

EVOLUCIÓN DE LOS CULTIVARES DE MAÍZ UTILIZADOS EN LA ARGENTINA

Las variedades locales o criollas (*landraces*) de maíz cultivadas en la Argentina a principios del siglo XX se habrían derivado, en parte, de semillas traídas por agricultores inmigrantes del Norte de Italia. Sin embargo, dado que el maíz ya se cultivaba antes de la dominación española, esas poblaciones se habrían cruzado con materiales americanos colorados duros o flint, cuyo origen geográfico, según algunos autores, sería el sur de Brasil, Paraguay y noreste argentino. En cuanto a los maíces dentados, si bien hubo introducción de semillas, su difusión fue sumamente escasa hasta las 2 últimas décadas del siglo.

Los materiales de polinización abierta (OP) más difundidos eran los piamonteses, de tipo colorado con grano mediano a grande, los llamados cuarentinos o cincuentinos, tipo flint de grano mediano a pequeño, y los amarillos conocidos como canario u 8 filas y amarillo común de 14 hileras.

Posteriormente, E. Klein logró 4 cultivares de polinización libre trabajando con germoplasma argentino y uruguayo. Los mismos exhibían mayor uniformidad y mejor textura de grano que las variedades difundidas más adaptadas pero no superaban su rendimiento.

Los trabajos de mejoramiento de maíz por endocria e hibridación se iniciaron en la década del 20 por iniciativa oficial, a partir del citado germoplasma. No obstante, debido a los magros presupuestos asignados, diversas razones institucionales y disputas políticas, así como por la priorización del mejoramiento del trigo, las tareas fueron interrumpidas en numerosas oportunidades. Recién en 1945 se lograron los primeros híbridos dobles (HD), Santa Fe N° 2 y Santa Fe N° 3, en la Estación

Experimental Ángel Gallardo, los que fueron inscriptos en 1949 en el Registro Oficial creado a partir de la Ley de Granos N° 12.253, Capítulo "Fomento de la Genética". En cambio, en los Estados Unidos (EE.UU.) la difusión de este tipo de cultivares había comenzado en los años 30 con un fuerte estímulo estatal a los criaderos privados como Pioneer, fundado en 1913 (Tabla 1).

Con el advenimiento de los primeros maíces híbridos a partir de los años 50, la industria se fue consolidando alrededor de las actividades del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y luego del INTA, en el sector público. Así, la Estación Experimental de Pergamino logró en 1951 la inscripción de los HD Pergamino N° 1 M.A.G. y Pergamino N° 2 M.A.G., el que alcanzó gran difusión por su rendimiento y buena calidad de grano, tipo piamontés. En 1960 se inscribió Pergamino Pitá S.A.G. y Pergamino Guazú S.A.G. y en 1962 Abatí INTA, de buen rendimiento, tipo piamontés colorado duro como los anteriores. Los 4 maíces de Pergamino alcanzaron muy buena difusión así como los híbridos Santa Fe N° 3 y Santa Fe N° 4.

Ese material genético, junto con los recursos humanos capacitados en el ámbito público, constituyeron parte de los recursos utilizados posteriormente por las empresas privadas dedicadas al negocio de los híbridos. El aspecto normativo más notable de esta época es el dictado, en 1959, de una Resolución de la Secretaría de

Agricultura que estableció el "pedigree cerrado" para los cultivares híbridos del sector privado. Es decir que ya no se requeriría revelar las fórmulas híbridas ni fiscalizar los lotes de semilla parental, estableciendo una forma de protección de los derechos de propiedad intelectual (DPI) conocida como secretos industriales o comerciales. En tanto, para las instituciones públicas regía el "pedigree abierto", con lo cual se debían revelar las fórmulas, fiscalizar los lotes de semilla parental y ceder las líneas endocriadas a quien lo solicitara, ya que se consideraban bienes públicos. De este modo, al aplicarse el principio de subsidiariedad del Estado en materia de fitomejoramiento, se crearon las condiciones para la apropiación privada de creaciones públicas y el desarrollo de la industria semillera en materia de híbridos de maíz.

En la industria privada de semillas participaba un grupo de pequeñas a medianas empresas locales, tales como Buck y Klein, especializadas en trigo, y Morgan, adquirida luego por Mycogen y hoy perteneciente a Dowagrosiences, conocida por la calidad de sus híbridos de maíz flint. También se instalaron en el país subsidiarias de corporaciones transnacionales (TCs) como Cargill (actualmente la división local de semillas pertenece a Monsanto), Asgrow (adquirida luego por Nidera), Dekalb (hoy Monsanto), Northrup King (luego Ciba Geigy, Novartis y hoy Syngenta). Finalmente, hacia los 90 se fueron sumando otras compañías como Pioneer (adquirida

Tabla 1: Porcentaje del área maicera sembrada con cultivares híbridos en los EE.UU.

	Campañas							
	1933	1935	1937	1940	1945	1950	1956	1960
%	0,1	1,1	8	30	65	78	91	100

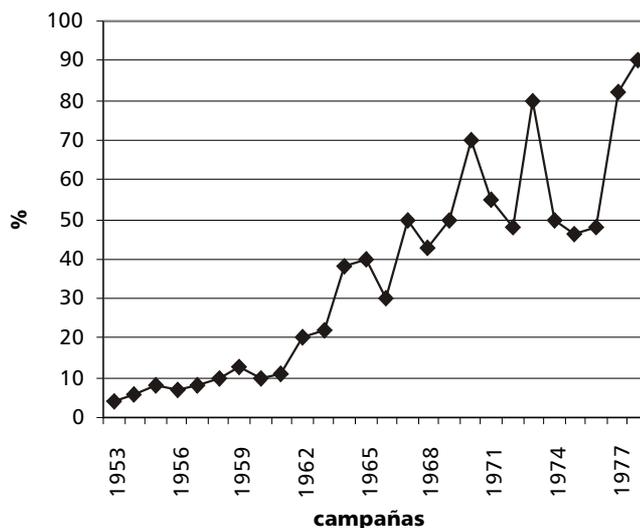
Fuente: USDA, 2006.

luego por DuPont), Don Mario, etc. En cuanto al tipo de cultivares, los HD fueron sustituyendo gradualmente a las variedades OP durante un período de 30 años (Gráfico 1).

Luego se introdujeron los híbridos de 3 líneas (3 vías, TWC) a partir del años 80 y en la década del 90 se consolidó el predominio de los híbridos simples (HS). Más recientemente se incorporó a la oferta varietal materiales con tolerancia a herbicidas de la familia de las imidazolinonas (IMI, CL o IT, tecnología Clearfield®) y, a partir de 1998, cultivares portadores de eventos de transformación genética (transgénicos). Los cultivares que incorporan mayor tecnología, como los híbridos simples de elite ("de punta"), los genéticamente modificados (OGM) y otros que, sin ser transgénicos, presentan ciertos atributos diferenciales como los IMI, al permitir márgenes más atractivos para la industria, son desarrollados por las empresas líderes. Aunque hoy existen unos 40 Criaderos y Productores de Semilla Híbrida de maíz en la Argentina, 3 grandes firmas filiales de TCs (Monsanto, Nidera y Syngenta) son responsables del 60% de la producción de semillas y las 8 empresas siguientes aportan un 30%.

Actualmente, el cultivo de maíz en la Argentina se realiza fundamental-

Gráfico 1: Adopción de cultivares híbridos (1953-1980) en Argentina



Fuente: elaboración propia con datos de la SAGPyA.

mente a través de cultivares híbridos que en los últimos años han cubierto entre el 95 y 99% de los lotes de producción comercial para grano (Tabla 2). Esto se fundamenta en la significativa heterosis que presenta la especie, las facilidades que ofrece para la ejecución de cruzamientos, la cantidad de semillas producida por planta endocriada y la muy favorable relación entre cantidad de simiente comercial que puede obtenerse por hectárea y los requerimientos de semilla para sembrar esa superficie a nivel del productor. Sin embargo, el hecho de que los híbridos segreguen

en la descendencia otorgando una protección biológica de la propiedad intelectual, ya que no pueden multiplicarse a menos que se disponga del pedigree y el acceso a las líneas parentales, es una cuestión clave en el interés de la industria por apuntalar el proceso de sustitución de las variedades OP. Efectivamente, el carácter de innovación fácilmente apropiable ha permitido fuertes inversiones en el desarrollo de cultivares y tecnologías de producción de semillas en este cultivo.

Tabla 2: Producción de semillas de maíz por tipo de cultivar

	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
	Bolsas (miles)	%														
HS	2.017	61	2.083	71	2.516	73	2.893	74	2.142	80	2.268	74	4.149	85	4.281	86
TWC	823	25	487	17	681	20	803	21	422	16	629	21	567	12	570	11
HD	454	14	369	13	261	8	191	5	102	4	74	2	111	2	70	1
Vds. OP	s/d		76	3	60	1	42	1								
Subtotal Maíz grano	3.294		2.938		3.458		3.886		2.666		3.048		4.886		4.963	
Pisingallo	s/d		s/d		2,3	0	1,4	0	16,3	1	29,8	1	32,6	1	17,2	0
Forrajero	s/d		s/d		168	5	178	4	58,2	2	32,3	1	42,9	1	73,5	1
Total					3.628		4.065		2.741		3.110		4.961		5.054	

Fuente: ASA, 2005 y 2006.

La cantidad de bolsas de semilla fiscalizadas durante 2005 fue de 5 millones incluyendo las destinadas a maíz para grano, forrajero y pisingallo, lo que implica un aumento del 40% desde 2002. Cabe aclarar que la producción de semillas no se correlaciona con la superficie sembrada con el cultivo, lo que podría atribuirse a una producción excedente para la próxima campaña (*carry over*), una sobreestimación de la demanda o un rendimiento superior al estimado por los criaderos.

La producción de semilla de maíz exhibe en el país un elevado nivel técnico por las instalaciones de procesamiento, incluyendo algunas de las más importantes del mundo, y por la formación del personal que las opera. Se utiliza la cosecha de mazorcas con una humedad del 30%, el secado en espiga y posterior desgrane a baja velocidad para obtener simiente de alta calidad y prácticamente todos los lotes reciben riego complementario. También se están utilizando zonas extra pampeanas, como Catamarca, norte de Córdoba, Santiago del Estero y Salta. La oferta varietal incluye materiales adaptados a zonas subtropicales, templadas y frías y conviven en el mercado los tipos flint y dentado.

Asimismo, el nivel técnico de la manufactura de semilla de maíz en la Argentina permite producciones en contraestación para atender mercados del hemisferio norte, lo que se ha transformado en una práctica habitual y un negocio interesante de exportación. En los últimos años las exportaciones de semilla híbrida han oscilado en unos U\$S 20 millones, de los cuales aproximadamente la mitad corresponden a exportaciones hacia los EE.UU., país del cual también se importan semillas por unos U\$S 3 millones.

Cabe destacar también que el mercado local de semillas ha estado abastecido satisfactoriamente y en ocasiones, para atender demandas específicas, se hicieron producciones en el otro hemisferio.

Recientemente, ante el desafío que significó la explosiva difusión de los cultivares transgénicos fue necesario redoblar el esfuerzo por parte de las empresas proveedoras.

Los continuos progresos en la productividad del maíz en la Argentina durante el siglo XX pueden correlacionarse claramente con el tipo de cultivares utilizados en distintos períodos (Tabla 3). En general, los cultivares más modernos superan a sus predecesores en diferentes densidades y calidades ambientales, aunque la superioridad es más manifiesta en las densidades mayores y en los mejores ambientes. La aptitud combinatoria de las líneas parentales, así como el comportamiento *per se* de las mismas, han sido incrementados progresivamente. La mejora genética actuó sobre el número de hileras de la espiga, el número de granos por hilera y la prolificidad. Los híbridos comerciales más recientes poseen mejor sanidad y calidad de raíz y caña, tienen hojas más erectas, mantienen el follaje verde relativamente durante más tiempo (*stay green*) y son menos afectados por el estrés hídrico en floración aun en altas densidades. También se

destaca que estos logros han sido alcanzados sin modificar la madurez relativa, superando la frecuente asociación entre potencial de rendimiento y humedad del grano a la cosecha. De esta manera, el maíz es el cultivo que manifestó mayor respuesta a la selección por productividad.

No obstante, el significativo aumento de los rendimientos unitarios no puede explicarse sólo por el mejoramiento genético, sino que las tecnologías de manejo han jugado un papel decisivo y estrechamente interrelacionado con el mismo (Gráfico 2).

A fin de ilustrar la estrecha interrelación entre la disponibilidad de potencial genético y la adopción de mejores tecnologías, así como su contracara, que el progreso agrotecnológico induce a la industria de semillas a desarrollar germoplasma capaz de aprovecharlo, se sintetiza a continuación la evolución de la productividad del maíz en la Argentina durante los últimos 37 años.

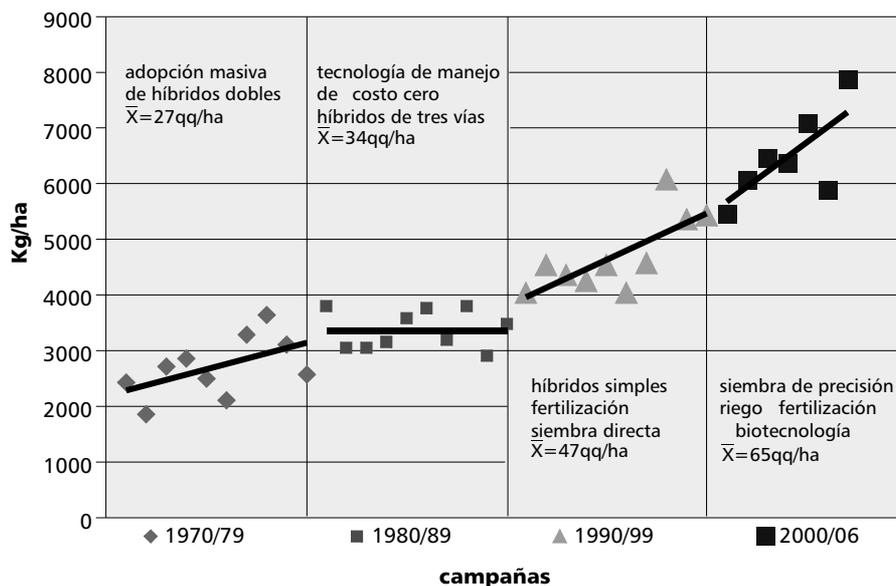
Durante los años 70 se produce la masificación de la siembra de híbridos dobles en la zona maicera núcleo, con el consiguiente desplazamiento de las variedades OP a zonas consideradas marginales para el cultivo. El productor empieza a disponer de una amplia gama de materiales híbridos adaptados a diferentes condiciones ecológicas, lo

Tabla 3: Incremento anual del rinde unitario del maíz en la Argentina, en distintos períodos caracterizados por el tipo de cultivares más difundidos

PERÍODO	TIPO PREDOMINANTE DE CULTIVARES	INCREMENTO
		kg/ha/año
1910-50	Variedades OP	9.0
1951-70	Variedades OP e híbridos dobles	35.4
1971-89	Híbridos dobles y tres vías	60.7
1990-07	Híbridos simples y tres vías	203.2

Fuente: elaboración con datos de la SAGPyA

Gráfico 2: Evolución del rendimiento de maíz en la Argentina durante los últimos 37 años



Fuente: elaboración propia con datos de la SAGPyA

que facilita la adopción de este tipo de cultivares. La producción de semilla híbrida satisface más del 90% de las necesidades de semilla, frente a menos del 40% en la década anterior. Los materiales híbridos incorporan mayor resistencia al vuelco y uniformidad en el desarrollo, permitiendo una generalización de la cosecha mecánica. Paralelamente se observan avances tecnológicos en la maquinaria agrícola, una mayor disponibilidad de agroquímicos (particularmente herbicidas y plaguicidas) y un mejoramiento del manejo, dando lugar a un proceso de retroalimentación en el que las inversiones en las prácticas agronómicas se potenciaban con la utilización de mejores cultivares. Así, la mecanización, el uso generalizado de agroquímicos, el perfeccionamiento de las prácticas culturales (fechas de siembra, densidades, etc.), en conjunto con la difusión de los híbridos generaron un salto tecnológico trascendental en la agricultura pampeana.

Estos cambios son los responsables del incremento operado en las producciones unitarias a lo largo de la década. El rinde medio del período es de 2.683 kg/ha, superando holgadamente los 1900 kg/ha del decenio anterior, aunque con bastante dispersión de valores.

La década del 80 se caracteriza por el proceso de "agriculturización", con la consecuente expansión de las superficies cultivadas a costa de la ganadería, especialmente en las zonas de mayor aptitud agrícola. Continúa el proceso de sustitución de variedades OP por híbridos cuya producción comercial cubre el 100% de los requerimientos de semilla. A mediados del período la adopción de cultivares híbridos alcanza el 100% en la zona núcleo y el 85% en todo el país. Se introducen los híbridos de 3 vías (TWC) y, hacia el final del período los primeros híbridos simples (HS) e HS modificados (obtenidos a partir de un HS entre líneas hermanas como parental básico femenino). Por

otra parte, el INTA difunde híbridos interpopulacionales para la zona noroeste.

Asimismo, durante la década del 80 el maíz recibió el aporte de genética proveniente de Europa y los EE.UU.. La incorporación de germoplasma exótico implicó un abandono parcial del típico maíz flint comercializado por la Argentina, lo cual generó cierta resistencia del sector exportador.

Hacia mediados de los 80 ya se promocionaban en el sudeste y sudoeste de Buenos Aires híbridos provenientes de Europa, adaptados a suelos más fríos y períodos libres de heladas más cortos. Con este aporte, la frontera del cultivo de maíz se expandió hacia el sur.

Se logran importantes avances en el manejo poscosecha del grano, en particular en los procesos de almacenamiento y secado, favoreciendo la cosecha anticipada y la recolección con diferentes tenores

de humedad. También se incrementa la capacidad de almacenamiento en chacra, que representa casi el 30% de la capacidad total instalada. Por otra parte, los productores comienzan a adoptar diferentes sistemas de labranza conservacionista. Se difunde un paquete tecnológico conocido como de "costo cero" basado en la elección del lote, el ajuste de la fecha de siembra, la planificación de la rotación, la práctica del barbecho, etc.. La adopción de estas medidas trae como resultado un nuevo incremento en el rendimiento promedio, que totaliza 3.383 kg/ha, pero con una tendencia plana.

En tanto, la tecnología de producción de semillas acompañó el desarrollo del mejoramiento genético, permitiendo la introducción de germoplasma dentado con una textura diferente de endosperma y un mayor potencial de rendimiento, particularmente en cruza con el germoplasma local por su pertenencia a grupos heteróticos opuestos, lo que cual abrió el camino para la futura difusión de los HS.

En un principio se utilizaba la cosecha a mano en los lotes de producción de semillas, el entrojado a campo de las espigas, la trilla estacionaria y el posterior secado y procesamiento previo al embolsado. Más tarde se utilizó la cosecha directa de la semilla y su posterior secado, ya que los HD y el germoplasma que se estaba utilizando permitían este manejo.

Con la difusión de los TWC, y aún más en el caso de los HS con nuevo germoplasma, el escaso vigor de los parentales femeninos obligó a incorporar otra tecnología de producción de semillas. A mediados de los 80 se comenzó a utilizar el riego en los lotes de producción, el que fue indispensable para la introducción de HS.

En los años 90 se logran importantes incrementos en la productividad y además son destacables los avances en materia de calidad. Entre las causas del crecimiento operado en la producción nacional debe citarse el aumento de la superficie cultivada, la disponibilidad de nuevos HS de mayor potencial y mejor resistencia a

enfermedades y plagas, el incremento en el área fertilizada, la creciente adopción de la siembra directa, la incorporación del riego complementario, el recambio del parque de cosechadoras y, a partir del ciclo agrícola 1998/1999, el inicio de la difusión de materiales transgénicos.

Los eventos de transformación autorizados (Tabla 4), desarrollados hasta ahora sólo por TCs, son incorporados en germoplasma adaptado por técnicas convencionales, es decir, selección, cruzamiento y otros métodos tradicionales para lograr la expresión de un ideotipo o arquetipo que reúna los caracteres agrónomicamente deseables. También se introducen materiales IMI cuyos genes fueron descubiertos en poblaciones de maíz por American Cyanamid, actualmente BASF, e introducidos a híbridos comerciales empleando técnicas de cultivo de tejidos y selección de cruzamientos¹. La productividad física de la década alcanza a 4.715 kg/ha con un pico en el ciclo 1997/98 de 6.078 kg/ha.

¹ A pesar de los buenos resultados aportados por el paquete Clearfield®, cabe considerar que en determinadas condiciones puede causar estrés en el cultivo.

Tabla 4: Caracteres transgénicos y eventos de transformación aprobados en maíz en la Argentina

Característica introducida	Evento	nombre/marca	Solicitante	Resolución
Resistencia a Lepidópteros	176	NatureGard (Dow) (BT),	Ciba-Geigy (hoy Syngenta)	16/01/1998
Tolerancia a Glufosinato de Amonio	T25	Liberty Link (LL)	AgrEvo (hoy Bayer)	23/06/1998
Resistencia a Lepidópteros	MON810	Yieldgard Corn Borer (MG)	Monsanto Argentina	16/07/1998
Resistencia a Lepidópteros	BT11	SYN-Bt11 (TDMAX)	Novartis Agrosem (hoy Syngenta)	27/07/2001
Tolerancia a glifosato	N 603	RR2	Monsanto Argentina	13/07/2004
Resistencia a Lepidópteros y tolerancia a Glufosinato de Amonio	TC1507	Herculex I (HX)	Dow AgroSciences y Pioneer Argentina	15/03/2005
Tolerancia a Glifosato	GA21	Roundup Ready (RR)	Monsanto (evento adquirido por Syngenta)	22/08/2005

El INASE suspendió por Resolución 125/07, a partir del 31/05/2007, la comercialización y/o difusión de semilla de maíz portadora de los eventos GA21 y 176 a raíz de problemas en la exportación a la Unión Europea (UE-27). Es que el 18/04/2007 venció la medida transitoria por la cual se admitía la presencia accidental o técnicamente inevitable de OGM no aprobados en la UE-27 en un porcentaje de hasta el 0,5% en los alimentos, siempre y cuando gozaran de opinión favorable a nivel científico. A partir de esa fecha la tolerancia de maíz GA21 en los productos importados es de sólo el 0,1% y otro tanto ocurre con el evento 176, ya que su aprobación en la UE-27 fue cancelada también en abril de 2007.

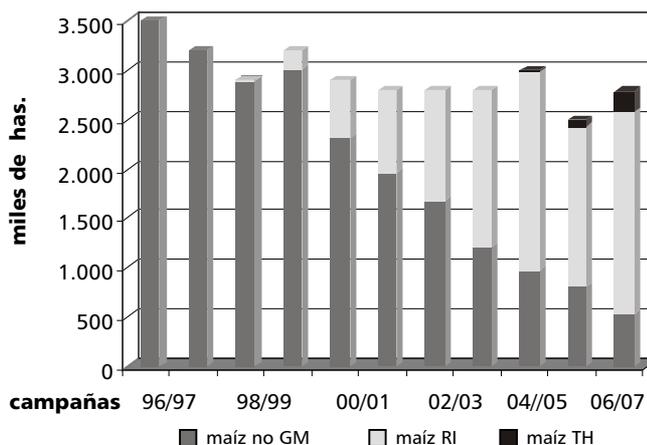
Fuente: elaboración propia con datos de la CONABIA

En el primeros años de los 2000 el incremento en el uso de fertilizantes, la siembra de precisión y la mayor superficie regada, junto con la disponibilidad de mejor germoplasma y la adopción de híbridos transgénicos con resistencia a insectos (RI o Bt) o tolerancia a herbicidas (TH) (Gráfico 3) determinó un nuevo y significativo cambio en la tendencia creciente de los rendimientos por unidad de superficie. El rendimiento promedio 2000-2006 alcanzó los 6.475 kg/ha. En la Tabla 5 se muestra el importante número de cultivares convencionales y transgénicos inscriptos en el período 1996-2006.

Las plagas del maíz más importantes a nivel nacional pertenecen al orden Lepidópteros, principalmente el barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*), el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y la isoca de la espiga (*Heliothis* o *Helicoverpa zea*). El desarrollo de híbridos transgénicos que expresan la endotoxina insecticida de *Bacillus thuringiensis* (Bt), ofrece una nueva práctica de control. Los maíces Bt disponibles en el mercado argentino (Gráfico 4) tienen como principal objetivo de control al barrenador del tallo. Actualmente se dispone de 3 eventos Bt en estado comercial², Mon810 (Yield Gard, MG), BT11 (TDMAX) y TC1507 (HX). MON810 y BT11 controlan eficazmente al barrenador durante todo el ciclo del cultivo y parcialmente al gusano cogollero y la isoca de la espiga. El evento TC1507

² El evento 176 fue usado para producir semilla con las etiquetas KnockOut (Novartis) y NatureGard (Mycogen, hoy Dow). En contraste con otros maíces Bt el polen de estas plantas es tóxico para las orugas de la mariposa monarca, que no se alimentan de maíz pero suelen encontrarse en los maizales. Además el maíz Bt 176 no fue un éxito comercial ya que su control se limita a sólo un poco más allá de la mitad del ciclo del cultivo, expresándose únicamente en tejido verde. Se estima que la superficie sembrada con estos cultivares constituyó el 2% del total en 2000 y luego prácticamente dejó de utilizarse, aunque se inscribió un híbrido de 3 vías en 2004 (SPS 3740 BT).

Gráfico 3: Adopción de híbridos transgénicos resistentes a insectos (RI) y tolerantes a herbicidas (TH)



Fuente: Argenbio, 2007

permite, además del control de *Diatraea* y *Heliothis*, un excelente control de *Spodoptera*, principal plaga en zonas tropicales y subtropicales, y también controla parcialmente la oruga grasienta (*Agrotis ipsilon*). Asimismo contiene el gen PAT, utilizado como marcador de selección, que ofrece tolerancia al herbicida glufosinato de amonio. Existen otros eventos precomerciales que, además de lepidópteros, controlan coleópteros y dípteros. Varían en la proteína insecticida, la cantidad y el lugar de su expresión en la planta, lo que afecta el objetivo y la eficiencia del control³.

Sus ventajas son: reducción del uso de insecticidas y de su manipuleo, control más efectivo evitando un constante monitoreo del cultivo⁴, reducción de fungosis y micotoxinas

³ El modo de acción de las proteínas Bt se basa en la formación de poros iónicos en las membranas del epitelio del intestino de los insectos blanco, donde la toxina se une específicamente a glicolípidos receptores presentes en éstos y en nematodos pero no en otros insectos ni en vertebrados. MON810 y BT11 difieren en la región truncada de la delta endotoxina cry1Ab, en tanto TC1507 se basa en la proteína Cry1Fa2. Se trata de distintas construcciones génicas sintéticas, con diferentes promotores y secuencias codificantes.

asociadas (aflatoxinas y fumonisinas principalmente) e inocuidad sobre insectos benéficos y vertebrados. La expresión del gen Bt asegura un altísimo control del barrenador, permitiendo reducir las pérdidas directas evitando daños sobre tallo, espiga y granos y las indirectas derivadas de las galerías en el tallo o en el pedúnculo de la espiga que propician el quebrado. Así, ofrece facilidades de manejo como independizar la fecha de siembra del ciclo del insecto, posibilitando las siembras tardías, y esperar el secado en planta, porque la sanidad de la caña permite diferir la cosecha.

El precio de la tecnología a junio de 2005 era de unos U\$S 25/bolsa de semilla. Asimismo, para mantener vigente esta tecnología es fundamental la implementación de refugios en los lotes de cultivo ya que se impone una elevada presión de selección, a la que sobreviven sólo los individuos resistentes (homocigotas recesivos), que si se cruzan

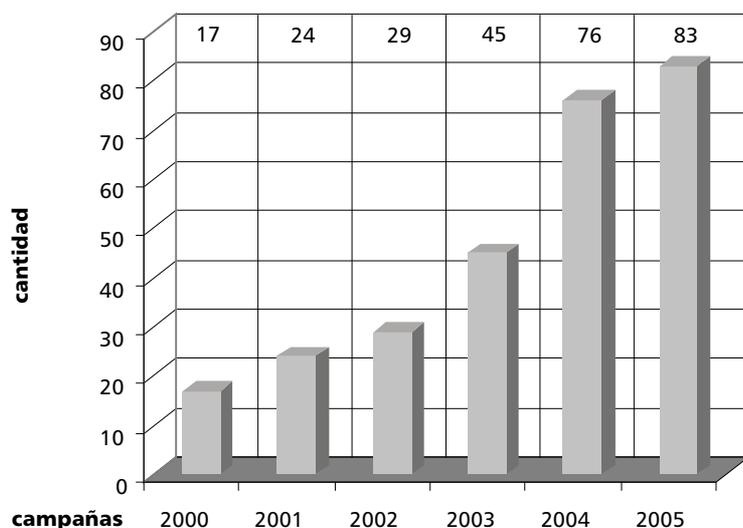
⁴ Funciona así como un "seguro" para la producción, ya que el costo adicional de la tecnología se asume desconociendo si la intensidad de ataque de las plagas superará el nivel de daño económico.

Tabla 5: Cantidad de cultivares de maíz inscriptos en el período 1996-2006

Año	Vds. OP	Híbr. Total	no GM	CL o IMI	GM	176 (TD o BT)	T25 (LL)	MON 810 (MG)	MON 810 + IMI	Bt11 (TD MAX)	Bt11 + IMI	TC1507 (HX)	TC1507 + IMI	NK603 (RR2)	GA21 (RR)
1996		33	33	1											
1997	1	47	47	1											
1998	2	42	34	2	8	3	2	3							
1999	1	58	49	10	9	3		6							
2000	2	49	34	3	15		1	12	2						
2001	1	81	52	1	29			29							
2002	1	56	38	2	18	1		14		3					
2003		58	43	1	15			11	2	2					
2004		79	43	5	36	1		21	8	4				2	
2005		68	33	5	35			18	3	4	1	2		7	
2006		79	40	12	39			20	4	1		5	1	5	3
TOTAL	8	650	446	43	204	8	3	134	19	14	1	7	1	14	3

Fuente: elaboración propia con datos del INASE

Gráfico 4: Evolución de la cantidad de híbridos Bt producidos en la Argentina.



Fuente: ASA, 2006

entre sí desarrollaran poblaciones resistentes.

Por otra parte, el desarrollo de híbridos tolerantes a herbicidas letales para el maíz convencional permite un mejor y/o más sencillo control de malezas y un menor impacto ambiental por el uso de agroquímicos. Este menor impacto deriva del hecho que los herbicidas para los cuales se desarrolló tolerancia son de dosis mínima de

aplicación, lo que disminuye drásticamente la contaminación de napas, o bien son degradados rápidamente por los microorganismos del suelo.

Actualmente, además de cultivares convencionales tolerantes a imidazolinonas (IMI), se dispone de híbridos transgénicos tolerantes a glufosinato de amonio (LL o Liberty Link) y a glifosato (eventos NK603 y GA21). También existen híbridos que

combinan la tolerancia a herbicidas con resistencia a insectos (variedades *stacked*) a nivel comercial (TC1507) o precomercial (RR+Bt). El canon tecnológico a junio de 2005 era unos U\$S 4 para materiales IMI y U\$S 20/bolsa para híbridos RR2.

Sin embargo, el área cultivada con maíz venía experimentando un retroceso derivado de una serie de factores locales e internacionales. Es que para equilibrar el margen bruto de soja o trigo/soja se deben obtener muy elevadas productividades físicas por hectárea a través del uso de tecnología intensiva. Entonces, ante la incertidumbre climática más los costos financieros derivados del elevado capital de trabajo, particularmente por el valor de la semilla y los fertilizantes, se explica el incremento en la superficie implantada con soja en detrimento del maíz. Mientras que en la década del 90 la Argentina llegó a ocupar el 5º lugar como productor mundial de grano, durante el primer lustro del siglo XXI cedió posiciones, ubicándose en el 7º lugar como país productor (al 2005) aunque manteniendo el 2º puesto en el ranking de países exportadores detrás de los EE.UU.

En la campaña 2006/2007 el escenario comenzó a revertirse y se sembraron 3.55 millones de hectáreas en total, previéndose la cosecha de 2.8 millones con un rendimiento promedio de 7.890 kg/ha, un 40% más que la campaña anterior. Así, se estima una cosecha de 22 millones de toneladas y una exportación cercana a los 14 millones.

La superficie a sembrar en la campaña 2007/2008 crecería entre el 20% y el 30%, aunque el fenómeno de La Niña podría impedir las siembras tempranas en ciertas áreas, debido al fuerte incremento del precio internacional del grano. Es que las expectativas que genera la progresiva obligatoriedad de incorporar etanol al combustible fósil en EE.UU., junto a la mayor demanda para alimentación humana y animal, están apuntalando el precio del *commodity*, que hoy oscila en los U\$S 120/tn, contra los U\$S 70 promedio de los últimos años. Así, un maíz de 8.000 a 9.000 kg/ha podría generar un margen bruto de U\$S 450/ha vs. 370 de la soja. En consecuencia, los Criaderos están registrando hasta un 40% más de demanda respecto de 2006, a 3 meses del comienzo de la siembra, aunque existe incertidumbre por las regulaciones que podría instrumentar el Gobierno.

No obstante, la semilla aumentó entre un 20 y un 30%⁵ mientras que los fertilizantes lo hicieron hasta un 50%. De esta manera, considerando sólo los gastos directos, mientras

que un maíz de calidad demanda unos U\$S 300/ha, producir una hectárea de soja requiere una inversión promedio de unos U\$S 125.

Asimismo, cabe destacar la fuerte expansión del cultivo de maíces especiales, principalmente MAV o MAVERA™ (maíz alto valor), flint y pisingallo. El maíz MAV contiene 100% más aceite (6-8%) y 20% más proteínas (9-10%) por lo cual es demandado por los productores de pavos, pollos y cerdos y se han sembrado en unas 500.000 ha en 2005. Visto que a nivel mundial el 80% del maíz se destinaba a alimentos balanceados, se perfila como una interesante alternativa para el futuro, aunque sujeta a los cambios que provocará la irrupción del bioetanol. La adopción también podría continuar expandiéndose a partir de la próxima liberación comercial de cultivares MAV híbridos, dado que los actualmente difundidos son asociaciones varietales, compuestas por una mezcla de semillas de un HS androestéril (90%) y una población polinizadora (10%) de muy bajo rendimiento de grano.

Los maíces colorados duros (flint) argentinos se destacan por la dureza del endosperma, la proporción y calidad de proteínas y el alto contenido de pigmentos, que se refleja en el intenso color del grano. El uso de este tipo de maíz, conocido internacionalmente como "Plata" (no OGM), proporciona una coloración apreciada en la piel de los pollos y en la yema de los huevos, sin incorporar

pigmentos sintéticos. Asimismo, la industria de la molienda seca tiene una marcada preferencia por maíces flint para la elaboración de copos, sémolas y harinas para consumo humano. También son demandados por el mercado no OGM de la UE-27. Debido a estas características el maíz "Plata" obtiene sobreprecios en el mercado nacional e internacional y representa hoy alrededor del 10% del total del área maicera argentina⁶.

En cuanto al maíz pisingallo (pop corn) actualmente la Argentina es el primer exportador mundial y cada año vende a 90 países un volumen global de 180.000 toneladas.

Otros maíces especiales a considerar son los waxy (mayor proporción de amilopectina), y *processor preferred* (HFC, alta fermentación y HES, alto almidón extractable para molienda húmeda).

Finalmente, en los próximos años se prevé tener disponible materiales resistentes a sequía, frío y capaces de aprovechar mejor el nitrógeno. También híbridos hiperprecoces, con un ciclo que no supere los 90 días, adaptados a los modelos de intersembrado.

La actividad agrícola argentina vive un momento excepcional dado que sus 4 principales cultivos, soja, maíz, trigo y girasol, tienen altos precios y fuerte demanda mundial como tendencia a mediano plazo. ¿Las políticas agropecuarias acompañarán esta inmejorable oportunidad?

⁵ La semilla híbrida de maíz se comercializa a valores de entre U\$S 25 y 120 /bolsa según el cultivar.

⁶ Sin embargo, en las transacciones comerciales la clasificación se realiza según el criterio de cada perito, ya que la determinación del contenido de carotenoides requiere equipamiento sofisticado, personal entrenado y una preparación laboriosa de las muestras. Ante esta situación, el INTA desarrolló una carta de colores cuya gradación es proporcional al contenido de carotenoides y facilitaría las operaciones en caso de que se adoptara oficialmente.