

# Capítulo 2

## Objetivos del mejoramiento genético de trigo

D Luizzi<sup>1</sup>, S Pereyra<sup>2</sup>, T Abadie<sup>3</sup>, I Gatti<sup>4</sup>,  
M Quincke<sup>2</sup>, F Condón<sup>2</sup>, D Vázquez<sup>2</sup>,  
M Díaz<sup>5</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 Zionsville Rd, Indianapolis, Indianapolis 46268, EUA,  
<sup>5</sup>ex INIA

El éxito de un programa de mejoramiento sólo se logrará si se tiene en cuenta el medio ecológico y el nivel de tecnología empleado por quienes van a ser los destinatarios de los cultivares creados. Los objetivos deben ser claramente establecidos para materializar en el lanzamiento de una variedad los numerosos años que implica dicha tarea. “Aún cuando la selección científicamente fundamentada, iniciada por Boerger en 1912 se sigue hasta el presente como un proceso continuo, cierta variación debida a las condiciones en que se practicó la agricultura en el país, a la importancia relativa de las enfermedades y a cambios de conceptos y metodología, hacen que sea más conveniente dividir el proceso en etapas.



Una casi interrupción ocurrida entre 1957 y 1961 acompañada por una importante pérdida de materiales, marca aún más la separación entre las mismas” (Tavella 1967). Los cambios en los sistemas de producción ocurridos en los últimos años definen una tercera etapa, caracterizada por la generalización del uso de fungicidas y la cuarta, por la intensificación de la agricultura en base a la siembra directa y el uso preponderante de rotación trigo soja.

En los comienzos de los trabajos de selección triguera en La Estanzuela, y con motivo de orientarlos, se identificaron a las condiciones ambientales (fundamentalmente suelo y clima) como las limitantes principales para la producción de este cereal en el país. Al relacionar el suelo como sustrato natural de la producción agrícola con el factor “clima” que determina el resultado productivo de los años sucesivos, a través de las condiciones meteorológicas particulares, muchas veces resultan situaciones francamente adversas al cultivo. “En cuanto a la alternativa de si corresponde al factor suelo o clima la supremacía en la influencia sobre la producción agrícola, no cabe duda que, en las condiciones especiales del país, decide en definitiva el clima” (Boerger 1937). “Otro inconveniente que imponían las condiciones ecológicas del país era la necesidad de obtener cultivares adaptados a un período de siembra prolongado. Es sabido que esta exigencia se debe a la frecuencia con que se presentan inviernos muy lluviosos, lo que sumado a la composición de nuestros suelos, prevalentemente arcillosos, hace que el período de siembra se prolongue más de lo conveniente, obligando a crear variedades que posean una gran elasticidad frente al factor “época de siembra” (Dellazoppa 1943).

Los trabajos que se encararon en primer término, tuvieron como objetivo mejorar la calidad de la semilla utilizada por los agricultores, tanto desde el punto de vista físico como genético. Este factor era muy descuidado, practicándose lo que se llamó una “selección al revés”, ya que muchas veces se destinaba para la siembra lo que no podía ser vendido en el mercado. Con esta finalidad se comenzó a trabajar en la selección de los primeros trigos de pedigree, teniendo en cuenta fundamentalmente su adaptación a las condiciones climáticas adversas que se dan frecuentemente en el país, lo que se reflejó en la seguridad de rendimientos y alta productividad en relación a las poblaciones criollas a partir de las que fueron seleccionados.

Solucionado el problema de la carencia de cultivares adecuados se plantearon nuevas metas, que intentaban solucionar algunos problemas que éstos presentaban. Tradicionalmente el trigo fue destinado a satisfacer las necesidades del consumo interno y la expansión de la superficie sembrada acompañaba al aumento de consumo de grano. Esto llevó a establecer como objetivo la obtención de trigos especialmente apropiados para la panificación directa. Fue la difusión de Pelón 33c, lo que puso de relieve la necesidad de prestar atención a las tareas de mejoramiento por calidad, ya que la harina obtenida de dicho cultivar poseía gluten de baja tenacidad. Para solucionar este problema se instaló el Laboratorio de Calidad en La Estanzuela, y se comenzó a seleccionar por calidad sobre bases sólidas (Tavella 1967). Las variedades lanzadas posteriormente no presentaron en general problemas graves de calidad.

La selección por sanidad fue considerada desde un principio, pero no dirigida a un problema específico limitante, sino tomando en cuenta un comportamiento general aceptable en los cultivares. Sin embargo, en el año 1929, por primera vez desde los comienzos de los trabajos fitogenéticos en el Río de la Plata, la triticultura regional se enfrentó con un problema sanitario importante. La aparición de roya amarilla o estriada (causada por *Puccinia striiformis f. sp. tritici*) fue un fenómeno fitopatológico sorprendente por la intensidad y extensión del ataque, pues se registró desde Chile a Río Grande del Sur. En 1930, dicha enfermedad vulneró de manera desastrosa a los cultivares más difundidos (Klein Record y Artigas). Fue uno de los momentos más críticos que se presentó al cultivo de trigo en estos países.

A partir de este momento, la roya amarilla se ha seguido presentando esporádicamente pero sin causar daños que afecten la producción a nivel económico. En contraposición, las royas del tallo (*Puccinia graminis f. sp. tritici*) y de la hoja (*Puccinia triticina*) fueron consideradas las enfermedades de mayor poder destructivo, manifestándose una situación crítica en el año 1944 debido a que los cultivares difundidos fueron vulnerados por ambas enfermedades. Las manchas foliares no parecen haber recibido mayor atención hasta 1946, cuando la variedad Pelón Plateado fue afectada por *Phaeosphaeria nodorum* hasta el punto de obligar a retirarla del área de siembra (Ribeiro 1953). En todos los casos, la intensificación en los trabajos de mejoramiento por resistencia a enfermedades llevó a la obtención de cultivares que permitieron la recuperación de esas situaciones críticas que representaron graves pérdidas para la economía nacional.

Dellazoppa (1943) resumió la labor realizada en esta etapa: "Citemos para Uruguay los problemas que sucesivamente hubo que vencer en el proceso de mejoramiento de trigo, pudiéndose establecer como etapas más importantes las siguientes:

**1**

Formación de los primeros trigos de pedigree por selección individual practicada entre los tipos locales

**2**

Formación de variedades adaptadas a un período de siembra muy dilatado de acuerdo a nuestras exigencias ecológicas

**3**

Luego fue necesario orientar la formación de las variedades en el sentido de satisfacer las exigencias de calidad industrial. Por último, el aspecto fundamental que hubo que resolver fue la formación de variedades inmunes o resistentes a las enfermedades más temibles



En particular los carbones del trigo (carbón volador, causado por *Ustilago tritici* y carbón hediondo, causado por *Tilletia caries* y *T. foetida*) podían afectar seriamente el rendimiento y calidad del trigo principalmente cuando los productores utilizaban semilla contaminada multiplicada año tras año. Se seleccionaba entonces por buen comportamiento a campo, cuando se observaba la enfermedad dado que los métodos de control disponibles (inmersión de la semilla en agua caliente y posterior secado) se podían aplicar solo a pequeños volúmenes de semilla, priorizándose la semilla básica.

Durante la década del 70 se generalizó el uso de curasemillas eficientes para el control de carbones que podían aplicarse en grandes volúmenes de semilla. Esta práctica se adoptó para casi la totalidad de la semilla utilizada en el país y la disminución de la presencia de los carbones fue tal que dejó de seleccionarse por resistencia genética.

A principios de la década del 60 comenzó a producirse un cambio en la agricultura, con la introducción de fertilizantes en el gran cultivo y el incremento de la instalación de praderas que luego serían roturadas y sembradas con trigo en un nuevo sistema de producción mejorado. Este cambio requirió algunas características diferentes en las variedades por lo que debieron considerarse nuevos objetivos en la selección de cultivares, ya que estos deberían ser capaces de responder al mayor nivel de fertilidad logrado con las prácticas mencionadas. Dicho objetivo se logró buscando no sólo características inherentes al material genético en cuanto a rendimiento, sino también eliminando defectos que no permitían que dicho potencial se expresara, como es

por ejemplo, el vuelco. Se introdujo entonces germoplasma de origen mexicano, que reunía las condiciones buscadas. Con la introducción de dicho germoplasma, muy susceptible frente a mancha o septoriosis de la hoja (causada por *Zyzo-septoria tritici*), esta enfermedad comenzó a ser un grave problema dándose en el Uruguay el mismo proceso observado a nivel mundial: el aumento en la importancia de la enfermedad fue paralelo al aumento en la difusión del germoplasma mexicano (puro o en cruzamientos), y al incremento en el uso de fertilizantes nitrogenados. Esto determinó un nuevo objetivo en la selección de cultivares, bastante difícil de solucionar, debido a la carencia de adecuadas fuentes de resistencia y a la falta de información acerca de la manipulación y acumulación de resistencia a la enfermedad. Inicialmente se enfrentó el problema con la selección de materiales de mayor altura y ciclo que el de los materiales semienanos de origen mexicano ya que trabajos nacionales (Tavella 1977) y extranjeros, confirmaban una asociación negativa entre infección de mancha de la hoja y altura y ciclo de las plantas. De alguna manera, el material tradicional reunía ya estas características. Con el transcurso del tiempo la resistencia a esta enfermedad se transfirió al germoplasma adaptado del Programa de Mejoramiento Genético de Trigo (PMGT), siendo Estanzuela (E.) Federal el primer cultivar resistente con baja estatura liberado. Paralelamente se identificaron fuentes de resistencia introducidas con un tipo de planta que se adaptaba a condiciones de alta productividad.



A medida que la importancia económica de las enfermedades incrementaba paralelamente al incremento sostenido del rendimiento del cultivo, el mejoramiento por resistencia a enfermedades fue cada vez más importante. Estas no sólo afectaban el rendimiento y calidad, sino que reducían la amplitud de época de siembra de los cultivares, tan importante en nuestras condiciones.

Ya en la década del 40, debido a la alta susceptibilidad de Pelón Plateado frente a *Phaeosphaeria nodorum*, se recomendó su siembra en épocas tardías, para escapar al efecto de la enfermedad que se presentaba con mayor severidad en siembras tempranas (Ribeiro 1953). Posteriormente se recomendó evitar siembras tempranas de cultivares susceptibles a mancha de la hoja, y siembras tardías para cultivares susceptibles a royas, principalmente roya del tallo, como fue el caso de E. Tarariras.

Durante el año 1977, caracterizado por exceso de precipitaciones durante la primavera, ocurrió la primer gran epidemia documentada de fusariosis de la espiga (*Fusarium spp.*), frente a la que los cultivares difundidos eran en general susceptibles. Esta enfermedad impuso otro gran desafío para el PMGT, por su impacto en toda la cadena de producción (reduce rendimiento, calidad e

inocuidad por la contaminación con toxinas), y porque la resistencia disponible es compleja y difícil de incorporar en germoplasma adaptado.

En 1982 se reportó la presencia de una nueva enfermedad de trigo, la mancha amarilla (*Pyrenophora tritici repentis*) (Luzzardi et al. 1985), que ha sido la mancha predominante en los sistemas de producción que incluyen trigo sembrado sobre rastrojo de trigo desde principios de la década del 90 (Díaz de Ackermann 2011), debiéndose incorporar un nuevo objetivo de selección por resistencia a enfermedades.



En el año 1986, se implementó el Plan Piloto de Trigo para difundir la tecnología de uso de fungicidas para el control de las enfermedades, que constituyó uno de los grandes cambios en el manejo del cultivo. Se liberaron algunos materiales introducidos de alto potencial de rendimiento, respondiendo a las mejores condiciones logradas en las características de los suelos y a la menor incidencia de las enfermedades que en general fueron controladas exitosamente por el uso creciente de los fungicidas.

A partir de la década del 90 se inicia una tercera etapa durante la cual se generalizó el uso de los fungicidas debido al incremento del precio del trigo y a la intensificación de la agricultura. Algunos cultivares con alto rendimiento con algunos problemas sanitarios pudieron ser mantenidos en producción utilizando fungicidas, siempre que se mantuvieran en el rango de moderada susceptibilidad.

La dinámica de la investigación en el mundo y un factor nuevo que ha incidido rápidamente en ajustes e innovaciones en las técnicas de manejo de los cultivos fueron las comunicaciones, que se sintetizan en los conceptos de globalización de las tecnologías con sus ajustes locales. Es así que la siembra directa también se generalizó a fines de los 90 y significó otro cambio importante en la producción de trigo, entre otros factores, por incrementar la presión de enfermedades causadas por patógenos que sobreviven en el rastrojo como los causantes de manchas foliares y fusariosis de la espiga (Pereyra et al. 2011). También la roya de la hoja fue favorecida tanto por el uso frecuente de cultivares susceptibles (Germán et al. 2011) como por la mayor disponibilidad de nitrógeno en cultivos de mayor rendimiento (García y Díaz 2007). Esta situación incidió en una mayor exigencia en la selección por resistencia a estas enfermedades, que sigue siendo uno de los objetivos más importantes del PMGT hasta el presente.

Una cuarta etapa se caracterizó por la separación de la actividad agrícola de la ganadera, pasándose a producir cultivos en rotación en la misma área y la expansión e intensificación de la agricultura por el desarrollo de la soja como cultivo más importante (Figura 2.1). Como consecuencia el trigo se produce en un sistema de doble cultivo trigo/soja. Fue necesario adaptar el ciclo de los cultivares liberados de forma que respondieran a la necesidad de aumentar la rentabilidad del sistema agrícola bajo la implementación de este sistema.

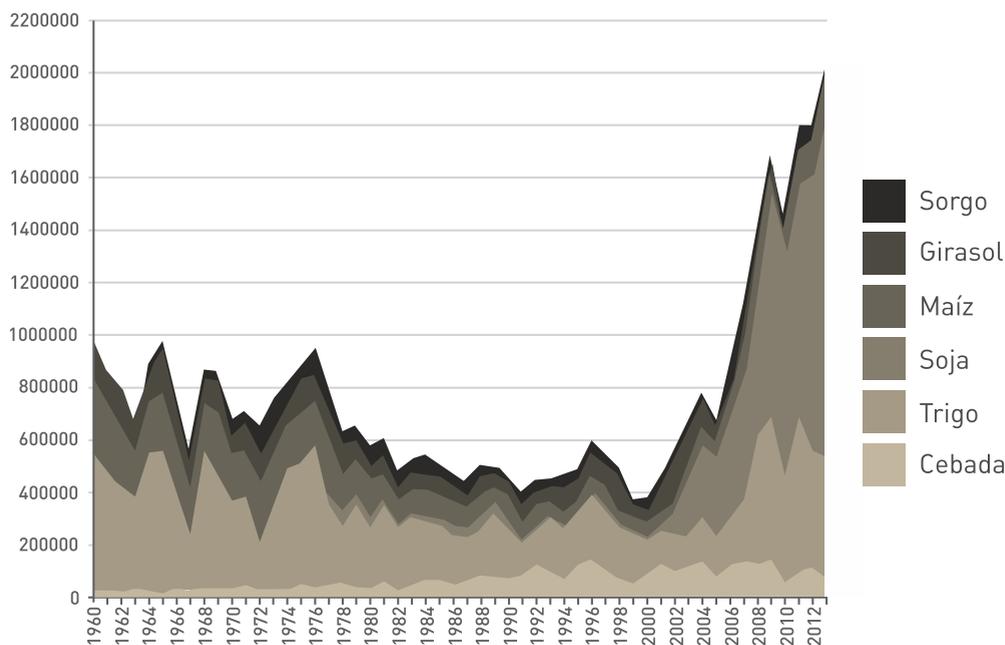


Figura 2.1: Área (ha) acumulada de cultivos en Uruguay, 1969-2012.  
Fuente: DIEA

La Ley de Conservación de Suelos y Aguas implica otra condicionante a ser considerada por el PMGT al exigir que los suelos deban estar cubiertos. Para la rotación actual predominante (soja/trigo), los cultivares de ciclo intermedio o intermedio a largo con fecha de siembra óptima del mes de mayo o principios de junio son los que se ajustarían a esta exigencia.

De esta manera se trata de poner de relieve que las labores de fitomejoramiento para lograr una variedad con alta productividad y adaptación a la zona agrícola se hicieron cada vez más complejas a medida que se fueron planteando nuevos problemas que obligaron a los investigadores a satisfacer con una técnica más adecuada todos los aspectos requeridos.