



*Campos de trigo de invierno en estado de madurez en Oregón. Los productores de trigo, tanto de países desarrollados como en proceso de desarrollo están obteniendo provecho del programa colaborativo de investigación sobre cruzamientos de trigo de primavera x trigos de invierno, que se describe en este artículo.*

EL CIMMYT HOY No. 12

# *ensayos de los conjuntos genéticos*

CRUZAS DE TRIGO HARINERO  
PRIMAVERA X INVIERNO

# ensayos de los conjuntos genéticos

En los ensayos del vivero internacional de selección de trigo harinero del CIMMYT que se llevaron a cabo en 1979, en 58 localidades alrededor del mundo, 21 líneas nuevas, de las 458 que se probaron, produjeron rendimientos promedio superiores a cuatro toneladas de grano por hectárea. Nueve de estas líneas nuevas no hubieran llegado a existir si la naturaleza no hubiese contado con la ingeniosa ayuda de los genetistas de trigo del CIMMYT y de la Universidad Estatal de Oregón (OSU), EUA. La mencionada ayuda consiste en un método, basado en trabajos de campo, para cruzar el trigo de primavera con el trigo de invierno. Ambos tipos de trigo constituyen los dos grandes complejos genéticos de trigo harinero en el mundo.

Debido a razones que se explicarán más adelante, es necesario mucho ingenio para cruzar las plantas mencionadas, las cuales a pesar de pertenecer a la misma especie son muy distintas entre sí. El hecho de cruzar trigos primaverales por trigos invernales no es una novedad, ya que se había hecho en invernadero por décadas, antes de que existiera la cooperación entre el CIMMYT y la OSU. En efecto, algunos de los primeros mejoramientos en lo que respecta a la resistencia a las enfermedades fueron el resultado de cruces entre trigo de invierno y de primavera, que se hicieron en laboratorio; un resultado notorio de estas cruces fue el trigo de planta baja, Norin 10 x Brevor. Cuando el Dr. Norman E. Borlaug, científico del CIMMYT, incorporó los genes de enanismo de la mencionada variedad a los trigos mexicanos de primavera, estableció las bases para la formación de los trigos semienanos que impulsaron la Revolución Verde.

Por medio del proyecto OSU-CIMMYT se ha aportado un nuevo elemento de gran utilidad para los trabajos de mejoramiento genético. Este elemento es un sistema recientemente desarrollado, con base en los trabajos que el finado Dr. Joseph A. Rupert llevó a cabo a mediados de la década de los sesentas; el uso de este sistema, adaptable a los métodos masivos de cruzamiento y selección, permite a los mejoradores probar los recursos genéticos de que disponen para el mejoramiento, en medios diferentes y en forma más intensa.

Al presente, el programa de cruzamientos entre los trigos de primavera y los trigos de invierno es uno de los esfuerzos básicos que se están llevando a cabo en el CIMMYT y en la OSU para mejorar el trigo. Cada año, se hacen más de 1,500 nuevas cruces de trigos de primavera x trigos de invierno y las contribuciones que cada conjunto genético hace al otro se reflejarán en mayores rendimientos y en el mejoramiento de la resistencia a las enfermedades de las selecciones de cada tipo de trigo.

---

## la misma especie pero con diferentes hábitos de crecimiento

---

Los trigos de invierno y los de primavera pertenecen a la misma especie *Triticum aestivum*, pero presentan grandes diferencias desde los puntos de vista fisiológico y de hábitos de crecimiento.

El nombre "trigo de primavera" se aplica a aquellos trigos que se siembran al principio del ciclo de crecimiento ya sea en primavera o en otoño, dependiendo del clima. Tienen un ciclo de crecimiento continuo de la siembra a la cosecha, de tres a cinco meses y no sobreviven a temperaturas bajo cero.

El "trigo de invierno", al contrario de los anteriores, tiene que sufrir una interrupción de su desarrollo, causada por períodos continuos con bajas temperaturas. Cuando éstos se siembran en el otoño, están listos para cosecharse durante el verano siguiente, de 10 a 11 meses después de haber sido sembrados. Si no se presentaran las bajas temperaturas estas plantas no amacollarían ni florecerían y por tanto tampoco producirían ni espigas ni granos.

Las raras cruces naturales que se presentan en trigo y la mayor parte de las cruces con propósitos genotécnicos se han hecho entre plantas de los mismos grupos, ya sea de invierno o de primavera por lo que los respectivos conjuntos genéticos han seguido diferentes sistemas de evolución.

Los trigos de invierno, como complejo genético, presentan por lo general:

- Resistencia superior a las enfermedades causadas por distintas especies de *Septoria*,



*Los codirectores del Programa de Cruzamientos de Trigos Primaverales x Trigos Invernales en una parcela de cruzamiento en la Estación Experimental de Hyslop de la Universidad Estatal de Oregón (OSU). A la izquierda se encuentra Warren Kronstad, Profesor de Cultivos de la OSU con Glenn Anderson, Director del Programa de Trigo del CIMMYT.*

así como al mildiú polvoriento, a la roya lineal y a la roya de la hoja.

- Mayor tolerancia a las bajas temperaturas y posiblemente a la sequía.

Generalmente se considera que los trigos de primavera tienen genes que les confieren:

- Resistencia a la roya del tallo y a la roya de la hoja.
- Mejores características de panificación.

También, se cree que ambos tipos de trigo tienen diferentes caracteres genéticos relacionados con el rendimiento, por lo cual, al tener una oportunidad para cruzar ambos tipos se obtendrían nuevas combinaciones genéticas capaces de sobrepasar los rendimientos más altos obtenidos dentro de cada uno de los respectivos conjuntos genéticos.

Es claro que si se incorporasen en forma selectiva las cualidades existentes en cada conjunto genético, se lograría un mejoramiento notable.

#### **el problema para realizar cruza de trigos de invierno x trigos de primavera**

En la mayor parte de los ambientes, los trigos de invierno y los de primavera no florecen al mismo tiempo imposibilitándose así los cruzamientos. Para resolver este problema, el CIMMYT ha creado e instituido dos soluciones:

- Cuando se siembra el trigo de invierno durante el mes de noviembre en la estación

experimental de Toluca, en la parte central de México, a una altitud de 2,640 msnm, las bajas temperaturas que se presentan durante los meses de diciembre y enero alcanzan a proporcionar al trigo la vernalización necesaria para que amacolle y produzca espigas. En la misma estación, se siembran trigos de primavera en diferentes fechas durante los meses de enero y febrero para asegurarse que las plantas de ambos grupos florezcan al mismo tiempo, en mayo y es entonces cuando los investigadores pueden llevar a cabo sus cruza y observar la progenie de la primera generación, a la que se referirá como plantas F<sub>1</sub>.

- Por medio de algunas manipulaciones artificiales, se está llevando a cabo un programa separado de cruzamientos de trigos de invierno x trigos de primavera en el CIANO, cerca de Ciudad Obregón, a 39 msnm, en el estado de Sonora, al noroeste de México. Las plantas se cultivan en macetas y se vernalizan durante 45 días en cámaras frías (3<sup>o</sup> a 4<sup>o</sup>C) y se les proporciona durante ese tiempo luz artificial durante 12 horas por día. Después de precondicionar estas plántulas a una temperatura de 8<sup>o</sup>C, se trasplantan manualmente a un vivero al aire libre en el cual se les proporciona una iluminación



En el CIMMYT se vernalizan los trigos de invierno (45 días a 3<sup>o</sup>-4<sup>o</sup>C) en cámara fría para cruzarlos con los de primavera en el campo.



Un investigador asistente de la OSU selecciona algunas líneas con hábito invernal de crecimiento, que el CIMMYT cultiva en el CIANO para la OSU.

eléctrica adicional) hasta por 6 horas diariamente. Cuando los trigos de invierno se desarrollan bajo las mencionadas condiciones florecen al mismo tiempo que los de primavera cultivados normalmente y así es posible llevar a cabo las cruzas entre ambos tipos de este cereal.

Las estaciones de Toluca y el CIANO, cerca de Cd. Obregón, Sonora, en las cuales el CIMMYT lleva a cabo los cruzamientos tienen características físicas diferentes, que se anotan en seguida. Asimismo, debido a las diferencias entre las épocas de desarrollo de las plantas, es posible tener dos ciclos de cruzamiento y selección en un mismo año calendario.

	CIANO	Toluca
Altitud	39 msnm	2,640 msnm
Latitud	27° N	19° N
Temperaturas:		
Máxima	40°C	20°C
Mínima	0°C	-15°C

aprovechamiento de las cruzas de trigo de primavera x trigo de invierno

Debido a que los científicos del CIMMYT cuentan con las facilidades necesarias para llevar a cabo los cruzamientos en el campo, la fase de cruzamiento del programa cooperativo OSU-

CIMMYT se lleva a cabo en México, en donde se hacen cerca de 1,500 cruzas cada año.

La progenie de primera generación se cultiva en el CIANO donde se expone naturalmente a condiciones de epidemias de roya de la hoja y del tallo. En Toluca, las plantas están expuestas a los ataques de la roya lineal, además de las royas del tallo y de la hoja.

Las semillas de las plantas de la generación F<sub>1</sub> que sobreviven a los ataques de las enfermedades mencionadas, se dividen en partes iguales y se envía una (50 por ciento) a la OSU. Debido a que la parte del programa que se desarrolla en Oregon tiene como objeto mejorar el trigo de invierno, allá cruzan esta F<sub>1</sub> con las mejores líneas de trigo invernal o realizan cruzas entre las mismas líneas F<sub>1</sub> siendo en el segundo caso cruzas de trigo de invierno x trigo de invierno o cruzas de trigo de invierno x trigo de primavera. Por medio de estas cruzas, se asegura la producción de gran cantidad de líneas que tienen hábito invernal de crecimiento.

Los mejoradores del CIMMYT también tienen la opción de cruzar la F<sub>1</sub> de trigo de primavera x trigo de invierno o de producir un nuevo híbrido por medio de cruzar F<sub>1</sub> x F<sub>1</sub>. Existe una tercera opción para el CIMMYT, la cual consiste en mantener algún material sobresaliente de F<sub>1</sub> originado por la



S. Rajaram, Director del Programa de Mejoramiento de Trigo Harinero del CIMMYT, inspecciona un vivero de líneas provenientes de cruces de trigo de primavera x trigo de invierno, en la estación experimental del CIMMYT en Toluca, México.

cruza de primavera por invierno y reproducirlo para que produzca líneas segregantes sin llevar a cabo cruces ulteriores.

#### cruzas de trigo de primavera x trigo de invierno en Oregón

Varios factores y las características de la OSU hacen que la asociación de esta institución con el CIMMYT sea muy ventajosa para el adelanto de este programa de mejoramiento de trigos de invierno y de primavera. El plantel docente de ciencias agrícolas de la OSU es ampliamente reconocido por sus investigaciones y por los éxitos que ha alcanzado en la capacitación de jóvenes científicos, provenientes de todo el mundo. El trigo de invierno es el cereal más importante en el estado que patrocina a esta universidad y los productores de Oregón colaboran en los esfuerzos que se llevan a cabo para el mejoramiento de este cultivo, proporcionando fondos y brindando su ayuda tanto a nivel organizacional como personal. Las estaciones experimentales de la universidad tienen una amplia gama de condiciones para el cultivo de trigo de invierno, lo que aumenta las posibilidades de que las líneas que ahí se seleccionen tengan una adaptación más amplia.

Cada uno de los sitios en que la OSU lleva a cabo ensayos, presenta condiciones ambientales muy rigurosas para la selección.

El Campo Agrícola Experimental de Hyslop (Hyslop Agronomy Farm), cerca de Corvallis, donde está situada la universidad, tiene una precipitación de 1000 mm anuales durante el invierno, lo cual, en combinación con su clima "mediterráneo" causa que se cuente con una fuerte presión de ataques de *Septoria tritici*, *Puccinia striiformis* (roya lineal), *P. recondita* (roya de la hoja), *Erysiphe graminis tritici* (mildíu polvoriento), *Ophiobolus graminis*, *Cercospora herpotrichoides* y virus del enanismo amarillo de la cebada.

La Estación Experimental de Pendleton (Pendleton Experiment Station) está situada a 500 msnm y tiene una precipitación pluvial de 450 mm anuales. La Estación Sherman está situada en la vertiente oriental de las Montañas Cascada y tiene una precipitación anual de cerca de 250 mm. En estas dos estaciones se seleccionan líneas de trigo por su resistencia a la roya lineal y a *Cercospora herpotrichoides*, así como por su resistencia a dos especies de carbón común, *Tilletia caries* y *T. foetida*. En ambas estaciones, se presentan condiciones apropiadas para la evaluación de la resistencia a las bajas temperaturas, ya que durante el invierno éstas llegan a descender a  $-20^{\circ}\text{C}$ . En la Estación Sherman, el trigo de invierno se expone además a fuertes vientos y ventiscas. Asimismo, en esta misma Estación Sherman, el trigo se expone a

(el texto continúa en la pág. 8)



### historia de una selección Veery

#### DE UNA CRUZA A UNA VARIEDAD POTENCIAL

En el campo experimental del CIMMYT ubicado en Toluca, en 1973, un investigador esparció unos granos de polen de la variedad mexicana de trigo harinero de primavera Buho "S" sobre unas espiguillas emasculadas de la variedad de trigo de invierno Kavkaz, procedente de la URSS. Las semillas que se produjeron a partir de esta cruce simple pueden llamarse, para nuestros propósitos, Kavkaz-Buho.

**F<sub>1</sub>** Las semillas Kavkaz-Buho se sembraron en el ciclo de primavera del mismo año en el CIANO. Al tiempo de la floración en los primeros meses de 1974, se hizo a mano una cruce de mestizos (topcross) entre Kavkaz-Buho y una línea con genealogía combinada de Kalyansona y Bluebird (una cruce de mestizos, o *topcross* significa una combinación entre un híbrido de primera generación, en este caso Kavkaz-Buho y una planta de una línea o variedad resultante de varias generaciones de mejoramiento genotécnico). La variedad Bluebird es hermana de algunas variedades mexicanas que fueron liberadas cerca de cinco años antes que ésta. Kalyansona, que se liberó en la India, es uno de los nombres de las variedades provenientes de la progenie de la cruce 8156 del CIMMYT, de la cual también provienen ciertas variedades de trigo que impulsaron la Revolución Verde.

**F<sub>2</sub>** Las semillas de la cruce de mestizos mencionada, actualmente conocida como cruce 33027, se sembraron en Toluca durante el siguiente ciclo. En ese momento, la genealogía ya estaba completa sin hacer nuevos cruzamientos. El trigo es una planta autógama, es decir, que el polen

de los órganos machos fertiliza las partes femeninas de la misma planta. Los fitogenetistas observan sistemáticamente todas las plantas de la línea, con objeto de encontrar aquellas cuyos genotipos produzcan las mejores progenies. Los científicos buscan en primer lugar resistencia a las enfermedades y características deseables de crecimiento y arquitectura de las plantas. Una de las plantas que se seleccionaron entre la progenie en esta ocasión fue nombrada "Planta No. 12" y se le hizo avanzar en el proceso de mejoramiento para prestarle una atención mayor.

**F<sub>3</sub>** Las semillas de la planta No. 12 se enviaron al CIANO para sembrarse durante el siguiente ciclo. Tanto en ésta como en las siguientes generaciones, los científicos observaron cuidadosamente el comportamiento de las plantas en relación con las enfermedades, así como el tipo de planta. La planta No. 1 se seleccionó en esta parcela y sus semillas pasaron los exámenes visuales y de laboratorio. Estas últimas se relacionan con la fuerza del gluten, que está estrechamente ligada con la calidad de panificación. Las semillas se hicieron avanzar y se sembraron en el siguiente ciclo en Toluca.

**F<sub>4</sub>** Las semillas provenientes de la planta No. 1 se evaluaron en Toluca y se hizo avanzar la planta No. 1 de esta parcela.

**F<sub>5</sub>** Las semillas de la planta No. 1 de F<sub>4</sub> se sembraron en el CIANO en 1976 y luego se hizo avanzar a la planta No. 1 de esta generación.

**F<sub>6</sub>** Las semillas de la planta No. 1 en F<sub>5</sub> se sembraron en Toluca durante el verano. La primera planta que se seleccionó en esta generación se cosechó y se avanzó, continuando con las evaluaciones críticas de campo y de laboratorio.

**F<sub>7</sub>** En 1977-1978, en el CIANO, los científicos estaban satisfechos con la uniformidad del tipo de planta y con la



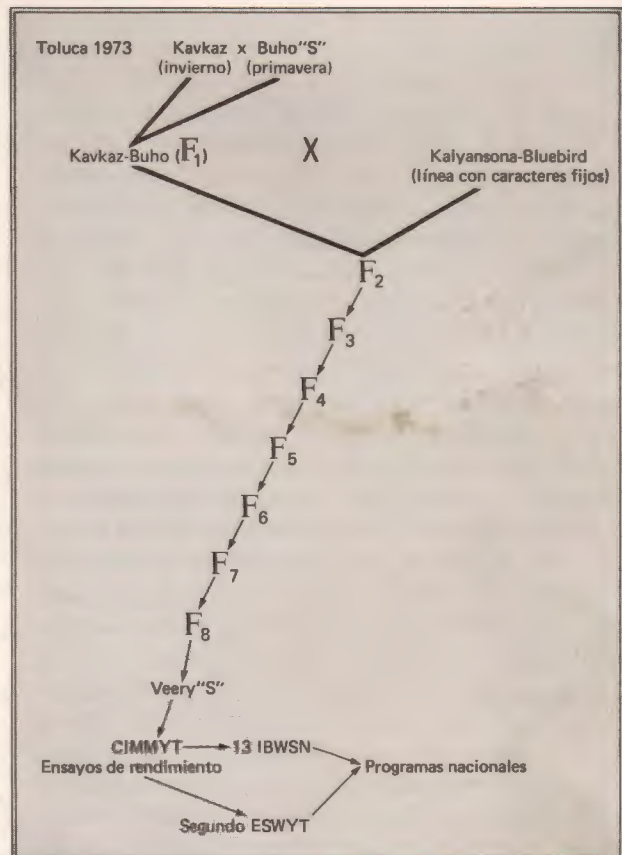
reacción a los ataques de las enfermedades. Por tanto, marcaron esta parcela para cosecharla; cosecharon todas las plantas y se guardaron todas las semillas.

**Fg** Las semillas a granel se sembraron en Toluca pocas semanas más tarde en una PC (parcela chica). La semilla cosechada en 1978 constituyó el material para probar esta línea avanzada. Una parte de la semilla se sembró en el CIANO en los ensayos de rendimiento del CIMMYT; otra parte se incluyó en el décimo tercero Vivero Internacional de Selección de Trigo Harinero (IBWSN) para ser probada en diferentes localidades alrededor del mundo.

**Fg** En 1980 esta línea es ya una de las entradas del Segundo Vivero de Rendimiento de Elite de Trigo de Primavera (ESWYT). A través de este ensayo de rendimiento que se llevará a cabo a nivel mundial se determinará la amplitud de adaptación de esta línea.

**¿Se liberará pronto una nueva variedad?** El CIMMYT no libera variedades directamente para multiplicarlas y distribuir las entre los agricultores sino que son los directores de los programas nacionales los responsables de hacerlo. Actualmente, son éstos quienes están cultivando esta selección Veery bajo las condiciones particulares de sus respectivos países. Algunos podrían encontrar que esta línea muestra características lo suficientemente ventajosas para justificar el largo y costoso proceso que es necesario seguir para obtener las toneladas que se requieren para que un número significativo de agricultores siembren una nueva variedad, a partir de un puñado de semillas.

Es posible que pasen varios años entre el momento de tomar la decisión de liberar una nueva variedad, hasta el día en que cualquier agricultor que desee sembrarla pueda obtener la semilla necesaria.





**Dr. Joseph A. Rupert  
1916-1972**

El Programa Cooperativo CIMMYT-Universidad Estatal de Oregón es en realidad un legado del Dr. Joseph A. Rupert, ya que los trabajos que se están llevando a cabo son el resultado de una evolución de las investigaciones que él realizó mientras trabajó, durante 12 años, como Director del Programa Cooperativo de la Fundación Rockefeller en Chile.

Los diferentes ambientes en los cuales se desarrolla el trigo en Chile, van desde las tierras altas y frías donde se cultivan los trigos de invierno hasta la región central costera

condiciones de sequía. Para las siembras comerciales en esta región es necesario conservar la humedad del suelo con la rotación de trigo-descanso del terreno.

El calendario anual de trabajos de cruzamientos de trigo de primavera x trigo de invierno en la OSU comienza con la siembra de los trigos de invierno que se van a usar como progenitores. Las fechas de siembra en las estaciones son normalmente como sigue: Sherman, el 10 de septiembre; Pendleton, el primero de octubre; y Hyslop, el primero de noviembre. Durante los últimos días de marzo y los primeros días de abril, los investigadores de la OSU viajan al CIANO, Sonora, México, para inspeccionar el vivero de F<sub>1</sub> del CIMMYT. A pesar de que ellos siembran sus propias F<sub>1</sub> más temprano, restará aún cerca de un mes antes de que éstas florezcan y sea posible llevar a cabo las cruces en Oregón. Durante estas visitas, los investigadores de la OSU obtienen información relacionada con la reacción de las líneas a los ataques de las enfermedades y con ciertos caracteres agronómicos. Esta información es muy útil para refinar sus estrategias de cruzamiento cuando regresan a Oregón.

El equipo de la OSU realiza una visita similar al Valle de Toluca durante el mes de julio, donde evalúan y seleccionan plantas provenientes de algunas de sus propias cruces de trigo de primavera x trigo de invierno cruzadas en Oregón con trigos de invierno. A pesar de que en Oregón inciden 12 de las enfermedades principales del trigo, la roya del tallo

no se presenta; por tanto, el CIMMYT cultiva para la OSU materiales segregantes bajo condiciones de exposición a esta última enfermedad, así como a otras razas de roya lineal y de la hoja. Así, los campos experimentales en México sirven a la OSU como vivero fuera de estación y se puede añadir otro ciclo de cruzamientos cada año.

Los científicos del CIMMYT también usan estos ciclos alternados de crecimiento para hacer viajes de observación a los campos experimentales de Oregón, durante los cuales colectan información sobre algunos factores, que será útil para los programas de cruzamientos y la evaluación de materiales.

Los trigos de invierno que portan genes de los trigos de primavera se envían también para ser probados en diferentes partes del mundo, de la misma manera en que se envían los trigos de primavera a través de los viveros internacionales del CIMMYT. La OSU creó desde 1973-1974, su Vivero Internacional de Selección de Trigos de Invierno x Trigos de Primavera (IWSWSN). En la actualidad, este vivero cuenta con 250 entradas aproximadamente y lo cultivan 97 cooperadores en cerca de 50 países. Estos colaboradores de diferentes países informan acerca de sus observaciones sobre enfermedades, rendimiento y adaptación. Posteriormente, se envían a los colaboradores cuadros computerizados basados en los análisis que se llevan a cabo en la OSU antes de la iniciación del siguiente ciclo de cruzamientos.



en donde se producen trigos de primavera precoces. Existen también, áreas transicionales entre los extremos mencionados. El Dr. Rupert se propuso, en pequeña escala, conjuntar los complejos genéticos de trigos de invierno y de primavera de Chile. Su trabajo sirvió de apoyo a este concepto, ya que algunas variedades provenientes de las cruces de trigo de primavera x trigo de verano que él realizó, aún se cultivan en Chile.

Durante 1968, la Fundación Rockefeller decidió fortalecer y utilizar más intensivamente los trabajos que había iniciado el Dr. Rupert y lo transfirió a la Universidad de California en Davis, EUA para que dirigiera un nuevo programa de cruzamientos de trigo de primavera x trigo de invierno, en colaboración con el entonces recién inaugurado CIMMYT. Subsecuentemente, la sede para el programa en los Estados Unidos fue trasladada a la Universidad Estatal de Oregón, en Corvallis, Oregón, cuyas condiciones durante el período vegetativo ofrecen presiones más rigurosas como bajas temperaturas, sobre diversos tipos de suelos; y condiciones climáticas más diversas, así como de exposición a mayor cantidad de organismos patógenos.

Cuatro años después de iniciarse el programa de cruzamientos de trigo de primavera x trigo de invierno, el

Dr. Rupert murió a causa de un cáncer. Su asociación con los esfuerzos para el desarrollo agrícola en América Latina había tenido una duración de 25 años, desde 1947, poco después de haber obtenido su doctorado en la Universidad de Virginia Occidental.

Nativo de Minnesota, EUA, el Dr. Rupert tuvo gran influencia sobre las vidas profesionales de muchas personas que han trabajado y trabajan para el desarrollo de la agricultura en todo el mundo. Por ejemplo, merced a su influencia, a más de 60 científicos en ciernes de Chile se les proporcionaron becas para realizar estudios de postgrado fuera de ese país. El Dr. Rupert también desempeñó un papel de gran importancia en la organización del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) de Chile, en 1964.

Los científicos que se prepararon bajo su influencia, el INIA de Chile, el Programa de Cruzamientos de Trigo de Invierno x Trigo de Primavera CIMMYT-OSU y una gran cantidad de otras acciones constituyen un legado que sigue siendo productivo, a pesar de la muerte del Dr. Rupert a quien sus amigos llamaban afectuosamente "Tío Joe". A su muerte en 1972 se publicaron artículos en los periódicos de ciudades tan distantes como Santiago de Chile y Nueva York en los Estados Unidos.

En 1979, los investigadores de la OSU estructuraron su primer vivero internacional de rendimiento para distribuirlo en 1980. En general, las 25 líneas que lo integran tienen buena adaptación, que ha sido lograda a través de selecciones previas en el IWSWSN. En cada vivero de rendimiento es necesario especificar como deben sembrarse y manejarse las entradas y se deben enviar repeticiones suficientes para llevar a cabo análisis científicos, así como para establecer comparaciones con los resultados de otros ensayos.

---

#### **cruzas de trigo de primavera x trigo de invierno en : el CIMMYT**

---

En 1979, el bloque de progenitores de trigo de invierno del CIMMYT (fuentes de genes para trigo de invierno) estaba compuesto por 463 entradas provenientes de muy diferentes localidades: Australia, 2; URSS, 12; Turquía, 14; América del Sur, 37; Europa Occidental, 68; Europa Oriental, 72; Lejano Oriente, 75; y Estados Unidos, 183. Todas estas entradas ya habían sido seleccionadas por su resistencia a enfermedades bajo las condiciones de México. Este bloque de progenitores proporciona un progenitor con hábito invernal por cada cruce de trigo de primavera x trigo de invierno.

Las semillas de F<sub>1</sub> provenientes de cruces de trigo de primavera x trigo de invierno se cosechan y se guardan en el CIMMYT se introducen en la rutina regular de cruzamiento y selección desde F<sub>2</sub> hasta F<sub>8</sub>. Se evalúan en el campo por su reacción a

las enfermedades y por sus caracteres agronómicos; la semilla de las plantas que satisfacen los criterios de selección en el campo, se juzgan visualmente por color, tamaño, llenado del grano y la ausencia de factores negativos de calidad. Unos cuantos gramos de estas semillas F<sub>2</sub> se muelen y se analizan para medir la fuerza de su gluten, que es un factor muy importante de la calidad de panificación.

Todas las semillas que pasan exitosamente por las pruebas mencionadas se usan para cruces o se cultivan por varias generaciones de selección rigurosa de acuerdo con los mismos criterios.

Algunas semillas de F<sub>3</sub> (segunda generación filial) se ponen a la disposición de otros investigadores científicos, especialmente de países como: Argentina, Chile, Argelia, Irán, Afganistán, Turquía, Corea del Sur y la República Popular China, en los cuales los trigos provenientes de las cruces de primavera x invierno podrían ser de mucha utilidad. Todos los países mencionados tienen regiones donde es necesario que los trigos de primavera presenten tolerancia a las bajas temperaturas. Los países mencionados ya han recibido viveros de F<sub>2</sub> de trigo de primavera x trigo de invierno, así como muchos países europeos y los Estados Unidos. El CIMMYT distribuyó durante 1979, 110 juegos del vivero F<sub>2</sub> de trigo de primavera x trigo de invierno.

---

#### **cruzas de trigo de primavera x trigo de invierno: algunas bases promisorias para el trigo de primavera**

---

Los resultados de la incorporación de germe-



*De decenas de miles de cruza de primavera x invierno proceden materiales que tienen un amplio rango de características (algunos son excelentes y otros son pobres). Según la opinión de los investigadores esta diversidad genética debe producir algunas líneas con las características deseables de: alto rendimiento, resistencia a las enfermedades y tolerancia a ciertos problemas ambientales.*

plasma de trigo de invierno a los trigos de primavera son cada vez más notorios en los materiales del CIMMYT. Aunque hasta la fecha no se han incrementado ni liberado líneas cabalmente desarrolladas, el comportamiento de numerosas líneas avanzadas da una idea de lo que se obtendrá en futuro de estas cruza.

- Más de una cuarta parte de las líneas del 13<sup>o</sup> Vivero Internacional de Selección de Trigo Harinero porta genes de trigo de invierno y si bien no se trata de ensayos de rendimiento, el comportamiento de estas líneas en diversos sitios del mundo sirve para identificar las tendencias de su comportamiento.
- El CIMMYT ha dado el nombre de Veery a una cruza que contiene germoplasma de trigo de invierno de la variedad Kavkaz, proveniente de la URSS. Las selecciones de esta cruza se han ya llevado a ensayos de rendimiento y han estado entre las líneas más rendidoras en el CIANO. El promedio de rendimiento de estas selecciones hermanas de Veery superó por cerca de dos toneladas por hectárea, al promedio de todas las líneas incluidas en el ensayo y por una tonelada a las variedades testigo Nacozari 76 y Pavón 76, las cuales ya están bien establecidas.

- En el 15<sup>o</sup> Vivero Internacional de Rendimiento de Trigo de Primavera, con datos provenientes de 74 ensayos alrededor del mundo, una selección Veery tuvo el rendimiento promedio más alto en todas las localidades. Esta fue la entrada más rendidora en tres de las 12 regiones en las cuales se llevaron a cabo los ensayos. Estas tres regiones fueron: Africa Oriental, la Región Andina y el Cono Sur. En las otras regiones estuvo entre las más rendidoras. Otra entrada fue la mejor en otras dos regiones, pero ninguna otra fue mejor para más de una región.
- En el Vivero Internacional de Selección de Trigo Harinero (IBSWN) se incluyen también aspectos de análisis de la reacción a las enfermedades. Las líneas provenientes de cruza de trigo de primavera x trigo de invierno destacaron entre el 10 por ciento superior de las líneas, en lo que respecta a resistencia a la roya lineal y a *Septoria tritici* en 1978-1979.
- Las cruza de trigo de primavera x trigo de invierno constituyen la base de los esfuerzos encaminados a la formación de trigos de primavera con plantas de tipo facultativo que permanecen por tiempo más largo en estado vegetativo. Este carácter puede

ser muy importante para evitar que la floración coincida con el período de heladas en las regiones de gran altitud y también podría ser útil en algunas regiones centrales de la India, en las cuales se podría sembrar el trigo a finales de la época de los monzones, pero que no espigaría sino hasta los últimos días de enero o los primeros días de febrero, del año siguiente.

La influencia de los genes de los trigos de invierno se puede comprobar en el laboratorio de análisis de calidad. Algunas cruzas de trigo de primavera x trigo de invierno han producido harina con niveles de contenido de proteína superiores a 13.3 por ciento. Una de las líneas que porta genes de la variedad Kavkaz, produjo harina con un contenido de proteína de 14.7 por ciento y un volumen de panificación de 850 cm<sup>3</sup> lo que constituyó una evidencia de su alta calidad para la elaboración de pan.

---

#### **cruzas de trigo de primavera x trigo de invierno: algunas bases promisorias para el trigo de invierno**

---

Los trigos de invierno que portan genes provenientes de trigo de primavera han sido probados en diferentes partes del mundo, durante varios años, a través de diferentes viveros de selección de la OSU. Ha sido posible tener idea de su comportamiento por los informes de los investigadores que han cultivado estas cruzas, y quienes también han hecho sus propias cruzas en varios casos. Por ejemplo, en Turquía se han nombrado seis variedades provenientes de estas cruzas, una en Ankara y cinco en el área de Edirne. En la región de Vanderhave, en Holanda, se tienen dos líneas en observación con vistas a liberarlas como variedades. Asimismo, en Zagreb, Yugoslavia, dos líneas están siendo multiplicadas para su posible liberación como variedades.

A través de los ensayos avanzados de rendimiento se obtienen datos útiles para seleccionar los mejores materiales para ser nombrados y liberados como variedades. De los 22 países que el año pasado enviaron informes a la OSU, 14 tenían de dos a 10 líneas de trigo de primavera x trigo de invierno en ensayos avanzados de rendimiento. Estos países representan áreas muy alejadas una de otra, como Paquistán, Australia y Chile.

A través de los comentarios y observaciones de los científicos de los programas nacionales, se ha evidenciado que aparentemente la resistencia de las líneas de trigo de primavera x trigo de invierno a las enfermedades ha mejorado. En cinco países: Chile, Francia, Hungría, Polonia y Rumanía se observó que la resistencia de estas líneas a las bajas temperaturas es mayor. Otros investigadores de

Argelia y Jordania han notado que estas líneas también muestran una buena tolerancia a la sequía, lo que potencialmente podría ser una contribución de los trigos de primavera. En una de las observaciones hechas por los investigadores del programa de Argelia, se citaron varias líneas que tenían periodos vegetativos más largos y un tiempo corto entre la antesis y la madurez. Estas características deben mejorar el comportamiento del trigo bajo las condiciones de heladas tardías y vientos tempranos y calientes del desierto (sirocco).

En el balance de un ensayo preliminar, los científicos de la OSU piensan que la incorporación de las cruzas de trigo de primavera x trigo de invierno a los trigos de invierno ha mejorado su resistencia a la roya de la hoja y su precocidad. Muchas de las selecciones con genes provenientes de las cruzas han superado en rendimiento a las líneas que contienen sólo genes de trigos de invierno y se tiene la esperanza de que se puedan obtener rendimientos más altos y estables en el futuro; sin embargo, aún existe el reto de combinar altos rendimientos y precocidad en trigos de invierno.

---

#### **conclusión**

---

Desde el comienzo del programa cooperativo CIMMYT-OSU, se han realizado más de 10,000 cruzas entre los complejos genéticos de trigos de primavera y de invierno. Algunas de estas cruzas hubieran podido ocurrir en forma natural y hubieran sido al azar y sin seguir los planes estratégicos del programa. Bajo condiciones de laboratorio, sólo una pequeña fracción de estas 10,000 cruzas se hubiera podido llevar a cabo.

Los científicos que han colaborado en el Programa Cooperativo CIMMYT-OSU han utilizado y manipulado ingeniosamente las condiciones de diferentes medios ambientes para "ayudar" a la naturaleza. Los científicos del CIMMYT tienen razones para creer que por medio de estas cruzas de trigo de primavera x trigo de invierno se está logrando el primer incremento significativo de los rendimientos potenciales de los trigos de primavera desde que se registró el impacto que tuvo sobre éstos la Cruza 8156, hace ya más de 10 años.

Hasta la fecha no se ha obtenido ninguna variedad de trigo de primavera directamente de las cruzas de trigo de primavera x trigo de invierno; aunque sí de trigos de invierno, cuyo comportamiento en los predios de los agricultores aún se desconoce, por lo que todavía no se ha escrito informe alguno sobre su comportamiento. Aparentemente, el programa de cruzas de trigo de primavera x trigo de invierno pronto empezará a pagar altos dividendos.

*K. Robert Kern*

---

**RECONOCIMIENTO:** *El interés y la cooperación de los científicos agrícolas de la Universidad Estatal de Oregón (OSU) han sido una contribución importante para esta publicación. También les agradecemos habernos permitido el uso de un buen número de fotografías que proporcionó la OSU. Igualmente, manifestamos nuestro agradecimiento a J. V. Mertin, exredactor-editor científico del Programa de Trigo del CIMMYT y quien también recopiló la información, llevó a cabo investigaciones, tomó fotografías y determinó el título y elaboró algunos borradores de los materiales para este trabajo.*

---

El CIMMYT HOY es publicado por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, Apartado Postal 6-641, México 6, D.F., México.

Cita Correcta: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Ensayos de los Conjuntos Genéricos-Cruzas de Trigos Harineros Primaverales x Invernales. 1980.

El CIMMYT recibe apoyo financiero de entidades gubernamentales de: Australia, Canadá, Dinamarca, Estados Unidos de América, Francia, Holanda, Japón, México, Noruega, República Federal de Alemania, Reino Unido, Suiza, y Zaire; y del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Fundación Ford, la Fundación Rockefeller, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Banco Mundial. El CIMMYT asume la responsabilidad completa por esta publicación.