

## Capítulo 3

### Uso del germoplasma en el Programa de Mejoramiento Genético de Trigo

D Luizzi<sup>1</sup>, M Quincke<sup>2</sup>,  
F Condón<sup>2</sup>, T Abadie<sup>3</sup>, I Gatti<sup>4</sup>, S Germán<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ex Centro de Investigaciones  
Agrícolas Alberto Boerger (CIAAB)  
La Estanzuela, <sup>2</sup>Instituto Nacional  
de Investigación Agropecuaria (INIA)  
La Estanzuela - Ruta 50 km 11,  
Colonia, 70000, Uruguay, <sup>3</sup>DuPont Pioneer,  
7300 NW 62nd Av, Johnston,  
Iowa 50131, EUA, <sup>4</sup>Dow AgroSciences,  
9330 Zionville Rd, Indianapolis,  
Indianapolis 46268, EUA



El germoplasma utilizado en un programa de mejoramiento es un indicador de los objetivos que en él se persiguen. Estudiando los cultivares lanzados por el PMGT, se puede seguir la evolución que tuvo el manejo del material genético y conocer las pautas que se siguieron en su selección. Ya en 1912, al Dr. Boerger se le presentó el dilema de tener que partir de los trigos criollos o utilizar materiales extranjeros. El material criollo que había sufrido un proceso más o menos prolongado de selección natural, mostró superioridad para soportar las condiciones ecológicas tan variables de Uruguay. Las primeras selecciones se realizaron dentro de las poblaciones criollas, que presentaban heterogeneidad, y dio lugar a los primeros trigos de pedigree de Latinoamérica, liberados en el año 1918: Pelón 33c, Americano 26n y Americano 44d. Estos cultivares y otros derivados de sus cruzas, fueron el material genético básico utilizado durante el período 1918-1933 (Boerger 1937) (Figura 3.1).



Figura 3.1: Diagrama genealógico de cultivares liberados por La Estanzuela en el período 1918-1933. Materiales seleccionados en Uruguay identificados por cajas de color. Las líneas punteadas indican re-selecciones. Fuente: Boerger (1937)

“El éxito alcanzado con las selecciones y recombinaciones dentro del material genético criollo, frente al fracaso de gran número de selecciones procedentes del extranjero, enseñó desde un principio el valor que hay que atribuirle al material criollo, en los comienzos de un programa de mejoramiento” (Dellazopa 1943). Este período se caracterizó por un importante aporte de materiales uruguayos a los programas de mejoramiento de la región. Particularmente, el material genético uruguayo tuvo gran peso en los inicios del criadero Klein (Figura 3.2), que poco a poco fue aumentando en importancia en el mercado argentino. La diferenciación paulatina de objetivos entre los programas argentinos y el de La Estanzuela, llevó a que aquellos necesitaran usar materiales genéticos que aportaran características adecuadas para su medio, como lo fue el trigo Ardito (italiano) para el carácter precocidad y Marquis (canadiense) para calidad industrial (Klein 1953).

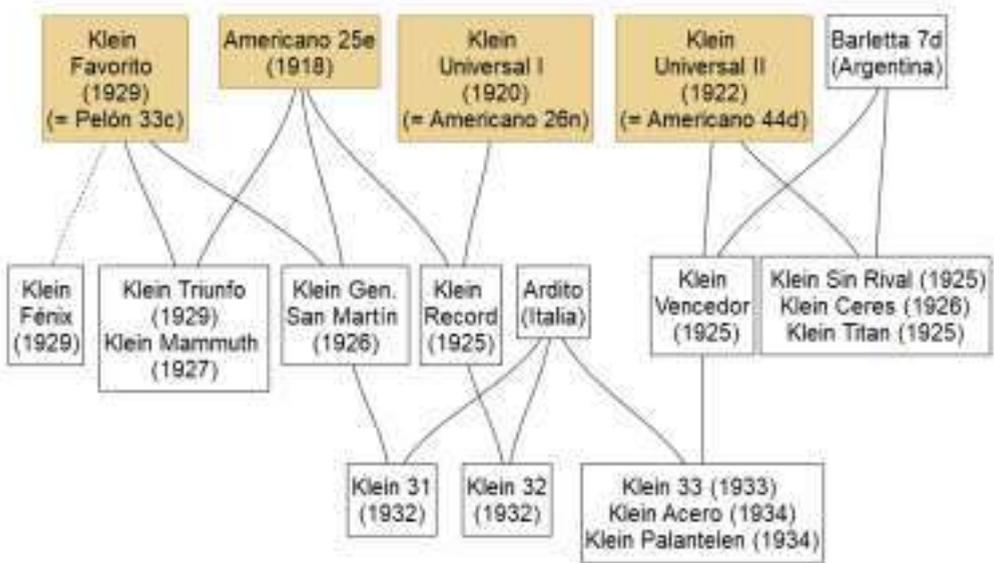


Figura 3.2: Diagrama genealógico de cultivares liberados por el Criadero Klein (Argentina) en el período 1925-1934.

Materiales seleccionados en Uruguay identificados por cajas de color. Las líneas punteadas indican re-selecciones.

Fuente: Klein, 1953

En el caso del Programa de Mejoramiento de la Estación Experimental Fitotécnica de Bagé (RS, Brasil) la influencia de materiales uruguayos no fue tan importante como en Argentina. Sin embargo, el material de La Estanzuela fue un aporte a la creación de cultivares de dicho programa, que después llegaron a ser usados directamente en nuestro país. El cultivar brasileño Río Negro (Figura 3.3) procede de un cruzamiento de Centenario, seleccionado en La Estanzuela, y el cultivar Bagé procede a su vez de un cruzamiento entre Río Negro y la línea experimental 278.7c de genealogía no conocida, procedente de La Estanzuela (Beckman 1937, Da Silva 1966). Centenario también fue progenitor del cultivar Centeira [Brasil, 1943].

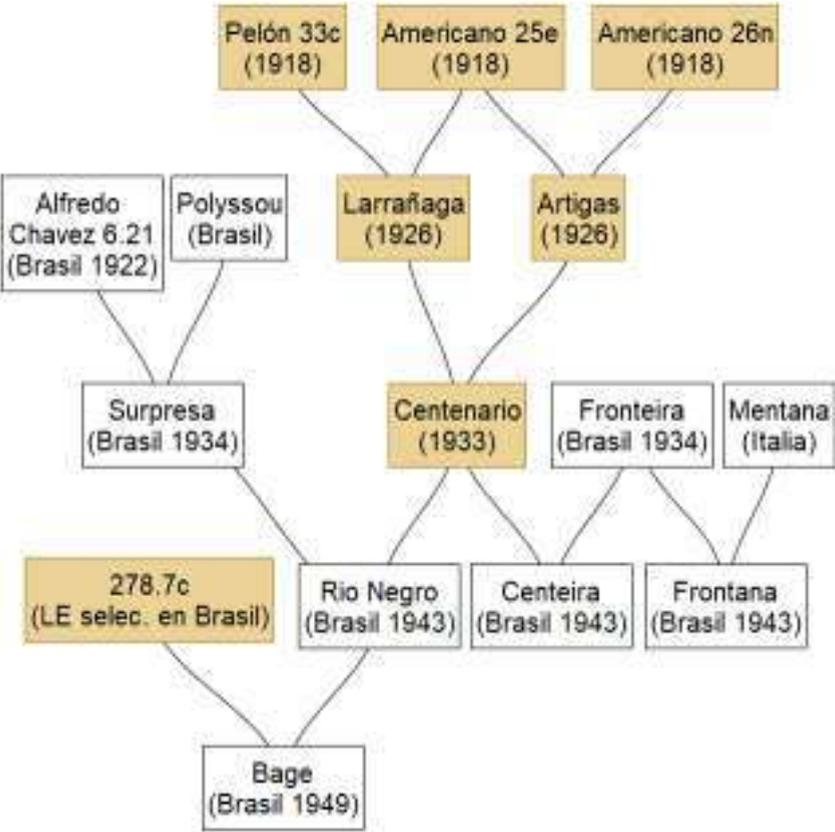


Figura 3.3: Diagrama genealógico de cultivares liberados por la Estación Experimental Fitotécnica de Bagé en el período 1933-1949. Materiales seleccionados en Uruguay identificados por cajas de color. Cajas en blanco indican cruzamientos/líneas intermedias no liberadas.

La información de ensayos realizados por Bonjour (1934) en experimentos conducidos en la Facultad de Agronomía en los que se compararon cultivares franceses importados por el Banco de Seguros, con el testigo local Larrañaga, muestra claramente cómo el material creado en Uruguay fue superior que los franceses, fundamentalmente en adaptabilidad a condiciones adversas (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1: Rendimiento de grano de cultivares franceses y el testigo nacional Larrañaga en tres ensayos de 1933 y 1934.

Fuente: Bonjour, 1934

Localidad/año	Promedio del ensayo (kg/ha)	Rendimiento (% del promedio de ensayos)			
		De La Paix	Prolifique	Vilmorin 29	Larrañaga
Montevideo/1933	1255	98	115	82	109
Montevideo/1934	2373	107	82	112	105
Salto/1934	936	74	80	73	180

Los logros alcanzados en un primer momento con los trigos de La Estanzuela fueron superados al utilizar otros materiales genéticos en los cruzamientos. En el período comprendido entre 1934 y 1958, los cultivares liberados fueron seleccionados de cruzamientos entre nuestros materiales criollos y/o de éstos con materiales de Argentina y Brasil (Figura 3.4). También fueron liberados algunos materiales procedentes de cruzamientos con cultivares de fuera de la región (Pelón Plateado, Petiso, hibridaciones realizadas en Argentina). Estos materiales sin embargo, tuvieron poca difusión, ocupando un área relativamente baja.





Las importantes crisis varietales debidas fundamentalmente a enfermedades que se dieron desde principios de la década del 30, hicieron necesario un frecuente reemplazo de cultivares. El aporte de los cultivares argentinos y brasileños fue muy importante, ya que a partir de mediados de 1930, los programas de mejoramiento de Argentina (sobre todo el de Klein) y el de Bagé, fueron muy prolíficos y volcaron al mercado uruguayo cultivares que en casi todos los casos descendían del material genético básico seleccionado en La Estanzuela. Durante esta etapa también fue importante el uso de cultivares uruguayos en países vecinos, sobre todo en el sur de Brasil.

A partir de 1950 se comenzaron a recibir las Colecciones Internacionales de Fuentes de Resistencia a Royas, organizadas por Estados Unidos de América, como forma de buscar incorporar germoplasma con resistencia a enfermedades de origen diferente a la usada en la zona.

Hacia fines de la década del 50 y principios de la del 60 ocurrieron dos acontecimientos que marcaron un cambio en el rumbo del programa. Primero se produjo una casi interrupción de actividades entre los años 1957 y 1961, perdiéndose la mayoría de los materiales que habían sido desarrollados hasta ese momento. Por otro lado se produjo un cambio en la orientación del PMGT, buscándose materiales que pudieran responder a los mayores niveles de fertilidad producto de la transformación que se venía dando en las prácticas de cultivo.

Al retomarse las actividades del Programa en el año 1961, se llevó adelante una importante prospección y evaluación de colecciones internacionales de diversos orígenes. Paralelamente, esto coincidió con los éxitos alcanzados por la "Revolución Verde" impulsada desde México por la fundación Rockefeller y posteriormente por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Esto trajo como consecuencia la difusión internacional de material creado por dicho programa, que se adecuaba a los nuevos objetivos planteados, reuniendo alto potencial de rendimiento, baja estatura y resistencia a royas. Sin embargo, en 1963, debido a una grave epifitía de mancha de la hoja, quedó en evidencia su escasa adaptación a nuestras condiciones.

También los materiales provenientes de otras regiones mostraron problemas de adaptación. Sólo uno o dos materiales de cada una de las Colecciones Internacionales de Fuentes de Resistencia a Royas en el período 1971-76, pasaron las distintas etapas de selección y llegaron a ser incluidos en los ensayos preliminares (Gatti de León y Luizzi 1982, Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2: Número de materiales seleccionados anualmente en la Sección Trigos de Primavera de las Colecciones Internacionales de Fuentes de Resistencia a Royas, del período 1971-1976.

Fuente: Gatti de De León y Luizzi, 1982

Año de envío de la colección	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Número de entradas	810	720	750	600	600	720
Materiales seleccionados: 1971	136					
1972	55	41				
1973	13	37	109			
1974	9	21	65	136		
1975	1	7	29	78	0	
1976	1	7	29	52		123
1977	1	2	1	1		15

A pesar de esto, la falta de materiales creados en La Estanzuela, determinó que los cultivares liberados entre 1961 y 1973 (Estanzuela Zorzal, Estanzuela Dakurú y Estanzuela Dolores), provinieran de la selección de los mejores materiales introducidos (Cuadro 3.3). A excepción de Estanzuela Sabiá (Figura 3.5), éstos cultivares no poseen el caudal genético de los trigos tradicionales de la región, pero mostraron una adaptación muy aceptable a nuestras condiciones.

Cuadro 3.3: Cruza de cultivares liberados en el período 1960-1974.

Año de liberación	Cultivar	Cruza
1966	Estanzuela Zorzal	Chapingo 54/Norin 10/BAART
1970	Estanzuela Dakurú	Lee/ND 34
1973	Estanzuela Dolores	Sonora 64/Selkirk-E//Lema rojo 64A



Figura 3.5: Diagrama genealógico de Estanzuela Sabiá.

Los problemas que se enfrentaron con los materiales introducidos impusieron su cruzamiento con variedades seleccionadas previamente en Uruguay u otros programas de Argentina y Brasil para incorporar en ellos nuevas características, por lo que en todos los cruzamientos programados se incluyeron padres adaptados. El estudio de las Colecciones Internacionales de Fuentes de Resistencia a Royas del período 1971-1976 también permitió identificar las fuentes de germoplasma más útiles para incluir en cruzamientos, como lo fueron los materiales provenientes de las Grandes Llanuras de EUA y Canadá, México y Kenia (Gatti de De León y Luizzi 1982) (Cuadro 3.4). Otro logro importante de este período fue haber obtenido una base de germoplasma que permitió mantener cierta independencia de los otros programas de la región e internacionales. Esto no impidió, sin embargo, que existiera un fluido intercambio de líneas y materiales avanzados.

Cuadro 3.4: Origen y número de líneas seleccionadas de las Colecciones Internacionales de Fuentes de Resistencia a Royas, del período 1971-1976.

EU: grandes llanos de EUA y Canadá, M: México, K: Kenia

Fuente: Gatti de De León y Luizzi, 1982

Colección	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Origen de entradas	EU M K	EU M K	EU M K	EU M K	EU M K	EU M K	EU M K
Seleccionados							
1971	64 23 14	28 12 5	8 2 1	7 1 1	1 0 0	1 0 0	1 0 0
1972		19 9 2	19 9 2	16 9 1	6 2 0	3 1 0	3 1 0
1973			27 42 14	16 14 11	10 6 3	10 6 1	1 0 0
1974				40 54 14	27 37 5	15 26 2	1 0 0
1976						40 34 24	6 5 0

Los esfuerzos iniciados en la década del 60, que tendieron a incorporar al germoplasma tradicional las características de mayor potencial de rendimiento y resistencia a enfermedades, se concretaron en la liberación de E. Young (1974), E. Tarariras (1974), E. Lusitano (1979), E. Hornero (1981) y E. Dorado (1981) (Figuras 3.6 y 3.7).



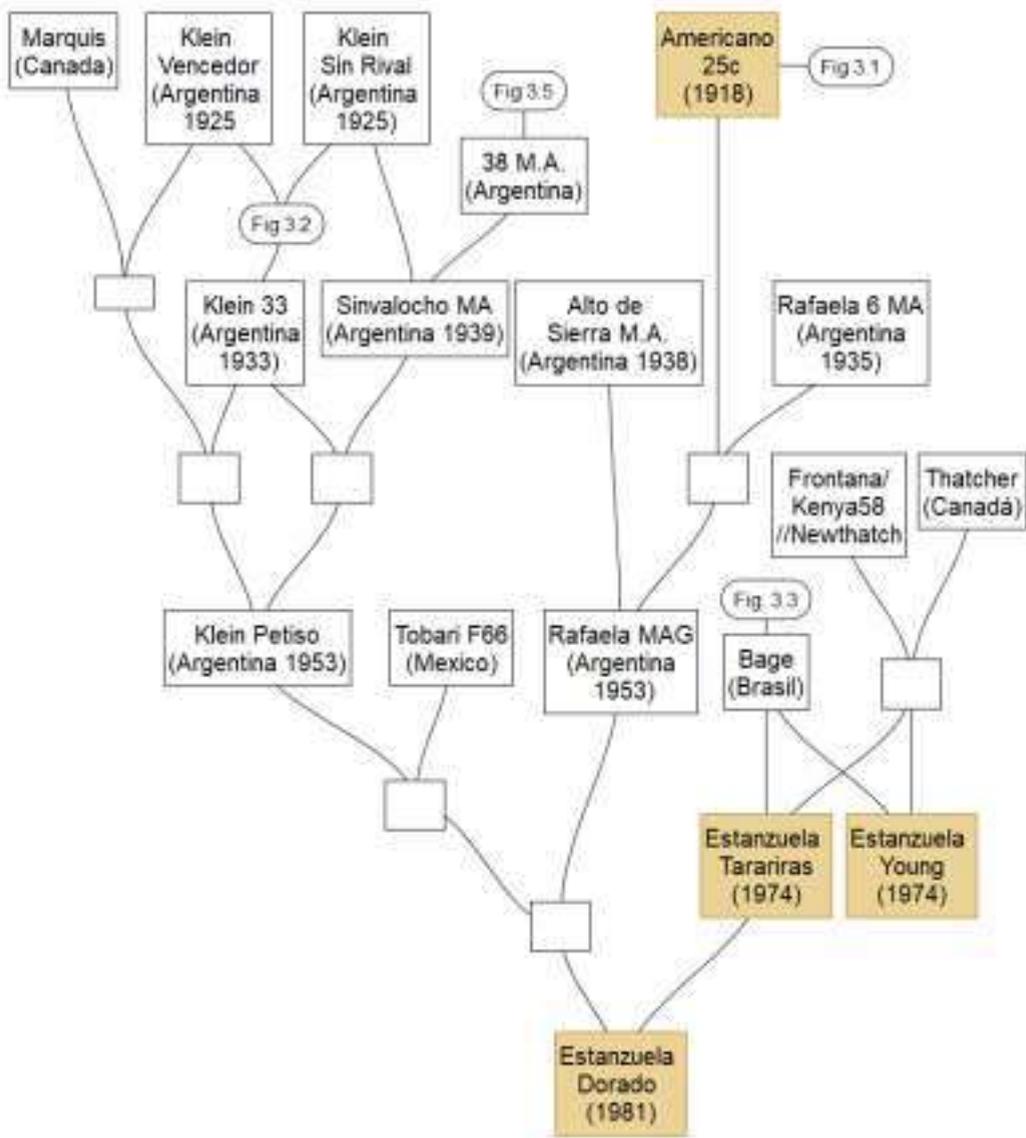


Figura 3.6: Diagrama genealógico de Estanzuela Tarariras, Estanzuela Young y Estanzuela Dorado.

Materiales seleccionados en Uruguay identificados por cajas de color. Cajas en blanco indican cruzamientos intermedios o líneas no liberadas.

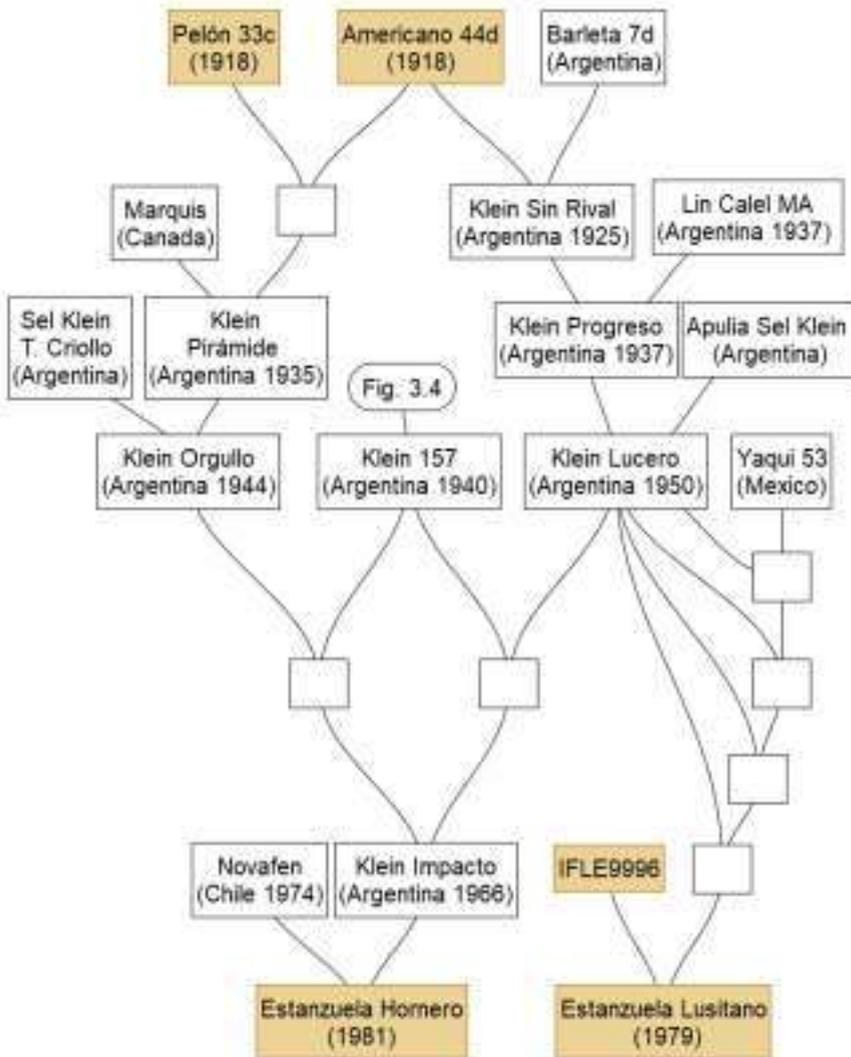
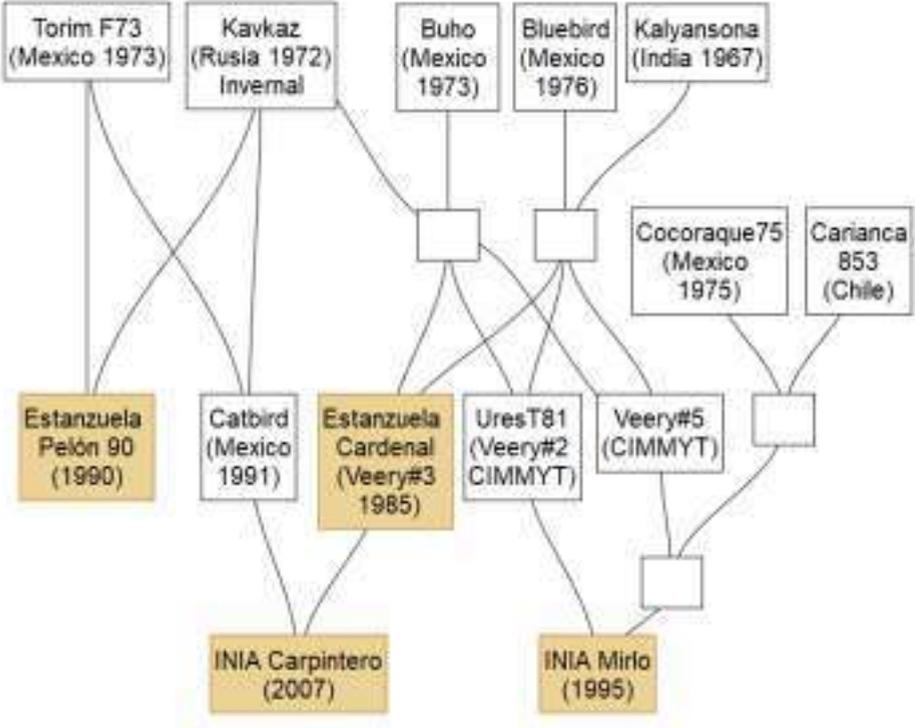


Figura 3.7: Diagrama genealógico de Estanduela Hornero y Estanduela Lusitano. Materiales seleccionados en Uruguay identificados por cajas de color. Cajas en blanco indican cruzamientos intermedios o líneas no liberadas.

A partir de 1985 el PMGT continuó creando variabilidad a partir de cruzamientos donde al menos un progenitor tenía un desarrollo local, y también liberó cultivares introducidos de alto potencial de rendimiento, respondiendo a las crecientes exigencias de las nuevas tecnologías del cultivo. La liberación en 1985 de E. Cardenal (Figura 3.8), una introducción resultado de una cruce de trigos de invierno por primavera realizada y seleccionada por el programa de CIMMYT, permitió capitalizar una estructura genética que levantó el plateau de rendimiento del PMGT. Durante este período se liberaron también otros cultivares derivados de germoplasma invierno por primavera del mismo origen, que superaban a E. Cardenal en sanidad al momento del lanzamiento (E. Benteveo en 1989 (Bobwhite, cruce Au//KAL/BB/3/Wop), E. Pelón 90 (Kvz/Torim73) en 1990, INIA Mirlo en 1995) (Figura 3.8).



El cambio de manejo en el cultivo de trigo impulsado por el Plan Piloto de Trigo a partir de 1986 y la mayor disponibilidad de información nacional sobre control químico, permitió un mayor conocimiento del uso de los fungicidas para el control de las enfermedades en relación al manejo específico de cultivares. También fueron liberados una serie de cultivares derivados de cruzamientos locales, entre los que se destacaron E. Calandria (1986) y E. Federal (1987) (Figura 3.9), producto del segundo ciclo de selección a partir de E. Tarariras y de E. Hornero. Un material de ciclo largo, derivado de una línea hermana de E. Federal, que permaneció en cultivo durante un largo período fue INIA Tijereta, liberado en 1997 (Figura 3.9).

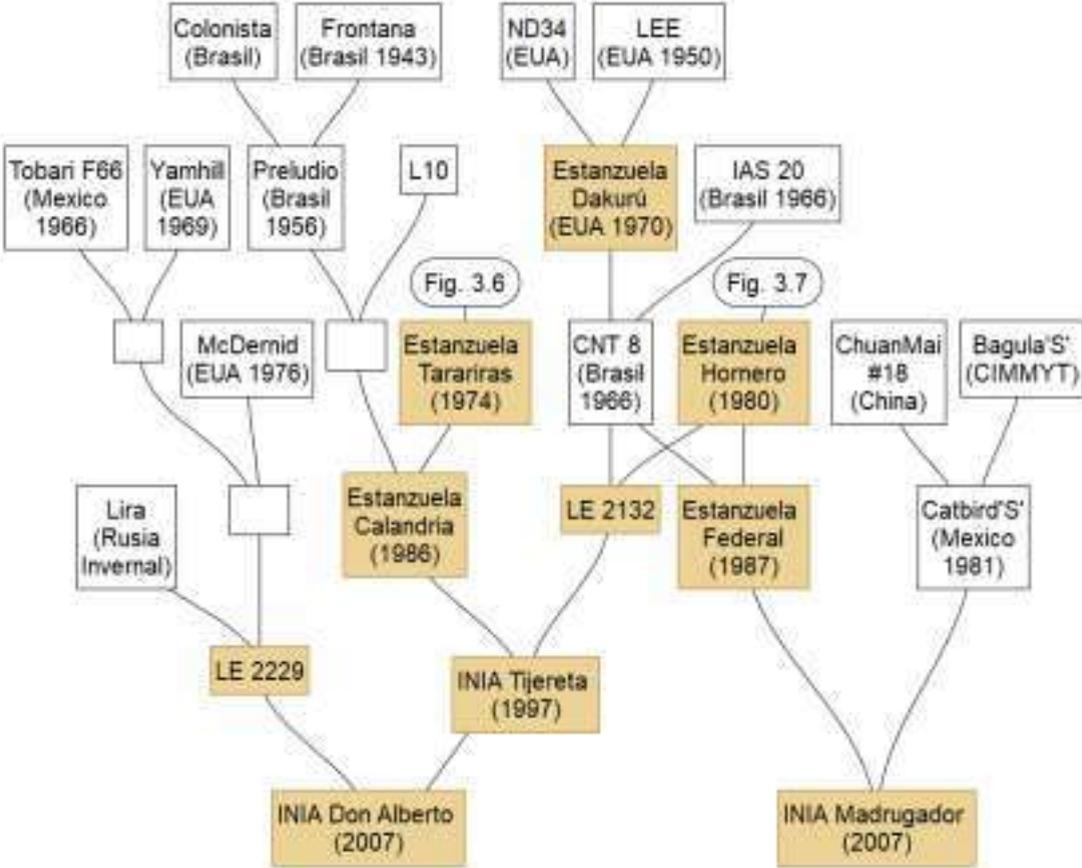


Figura 3.9: Diagrama genealógico de Estanduela Calandria, Estanduela Federal, INIA Tijereta, INIA Don Alberto e INIA Madrugador. Materiales seleccionados en Uruguay identificados por cajas de color. Cajas en blanco indican cruzamientos o líneas intermedias no liberadas.

La intensa contribución de E. Federal en el desarrollo del germoplasma del PMGT es visible por su participación en las cruzas de varios cultivares liberados durante 1998 a 2007. El gran legado de este cultivar fueron sus características determinantes en cuanto a acortar la altura y su estructura de planta. En este período La Estanzuela liberó 14 cultivares, siete de los cuales fueron hijos de E. Federal, destacándose INIA Churrinche (2000), INIA Gorrión (2000) e INIA Torcaza (2002) (Figura 3.10).

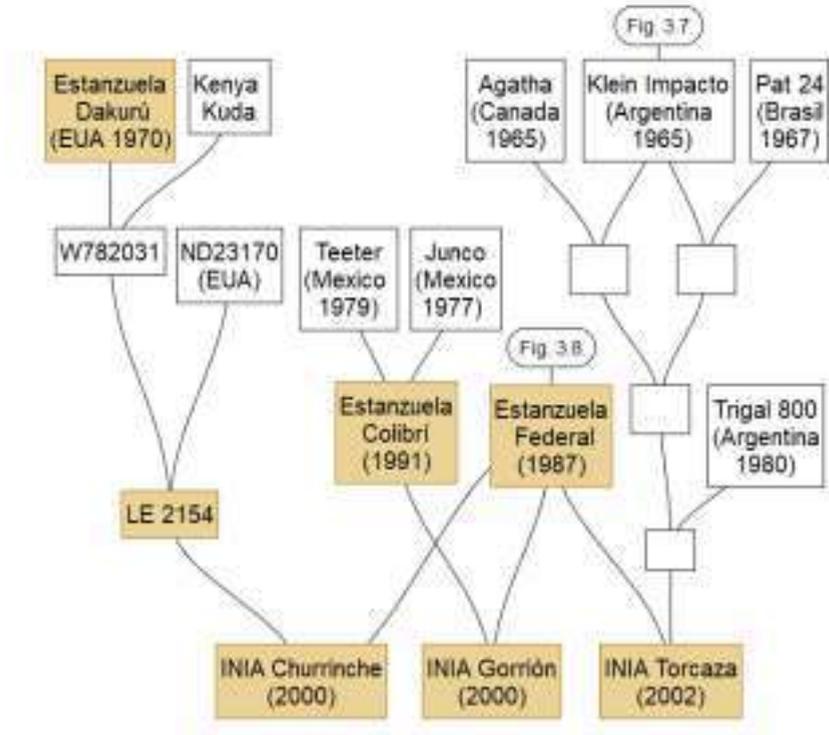


Figura 3.10: Diagrama genealógico de INIA Churrinche, INIA Gorrión e INIA Torcaza. Materiales liberados en Uruguay identificados por cajas de color. Cajas en blanco indican cruzamientos intermedios o líneas intermedias no liberadas.



La liberación de materiales de ciclo intermedio a corto fue mantenida hasta 2007, cuando se liberaron INIA Don Alberto, INIA Carpintero (ciclo intermedio) e INIA Madrugador (ciclo corto) (Figuras 3.8 y 3.9), que rápidamente fueron integrados al sistema de doble cultivo. Estos materiales mantuvieron la tradición histórica de tener en su cruza un trigo adaptado y liberado por el programa. Tuvieron la mayor expansión en el período 2009-2011, cuando en conjunto alcanzaron un promedio de alrededor del 20% del área de siembra nacional.

En la agricultura uruguaya, el trigo fue la base del sistema de producción hasta principios de la década del 2000. Los productos obtenidos a partir del año 2000 resultaron de los objetivos de la década anterior, cuando el PMGT tuvo gran demanda por trigos de ciclos largos de alto potencial de rendimiento e incrementó sus planes de cruzamiento y selección tratando de satisfacer esta demanda. Para complementar este objetivo, durante el período 1994-2003 se desarrolló el Convenio INIA-CIMMYT con el cometido de ampliar la diversidad y el potencial de rendimiento del germoplasma local de ciclo largo e incorporar metodologías avanzadas de mejoramiento genético. Se introdujeron materiales de ciclo largo de diversos orígenes (Australia, China, EUA, Europa Oriental, México, Sudáfrica, Turquía, etc.), algunos de los cuales se utilizaron en cruza a partir de las que se desarrollaron cultivares o líneas utilizadas como parentales por el PMGT. Como consecuencia se liberaron los cultivares de ciclo largo Génesis 2346 (2009, PEETHREE NR2/2\*OS//NWT/3/OS.VONA PYN COMP/4/PIOPIO/5/LE2221), Génesis 2358 (2010, PI/FUNO\*2/5/VLD/4/C0723595/3/TAM200\*2//TAM107/TA2460/6/LE2220) y Génesis 2359 (2010). Durante esta etapa el PMGT incorporó también trigos sintéticos desarrollados por CIMMYT, que fueron progenitores de Génesis 2346, Génesis 2359 y el cultivar de ciclo intermedio Génesis 2354 (2009) (Figura 3.11). El aporte más significativo de este germoplasma fue la resistencia a manchas foliares, en particular mancha amarilla en el caso de Génesis 2359.

La preponderancia de cultivares de ciclo largo no acompañó los cambios dramáticos que se dieron en el mercado, donde el cultivo de soja comenzó a predominar en todos los aspectos, técnicos, comerciales y políticos (Figura 3.12), requiriéndose cultivares de ciclo menor para la rotación.



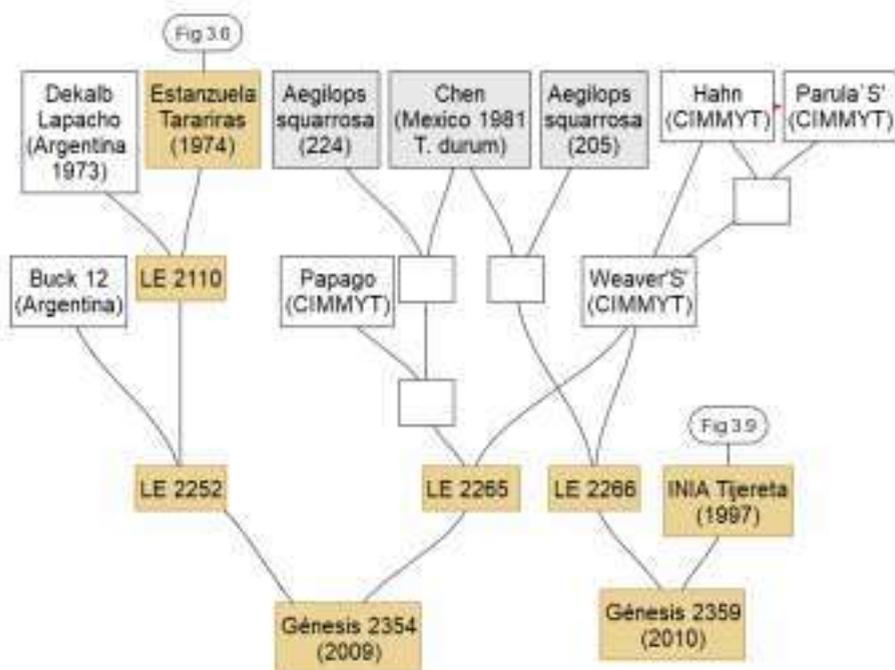


Figura 3.11: Diagrama genealógico de Génesis 2354 y Génesis 2359.

Materiales seleccionados en Uruguay identificados por cajas de color. Genotipos de otras especies indicados por cajas grises. Cajas en blanco indican cruzamientos intermedios o líneas no liberadas.



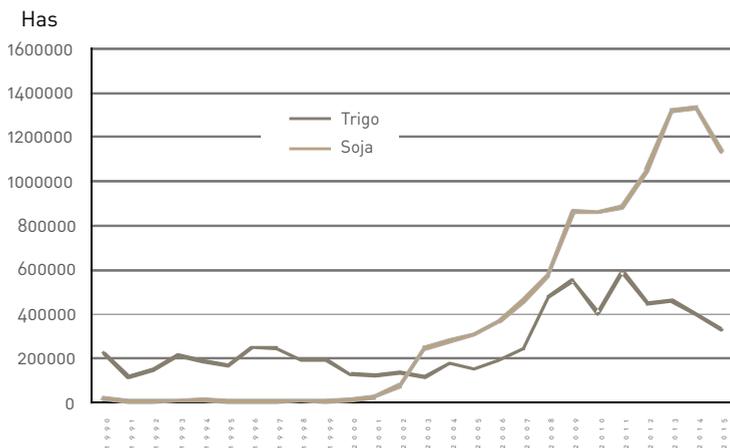


Figura 3.12: Área de trigo y soja desde 1990.

A partir del año 2012 el Programa liberó algunos materiales de ciclo intermedio, de forma de adaptarse al sistema agrícola soja/trigo. Génesis 2366 (2011) (Figura 3.13) y Génesis 2375 (2012) (Figura 3.14), son cultivares de ciclos intermedios a largo e intermedio, respectivamente. Representan un aporte desde el punto de vista sanitario, incluyendo destacado comportamiento frente a una de las grandes limitantes de calidad y producción en el trigo uruguayo como es la fusariosis de la espiga. Estos materiales son reflejo de la superación de enfermedades críticas por intermedio de la incorporación al germoplasma nacional de introducciones, en el caso de Génesis 2375, de origen brasileras seleccionadas localmente como fuentes de resistencia a fusariosis de espiga, continuando el proceso de 100 años de mejoramiento.



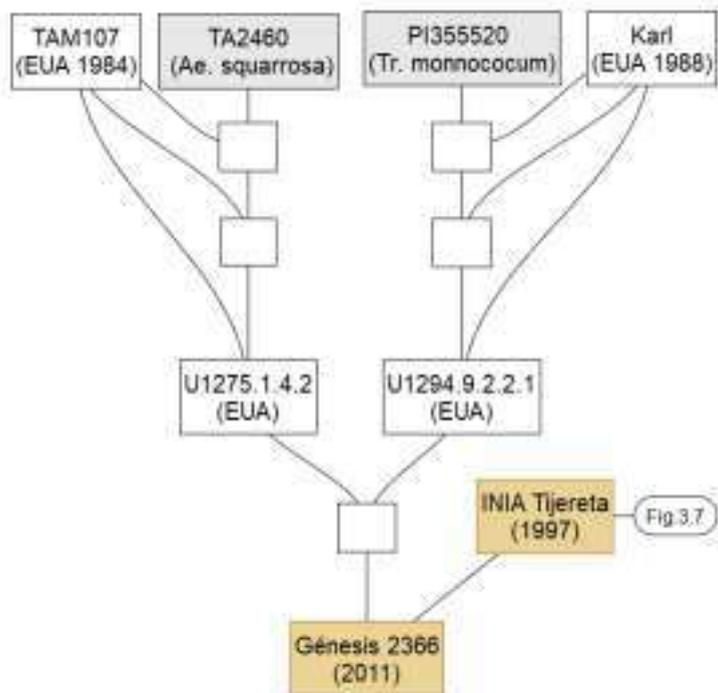


Figura 3.13: Diagrama genealógico de Génesis 2366.

Materiales seleccionados en Uruguay identificados por cajas de color. Genotipos de otras especies indicados por cajas grises. Cajas en blanco indican cruzamientos intermedios o líneas no liberadas.



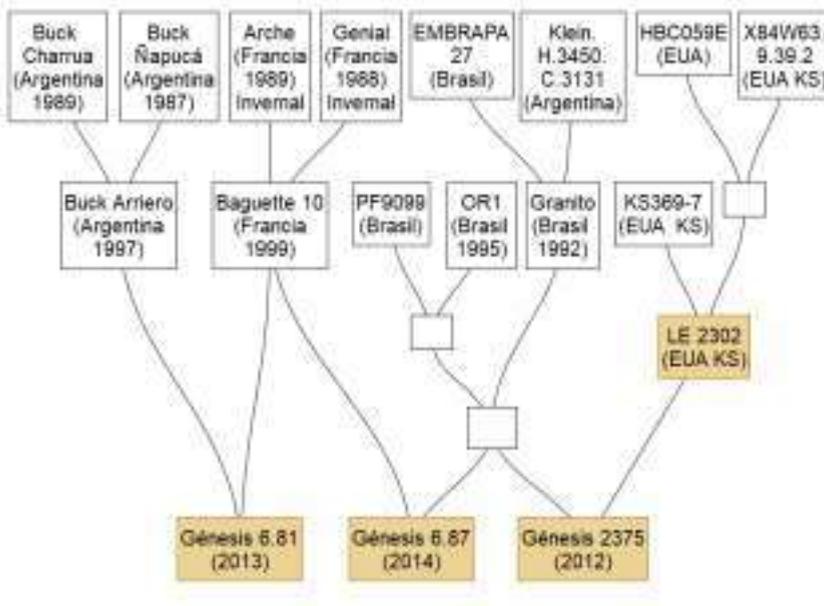


Figura 3.14: Diagrama genealógico de Génesis 6.81, Génesis 6.87 y Génesis 2375. Materiales seleccionados en Uruguay identificados por cajas de color. Cajas en blanco indican cruzamientos intermedios o líneas no liberadas.

A principios de la década del 2000 el Programa incorporó germoplasma europeo repitiéndose la historia en relación a las primeras incorporaciones de ese origen que realizó Boerger, aunque con resultados diferentes. Al inicio del mejoramiento de trigo los materiales criollos fueron altamente superiores a las introducciones europeas mientras que actualmente, después de muchos años de mejoramiento en ambientes de alta producción, parte del germoplasma europeo moderno ha demostrado un alto potencial de rendimiento en la región, si bien muestra limitantes sanitarias y en algunos casos deficiencias en la calidad panadera. Los cultivares Génesis 6-81 (2013) y Génesis 6-87 (2014), derivan de cruza con este germoplasma (Figura 3.14), destacándose también el buen comportamiento de Génesis 6.87 a fusariosis de la espiga, derivada de la misma fuente de resistencia que Génesis 2375.

Existe una coherencia histórica que señala que la adaptación local es muy importante, ya que la mayoría de los cultivares más importantes, sino todos, han tenido una base de adaptación a través de al menos un progenitor. Esta mirada retrospectiva de los procesos a largo plazo permite tener un juicio más amplio para identificar caracteres que se han seleccionado indirectamente a través de rendimiento y estabilidad, para orientar mejor la estrategia de los planes cruzamientos.