

## KIRON INIA: TRIGO DE INVIERNO CON TOLERANCIA A SUELOS ACIDOS DEL SUR DE CHILE

### KIRON INIA: WINTER WHEAT WITH TOLERANCE TO ACIDS SOILS OF SOUTHERN CHILE

Claudio Jobet<sup>1,\*</sup>, Javier Zúñiga<sup>1</sup>, Dalma Castillo<sup>2</sup>, Ricardo Madariaga<sup>2</sup>, Iván Matus<sup>2</sup>, y Cristian Alfaro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional Carillanca, Casilla 58-D, Temuco, Chile.

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional Quilamapu, Casilla 426, Chillán, Chile.

\* Autor para correspondencia E-mail: cjobet@inia.cl

#### RESUMEN

'Kiron INIA' es un nuevo cultivar de trigo (*Triticum aestivum* L.) obtenido en el Programa Nacional de Trigo, Centro Regional de Investigación (CRI) Carillanca, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Es un trigo de altura mediana, de ciclo tardío, resistente al polvillo estriado (*Puccinia striiformis* West. f. sp. *tritici* Erikss) y al oidio (*Blumeria graminis* D.C. f. sp. *tritici* Marchal), y moderadamente sensible al polvillo de la hoja (*Puccinia triticina* f. sp. *tritici* Erikss y Henn) y septoria (*Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Sand). Es un cultivar invernal de alto rendimiento, con buenas características de calidad para panificación directa, que heredó un alelo de tolerancia a la acidez del suelo de un parental. Sus hojas son de color verde ligeramente pálido, con hoja bandera semi erecta, de abundante cerosidad (glauescencia) en el haz. La espiga es de color blanco, decumbente, forma paralela, densidad alta, compacta y con barbas en todo su longitud. El grano es de forma redondeada, tamaño mediano, y color rojo pálido. La altura de la planta adulta varía entre 95 cm y 105 cm, con un promedio de 100 cm, y con un tallo de muy buena resistencia a la tendadura. Es un trigo de alto rendimiento (12,9 t ha<sup>-1</sup>), superando incluso al testigo comercial en diferentes localidades y estaciones.

**Palabras clave:** cultivar, trigo invierno, rendimiento, calidad panadera.

#### ABSTRACT

'Kiron INIA' is a new wheat cultivar (*Triticum aestivum* L.) developed by the National Wheat Program at the Regional Experimental Center (CRI) Carillanca of the National Institute of Agricultural Research (INIA). The cultivar has medium plant height and late cycle; it is resistant to yellow rust (*Puccinia striiformis* West. f. sp. *tritici* Erikss) and oidium (*Blumeria graminis* D.C. f. sp. *tritici* Marchal), and moderately sensitive to leaf rust (*Puccinia triticina* f. sp. *tritici* Erikss y Henn) and septoria (*Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Sand). It is a high yielding winter wheat with good quality characteristics for direct baking, containing an allele of tolerance to soil acidity inherited from a parent. Its leaves are pale green, with a semi-erect flag leaf, with abundant cerosity (glaucosity) in the beam. The spike is white, decumbent, parallel in shape, high density, compact, with awns along its full length. The grain is round in shape, medium in size, and pale red in color. The height of the adult plant varies between 95 cm and 105 cm, with an average of 100 cm, and with

**a stem of very good resistance to lodging. It is a high yielding cultivar (12.9 t ha<sup>-1</sup>) exceeding the commercial check in different localities and seasons.**

**Key words:** cultivar, winter wheat, yield, bread-making quality

## INTRODUCCIÓN

El Programa Nacional de Trigo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), con sede en INIA Carillanca (38°50' S; 72°25' S), ha estado evaluando sus progenitores y líneas avanzadas con el fin de incorporar, vía mejoramiento convencional y molecular, alelos que confieran tolerancia a la acidez de suelo, característica presente en algunos suelos del sur de Chile.

Los suelos ácidos se generan por una pérdida de los cationes básicos calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na), y una acumulación de los cationes ácidos aluminio (Al) e hidrógeno (H). El principal efecto de la toxicidad por aluminio es la restricción del desarrollo radicular, por lo cual las raíces reducen el volumen de suelo que pueden explorar, y son ineficientes en la absorción de nutrientes y de agua (Campillo, 2013a). Además, un exceso de aluminio en la solución de suelo interfiere en el transporte y utilización de los nutrientes esenciales, y puede inhibir los procesos microbianos que suministran nutrientes a las plantas. El factor limitante del crecimiento más importante en los suelos ácidos es la toxicidad del aluminio soluble e intercambiable (Campillo y Sadzawka, 2010).

Según Campillo (2013b) existen varios factores que condicionan la magnitud e intensidad del proceso de acidificación, pero la principal es el uso cada vez más indiscriminado de fertilizantes de reacción ácida en el suelo, especialmente los amoniacales (nitrato de amonio, fosfatos de amonio) y amídicos (urea), que afectan tanto el pH del suelo como la pérdida de cationes básicos. La intensidad de la acidificación está regulada por la cantidad de fertilizante aplicado y por el manejo del suelo.

Como resultado del Programa de Mejoramiento de Trigo, se ha lanzado el mercado nacional el cultivar Kiron INIA, una nueva variedad de trigo que tiene tolerancia a la acidez del suelo.

## GENEALOGÍA

'Kiron INIA' es un cv. derivado de la cruce CAR 3911/Taita Baer realizada en el año 2004, donde se intentó conjugar las buenas características agronómicas de la línea invernal CAR 3911 con el nivel productivo y calidad industrial de Taita Baer. La genealogía de CAR 3911 es Perquenco/Lanco//Car-3516. A su vez, CAR-3516 es producto

de la cruce de las líneas alternativas Temu164-82/Temu47-80. Taita Baer es un trigo perteneciente a la empresa Semillas Baer de Chile y fue liberado en 1994; su genealogía es PAL/FD3184//BT27/PALB. La línea parental CAR 3911 se destaca no sólo por tener un muy buen tipo agronómico y sanidad, sino sobre todo por su respuesta a la acidez de suelo, y se considera como más tolerante incluso que materiales brasileños (Peñaloza, E. 2009. INIA Carillanca. Comunicación personal). Por su parte, Taita Baer fue una variedad muy demandada por su nivel productivo y especialmente por su calidad industrial (Von Baer, E. 2016. Semillas Baer. Comunicación personal).

## METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

A partir de la cruce CAR 3911/Taita Baer se seleccionó germoplasma en generaciones segregantes (F<sub>2</sub> a F<sub>6</sub>) que se evaluó a partir de 2011 y se incorporó en 2012 al ensayo preliminar de rendimiento realizado en la localidad de Vilcún, Región de la Araucanía (38°50' S; 72°25' O). Al año siguiente (2013) se incluyó en el Ensayo Estándar de Invierno, realizado en ocho localidades que comprendieron cuatro regiones del sur del país, desde la Región del Biobío por el norte (36°31' S; 71°54' O), hasta la Región de los Lagos por el sur (40°51' S; 73°09' O). Los ensayos se realizaron con un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en parcelas de 6 m<sup>2</sup>. El manejo agronómico fue el óptimo, con el fin de detectar diferencias entre genotipos. La fertilización base fue entre 180 a 220 kg ha<sup>-1</sup> de N, 100 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y entre 60 a 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, según la localidad y análisis de suelo.

El nuevo cultivar se comparó con siete cvs., entre los que se encontraban Dollinco INIA, Kumpa-INIA y Maxwell. Una vez cosechadas las parcelas completas en cada localidad, se realizó un Análisis de la Varianza (ANDEVA); para verificar las diferencias entre los promedios de los tratamientos se utilizó la Prueba de Rango Múltiple de Tukey (p < 0,05). Además, se analizó el porcentaje de proteína del grano, el valor de sedimentación de la harina, y sus características industriales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Descripción morfológica de la planta

Kiron INIA es un cultivar de trigo de hábito

de crecimiento invernal, ciclo largo, con poco requerimiento de frío, porte muy rastrero al estado de macolla temprana, posteriormente cubre muy bien el suelo, terminando con una abundante y vigorosa macolla. Sus hojas son de color verde ligeramente pálido, con hoja bandera semi erecta de abundante cerosidad o glaucescencia en el haz, lo que le da un tono azulado y sin pigmentación antocianina en las aurículas. La espiga es de color blanco, muy curvada, de forma paralela, densidad alta, compacta y con barbas. El grano es de forma redondeada, tamaño mediano, color rojo pálido, pudiendo presentar ocasionalmente ciertos cambios de pigmentación en el endosperma, con cepillo ausente o muy corto, surco central marcado y un peso promedio de 48,0 g los 1000 granos, con un rango de 44,0 a 50,0 g, dependiendo de la época de siembra y localidad. La altura de planta adulta varía entre 95 y 105 cm, con un promedio de 100 cm, por lo que se considera un trigo de altura mediana, similar al cv. de invierno Kumpa INIA (Jobet y Hewstone, 2003) y más bajo que el cv. Maxwell (Jobet et al., 2017). Tiene tallo hueco de baja longitud, con muy buena resistencia a la tendadura, similar a Maxwell, y superior a los cvs. Dollinco INIA (Hewstone y Jobet, 2001) y Kumpa INIA. Su período vegetativo desde siembra a espigadura en la Región de la Araucanía es similar al del cv. Kumpa INIA, y más tardía en aproximadamente seis a ocho días de Maxwell en siembras de mayo. Más al sur, en la Región de los Lagos, sembrado el 20 de mayo, espiga alrededor del 28 de noviembre (183 días aproximadamente de siembra a espigadura). El período vegetativo a espigadura requiere entre 720 a 780 grados días, base 5°C, en la Región de la Araucanía, y entre 757 y 854 grados días, base 5°C, en la Región de los Lagos.

### Características fitopatológicas

El cultivar Kiron INIA ha presentado buena resistencia a polvillo estriado (*Puccinia striiformis* West. f. sp. *tritici* Erikss.) y moderada sensibilidad a polvillo colorado de la hoja (*Puccinia triticina* f. sp. *tritici* Erikss y Henn). Tiene moderada sensibilidad a septoriosis (*Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Sand. y es resistente a oidio (*Blumeria graminis* D.C. f. sp. *tritici* Marchal). En estado de inicio de macolla presenta una clorosis juvenil, que se expresa de diferente intensidad dependiendo de las condiciones ambientales, y que desaparece posteriormente a medida que la planta crece.

### Rendimiento de grano

En los ensayos de rendimiento, Kiron INIA presentó un promedio de 12,9 t ha<sup>-1</sup>; en las ocho localidades y en los años de ensayo fue un 1,85%

superior a Maxwell (12,7 t ha<sup>-1</sup>). La diferencia de rendimiento de Kiron vs Maxwell resultó no significativa. Sin embargo, Kiron INIA superó a Maxwell en varias localidades, con la excepción de Chillán y Mulchén, en las que el rendimiento fue significativamente superior a favor de la variedad comercial (Tabla 1).

La diferencia más notable entre Kiron INIA y el testigo Maxwell se presentó en la localidad de Purranque, donde el nuevo cv. rindió un 13,6% más que el testigo. Se destaca que en esta localidad, el rendimiento de Kiron INIA superó los 20,8 t ha<sup>-1</sup>, cifra no alcanzada por ningún otro genotipo de trigo, y sólo observable en líneas avanzadas de triticale. Los rendimientos mayores/similares de Kiron INIA por sobre el testigo Maxwell se observaron en la mayoría de las localidades de ensayo, confirmando de esta manera el alto potencial productivo que tiene este genotipo en las diferentes características ambientales del centro sur y sur de Chile. Considerando su largo ciclo de desarrollo, en localidades de primavera seca como Mulchén, tiende a disminuir su productividad por ser un trigo un poco tardío, por lo tanto su área de recomendación debiera ajustarse a localidades de inviernos más largos y primaveras húmedas, semejante a la que se recomienda para las variedades Maxwell y Kumpa INIA.

### Calidad

El cv. Kiron INIA es un trigo de buen peso hectolítrico y grano de textura dura (Tabla 2). Presenta un porcentaje de proteína del grano cercano al 10%, un valor de sedimentación sobre 39,0 mL, y su contenido de gluten húmedo alcanza a un 26,3%, que lo ubica, según norma chilena en la categoría de trigo intermedio (Instituto Nacional de Normalización, 2000). Sus características farinográficas son aceptables, con un volumen de pan sobre 620 cm<sup>3</sup>, y adecuada textura (Laboratorio de Calidad de Trigo, INIA Carillanca). Sus características alveográficas promedio (parámetros reológicos) son buenas, con un valor de trabajo W de 211,1 con cierta resistencia al estiramiento (P = 116,3) y una extensibilidad de la masa (L) igual a 57,7, confiriéndole un cierto grado de tenacidad. Estos valores, en general, resultaron inferiores a los observados para el cv. Maxwell. La tenacidad de esta última hace limitar su condición de trigo de aptitud panadera (relación P/L cercana a 2), para lo cual se hace necesario recurrir a mezclas, lo que no debiera afectar la industrialización de esta nueva variedad de trigo.

Otra característica sobresaliente de Kiron INIA respecto a variedades de invierno, como Kumpa INIA, es el color de su harina, la cual es

**Tabla 1. Rendimiento promedio de grano (t ha<sup>-1</sup>) del cv. Kiron INIA comparado con el cv. Maxwell en ocho localidades del sur de Chile durante varias temporadas (2011/12 al 2014/15).****Table 1. Mean grain yield (t ha<sup>-1</sup>) of cv. Kiron INIA compared to cv. Maxwell in eight experimental sites of Southern Chile over several seasons (2011/12 to 2014/15).**

Localidad	Temporada	Kiron INIA		Maxwell	CV (%)
		----- t ha <sup>-1</sup> -----			
Chillán	2013/2014	13,3	13,0	10,1	
	2014/2015	10,1	11,9	7,2	
<b>Promedio</b>		<b>11,7</b>	<b>12,4</b>		
Carillanca	2011/2012	119,0	9,7	7,9	
	2012/2013	9,6	10,3	7,8	
	2013/2014	13,2	13,2	14,8	
	2014/2015	13,8	11,2	8,7	
<b>Promedio</b>		<b>12,1</b>	<b>11,1</b>		
Máfil	2013/2014	12,4	13,4	14,5	
	2014/2015	15,5	13,5	7,9	
<b>Promedio</b>		<b>14,0</b>	<b>13,4</b>		
Purranque	2013/2014	20,9	17,2	8,0	
	2014/2015	12,8	11,8	15,9	
<b>Promedio</b>		<b>16,8</b>	<b>14,5</b>		
Mulchén	2013/2014	8,0	8,3	12,4	
	2014/2015	6,2	9,9	8,8	
<b>Promedio</b>		<b>7,1</b>	<b>9,1</b>		
Quino	2013/2014	10,9	12,2	12,3	
	2014/2015	15,2	16,2	12,8	
<b>Promedio</b>		<b>14,0</b>	<b>14,2</b>		
Perquenco	2013/2014	12,5	13,3	8,2	
	2014/2015	16,9	14,9	12,7	
<b>Promedio</b>		<b>14,7</b>	<b>14,1</b>		
Cañete	2013/2014	13,5	13,9	8,7	
	2014/2015	12,7	11,3	10,9	
<b>Promedio</b>		<b>13,1</b>	<b>12,6</b>		
<b>Promedio total</b>		<b>12,9</b>	<b>12,7</b>		

más blanca, y por lo tanto más aceptada por la industria molinera, donde esta característica es cada vez más demandada. Adicionalmente, en la Unidad de Biotecnología del INIA CRI Carillanca se ha medido el color de harina en términos de parámetros de espacio de color CIELAB (CIE, 1976) e índice de color (Oliver et al., 1993). Este arrojó un valor de L\* corresponde a luminosidad de 91,4 y **91,6** y b\* = 12,5 y **9,5**, a amarillez en el espacio de color CIELAB (iluminante D50), lo que significa que confiere una harina algo más clara que la obtenida de Kumpa INIA (Zúñiga, J. 2017. INIA Carillanca. Comunicación personal).

#### Efecto de la época de siembra

El cultivar Kiron INIA es de hábito de crecimiento invernal tardío, con poco requerimiento de frío para espigar. En la localidad de Vilcún (INIA Carillanca) se realizaron cuatro

ensayos con diferentes épocas de siembra y en diferentes temporadas. Se observó una disminución en el rendimiento por efecto de falta de frío (Tabla 3), y posiblemente por efecto de falta de agua durante llenado de grano; probablemente esta última situación es la razón principal del efecto negativo en su rendimiento. Por tanto, se debe considerar que es un trigo para siembra temprana a intermedia, hasta máximo el 10 de junio, dependiendo de la localidad, la cual se puede atrasar dependiendo de las condiciones pluviométricas de la primavera local.

#### BASES GENÉTICO-MOLECULARES

##### Comportamiento a la acidez del suelo

Considerando que esta variedad es producto de la cruce entre progenitores que portan los alelos *TaALMT V* y *IV*, para el caso de CAR 3911 y

**Tabla 2. Características de calidad del trigo cv. Kiron INIA comparada con el cv. Maxwell. Valores promedio observados en diferentes localidades del sur de Chile en dos temporadas.****Table 2. Quality characteristics of wheat cv. Kiron INIA compared to cv. Maxwell. Mean values measured at different locations of Southern Chile in two seasons.**

	Kiron INIA			Maxwell		
	2013/14	2014/15	Prom.	2013/14	2014/15	Prom.
Índice de dureza, % <sup>(1)</sup>	17,6	13,8	15,7	17,9	18,3	18,1
Peso del hectolitro, kg hL <sup>-1</sup>	80,7	81,3	81,0	76,8	78,6	77,7
Sedimentación Zeleny, cm <sup>3(2)</sup>	47,9	31,4	39,7	26,8	28,7	27,8
Proteína (N x 5,7), % base seca	10,9	9,1	10,0	9,1	8,4	8,8
Valor W <sup>(3)</sup>	183,5	238,6	211,1	187	193	190
P (m/m)	113,5	119,0	116,3	98	106	102,1
L (m/m)	42,6	72,8	57,7	41	33	37,0
P/L <sup>(4)</sup>	2,6	1,6	2,02	2,4	3,2	2,76
Volumen de pan, cm <sup>3(5)</sup>	620	620	620	600	589	595
Gluten húmedo, % <sup>(6)</sup>	26,7	25,9	26,3	29,4	26,4	27,9
Falling number, seg <sup>(7)</sup>	393	419	406,0	365	370	368

Valores de las temporadas 2014 y 2015 y promedio de siembras en Vilcún, INIA Carillanca (Laboratorio de Calidad, INIA Carillanca).

<sup>(1)</sup> Índice de dureza: Valores de 16 a 25 corresponden a un grano duro; valores de 26 a 30 corresponden a un grano semiduro; valores de 31 o más corresponden a un grano blando.

<sup>(2)</sup> Sedimentación Zeleny: Cifras de 17 a 26,9 cm<sup>3</sup> corresponden a un trigo suave; cifras de 27 a 32,9 cm<sup>3</sup> corresponden a un trigo intermedio; cifras de 33 a 44 cm<sup>3</sup> corresponde a un trigo fuerte; cifras superiores a 44 cm<sup>3</sup> corresponde a un trigo muy fuerte.

<sup>(3)</sup> Valor W (Alveograma): Menor de 160 corresponde a un valor bajo; entre 161 a 250, corresponde a un valor medio; entre 251 a más, corresponde a un valor bueno.

<sup>(4)</sup> Relación P/L: Bajo 1; Trigo de adecuada tenacidad; sobre 1; Trigo tenaz; sobre 2; Trigo muy tenaz, requiere de un ingrediente que mejore su extensibilidad.

<sup>(5)</sup> Volumen de pan: Menor de 595, corresponde a un valor bajo; entre 596 y 700, corresponde a un valor bueno, valores mayores a 700, corresponden a un valor muy bueno.

<sup>(6)</sup> Igual o mayor a 30% corresponde a trigo fuerte; entre 29,9 y 25,0%, corresponde a un trigo intermedio; contenido mínimo de 18,0% corresponde a un trigo suave.

<sup>(7)</sup> Falling Number: Bajo 200, trigo con Alfa amilasa activada; entre 200 a 300, trigo con poca cantidad de Alfa amilasa; sobre 300, trigo sin Alfa amilasa.

Taita Baer, respectivamente, la respuesta de Kiron INIA frente a la acidez debiera ser altamente tolerante. Efectivamente esto ha sido confirmado por los análisis moleculares, los cuales señalan que este cultivar porta el alelo *TaALMT V*, relacionado con tolerancia a la acidez, aportado por la línea CAR 3911. Esto podría indicar un alto grado de tolerancia a suelos ácidos; el alelo *TaALMT V* ha sido clasificado como más potente que el alelo *IV* (Zúñiga, J. 2017. INIA Carillanca. Comunicación personal).

### Perfil electroforético de gluteninas de alto peso molecular

Los análisis de gluteninas efectuados mediante electroforesis de proteínas reducidas y alquiladas (Singh et al., 1991; Shewry et al., 1992) muestran que Kiron INIA tiene la combinación de alelos *Glu1: 2\** en el locus *Glu-1A*, 7+9 en el locus *Glu-1B* y 5+10 en el locus *Glu-1D*. La denominación de los alelos se efectuó según lo descrito por

Payne y Lawrence (1983). La puntuación para estas bandas varía de un valor mínimo de 4 a un máximo de 10 (Payne, 1987). Kiron INIA presenta el valor máximo de 9, por lo cual clasifica al cv. como superior en cuanto a calidad de estas proteínas.

### Dureza del grano

Kiron INIA contiene el alelo de dureza *PIN b(b)*, identificado por medio de PCR (Reacción en cadena de polimerasa), lo que se confirma con el índice de dureza observado mediante espectroscopía NIR (15,7) y avala el uso industrial de la variedad en la molinería (Zúñiga et al., 2001).

### Translocación trigo/centeno

Por otra parte, presenta un segmento heterólogo de centeno (translocación), identificado también mediante PCR (D'Oviedo y Anderson, 1995). Este ha sido confirmado por el análisis de gliadinas efectuado según Bushuk y Zillman (1978), el cual

**Tabla 3. Efecto de la época de siembra sobre el rendimiento (t ha<sup>-1</sup>) en comparación a otras variedades comerciales. Promedio de dos temporadas, 2013/14 y 2014/15. INIA Carillanca, Vilcún, Temuco, Chile.**

**Table 3. Effect of sowing time on yield (t ha<sup>-1</sup>) compared to other commercial varieties. Average of two seasons, 2013/14 and 2014/15. INIA Carillanca, Vilcún, Temuco, Chile.**

Variedades	Época siembra 1	Época siembra 2	Época siembra 3	Época siembra 4
	Mayo	Junio	Julio	Agosto
	----- t ha <sup>-1</sup> -----			
Kiron INIA	13,0 a	12,8 a	9,5 b	9,4 a
Rocky-INIA	13,0 a	12,8 a	10,4 a	8,9 a
Kumpa-INIA	14,0 a	10,0 c	7,4 d	5,2 c
Dollinco-INIA	10,0 c	10,2 c	8,8 c	6,4 b
Konde-INIA	10,0 b	9,8 c	7,5 d	4,5 c
Maxwell	12,9 a	12,9 a	10,9 a	8,9 a
Rupanco-INIA	9,7 c	9,6 c	8,8 c	8,9 a
CV (%)	8,9	9,8	7,7	10,9

Medias con la misma letra por columna no difieren estadísticamente, Tukey ( $P \leq 0,05$ )

indica que porta la translocación trigo-centeno 1BL.1RS (Zuñiga et al., 2000). La presencia de la translocación 1BL.1RS, que es la más común, se ha asociado con defectos en la calidad industrial del trigo, incluyendo la producción de masas pegajosas, propiedades de mezcla inferiores, bajo volumen de sedimentación y fermentación deficiente en trigo harinero (Li et al., 2016), así como bajo volumen de microsedimentación en trigo panadero (Oak y Tamhankar, 2016). Por otro lado, el segmento heterólogo derivado del centeno también puede producir un efecto de oscurecimiento de harina en diferentes niveles afectando de manera diferentes la expresión de la calidad industrial (Grayboch, 2001; Zhao et al., 2012).

#### Fotoperíodo

También porta el gen de sensibilidad al fotoperíodo *ppd-D1* (Beales et al., 2007) lo que permite que sea un trigo de tipo facultativo, cuyo desarrollo es dependiente de las horas de luz recibidas; su precocidad es similar a la de los cultivares de ciclo largo Kumpa INIA y Bicentenario INIA.

#### Vernalización

Las plantas que tienen uno o más alelos "b" en el gen *VRN1* (Yan et al., 2004) tienen menor requerimiento de horas-frío para el inicio de la floración que las plantas de hábito invernal. De acuerdo a la metodología descrita por Fu et al. (2005), la variedad Kiron INIA porta los alelos *Vrn-A1(a)/Vrn-B1(b)/Vrn-D1(a)*; por tanto sus requerimientos de frío son similares a un trigo de tipo facultativo.

#### ZONA DE CULTIVO Y FECHA DE SIEMBRA

Se recomienda sembrarlo desde la Región del Biobío al sur, en localidades de inviernos largos y primaveras húmedas (o de riego). Por su ciclo, similar a la variedad Kumpa INIA, se recomienda sembrarlo desde fines de abril hasta fines de junio. Es un trigo que tiene gran potencial para la zona de los suelos trumaos y en sectores de precordillera. Por sus características agronómicas y alto potencial de rendimiento demostrado, puede competir satisfactoriamente con otras variedades de invierno e intermedias en las zonas antes mencionadas.

#### CONCLUSIÓN

Considerando que en las regiones del sur de Chile hay una superficie importante de suelos agrícolas con contenidos altos de aluminio fitotóxico y bajo pH, la incorporación de variedades de trigo que toleren mejor esta condición permite una mejor respuesta y desarrollo, expresando más productividad y mejor calidad industrial. Bajo estas condiciones, el nuevo cv. de trigo Kiron INIA, portador de alelos que confieren tolerancia a la acidez, puede ser un importante aporte a la agricultura del sur del país. Del mismo modo, y en respuesta a su buena sanidad respecto a la tolerancia y resistencia a las principales enfermedades que atacan al trigo, el hecho de no tener que hacer aplicaciones excesivas de productos químicos, disminuye el costo operacional e impide afectar las condiciones intrínsecas de un medio ambiente más natural y armónico.

## LITERATURA CITADA

- Beales J., A. Turner, S. Griffiths, J.W. Snape, and D.A. Laurie. 2007. A pseudo-response regulator is misexpressed in the photoperiod insensitive *Ppd-D1a* mutant of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 115:721-733.
- Bushuk, W., and R. Zillman. 1978. Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams. I. Apparatus, method and nomenclature. *Can. J. Plant Sci.* 58:505-515.
- Campillo, R., y A. Sadzawka. 2010. Encalado de los suelos. Caracterización y manejo de enmiendas calcáreas. p. 61-85. En Campillo R. (ed.). *Manejo de los Recursos Naturales en un Sistema de Incentivos para la Recuperación de Suelos Degradados de La Araucanía. Serie Actas N° 38.* Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Temuco, Chile.
- Campillo, R. 2013a. Estrategias de corrección de suelos acidificados mediante enmiendas calcáreas. p. 9-23. En Campillo, R. (ed.). *Producción de trigo harinero para el borde costero de La Araucanía. Capítulo 1. Boletín INIA N° 281.* Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Temuco, Chile.
- Campillo, R. 2013b. Fertilización del cultivo del trigo. En Empresa Copeval Agroindustrias. (ed). *Manual de manejo para el cultivo del trigo. Capítulo 3. Manual INIA ISSN0717-4829.* Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Temuco, Chile.
- D'Oviedo, R., and O. Anderson. 1995. PCR analysis to distinguish between alleles of a member of a multigene family correlated with bread-making quality. *Theor. Appl. Genet.* 88:759-763.
- Fu D.L., P. Szücs, LL. Yan, M. Helguera, J.S. Skinner, J.V. von Zitzewitz, et al. 2005. Large deletions within the first intron in *VRN-1* are associated with spring growth habit in barley and wheat. *Mol. Genet. Genomics* 273:54-65.
- Graybosch, R.A. 2001. Uneasy unions: Quality effects of rye chromatin transfers to wheat. *J. Cereal Sci.* 33(1):3-16
- Hewstone, C., y Jobet, C. 2001. Dollinco-INIA, trigo alternativo para el sur de Chile. *Agric. Téc.* 61(1):102-105.
- Instituto Nacional de Normalización. 2000. Norma Chilena. Nch 1237-2000. Trigo Harinero- Requisitos. 16 p. Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile.
- Jobet, C., y C. Hewstone. 2003. Kumpa-INIA, nueva variedad de trigo invernal para el sur de Chile. *Agric. Téc.* 63(1):81-86.
- Jobet, C., R. Madariaga, I. Matus, R. Campillo, y J. Zuñiga, 2017. Maxwell, el cultivar de trigo que ha superado las barreras productivas en el sur de Chile. *Chil. J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia* (2017) 33(1):39-44.
- Li, Z., T. Ren, B. Yan, F. Tan, M. Yang, and Z. Ren. 2016. A mutant with expression deletion of gene *Sec-1* in a 1RS.1BL line and its effect on production quality of wheat. *PLoS ONE* 11(1):e0146943. doi:10.1371/journal.pone.0146943
- Oak, M.D., and S.A. Tamhankar. 2016. 1BL/1RS translocation in durum wheat and its effect on end use quality traits. *J. Plant Biochem. Biotechnol.* DOI: 10.1007/s13562-016-0366-6
- Oliver, J., A. Blakeney, and H. Allen. 1993. The colour of flour streams related to ash and pigment contents. *J. Cereal Sci.* 17(2):169-182.
- Payne P., and G. Lawrence. 1983. Catalogue of alleles for the complex gene loci, *Glu-A1*, *Glu-B1*, and *Glu-D1* which code for the high molecular weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. *Cereal Res. Comm.* 11:29-35.
- 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., N. Halford, and A. Tatham. 1992. Critical review article. High molecular weight subunits of wheat glutenin. *J. Cereal Sci.* 15:105-120.
- Singh, N., K. Shepherd, and G. Cornish. 1991. A simplified SDS-PAGE procedure for separating LMW subunits of glutenin. *J. Cereal Sci.* 14:203-208.
- Yan, LL., M. Helguera, K. Kato, S. Fukuyama, J. Sherman, and J. Dubcovsky. 2004. Allelic variation at the *VRN-1* promoter region in polyploid wheat. *Theor. Appl. Genet.* 109:1677-1686
- Zhao C., F. Cui, X. Wang, S. Shan, X Li, Y. Bao, et al. 2012. Effects of 1BL/1RS translocation in wheat on agronomic performance and quality characteristics. *Field Crop Res.* 127(27):79-84.
- Zuñiga, J., C. Jobet, H. Campos, P. Rathgeb, y A. Arcos. 2000. Identificación molecular de genotipos translocados en trigo (*Triticum aestivum* L.). p. 56. En XXXIII Reunión Anual Sociedad de Genética de Chile, Concepción, Chile. 11 al 13 de octubre del 2000. Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Zúñiga, J., C. Jobet, H. Campos, M. Mathías, y D. Schafer. 2001. Identificación molecular de alelos de puroindolinas en trigo (*Triticum aestivum* L.). p. 150. En IV Encuentro Latinoamericano de Biotecnología Vegetal, Goiania, Brasil. 04 al 08 de junio del 2001. REDBIO, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Goiania, Brasil.