

# Con genes de parientes silvestres Maxwell, Nueva Variedad de Trigo de Invierno

*Por milenios, las gramíneas conocidas como “parientes silvestres” del trigo estuvieron expuestas al frío, la sequía, el calor, el anegamiento y todo tipo de plagas y enfermedades. Las especies que hoy sobreviven resistieron esos flagelos y adquirieron una protección genética casi invencible.*

**Claudio Jobet F.**  
Investigador  
INIA - Carillanca  
cjobet@inia.cl

**Iván Matus T.**  
Investigador  
INIA - Quilamapu  
imatus@inia.cl

**Ricardo Campillo R.**  
Investigador  
INIA - Carillanca  
rcampill@inia.cl

**Javier Zuñiga R.**  
Investigador  
INIA - Carillanca  
jzuniga@inia.cl

**Juan Carlos García**  
Universidad de la Frontera

**Volker Lein**  
Saaten Union, Francia

El investigador de INIA  
Carillanca, Claudio Jobet F.





Los parientes silvestres del trigo incluyen tanto a los antepasados de los cultivos como a otras especies más o menos vinculadas con ellos y constituyen una fuente vital de genes de resistencia contra plagas, enfermedades y factores de estrés, como las sequías y temperaturas extremas. No obstante, una consecuencia del proceso de selección por parte de agricultores y fitomejoradores, ha sido la disminución de la diversidad del trigo cultivado en los campos agrícolas.

Si las variedades de trigo son uniformes desde el punto de vista genético, se torna muy difícil avanzar en el mejoramiento de caracteres asociados a rendimiento, sanidad, tolerancia a stress y calidad. Respecto a este último factor, destaca el impacto de genes relacionados con especies silvestres que pudieran tener un efecto potenciador de la calidad de los trigos actuales, aunque hay opiniones encontradas.

### Origen del trigo ◀

Las gramíneas que lograron sobrevivir a un ambiente hostil no sólo son los parientes silvestres del trigo, sino también sus antepasados. Los cruzamientos espontáneos entre especies diferentes, dieron origen a trigos primitivos que los seres humanos comenzaron a sembrar y seleccionar hace miles de años. Cuando el trigo se domesticó, adquirió la capacidad de producir mayor número de granos e incluso más grandes, pero perdió buena parte de la protección genética duramente ganada por sus antepasados.

En el esfuerzo por satisfacer la creciente demanda de alimentos, los fitomejoradores consideran que entre las especies cultivadas hay cada vez menos germoplasma adecuado con las características que requieren para mejorar los cultivos. Afortunadamente, hoy se están encontrando recursos genéticos (características útiles para el fitomejoramiento) entre las plantas no cultivadas. El desafío es elaborar, mediante una técnica denominada cruza amplia, un procedimiento sistemático que permita incorporar este germoplasma “nuevo” en los cultivos destinados a la alimentación humana.

En los últimos 20 años se han hecho esfuerzos por mejorar el trigo harinero no sólo mediante la hibridación interespecífica (cruzas entre gramíneas anuales del grupo *Triticum/Aegilops*), sino también intergenérica (cruzas con trigo en las que han participado algunas de las 250 gramíneas perennes de la tribu *Triticeae*).

Muchas de estas gramíneas tienen gran importancia debido a que, gracias a los hábitats donde se originaron, podrían ser fuente de resistencia a varios factores bióticos y abióticos adversos, como: enfermedades, tolerancia a estreses ambientales (acidez, salinidad, agua, calor, otros) y mayor eficiencia de uso de nutrientes, entre otras.

Cabe destacar que a nivel mundial, el trabajo de mejoramiento se ha concentrado en la explotación de las accesiones de *Triticum tauschii*, sin. *Aegilops squarrosa*, y *Triticum dicoccoides*, debido a que: (1) Son parientes silvestres cercanos del trigo; (2) por su gran diversidad y (3) por su amplia distribución.

Maxwell es una variedad ▶  
de trigo que destaca  
por su tipo agronómico,  
adaptabilidad a zonas de  
inviernos largos, alto nivel  
productivo y excelente  
comportamiento  
fitosanitario.





## Importancia de sus progenitores ◀

Proteger a los parientes silvestres del trigo ayuda a asegurar una diversidad genética adecuada en su patrimonio genético. La creciente uniformidad genética de las variedades cultivadas, combinada con los efectos del cambio climático, hace que los cultivos sean más vulnerables al estrés.

La resistencia genética del trigo a los factores bióticos y abióticos mencionados (sequía, calor, salinidad, otros), resulta de gran relevancia, ya que los pronósticos sobre disponibilidad de agua para la agricultura son desalentadores; siendo cada vez menores en este siglo en aquellas áreas de mayor producción de trigo (Estados Unidos, China y Australia).

Por otro lado, la aparición de nuevas cepas fungosas, está produciendo efectos sanitarios dramáticos sobre las plantas, afectándolas en su nivel productivo y calidad del producto. Sumado a esto, las extremas variaciones de temperatura en períodos cortos, hacen necesario pensar que el gran desafío para abordar y sobrellevar estos cambios que se avecinan, deberá provenir de las especies silvestres emparentadas con el trigo.

El trigo harinero ( $2n=6X=42$ ) con los genomas A, B y D, evoluciona hace más 10.000 años y surgió de la cruce natural entre trigo diploide *Triticum monococcum* y el *Triticum espoltoides* ( $2n=2x=14$  AA y BB respectivamente), produciendo los *Triticum dicocoides* del tipo tetraploide ( $2n=4X=28$ , AABB), que se cruzó espontáneamente con *Aegilops tauschii* ( $2n=2X=14$ , DD). Dada sus características (progenitores silvestres), tiene el potencial para transferir la variabilidad deseada respecto a: adaptabilidad al estrés ambiental, resistencia genética a enfermedades y potencial productivo, lo que podría contribuir a mejorar sustancialmente el trigo harinero actual y ampliar su zona de adaptación.

## Maxwell, el trigo con genes de parientes silvestres para Chile ◀

Maxwell es un trigo perteneciente a la Empresa Saaten Union de Francia. Fue introducido en Chile en un jardín  $F_9$  recibido en 2004, y evaluado desde ese año como jardín y desde 2005 en ensayo de rendimiento en Temuco, INIA Carillanca ( $38^{\circ} 50' S$  y  $72^{\circ} 25' O$ ), destacándose por su tipo agronómico, adaptabilidad a zonas de siembras tempranas e inviernos largos, su alto nivel productivo y excelente comportamiento fitosanitario. Por esto fue incorporado a los ensayos estándares nacionales a partir de 2006, involucrando las localidades de Traiguén ( $38^{\circ} 45' S$  y  $72^{\circ} 38' O$ ), Purranque ( $40^{\circ} 52' S$ ,  $73^{\circ} 12' O$ ) y, posteriormente, Chillán ( $36^{\circ} 31' S$ ,  $71^{\circ} 54' O$ ), Santa Bárbara ( $37^{\circ} 40' S$ ,  $72^{\circ} 01' O$ ), Cañete ( $35^{\circ} 17' S$ ,  $72^{\circ} 14' O$ ), Vilcún ( $38^{\circ} 40' S$ ,  $72^{\circ} 43' O$ ), Mafil ( $39^{\circ} 39' S$ ,  $72^{\circ} 56' O$ ) y Paillaco ( $40^{\circ} 04' S$ ,  $72^{\circ} 52' O$ ).

Maxwell es producto de una cruce compuesta realizada en el programa de trigos híbridos de la Saaten Union en Francia. Sus progenitores fueron cinco genotipos elite más

dos líneas sintéticas mejoradas derivadas del *Triticum dicoccum* (AABB), especie ancestral del *Triticum durum* (AABB) y de *Triticum aestivum* (AABBDD).

Estas líneas sintéticas mejoradas se originaron a partir de cruces amplias con *T. dicoccum* (Emmer) en la Universidad de Wageningen, Holanda, y portan en su pedigrí genes específicos para roya estriada (Yr 1, 5 y 6), genes de resistencia para roya de la hoja (Lr 9 y 24), más algunos genes de resistencia a oidio (Md c, 12 y 13). Adicionalmente, estas líneas incluyen la banda de glutelininas de alto peso molecular 6,1 + 22 presentes en el cromosoma 1B, conformando el compuesto (machos) que cruzaron con líneas elite (hembras) del programa de trigo de la Saaten Union. Éstos se “castraron” vía gametocida (Croisor) permitiendo la libre fecundación. Las progenies resultantes fueron varias veces retrocruzas con material elite, con una selección por tipo agronómico, resistencia y rendimiento.

Finalmente, estas líneas fueron sometidas a la homogenización cromosomal por medio de la cruce inter específica trigo x maíz, obteniendo dobles haploides de entre los cuales se seleccionó Maxwell. Este cultivar tiene inscripción en Europa y está registrado en el Sistema de Registro de Plantas de Europa. Además, ha sido inscrito en Inglaterra (2006) y Francia (2007).

## Descripción morfológica de la planta ◀

Maxwell es un trigo de hábito de desarrollo invernal (requiere vernalización), muy rastrero al estado de plántula, macollaje débil en sus inicios y de lento crecimiento, terminando en una vigorosa macolla. Sus hojas son de color verde oscuro, con hoja bandera delgada y semierecta. La espiga es de color blanco amarillo, semi curvada a la madurez, forma paralela, densidad alta, compacta y con barbas. El grano es de forma redondeada, tamaño mediano, color café oscuro, pudiendo presentar ocasionalmente ciertos cambios de pigmentación en el endosperma dependiendo del ambiente y/o temporada. La altura de planta adulta varía entre los 70 y 95 cm, con un promedio de 90 cm, siendo considerado un trigo semienano a enano y significativamente más bajo que la variedad Dollinco-INIA y Tukan-INIA.

## Características agronómicas ◀

Maxwell tiene un tallo hueco de longitud media con una muy buena resistencia a la tendadura, superior a la variedad Dollinco-INIA, Tukan-INIA y Kumpa-INIA. Su período vegetativo desde la siembra a espigadura en Temuco (INIA Carillanca), es alrededor de seis y ocho días más precoz que la variedad Dollinco-INIA y Kumpa-INIA, respectivamente. Cuando se siembra el 16 de mayo en Temuco, espiga entre el 23 y el 26 de noviembre (187 a 190 días aproximadamente entre siembra a espigadura).

En Purranque, sembrado el 30 de mayo, espiga cerca del 14 de diciembre (194 días aproximadamente entre siembra a espigadura), siendo alrededor de cuatro a seis días más tardío que Tukan-INIA, seis días más precoz que



Kumpa-INIA, y similar a Dollinco-INIA y Rupanco-INIA. Considerando su período de siembra a madurez, sería un trigo intermedio pudiendo acompañar a todas aquellas variedades que se siembran desde otoño hasta invierno tarde, especialmente en zonas donde existe una alta incidencia de roya colorada (Región del Bío Bío).

### Características fitopatológicas ◀

Maxwell se destaca por su comportamiento fitosanitario extremo, ya que es un trigo con resistencia a polvillo estriado (*Puccinia striiformis* West. f. sp. *tritici* Erikss.) y excelente resistencia a polvillo colorado de la hoja (*Puccinia triticina* Erikss).

Tiene buena tolerancia a septoriosis (*Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schröt.), y es resistente a oidio causado por el hongo *Blumeria graminis* D.C. f. sp. *tritici* Marchal. Sus reacciones de resistencia a las principales royas que atacan al trigo en el centro sur y sur del país, serían aportadas principalmente por genes provenientes de sus progenitores *Triticum dicoccum* (AABB), permitiéndole destacarse como la variedad más limpia, sana y que no requiere aplicación de fungicidas. Estas características la destacan por sobre todas las variedades recomendadas para ser sembradas en las regiones trigueras de Chile, en especial, en la zona centro sur y sur, donde la roya colorada ha producido un efecto negativo en términos económicos y de calidad de grano.

### Rendimiento de grano ◀

En ensayos de rendimiento efectuados en diferentes localidades desde Chillán hasta Purranque, Maxwell ha demostrado tener un rendimiento estable y superior a muchas variedades comerciales y líneas avanzadas dentro de una gran zona triguera con diversas características agroclimáticas.

Su promedio para los años evaluados en las diferentes localidades estudiadas, fue significativamente superior al de Kumpa-INIA. La diferencia más notable entre Maxwell y la variedad de invierno utilizada como testigo, se

presenta en la localidad de Purranque. Sin embargo, en localidades como Chillán, Temuco y Traiguén, también fue capaz de igualar a Kumpa INIA, siendo este un testigo de alto potencial productivo (Cuadro 1), con excepción de Máfil donde Kumpa fue superior.

Considerando las características morfológicas de esta variedad respecto a su espiga con barbas, la recomendación de siembra la ubican entre el norte de la Región del Bío Bío hasta el sur de la Región de La Araucanía. Las dos variedades utilizadas como testigos fueron superadas por Maxwell en el promedio de cuatro temporadas agrícolas, alcanzando un diferencial de más de cinco y diez quintales en ambas variedades, lo que representa una importante ventaja a nivel comercial.

### Calidad industrial ◀

Maxwell es un trigo de textura de grano dura a semidura, presenta un porcentaje de proteína promedio superior al 9,0%, una cifra de sedimentación de alrededor de 31 cc, y su contenido de gluten húmedo puede aproximarse a un 28%, variando de 22% a 32% o más, dependiendo de la localidad y del manejo de la fertilización. Esto lo ubica en la categoría de trigo intermedio (NCh 1237-2000).

Sus características alveográficas son aceptables, con un valor W promedio de 176, volumen de pan cercano a los 500 cc y miga de color crema. Es un trigo que puede ser utilizado para mezcla en la industria de la galletería y repostería, o como alimentación de monogástricos y bovinos pasando a integrar la dieta en el concentrado.

### Perfil electroforético de gluteninas de alto peso molecular ◀

Maxwell contiene el alelo nulo en el locus Glu-1A ubicado en el brazo largo del cromosoma 1A, los alelos 7+ 8 en el locus Glu-1B, ubicado en el brazo largo del cromosoma 1B y los alelos 5 + 10 en el genoma D, de acuerdo a la identificación de bandas relacionadas a gluteninas de alto peso molecular establecida por Payne (1987) y Shewry *et al.* (1992).

► **CUADRO 1.** Rendimiento (qqm/ha) de Maxwell en comparación con la variedad Kumpa INIA para diferentes localidades. Promedio de 4 temporadas.

LOCALIDAD	Maxwell	Kumpa-INIA	Dollinco-INIA
Chillán	107	103	100
Traiguén	99	91	82
Temuco	92	91	80
Vilcún	96	97	83
Máfil	104	106	108
Paillaco	136	132	123
Purranque	160	136	130
<b>Promedio</b>	<b>113,4</b>	<b>108,0</b>	<b>100,9</b>





## Bibliografía

- ▶ D'Oviedo, R. y Anderson, O. 1995. Theor. Appl. Genet. 88:759-763.
- ▶ INN. 2000. Norma Chilena Oficial N°1237 Of. 2000 Trigo Harinero. Requisitos. 16 p. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile. Trigo Harinero - Requisitos. 16 p.
- ▶ Payne, P. 1987. Genetics of wheat storage proteins and the effect of allelic variation on breadmaking quality. Ann. Rev. Plant. Physiol. 38:141-153.
- ▶ Shewry, P., Halford, N. y Tatham, A. 1992. Critical Review Article. High molecular weight subunits of wheat glutenin. J. Cereal Sci. 15:105-120.
- ▶ Mujeeb-Kazi, A., and Hettel, G., EDS. 1995. Utilizing wild grass biodiversity in wheat improvement: 15 year of wide cross research at COMMYT Research Report N°2, Mexico, D.F.: CIMMYT.

El *score* para estas bandas es de ocho, lo cual lo clasifica como una variedad intermedia en cuanto a la calidad de estas proteínas, siendo el mínimo 4 y el máximo 10.

## Análisis molecular ◀

Maxwell contiene el alelo de dureza PIN a(b), identificado por medio de PCR (Reacción en Cadena de Polimerasa) y no presenta elemento heterólogo de centeno (translocación), identificado también mediante PCR (D'Oviedo y Anderson, 1995).

Adicionalmente, en la Unidad de Biotecnología de INIA Carillanca se ha medido el color en términos de parámetros de espacio de color CIELAB (CIE, 1976) e índice de color, el cual arrojó los siguientes resultados:  $L^*=91,7$ ;  $b^*=10,9$  y  $IC=80,6$  (nivel promedio), lo que implica que Maxwell da una harina color crema, la cual se puede "blanquear" con peróxido benzoilo a nivel de molino.

## Zona de cultivo y fechas de siembra ◀

Maxwell se recomienda desde la Región del Bío Bío hasta el norte del río Cautín, especialmente para suelos del valle central y transicionales, en localidades de inviernos largos y primaveras húmedas. Por su ciclo se recomienda sembrarlo temprano en abril hasta julio, aun cuando retrasando la época de siembra su potencial productivo tiende a disminuir.

