



## **Calidad del grano de trigo candeal y composición proteica de la harina en condiciones de diferente disponibilidad de nitrógeno en la provincia de La Pampa**

**Trabajo final de graduación presentado para obtener el título de:  
Ingeniero Agrónomo”.**

Federico Andrés Sidebottom y Franco García Antunez  
**Autores**

Mg. María Pereyra Cardozo  
**Director**  
Cátedra de Química Biológica. Facultad de Agronomía-UNLPam

Mg. Miguel Ángel Fernández  
**Co-director**  
Cátedra de Cereales. Facultad de Agronomía-UNLPam

Ing. Agr. Adriana Elizabet Quiriban  
**Evaluador**  
Cátedra de Química Biológica. Facultad de Agronomía-UNLPam  
Dr. Diego Riestra  
**Evaluador**  
Cátedra de Agrotecnia. Facultad de Agronomía-UNLPam

FACULTAD DE AGRONOMÍA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA  
Santa Rosa, La Pampa, Argentina  
2019

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>3</b>
<b>MATERIALES Y METODOS</b>	<b>7</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>10</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>23</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>24</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>FIGURA 1</b> Subregiones con características agroecológicas	<b>4</b>
<b>FIGURA 2</b> Composición proteica de la harina blanca en cuatro cultivares de trigo candeal	<b>18</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>	
<b>TABLA 1</b>	<b>Precipitación mensual y temperatura media mensual de Santa Rosa, La Pampa</b>	<b>10</b>
<b>TABLA 2</b>	<b>Índice de verdor expresado en unidades SPAD</b>	<b>12</b>
<b>TABLA 3</b>	<b>Peso de 1000 granos (g) en genotipos de trigo cultivados bajo diferente disponibilidad de nitrógeno</b>	<b>14</b>
<b>TABLA 4</b>	<b>Concentración de proteína en grano</b>	<b>15</b>
<b>TABLA 5</b>	<b>Composición proteica de la harina blanca en cuatro genotipos de trigo candeal</b>	<b>18</b>
<b>TABLA 6</b>	<b>Composición proteica de la semolina en cuatro genotipos de trigo candeal</b>	<b>19</b>
<b>TABLA 7</b>	<b>Concentración de pigmentos amarillos en la semolina y pérdida de pigmentos en la semolina hidratada</b>	<b>21</b>

## RESUMEN

Los cereales de invierno son importantes en la producción agropecuaria de la región semiárida pampeana central (RSPC) y dentro de ellos el más difundido es el trigo pan (*Triticum aestivum* L.). En esta zona no se cultiva aún el trigo candeal (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*), aunque es un cultivo con buena performance para zonas semiáridas. El objetivo de este estudio fue analizar el efecto de la fertilización nitrogenada en la calidad del grano de trigo candeal producido en la provincia de La Pampa. Se trabajó a campo con cuatro genotipos: Bonaerense INTA Cariló, Ciccio, Buck Cristal y Concadoro dos niveles de disponibilidad de nitrógeno en macollaje y floración. Se determinó, el peso de los 1000 granos, concentración de proteína en grano, vitreosidad (%), concentración de pigmentos amarillos en la semolina, pérdida de pigmentos en la semolina hidratada, concentración y composición de las fracciones proteicas de la harina blanca y la semolina. Las diferencias observadas en los parámetros antes mencionados fueron debidas a factores genéticos. Dado que el cultivo se desarrolló sin limitaciones hídricas, se evidenció el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la concentración de proteína en grano y la vitreosidad. Estos resultados pusieron en evidencia que la calidad del trigo candeal puede ser mejorada con la mejora tecnológica, por ejemplo la fertilización nitrogenada.

**Palabras clave:** fertilización nitrogenada, parámetros de calidad

## ABSTRACT

Winter cereals are important in the agricultural production of the semi-arid central Pampas region (RSPC) and among them the most widespread is bread wheat (*Triticum aestivum* L.). In this area, durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*) is not yet cultivated, although it is a crop with good performance for semi-arid zones. The objective of this study was to analyze the effect of nitrogen fertilization on the quality of durum wheat grain produced in the province of La Pampa. Field work was carried out with four genotypes: Bonaerense INTA Cariló, Ciccio, Buck Cristal and Concadoro and two levels of nitrogen availability in tillering and flowering. The weight of the 1000 grains, grain protein concentration, vitreousness (%), total yellow pigment in semolina, pigment loss semolina and white flour and semolina protein fraction composition were determined. Differences observed in the parameters mentioned above were due to genetic factors. Given that the crop was developed without water limitations, the effect of nitrogen fertilization on grain protein concentration and kernel vitreousness was evidenced. These results showed that the quality of durum wheat can be improved with the technological improvement, for example the nitrogen fertilization.

**Key words:** nitrogen fertilization, quality parameters.

## INTRODUCCIÓN

### Producción y comercialización del cultivo en Argentina

El trigo candeal (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*), fue introducido en Argentina, en la provincia de Buenos Aires, por inmigrantes italianos en la década de 1920/30. En la campaña 1969/70, con más de 400.000 ha sembradas, nuestro país alcanzaba el tercer lugar en el mundo como exportador, al obtener una producción de 760.000 toneladas que representa entre el 6 y 8,5% del total nacional de trigo. El principal importador en ese momento era Italia, con exigencias específicas de calidad que se cumplían sin problemas. En el período 1976 a 1978 sucedieron dos ataques consecutivos de *Fusarium spp* que disminuyeron drásticamente la producción. Además, se produjo el desplazamiento del trigo candeal por variedades de trigo pan (*Triticum aestivum* L.) de ciclo corto y con alto potencial de rendimiento. También ocurrió el reemplazo de cultivares tradicionales de buena calidad por otros de mayor productividad, pero que no conseguían cumplir con los requisitos de calidad exigidos por la exportación. Según datos del Ministerio de Agroindustria, el promedio nacional de la superficie sembrada en los últimos cinco años fue de 60.422 ha y la producción rondó las 177.305 tn/año, también promedio del último lustro, con variaciones interanuales importantes (datos Sistema Integrado de Información Agrícola, 2016).

El trigo candeal es un cultivo invernal, de ciclo intermedio-corto, que se siembra desde julio a mediados de agosto y se cosecha en diciembre. Es originario de regiones que poseen un régimen de precipitaciones medias a bajas (500 mm/año o menos), requiere inviernos suaves y húmedos, combinados con veranos secos y soleados, especialmente durante el período de llenado de granos (Jara Podestá, 2011).

El área de cultivo se extiende desde el sudeste hasta el sudoeste de la provincia de Buenos Aires y parte de La Pampa (subregiones trigueras IV y V sur (figura 1)),

representando una opción interesante para los productores (Informe Institucional Trigo, 2016). Tradicionalmente en la provincia de Buenos Aires se distinguen tres zonas, sudeste, centro sur y oeste, que poseen diferentes características agroclimáticas (Jensen, 2001). Los partidos de Coronel Dorrego y Tres Arroyos (área centro sur) representan la mayor superficie ocupada con este cultivo respecto de las otras zonas (Forján y Manso, 2016). La producción es habitualmente inferior a la de trigo pan y actualmente se dispone de ocho variedades comerciales aprobadas por el Comité de Cereales de Invierno de la CONASE (Comisión Nacional de Semillas). Desde hace unos años, el cultivo de este trigo ha dejado de ser estrictamente regional con la incorporación de alguna superficie bajo riego en la provincia de San Luis y también de una significativa cantidad de hectáreas en las provincias de Tucumán y Salta (subregión triguera NOA), debido a la instalación de un importante molino y fábrica de pastas, que utilizan al trigo candeal como insumo para la elaboración de sus productos.

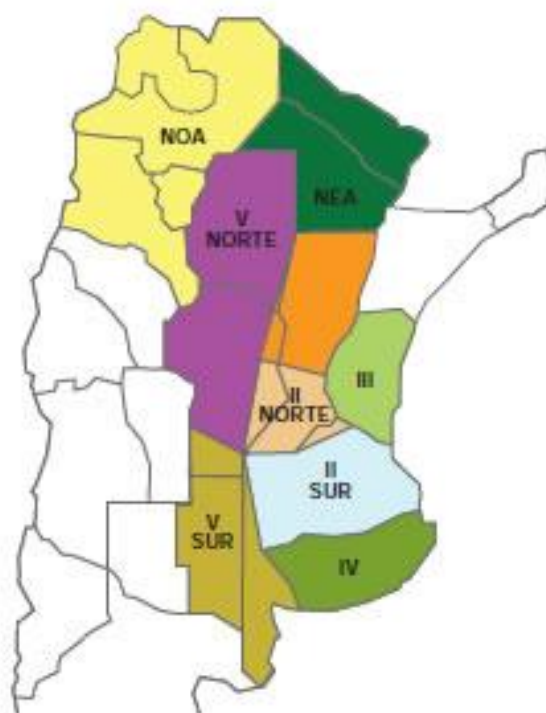


Figura 1. Subregiones con características agroecológicas diferentes (Zarrilli, 2010).



La siembra es realizada por los propios molinos en forma directa a través de contratos con productores. Estos acuerdos contemplan la posibilidad de que los interesados en utilizar la producción, puedan inspeccionar el lote y ajustar la calidad final conforme a los requerimientos de la industria semolera y fideera. Aunque existe una norma de comercialización que se aplica a todas las transacciones (Norma Senasa XXII, 1998), las principales industrias relacionadas al trigo candeal diseñan y aplican escalas propias de bonificaciones y rebajas para algunos parámetros de interés (porcentaje de vitreosidad, proteína y gluten). Esta forma de trabajo, asegura la trazabilidad de los granos que se industrializan, conformando una alianza estratégica entre productores e industria, garantizando previsibilidad y estabilidad en el precio, al determinar reglas claras de comercialización para las partes involucradas.

### **Producción de trigo en la provincia de La Pampa**

Los cereales de invierno son importantes en la producción agropecuaria de la región semiárida pampeana central (RSPC) y dentro de ellos el más difundido es el trigo pan (*Triticum aestivum* L.). En esta zona no se cultiva aún el trigo candeal (*Triticum durum* Desf.) (Lorda *et al.*, 2001), mientras que en la subregión IV triguera se realizan cerca de 65.000 has (INDEC, 2002). El trigo candeal se difunde en zonas semiáridas y de alta variabilidad climática del mundo, que reciben menos de 350 mm durante el ciclo y es considerado más tolerante a la sequía que el trigo pan (Bozzini, 1988). Además la diversificación de los cultivos aumenta la estabilidad y reduce el riesgo de los sistemas agropecuarios (Loomis & Connor, 2002). El rendimiento está fuertemente asociado al número de granos por unidad de superficie, aunque cuando se fijan pocos, normalmente, se obtienen granos con un mayor peso individual y el ambiente tiene gran influencia sobre éstos (Evans & Wardlaw, 1976). El efecto ambiental constituye una variable

emergente en la definición del rendimiento, observándose una gran interacción entre el genotipo, el año y la localidad (Fowler & de la Roche, 1975). Walsh (1984) agregó que, frecuentemente, resulta dificultoso identificar y separar el efecto de uno u otro componente.

Por otra parte, la calidad del trigo candeal está determinada por el genotipo y el ambiente (Seghezzo, 2014). El trigo candeal es la principal fuente de semolina para la producción de pasta. El color amarillo ámbar de la semolina es un importante carácter de calidad del trigo y sus productos finales (Schulthess & Schwember, 2013; Ficco *et al.*, 2014).

El color amarillo se debe a la presencia de pigmentos, carotenos, los cuales además de afectar la calidad tienen valor nutricional y depende de factores genéticos, condiciones de crecimiento y los procesos tecnológicos (Ficco *et al.*, 2014).

El color amarillo de la pasta está relacionado con el contenido de carotenos y el nivel de actividad de lipoxigenasa de la sémola (Taranto *et al.*, 2017). Las lipooxigenasas son enzimas oxidativas, que degradan los carotenos, produciendo la pérdida de color amarillo durante la elaboración de la pasta (Ficco *et al.*, 2014).

La composición y la cantidad de las proteínas de reserva del endosperma en trigo duro tienen un fuerte impacto sobre las propiedades reológicas de la masa y la calidad de las pastas (Sissons *et al.*, 2005) por lo que es de interés conocer la concentración y distribución de gliadinas y gluteninas en las harinas de los diferentes germoplasmas.

Un elevado contenido de carotenoides en la sémola no garantiza un buen color de la pasta. Durante el procesamiento se produce la pérdida de pigmentos y, por consiguiente, del color amarillo de pasta, debido a la acción de enzimas oxidativas

como lipoxigenasas (Roncallo *et al.*, 2009). El color de la semolina es un carácter importante dado que determina el potencial color de la pasta (Schulthess *et al.*, 2013).

### **Objetivo**

Analizar el efecto de la fertilización nitrogenada en la calidad del grano de trigo candeal producido en la provincia de La Pampa.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto de la fertilización en macollaje en la concentración de proteína en grano de trigo candeal.
- Evaluar el efecto de la fertilización en floración en la concentración de proteína en grano de trigo candeal
- Evaluar la concentración y composición proteica de la harina de trigo candeal bajo diferentes dosis y momentos de aplicación de la fertilización nitrogenada.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El experimento se desarrolló en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa. Se trabajó en parcelas de 1,35 metros de ancho y 6 metros de largo con los genotipos de trigo candeal: Buck Cristal, liberado en 1988, (argentino), Bonaerense INTA Cariló, liberado en el año 2004 (argentino), Concadoro y Ciccio, dos cultivares liberado en el año 2007 de origen italiano. Se utilizó un diseño en bloques completamente aleatorizados, con tres repeticiones. Los factores principales fueron genotipo y disponibilidad de nitrógeno en macollaje y en floración.

A la siembra se incorporaron 50 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como superfosfato triple de calcio (0-46-0). En macollaje, Z2.4 se fertilizó con urea la mitad de la parcela con una dosis de 100 Kg urea.ha<sup>-1</sup>. En emergencia de las espigas, Z 51 (Zadoks *et al* 1974), en cada parcela se determinó el índice de verdor con un SPAD-502 y se cosechó un mínimo de 10 hojas banderas, para cuantificar el porcentaje de nitrógeno total por Kjeldahl. Los genotipos Concadoro y Ciccio fueron muestreados el 19 de octubre, mientras que en Buck Cristal y Bonaerense INTA Cariló el muestreo se realizó el 31 de

octubre. Dos semanas antes de Z73, 9 de noviembre, se aplicó urea foliar al 20% en una dosis de 100 litros.ha<sup>-1</sup> y a los 15 días se repitieron las mediciones realizadas en Z51.

A la madurez del cultivo se cosechó 0,2 m<sup>2</sup> de cada parcela para determinar el rendimiento en grano y sus componentes y las siguientes determinaciones.

#### ***Obtención de la harina***

Los granos fueron molidos en un molino Delver modelo MPD 1011 A y la harina obtenida fue tamizada con un tamiz de 105 micrones. Lo que pasó a través del tamiz se definió como harina blanca y el resto como semolina.

#### ***Concentración de proteína en grano***

La concentración de proteína en el grano se determinó por near -infrared scanning (NIR) en los laboratorios de la Estación Experimental INTA Anguil.

#### ***Determinación de la vitreosidad***

La determinación fue visual observando la opacidad del grano bajo el haz de luz.

#### ***Extracción de pigmentos amarillos y cuantificación***

Para cuantificar el total de pigmentos amarillos (TPA) se siguió la técnica propuesta por Fu *et al.* (2017). En un tubo de centrífuga conteniendo 200 mg de semolina y 1 ml de butanol saturado en agua (BSA), se mezcló y se mantuvo a temperatura ambiente durante 1 hora y centrifugó a 10.000 rpm durante 20 minutos. Se midió la absorbancia del sobrenadante a 449 nm usando un espectrofotómetro UV/visible. El contenido total de pigmentos amarillos fue calculado usando el coeficiente de absorción de la luteína ( $A_{1\%} = 2474$ ).  $TPA \text{ (ug/g)} = \text{absorbancia} \times 21,4$  (14% humedad).

#### ***Pérdida de pigmentos amarillos en la semolina hidratada***

Se evaluó la pérdida de pigmentos en la semolina hidratada siguiendo la técnica de Fu *et al.* (2013). A 200 mg de semolina se le agregó 0,15 ml de agua, se mezcló y

dejó a temperatura ambiente durante toda la noche. El pigmento residual de la semolina hidratada fue extraído agregando 0,85 ml de 1-butanol, se homogeneizó y determinó según lo descrito en el párrafo anterior. La pérdida de pigmento en la semolina hidratada es la diferencia entre el contenido de pigmentos en la semolina y la semolina hidratada y expresado en valores de porcentaje del TPA de la semolina.

#### ***Actividad de la polifenoloxidasasa (PFO)***

La actividad de la PFO se realizó siguiendo el protocolo propuesto por Anderson & Morris (2001). Se incubaron 3 granos con 1,5 ml de catecol 10 mM preparado en buffer MOPS 50 mM de pH 6,5. Se incubó con agitación a 25°C durante dos horas. Posteriormente se centrifugó y midió la absorbancia del sobrenadante a 410 nm. Se consideró una unidad de PFO al cambio de 0,001 unidades de absorbancia.min<sup>-1</sup>.g grano<sup>-1</sup>. El cambio en unidades de absorbancia está referido a la absorbancia de la sustancia control.

#### ***Fraccionamiento y cuantificación de las proteínas de la harina***

En la harina blanca y en la semolina se cuantificaron las proteínas monoméricas (PM), la gluteninas solubles (GS) y la gluteninas insolubles (GI) respecto del total total de proteínas solubles (TPS) presentes en la harina. El fraccionamiento se realizó según la técnica propuesta por Sapirstein and Fu (1998) y su cuantificación según Suchy *et al.* (2007).

#### ***Análisis estadístico***

Los datos fueron analizados por ANOVA usando el software InfoStat versión 2008 (Di Rienzo *et al.*, 2008) y mediante el test LSD se compararon las medias de los tratamientos con un nivel de probabilidad de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Condiciones de crecimiento del cultivo*

Tabla 1. Precipitación mensual y temperatura media mensual de Santa Rosa La Pampa. Datos aportados por la Cátedra de Agrometeorología, Facultad de Agronomía, UNLPam.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	AÑO
	mm mes <sup>-1</sup>												
<b>Precip. 2017</b>	71,7	93,3	320,7	165,7	103,7	69,3	27,9	25,9	92,9	34,9	88,3	56,5	1150
<b>Precip. Media (1975-2017)</b>	87,0	84,8	96,2	64,6	33,5	16,4	19,6	26,1	46,3	81,3	84,8	95,7	740
<b>Temperatura media 2017</b>	24,8	23,7	19,9	15,3	11,9	9,2	9,8	10,7	12,3	15,0	17,7	22,4	16,1
<b>Media Histórica (1977-2017)</b>	23,4	22,2	19,7	15,4	11,5	8,3	7,8	9,9	12,4	15,8	19,2	22,2	15,6

### *Concentración de nitrógeno en hoja*

En ambos momentos de muestreo, macollaje y floración los genotipos, Cariló y Ciccio, expresaron el mayor valor medio de concentración de nitrógeno en hoja y significativamente diferente de los restantes cultivares. La fertilización nitrogenada en macollaje no modificó la concentración de nitrógeno en las hojas muestreadas al estado Z51.

Por otra parte, la concentración de nitrógeno en hoja fue significativamente mayor tanto en las plantas fertilizadas en macollaje como en floración. Hubo un aumento del 11% ( $p < 0,05$ ) en la concentración de nitrógeno en hoja en respuesta a la fertilización en macollaje, pasando de 1,90 a 2,10 % N en hoja. Por otra parte, hubo un incremento del 31% ( $p < 0,05$ ) en respuesta a la aplicación de nitrógeno en floración, variando de 1,73 a 2,27 % N en hoja. De manera que al estado Z73, los tratamientos NF/F y F/F expresaron la mayor concentración de nitrógeno en hoja en los 4 cultivares.

En todos los genotipos se observó una reducción en la concentración de nitrógeno en función de la edad de la planta, de manera que los valores determinados en Z73 son menores a los cuantificados en Z51, para todos los genotipos en estudio. La aplicación de nitrógeno en floración redujo la disminución de la concentración de nitrógeno en hoja en función de la edad, al igual que lo informado por Alzogaray & Caraffini (2018) y Del campo *et al.* (2017). La fertilización foliar tardía favorece que la hoja bandera permanezca verde durante el período de llenado de grano. El retardo de la senescencia o sea el mantenimiento de la fotosíntesis, provee más carbohidratos a las raíces y mejora la absorción de nitrógeno durante el período de llenado de grano.

### ***Índice de verdor***

El IV fue significativamente diferente entre los genotipos tanto en las hojas muestreadas en Z51 como en Z73, siendo el cultivar Cariló el que expresó el mayor IV. (Tabla 2). El IV fue significativamente afectado por la disponibilidad de nitrógeno al igual que lo observado por Alzogaray & Caraffini (2018). En las hojas muestreadas en Z51, hubo un incremento del 8% ( $p < 0,05$ ) en los valores medios de unidades SPAD en respuesta a la fertilización en macollaje. En las hojas muestreadas en Z73, aquellas provenientes de plantas fertilizadas en macollaje hubo un 5% de aumento del IV, pasando de 31,47 a 33,27 unidades SPAD, mientras que la aplicación de nitrógeno en floración no modificó la concentración de nitrógeno en hoja.

Semejante a la disminución de la concentración de nitrógeno en hoja en función de la edad, esta reducción también fue observada en los valores medios de unidades SPAD de todos los genotipos. El IV en Ciccio pasa de 39,07 a 30,30; en Cristal de 39,99 a 32,60; en Concadoro de 40,61 a 31,57 y en Cariló de 41,58 a 35,02. La reducción del IV en función de la edad de la hoja, coincide con lo observado por otros

autores en *Triticum aestivum* L (Del campo & Serra, 2017; Del campo *et al.*, 2017 y Alzogaray & Caraffini 2018).

**Tabla 2. Índice de verdor expresado en unidades SPAD.** Las mediciones se realizaron en Z51 (primer corte) y en Z73 (segundo corte). Medias con una letra común dentro de cada corte, no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

Índice de verdor (unidades SPAD) en hoja bandera						
	Z51		Z73			
	NF	F	NF/NF	NF/F	F/NF	F/F
<b>Cristal</b>	<b>37,39 a</b>	<b>42,58 cd</b>	<b>31,51 abcd</b>	<b>29,35 ab</b>	<b>33,47 cdef</b>	<b>36,06 ef</b>
<b>Concadoro</b>	<b>39,78 ab</b>	<b>41,45 bcd</b>	<b>31,29 abcd</b>	<b>33,33 bcde</b>	<b>29,46 abc</b>	<b>32,21 abcde</b>
<b>Carilo</b>	<b>39,45 ab</b>	<b>43,71 d</b>	<b>34,40 def</b>	<b>32,35 abcde</b>	<b>37,49 f</b>	<b>35,82 ef</b>
<b>Ciccio</b>	<b>38,19 a</b>	<b>39,95 abc</b>	<b>28,76 a</b>	<b>30,81 abcd</b>	<b>30,35 abcd</b>	<b>31,29 abcd</b>

### *Peso de 1000 granos*

El peso de los granos fue estadísticamente diferente ( $p < 0,01$ ) entre los genotipos siendo el valor medio 41,03; 42,45; 44,76 y 50,27 gramos para Bonaerense INTA Cariló, Ciccio, Concadoro y Buck Cristal respectivamente (Tabla 3). El mayor peso de granos de Buck Cristal, respecto del resto de las variedades coincide con lo informado previamente por Arreguy & Marzo (2014), quienes determinaron que este resultado se debe a un mayor ritmo de acumulación y no a diferencias en la duración del período de acumulación. La fertilización en macollaje no afectó el peso de los 1000 granos, y la aplicación foliar de nitrógeno en floración lo disminuyó un 6% ( $p < 0,05$ ). Sin embargo, dado que la interacción genotipo x fertilización en floración fue significativa ( $p < 0,05$ ),



se observó que en Bonaerense INTA Cariló y Buck Cristal no hubo diferencias en el peso de los 1000 granos entre las plantas no fertilizadas y fertilizadas, mientras que en Ciccio y Concadoro el peso de los granos de las plantas fertilizadas fue menor respecto de los no fertilizados (Tabla 3).

Arregui & Brendle (2018), en *Triticum aestivum* L., encontraron que el incremento en el rendimiento, en los tratamientos fertilizados estaba asociado a un incremento en el número de granos. El número de granos es el principal componente del rendimiento que determina el rendimiento en grano. Además Fernández (2008) y Fernández *et al.* (2015) determinaron que los componentes espigas.m<sup>2</sup> y número de granos.espiga<sup>-1</sup> fueron los de mayor asociación con el rendimiento en grano en trigo en la Región semiárida pampeana (RSP). De lo anterior surge que si bien por efecto de la fertilización nitrogenada ocurrió una reducción del peso de los 1000 granos contemporáneamente podría asociarse al incremento del número de granos. La fertilización en macollaje aumentó el número de granos.m<sup>-2</sup> pasando de 6189 a 8103. Por otra parte, el número de granos.m<sup>-2</sup> fue 10531,50; 7631,75; 5718,88 y 4703,88 para Bonaerense INTA Cariló, Buck Cristal, Concadoro y Ciccio respectivamente (Ing. agr. Miguel Fernández, comunicación personal).

**Tabla 3. Peso de 1000 granos (g) en genotipos de trigo cultivados bajo diferente disponibilidad de nitrógeno.** Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ). NF/NF: no fertilizado, NF/F: fertilizado en floración, F/NF: fertilizado en macollaje, F/F: fertilizado en macollaje y en floración. La fertilización en macollaje fue de 100 Kg urea.ha<sup>-1</sup> y en floración la dosis fue de 100 litros. ha<sup>-1</sup> con urea al 20%.

	NF/NF	NF/F	F/NF	F/F
<b>Cristal</b>	<b>50 ef</b>	<b>49,77 ef</b>	<b>51,93 f</b>	<b>49,37 ef</b>
<b>Concadoro</b>	<b>47,53 de</b>	<b>40,83 ab</b>	<b>47,53 de</b>	<b>43,13 bc</b>
<b>Carilo</b>	<b>41,27 ab</b>	<b>40,57 ab</b>	<b>41,50 abc</b>	<b>40,80 ab</b>
<b>Ciccio</b>	<b>45,00 cd</b>	<b>38,13 a</b>	<b>43,90 bcd</b>	<b>42,77 bc</b>

### ***Concentración de proteína en grano***

La concentración de proteína en grano y la calidad panadera son afectadas por la cantidad y la partición de la dosis de nitrógeno total aplicada (Fuertes Mendizabal *et al.*, 2010). Las aplicaciones de nitrógeno después de espigazón no inciden en el rendimiento pero pueden elevar el contenido de proteína en grano determinando así la valorización y comercialización del trigo (Pinilla Quesada & Herrera Floody, 2008).

En este estudio la concentración de proteína en grano aumentó en respuesta a la fertilización nitrogenada en todos los cultivares en estudio (Tabla 4) similar a lo observado por Ames *et al.* (2003). Los granos de los cultivos donde se aplicó la fertilización foliar de nitrógeno en floración, alcanzaron los mayores porcentajes de proteína en grano al igual que lo observado por Blandino *et al.* (2015), poniendo en evidencia que la aplicación tardía de nitrógeno es esencial para alcanzar los parámetros de calidad requeridos por el mercado (Blandino *et al.*, 2015). Los genotipos Cristal y Cariló alcanzaron un valor medio del 10% mientras que Concadoro y Ciccio un 12%. Es importante destacar, que en el tratamiento fertilizado en macollaje y en floración se

alcanzó la mayor concentración de proteína en grano, destacando que en Concadoro y Ciccio, la concentración fue del 14%.

En otros experimentos, en *Triticum aestivum* L., llevados a cabo, bajo las mismas condiciones de crecimiento, aun trabajando con cultivares del grupo de calidad 1, no se obtuvieron valores mayores al 10% de concentración de proteína en grano (Arreguy & Brendle, 2018). Al igual que lo observado por Alzogaray & Caraffini (2018), quienes trabajaron con *Triticum aestivum* L, con las mismas dosis y momentos de aplicación a lo realizado en este estudio, sin embargo, no encontraron respuesta de la concentración de proteína en grano a la aplicación de nitrógeno. De manera, que las respuestas observadas en trigo candeal, fueron mayores a las obtenidas en trigo pan.

La aplicación tardía de nitrógeno mejoró el índice de verdor y la concentración de nitrógeno en hoja bandera lo que permitiría prolongar la duración de la hoja bandera al estado verde, durante el llenado del grano y aumentar la concentración de la proteína en grano, aunque no tenga ventaja sobre el rendimiento del cultivo. De manera que la fertilización foliar más que un efecto directo sobre la nutrición nitrogenada de la planta, tiene un efecto indirecto en mantener una elevada absorción de nitrógeno en postantesis (Blandino *et al.*, 2015).

**Tabla 4. Concentración de proteína en grano (%).** NF/NF: no fertilizado, NF/F: fertilizado en floración, F/NF: fertilizado en macollaje, F/F: fertilizado en macollaje y en floración.

	NF/NF	NF/F	F/NF	F/F
<b>Cristal</b>	<b>8,68</b>	<b>10,11</b>	<b>10,03</b>	<b>11,97</b>
<b>Concadoro</b>	<b>11,45</b>	<b>12,49</b>	<b>12,08</b>	<b>14,12</b>
<b>Carilo</b>	<b>9,74</b>	<b>10,14</b>	<b>10,19</b>	<b>10,69</b>
<b>Ciccio</b>	<b>10,54</b>	<b>12,44</b>	<b>12,39</b>	<b>13,98</b>

### ***Composición proteica de la harina blanca***

Numerosos trabajos han demostrado que la calidad del gluten del trigo, tanto del trigo pan como del trigo duro, depende en gran parte de su composición en proteínas, gliadinas y gluteninas. Actualmente, se sabe que las subunidades de bajo peso molecular de glutenina son las responsables de la calidad del gluten en trigo duro (Ruiz *et al.*, 1998).

La fertilización nitrogenada no modificó significativamente la composición proteica de la harina blanca de los genotipos en estudio, de manera que las diferencias observadas se deben a factores genéticos.

Fue significativamente diferente ( $p < 0,05$ ) la composición proteica en términos de concentración de proteínas monoméricas y poliméricas (Figura 2). La concentración de proteínas monoméricas fue significativamente menor ( $p < 0,05$ ) en Buck Cristal, evidenciando una mayor relación GI/PM, PP/PM y TG/TP de manera que presentó una mayor concentración de proteínas poliméricas, por lo que es de esperar que tenga una mejor fuerza de gluten. No hubo diferencias entre los genotipos en la relación de concentraciones de glutenina insoluble respecto de la soluble (Tabla 5).

La concentración de proteína en grano no es determinante de las características de calidad panadera. Por ejemplo, el índice de gluten no está correlacionado con la concentración de proteína en grano (Sissons *et al.*, 2005). Las gluteninas de bajo peso molecular es la variable que explica principalmente la fuerza del gluten y los parámetros reológicos de la masa estimados por el mixógrafo tales como el tiempo de desarrollo y el área bajo la curva.

Sissons *et al.* (2005) expresan que la composición de las subunidades de glutenina define la fuerza del gluten y recomiendan evitar genotipos que combinen

glutenina de alto peso molecular de la subunidad 20 y alelos b y k de las gluteninas de bajo peso molecular. O sea que no sería determinante la relación de glutenina de alto y bajo peso molecular, al igual que lo observado en nuestro estudio. Sin embargo, la mayor relación de proteínas poliméricas respecto del total de proteínas solubles es un indicador de mejor calidad panadera. Aquellos genotipos con mayor relación PP/PM tendrán un índice de gluten mayor a 50 (Sissons *et al.*, 2005).

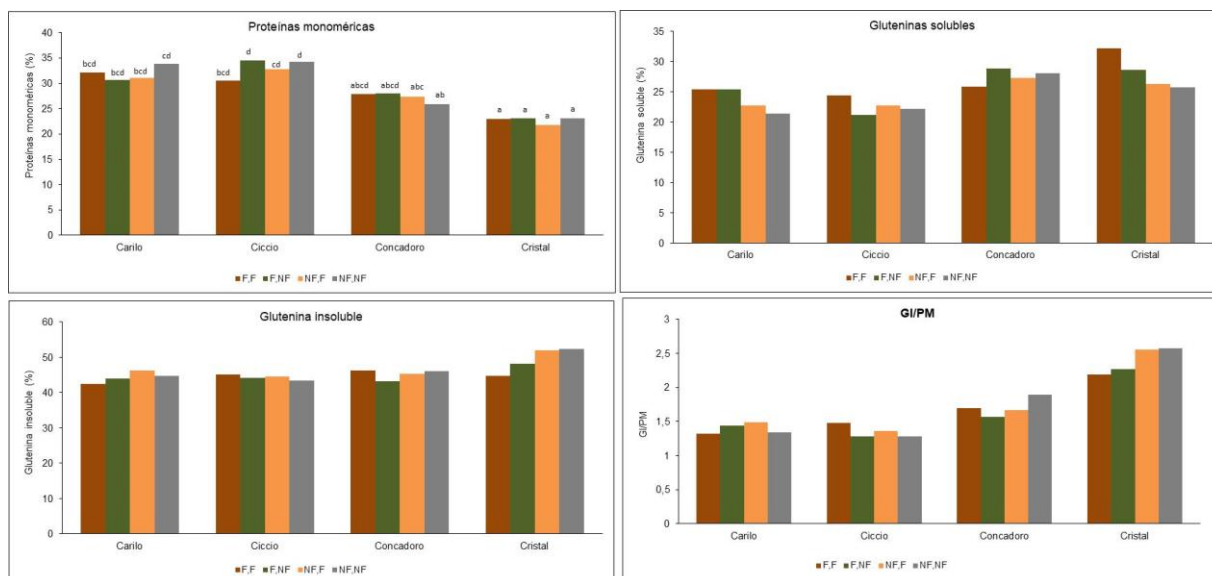
Las gliadinas disminuyen el tiempo de desarrollo de la masa y aumentan el ablandamiento de la masa. El índice de gluten está positivamente influenciado por la concentración de gluteninas (Barak *et al.*, 2014).

Entre las mediciones de la composición de la proteína del gluten, la relación de la fracción rica en gluteninas/fracción rica en gliadinas varió entre 0,51 y 1,5, valores similares a los obtenidos por Edwards *et al.* (2007) para trigos que exhiben masas fuertes y presentan en su genotipo los alelos y gliadina 45.

Al igual que lo observado por Edwards *et al.* (2007), se encontró una tendencia de una mayor concentración de gliadinas al aumentar la concentración de proteína en la harina.

La característica de la masa varía al modificarse la concentración de gliadinas y gluteninas. Las gluteninas mejoran el índice de gluten mientras que las gliadinas disminuyen la estabilidad de la masa y favorecen el ablandamiento (Barak *et al.*, 2014).

Orcen *et al.* (2013) expresaron que la aplicación de nitrógeno como urea foliar en floración tuvo un efecto positivo sobre el valor de sedimentación en SDS, un indicador de calidad de las harinas. Sin embargo, agregan que la respuesta depende del performance del cultivar.



**Figura 2.** Composición proteica de la harina blanca en cuatro cultivares de trigo candeal. NF/NF: no fertilizado, NF/F no fertilizado en macollaje y fertilizado en floración, F/NF: fertilizado en macollaje y no fertilizado en floración, F/F: fertilizado en macollaje y fertilizado en floración.

**Tabla 5.** Composición proteica de la harina blanca en 4 genotipos de trigo candeal. GI/GS: fracción de glutenina insoluble respecto a la concentración de glutenina soluble, GI/PM: relación de concentración de glutenina insoluble respecto de las monoméricas, PP/PM: relación de concentración de las proteínas poliméricas respecto de las proteínas monoméricas, TG/TP: fracción de la concentración de glutenina total respecto a la concentración de proteína soluble total,

	GI/GS	GI/PM	PP/PM	TG/TP
Cristal	1,84 a	2,40 b	3,71 c	77,57 c
Concadoro	1,82 a	1,70 a	2,71 b	72,71 b
Ciccio	2,12 a	1,35 a	2,05 a	66,96 a
Cariló	2,00 a	1,40 a	2,15 ab	68,10 a

### ***Composición proteica de la semolina***

La composición proteica de la semolina fue diferente entre los genotipos en estudio, siendo el genotipo Cristal el que presentó mayor concentración de PM, a diferencia de lo observado en la harina blanca.

Por otra parte, hubo efecto de la fertilización en floración sobre la concentración de gluteninas insolubles, lo cual se tradujo en una mayor relación de glutenina insoluble respecto de la concentración de glutenina total presentando el genotipo Cristal la mayor relación significativamente diferente ( $p < 0,05$ ) respecto del resto de los genotipos (Tabla 6).

**Tabla 6.** Relación de las fracciones proteicas en la semolina de cuatro genotipos de trigo candeal. PM: proteínas monoméricas (%), GS: glutenina soluble (%), GI: glutenina insoluble (%), GI/GT: fracción de glutenina insoluble respecto a la concentración de proteína soluble total, PP/PM: relación de concentración de las proteínas poliméricas respecto de las monoméricas, TG/TP: fracción de la concentración de glutenina total respecto a la concentración de proteína soluble total.

	PM	GS	GI	GI/GT	PP/PM	TG/TP
Cristal	29,90 c	29,53 a	40,36 b	0.58 b	2.33 a	70 a
Concadoro	26,56 a	34,39 a	39,05 ab	0.53 ab	2.82 c	73 c
Ciccio	29,78 bc	35,08 a	35,14 a	0.50 a	2,43 ab	70 a
Cariló	27,13 ab	32,27 a	40,60 b	0,56 ab	2.69 bc	73 c

### ***Contenido de pigmentos amarillos en la semolina***

El contenido total de pigmentos amarillos fue significativamente diferente ( $p < 0,05$ ) entre los genotipos siendo la variedad Bonaerense INTA Cariló el de mayor concentración (Tabla 7). La respuesta de esta variedad también fue informada por

investigadores de la Chacra experimental INTA Barrow. Martini *et al.* (2015) informaron que la concentración de pigmentos amarillos, está determinada por factores genéticos. Además, expresaron que los genotipos modernos generalmente tienen mayor contenido respecto de los cultivares más viejos. Esto es debido a que se ha avanzado en el mejoramiento de éste carácter considerado de interés a nivel industrial. Sin embargo, en nuestro experimento, esta relación no pudo verse, dado que el genotipo Concadoro, un cultivar italiano liberado en el año 2007, presentó la menor concentración de pigmentos amarillos en la semolina.

Schulthess *et al.* (2013) consideran que ocurre un efecto de dilución en la concentración de pigmentos al aumentar el peso de los granos. Lo anterior coincide con lo observado en este estudio dado que los genotipos Boaerense INTA Cariló y Ciccio, tienen el menor peso de grano y la mayor concentración de pigmentos amarillos.

Por otra parte, las concentraciones de pigmentos cuantificadas en las semolinas en estudio, son valores bajos respecto de lo informado por otros autores (Beleggia *et al.*, 2010; Ramachandran *et al.*, 2010; Schulthess & Schwember, 2013, Fu *et al.*, 2017), quienes estudiaron un amplio rango de genotipos.

Además, se observó que la fertilización nitrogenada, no modificó la concentración de pigmentos amarillos en los genotipos en estudio. La concentración de pigmentos amarillos está asociada al ritmo y duración del proceso de acumulación de carotenos, lo cual depende del genotipo (Ramachandran *et al.*, 2010)

Seghezzo (2014) expresa que los ambientes semiáridos son ideales para obtener sémolas de color amarillo más intenso de manera que, La provincia de La Pampa, ubicada en la región triguera Vsur, reuniría las condiciones requeridas para la producción de trigo candeal con alta concentración de pigmentos amarillos. Es probable, que lo anterior no se evidenció en este experimento, desarrollado durante el



año 2017, dado que no hubo limitaciones hídricas durante el período de crecimiento del cultivo.

**Tabla 7.** Concentración de pigmentos amarillos en la semolina y pérdida de pigmentos en la semolina hidratada en cuatro genotipos de trigo.

Genotipo	TPA (ug/g)	Pérdida de pigmentos (%)
<b>Cristal</b>	<b>2,69 ab</b>	<b>73,83 b</b>
<b>Concadoro</b>	<b>1,86 a</b>	<b>49,19 a</b>
<b>Ciccio</b>	<b>2,89 b</b>	<b>83,32 b</b>
<b>Carilo</b>	<b>3,4 b</b>	<b>74,32 b</b>

#### *Pérdida de pigmentos amarillos en la semolina*

Hubo diferencias entre los genotipos en el porcentaje de pérdida de pigmentos. Los valores observados fueron del 49,19; 73,83; 74,32 y 83,32 para Concadoro, Buck Cristal, Bonaerense INTA Carilo y Ciccio respectivamente (Tabla 7). Siendo para Concadoro significativamente ( $p < 0,05$ ) menor la pérdida respecto de los otros tres genotipos. Por otra parte, los datos son elevados respecto de lo informado por Fu *et al.* (2013). La pérdida de carotenoides se relaciona de manera inversa con su contenido inicial en sémola (Trono *et al.*, 1999) relación también observada en nuestro experimento. Esto se debe a que el *B* caroteno es un antioxidante que inhibe a la enzima lipooxigenasa. La fertilización en floración aumentó significativamente ( $p < 0,05$ ) el porcentaje de pérdida de pigmentos pasando de 65.64 al 74.69% en las semolinas de trigos no fertilizados y fertilizados en floración respectivamente.

### ***Actividad de la lipooxigenasa (LPO)***

Los valores observados se encontraron dentro de lo informado por la bibliografía (Anderson & Morris, 2001). Hubo diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos y no hubo efecto de la fertilización. El genotipo Concadoro mostró la menor actividad de LPO lo que puede asociarse a la menor pérdida de pigmentos de la semolina hidratada.

### ***Porcentaje de vitreosidad***

Los valores obtenidos fueron bajos respecto de lo requerido como parámetro de calidad. Hubo diferencias entre los genotipos en el porcentaje de vitreosidad, Además se observó que la fertilización en macollaje mejora el porcentaje de vitreosidad. Los datos observados fueron 28, 54, 41 y 40% para Cristal, Ciccio, Concadoro y Bonaerense INTA Cariló respectivamente en los granos de plantas no fertilizadas. Mientras que fue del 46, 64, 53 y 43 en el mismo orden para las plantas fertilizadas en macollaje.

Fue *et al.* (2018), expresaron que los granos más vítreos están asociados a una mayor proporción de proteínas monoméricas. Esto coincide con que Ciccio , el genotipo de mayor vitreosidad presentó una menor relación PP/PM tanto en la harina blanca como en la semolina. (Tabla 6 y 7).

## CONCLUSIONES

La fertilización nitrogenada favorece el *stay-green* de la hoja bandera estimado por la concentración de nitrógeno en hoja y el índice de verdor.

Se encontraron diferencias genéticas en los parámetros de calidad, tales como concentración de proteína en grano y concentración de pigmentos amarillos en la semolina.

En trigo candeal, aumentó la concentración de proteína en grano, en respuesta a la fertilización nitrogenada en macollaje y en mayor medida a la aplicación foliar de floración.

Hubo diferencias genotípicas en la composición proteica de la harina blanca y la semolina.

## BIBLIOGRAFÍA

Alzogaray, L. & Caraffini, M.N. 2018. Efecto de la fertilización nitrogenada particionada en la concentración de proteína en grano de trigo en la provincia de La Pampa. Trabajo Final de Graduación para obtener el grado de Ingeniero agrónomo. Facultad de Agronomía, UNLPam.

Ames, N.P., J.M. Clarke, J.E. Dexter, S.M. Woods, F. Selles & B. Marchylo. 2003. Effects of nitrogen fertilizer on protein quantity and gluten strength parameters in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) cultivars of variable gluten strength. *Cereal Chem.* 80, 203-211.

Anderson, J.V. & C.F. Morris. 2001. An improved whole –seed assay for screening wheat germplasm for polyphenol oxidase activity. *Crop Sci.* 41, 1697-1705.

Arreguy, M.M. & L. N. Marzo. 2014. Efecto del genotipo y la fertilidad sobre el llenado de los granos de los cereales invernales. Trabajo Final de Graduación. Facultad de Agronomía. UNLPam.

Arreguy, D. & A. Brendle. 2018. Predicción de la concentración de proteína en el grano de trigo, *Triticum aestivum* L, a partir de la concentración de nitrógeno y el índice de verdor en hoja bandera. Trabajo Final de Graduación para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. UNLPam.

Barak,S., Deepak Mudgil & B. S. Khatka.r 2014. Influence of Gliadin and Glutenin Fractions on Rheological, Pasting, and Textural Properties of Dough, *International Journal of Food Properties*, 17, 1428-1438.

Beleggia, R., C. Platani, F. Nigro & L. Cattivelli. A micro method for the determination of yellow pigment content in durum wheat. 2010. *J. Cereal Sci.* 52, 106-110.

Blandino, M., P. Vaccino and A. Reyneri. 2015. Late-season nitrogen increases improver common and durum wheat quality. *Agron. J.* 107, 680-690.

Bono, A. A. Quiroga & I. Frasier. (Editores). 2010. El cultivo de trigo en la región semiárida y subhúmeda pampeana. INTA Anguil. Publicación técnica N° 79.

Del Campo, N. & M. Serra. 2017. Composición proteica del grano de trigo. *Triticum aestivum* L. en función de la disponibilidad de agua y nitrógeno. Trabajo Final de Graduación para obtener el grado de Ingeniero agrónomo. Facultad de Agronomía, UNLPam.

Del Campo, N.; M. Serra, A. Quiriban, M. Castaño, M.A. Fernández & M. Pereyra Cardozo. 2017. Rendimiento y composición proteica del grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) en respuesta a condiciones contrastantes de disponibilidad de agua y nitrógeno en inicio de floración. *Semiárida Rev. Fac. Agron. UNLPam.* 27(2): 37--50.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Edwards, N.M.; M.C. Gianibelli, T.N. McCaig, J.M. Clarke, N.P. Ames, O.R. Larroque & J.E. Dexter. 2007. Relationships between dough strength, polymeric protein quantity and composition for diverse durum wheat genotypes. *J. Cereal Sci.* 45, 140-149.

Evans, L.T. & I.F. Wardlaw. 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. *Adv. Agron.* 28:301-359.

Fernandez, M.A. & O. Zingaretti. 2015. El uso consuntivo en el período crítico para la predicción del rendimiento en grano de trigo pan, trigo candeal y triticales en la región semiárida pampeana. *Semiárida Rev. Fac. Agron. UNLPam.* 25, 29-39.

Fernández, M.A. 2008. La estabilidad del rendimiento de trigo candeal (*Triticum durum* desf.) en la región de las planicies con tosca de la provincia de La Pampa. *Rev. Fac. Agron. UNLPam.* 19, 41-62.

Ficco, D. B. M., A. M. Mastrangelo, D. Trono, G. M. Borrelli, P. De Vita, C. Fares, R. Beleggia, C. Platani & R. Papa. 2014. The colours of durum wheat: a review. *Crop Past. Sci.* 65, 1-15.

Forján, H. & L. Manso. 2016. El área ocupada por los cultivos de cosecha fina en la región. (Disponible: <http://inta.gob.ar/documentos/el-área-ocupada-por-los-cultivos-de-cosecha-fina-en-la-region-0> verificado: 16 de enero de 2017).

Fowler. D.B. & I.A. de la Roche. 1975. Wheat quality evaluation. III. Influence of genotype and environment. *Can. J. Plant. Sei.* 55:263-269.

Fu, B.X., L. Schlichting, C.J. Pozniak & A.K. Singh. 2013. Pigment loss from semolina to dough: rapid measurement and relationship with pasta colour. *J. Cereal Sci.* 57, 560-566.

Fu, B.X., C. Chiremba, C. J. Pozniak, K. Wang & S. Nam. 2017. Total phenolic and yellow pigment contents and antioxidant activities of durum wheat milling fractions. *Antioxidants* 6, 78-88.

Fu, B.X., K. Wang, B. Dupuis, D. Taylor & S. Nam. 2018. Kernel vitreousness and protein content: relationship, interaction and synergistic effects on durum wheat quality. *J. Cereal Sci.* 79, 201-217.

Fuertes-Mendizábal, T.; A. Aizpurua, M.B. González-Moro and J.M. Estavillo. 2010. Improving wheat breadmaking quality by splitting the N fertilizer rate. *Eur. J. Agron.* 33: 52-61

Jara Podestá, A. 2011. Caracterización y mercados del trigo del trigo candeal-Dirección de Mercados Agroalimentarios. Newsletter N.º 59.

Jensen, C. 2001. Manual Técnico: Trigo candeal. Material Divulgación N.º 3. Capítulos: i Áreas de Cultivo: 13–14 y xi. Calidad comercial e industrial. pp. 83–88

Loomis, R.S. & D.J. Connor. 2002. Ecología de cultivos. Productividad y manejo en sistemas agrarios. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, Esp. 591 p.

Lorda, H.; Y. Bellini Saibene; A. Sipowicz; R. Colazo; Z. Roberto; J. Sarasola & P. Lucchetti. 2001. Resultados de la encuesta agrícola 1999. I. Región pampeana del proyecto RADAR, en: EEA INTA-Anguil, Bol. Div. Téc. N.º 1. 50p.

Martini, D., F. Taddei, R. Ciccoritti, M. Pasquini, I. Nicoletti, D. Corradini & M. G. DEgidio. 2015. Variation of total antioxidant activity and of phenolic acid, total phenolics and yellow coloured pigments in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var durum) as a function of genotype, crop year and growing area. *J. Cereal Sci.* 65, 175-175.

Pinilla Quezada, H. & L. E. Herrera Floody. 2008. Efecto de la fertilización nitrogenada tardía en aspectos de calidad panadera en trigo (*Triticum aestivum* L.). *IDESIA* 26: 77-81.

Orcen, N., M. Tosun & E. Irget. 2013. Effect of nitrogen fertilizer timing and source on some yield and quality parameters of durum wheat (*Triticum durum*). *J. Food Agric. Env.* 11, 943-948.

Ramachandran, A., C.J. Pozniak, J. M. Clarke & A. K. Singh. 2010. Carotenoid accumulation during grain development in durum wheat. *J. Cereal Sci.* 52, 30-38.

Roncallo, P.; I. Garbus, A. Picca, V. Echenique, D.A. Carrera, G.L. Cervigni & R. Miranda. 2009. Análisis de las bases genéticas del color en trigo candeal. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 108, 9- 23.

Ruiz, M; J.F. Vázquez & J.M. Carrillo. 1998. Estudio de la variabilidad de gluteninas y gliadinas en variedades locales y cultivares primitivos españoles de trigo duro. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* 13, 291-301.

Sapirstein, H.D. & B.X. Fu. 1998. Intercultivar variation in the quantity of monomeric proteins soluble and insoluble glutenin and residue protein in wheat flour and relationships to breadmaking quality. *Cereal Chem.* 75, 500-507.

Schulthess, A. & A. R. Schwember. 2013. Improving durum wheat (*Triticum turgidum* L. var *durum*) grain yellow pigment content through plant breeding. *Cien. Inv. Agr.* 40, 475-490.

Schulthess, A., I. Matus & A.R. Schwember. 2013. Genotypic and environmental factors and their interactions determine semolina color of elite genotypes of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var *durum*) grown in different environments of Chile. *Field Crops Res.* 149, 234-244.

- Schulthess, A. & A. R. Schwember. 2013. Improving durum wheat (*Triticum turgidum* L. var durum) grain yellow pigment content through plant breeding. *Cien. Inv. Agr.* 40, 475-490.
- Seghezzo, M.L. 2014. *Calidad en trigo candeal*. Ediciones INTA. ISBN 978-987-521-615-0.
- Sissons, M.J., N. P. Ames, R. A. Hare & J. M. Clarke. 2005. Relationship between glutenin subunit composition and gluten strength measurements in durum wheat. *J. Sci. Food. Agric.* 85, 2445-2452.
- Suchy, J., O.M. Lukow, D. Brown, R. DePauw, S. Fox & G. Humphreys. 2007. Rapid assessment of glutenin and gliadin in wheat by UV spectrophotometer. *Crop Sci.* 47, 91-99.
- Taranto, F., A. Pasqualone, G. Mangini, P. Tripodi, M. M. Miazzi, S. Pavan & C. Montemurro. 2017. Polyphenol oxidases in crops: biochemical, physiological and genetic aspects. *Int. J. Mol. Sci.* 18, 377-393.
- Trono, D., D. Pastore & N. Di Fonzo. 1999. Carotenoid dependent inhibition of durum wheat lipoxygenase. *Journal of Cereal Sci.* 29: 99-102.
- Walsh, E. J. 1984. Developing yield potential of cereals. en: *Cereal Production*. (E.J. Gallagher ed.). Butterworths, London, Ing. p. 69-93.
- Zadoks J.C.; T.T. Chang and F.C. Konzak. 1974. A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421
- Zarrilli, A.G- 2010- *Ecología, capitalismo y desarrollo agrario en la región Pampeana (1890-1950)*. Un enfoque histórico-ecológico de la cuestión agraria, Texto completo en [www.eumed.net/tesis/2010/agz/](http://www.eumed.net/tesis/2010/agz/).