su oferta. Argentina no se ha quedado afuera de esta evolución. Por el contrario, ha sido uno de los países que han liderado algunos de los procesos. A la luz del avance agrobiotecnológico es preciso comprender que los caracteres a incorporar en el futuro serán más complejos, estarán gobernados por genes múltiples que les otorgarán herramientas a los cultivos que irán más allá del control de plagas y malezas o reducción de costos de producción, y abordarán atributos de alta calidad, protección del planeta y la agricultura asistirá a la farmacopea o la provisión energética, entre otras áreas de la economía. Si bien el hecho de aceptar la biotecnología como herramienta para el mejoramiento genético sigue siendo un tema cuestionado por muchas personas, ha tomado gran impulso y el futuro se percibe promisorio. Es preciso que Argentina sea partícipe fundamental de los tiempos venideros y no abandone su liderazgo bien ganado en el concierto mundial.

A pesar de la crisis financiera global, las inversiones en agrobiotecnología ascendieron a una cifra mayor a los 2.500 millones de dólares en el mundo durante 2008, si se tiene en cuenta los países desarrollados y los emergentes. En el mismo período, en América Latina se invirtieron 133 millones de dólares (5% del total). A Brasil le corresponde el 51%, a México el 19%, a Venezuela el 9% y el 6% restante está vinculado con las inversiones en Argentina.

Poco a poco, la humanidad les extiende un crédito a las ciencias del ADN en su búsqueda por proveer mayor cantidad y calidad de alimentos, alternativas energéticas a los combustibles no renovables, productos medicinales y farmacéuticos de origen vegetal, además de la lucha contra enfermedades, plagas, malezas y eventos meteorológicos negativos y azarosos provenientes del cambio climático. En el mencionado con-

texto, es preciso que Argentina revise su participación y las políticas públicas relacionadas con su sistema de investigación público, privado, las condiciones predisponentes para las inversiones y su normativa ligada a la propiedad intelectual y el marco regulatorio.

La *Tabla 15* desarrolla una hipótesis de crecimiento de la producción granaria considerando la participación del mejoramiento genético y la biotecnología como aporte esencial a la productividad total. Estas cifras podrían a ser positivamente superiores en caso de incrementarse las inversiones, pero podrían caer si el sistema de investigación no contara con la financiación necesaria. Una historia similar a la narrada en este capítulo probablemente sea escrita dentro de 50 años o más. Los científicos, los empresarios, los productores, las autoridades políticas y los legisladores hoy tienen una gran responsabilidad para que en el futuro sea posible narrar una sucesión de éxitos, tal como podemos

A pesar de la crisis financiera global, las inversiones en agrobiotecnología ascendieron a una cifra mayor a los 2.500 millones de dólares en el mundo durante 2008, si se tiene en cuenta los países desarrollados y los emergentes.

hacerlo en el presente. Para ello, muchas cosas deberán cambiar en Argentina. Pero ese análisis es independiente de quienes con el trabajo cotidiano hemos dedicado la vida a la genética vegetal. A nosotros nos queda la disposición y la esperanza.

PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN ARGENTINA CON MEJORAMIENTO Y BIOTECNOLOGÍA				
	2008	2015	2030	2050
SUPERFICIE COSECHADA (1)				
CEREALES (A)	9779	13975	15385	16705
% PARTICIPACIÓN	33%	35%	36%	36%
OLEAGINOSOS (B)	18958	25100	26200	28400
% PARTICIPACIÓN	64%	63%	61%	61%
OTROS CULTIVOS	913	1000	1130	1260
% PARTICIPACIÓN	3%	2%	3%	3%
SUPERFICIE TOTAL	29650	40075	42715	46365
	2008	2015	2030	2050
PRODUCCIÓN (2)				
CEREALES (A)	41150	55456	67759	79884
% PARTICIPACIÓN	44%	42%	43%	43%
OLEAGINOSOS (B)	50878	74686	86464	102660
% PARTICIPACIÓN	55%	57%	55%	56%
OTROS CULTIVOS	995	1320	1568	1887
% PARTICIPACIÓN	1%	1%	1%	1%
PRODUCCIÓN TOTAL	93023	131462	155791	184431
	2008	2015	2030	2050
RENDIMIENTOS				
CEREALES (A)	4.208	4.166	4.712	5.356
OLEAGINOSOS (B)	2.684	3.184	3.696	4.266
OTROS CULTIVOS	1.090	1.452	1.554	1.498
(1) MILES DE HECTÁREAS (2) MILES DE TONELADAS (A) MAÍZ + TRIGO + SORGO (B) SOJA + GIRASOL				
TABLA 15 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA SOBRE DATOS DE LA SAGPYA Y ARGIPAC				

NOTA DEL AUTOR.

Es necesario realizar un especial agradecimiento al editor por la inclusión de este capítulo en la obra que presenta los últimos 60 años de la agricultura argentina. Se hace particularmente importante, ya que mucho de lo aquí volcado no se encuentra en bibliografía previa, sino que permanece en la memoria y honestidad intelectual del autor, y una cantidad de personas consultadas que han sido partícipes directos de esta historia y prestado desinteresada colaboración. Por ello, vaya un extensivo agradecimiento a quienes, apelando a sus recuerdos, permiten que se plasmen

por medio de la comunicación escrita una cantidad importante de hechos ocurridos durante la historia de la agrobiotecnología en Argentina.

Gracias a Miguel Rapela, Oscar Domingo, Guillermo Eyherabide, Carlos Ripoll, Julio Rafael Ferrarotti, Oscar Klein, Néstor Machado, Eduardo Costa, Rubén Miranda, Aurelio Luciano, Amelia Bertero de Romano, Jorge Dolinkue, Carlos Sala, Gabriela Levitus y Daniel Rolón. Por las fotografías a Rodolfo Rossi, Rubén Miranda, Claudia Nari, Aurelio Luciano, Eduardo Costa y Oscar Klein.

BIBLIOGRAFÍA

> ACADEMIA NACIONAL DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA, 1969. SIMPOSIO DEL TRIGO. ACADEMIA NACIONAL DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA.

> ASA, 2005. ISF NATIONAL SECRETARIES MEETING. ARGENTINE SITUATION UPDATE. CONFERENCIA.

> ASAGIR, 2003. SEGUNDO CONGRESO ARGENTINO DE GIRASOL. ASAGIR.

> BERTERO DE ROMANO, A., VÁZQUEZ, A., 2003. ORIGEN DE LAS VARIEDADES ARGENTINAS DE GIRASOL. ASAGIR.

> BURRILL, 2008. BIOTECH 2008 LIFE SCIENCE. A 20/20 VISION TO 2020 (142-171). BURRILL & Co. LLC.

> EYHERABIDE, G., 2006. MEJORAMIENTO GENÉTICO DE MAÍZ Y SU TRAYECTORIA EN ARGENTINA. ILSI ARGENTINA, SERIE DE INFORMES ESPECIALES.

> FERRAROTTI, 2003. SIETE AÑOS DE CULTIVOS TRANSGÉNICOS EN ARGENTINA. REDBIO. GOIANIA, BR. CONFERENCIA. INÉDITO.

> FERRAROTTI, J., 1999. EVOLUCIÓN DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE SOJA EN ARGENTINA. MERCOSOJA '99 (12-15). CIASFE-AIANBA.

> FERRAROTTI, J., 2004. SOYBEAN BREEDING PROGRAM IN ARGENTINA. VII WORLD SOYBEAN CONFERENCE. FOSS DO IGUASSU. EMBRAPA.

> FERRAROTTI, J., 2007. MEJORAMIENTO GENÉTICO DE SOJA EN AMÉRICA. CONFERENCIA. CONGRESO ARGENTINO DE GENÉTICA. SOCIEDAD ARGENTINA DE GENÉTICA.

> FLAVELL, R., 1999. BIOTECNOLOGÍA PARA EL SECTOR AGROPECUARIO DE LOS PAÍSES EN DESARROLLO: PROBLEMAS Y OPORTUNIDADES. BIOTECNOLOGÍA Y NECESIDADES DE ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN.

> GIORDA, L., BAIGORRI, H., 1997. EL CULTIVO DE LA SOJA EN ARGENTINA. INTA.

> GIORDANO, E., SENIN GARCÍA, N, 1967. LEGISLACIÓN SOBRE FISCALIZACIÓN DE SEMILLAS DE CEREALES Y OLEAGINOSOS EN ARGENTINA. DESDE 1902 HASTA 1966. RESEÑA DE LA EVOLUCIÓN Y MEJORAMIENTO VARIETAL DE LA PRODUCCIÓN. RÉGIMEN DE FISCALIZACIÓN.

> GUTIÉRREZ, M., 1985. EL ORIGEN DE LAS SEMILLAS MEJORADAS DE TRIGO Y MAÍZ EN LA ARGENTINA: LA DINÁMICA DE LA CREACIÓN Y LAS MODALIDADES DE INVESTIGACIÓN PÚBLICA Y PRIVADA. BUENOS AIRES, CISEA, DOCUMENTO PROAGRO Nº 15.

> GUTIÉRREZ, M., 1988. SEMILLAS MEJORADAS: DESARROLLO INDUSTRIAL E IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA. PP. 176- 211. EN BARSKY ET AL. LA AGRICULTURA PAMPEANA. TRANSFORMACIONES PRODUCTIVAS Y SOCIALES. BUENOS AIRES, FONDO DE CULTURA ECONÓMICA.

> HARRIES, A. Y C. RIPOLL, 1998. EVOLUCIÓN DEL FITOMEJORAMIENTO Y LA PRODUCCIÓN DE SEMILLAS EN NUESTRO PAÍS. ESTRUCTURAS OFICIALES Y SU MARCO REGULATORIO DESDE COMIENZOS DE SIGLO.

> HUERGO, H., 2008. HISTORIA DE LA SOJA PERONISTA. CLARÍN RURAL.

> INTA, 1997. HISTORIA DOCUMENTAL 40 ANIVERSARIO. TOMOS I Y II. EDICIONES ARGENTINAS.

> JAY P. KESAN, J. Y GALLO, A., 2005. PROPERTY RIGHTS AND INCENTIVES TO INVEST IN SEED VARIETIES: GOVERNMENTAL REGULATIONS IN ARGENTINA. AGBioFORUM, 8(2&3): 118-126.

> MIKEL, M., DUDLEY, J., 2006. EVOLUTION OF NORTH AMERICAN DENT CORN FROM PUBLIC TO PROPRIETARY GERMPLASM. CROP SCIENCE. VOL 46 (1193-1205).

> MIRANDA FILHO J. Y VIÉGAS G., 1987. MILHO HÍBRIDO. PP 277- 340. IN PATERNIANI, E. Y VIÉGAS G. (ED.). MELHORAMENTO E PRODUÇÃO DO MILHO. FUNDAÇÃO CARGILL, CAMPINAS, SP.

> OESTERHELD, M., 2005. LA TRANSFORMACIÓN DE LA

AGRICULTURA ARGENTINA. LOS CAMBIOS EN LA AGRICULTURA ARGENTINA Y SUS CONSECUENCIA. REVISTA CIENCIA HOY. VOLUMEN 15. Nº 87.

> PRECIADO PATIÑO, J., 2009. 25 AÑOS DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LA SOJA EN ARGENTINA. CONFERENCIA. INÉDITO.

> RAPELA, M., 2005. PLANTAS TRANSGÉNICAS, BIOSEGURIDAD Y PRINCIPIO PRECAUTORIO. EDULP.

> RAPELA, M., 2006. COMO PLAGA DE LANGOSTA. INÉDITO.

> RAPELA, M., 2009. ASA Y LA INDUSTRIA SEMILLERA. SEMINARIO OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS PARA LA CADENA DE MAÍZ. MAIZAR. CONFERENCIA.

> RAPELA, M., SCHÖTZ, G., DEL ACEBO IBÁÑEZ, E., MASSOT, J., NOIR, H., SÁNCHEZ, F., SÁNCHEZ HERRERO, A., STRUBBIA, M., WITHAUS, M. , 2006. INNOVACIÓN Y PROPIEDAD INTELECTUAL EN MEJORAMIENTO VEGETAL Y BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA. EDITORIAL HELIASTA.

> ROSSI, D., 1997. MEJORAMIENTO DE LAS PLANTAS ALÓGAMAS A TRAVÉS DE LA HIBRIDACIÓN. DEPARTAMENTO DE PUBLICACIONES, F.C.A., U.N.R.. MONOGRAFÍA Nº 002, 63 pp.

> ROSSI, D., 2006. EL CONTEXTO DEL PROCESO DE ADOPCIÓN DE

CULTIVARES TRANSGÉNICOS EN LA ARGENTINA. FCA, AGROMENSAJES: 20:16-27.

> ROSSI, D., 2007. EVOLUCIÓN DE LOS CULTIVARES DE MAÍZ UTILIZADOS EN ARGENTINA. AGROMENSAJES (3-36).

> ROSSI, R., 1987. SOYBEAN BREEDING PROGRAM IN ARGENTINA. OBJECTIVES, ROLE AND IMPACT OF THE PRIVATE SECTOR. IV CONFERENCIA MUNDIAL DE SOJA. V: 2329-2337.

> SALAMINI, F., 1999. NORTH-SOUTH INNOVATION TRANSFER. NATURE BIOTECHNOLOGY 17. SUPLEMENT A (11-12)

> SANTOS, D. ET AL, 2006. GANANCIA GENÉTICA EN SOJA EN ARGENTINA ENTRE 1980 Y 2000. MERCOSOJA 2006, 196-200. ACSOJA.

> TASCA, I., 2001. A REZA, O ESPANTALHO E OS TRANSGÉNICOS. MITOS, MEDO E CIÊNCIA NA AGRICULTURA. ALDEIA SUL.

> TRIGO, E., CAP, E., 2006. DIEZ AÑOS DE CULTIVOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS EN LA AGRICULTURA ARGENTINA. ARGENBIO.

> YALUNGO, Y., GRAMICCI, J., 2008. DISTRIBUCIÓN DE VARIEDADES EN LAS SUBREGIONES TRIGUERAS. SAGPYA.

Páginas y sitios de Internet.

> WWW.ACACOOOP.COM.AR

> WWW.ARGENBIO.ORG.AR

> WWW.ASAGIR.ORG.AR

> WWW.BIOCERES.COM.AR

> WWW.BUCKSEMILLAS.COM.AR

> WWW.ENGORMIX.COM.AR

> WWW.INASE.GOV.AR

> WWW.INTA.GOV.AR

> WWW.MONSANTO.COM.AR

> WWW.MONSANTO.ES

> WWW.SAGPYA.MECON.GOV.AR

> WWW.TRIGOKLEIN.COM.AR

> WWW.IICA.INT