



# Trabajo Final de Graduación

## Título:

EFFECTO DE LA FERTILIDAD Y EL GENOTIPO SOBRE EL LLENADO DE LOS GRANOS DE DIFERENTES VARIEDADES DE TRIGO (*Triticum durum* y *T. aestivum*).

Autores: Bortolotti, Gabriel A.  
Fuhr, Iván A.

Director: Miguel Ángel Fernández

Facultad de Agronomía  
Universidad Nacional de La Pampa  
2012

## **Índice:**

Resumen.....	3
Introducción.....	4
Materiales y métodos.....	7
Resultados y discusión.....	11
Conclusiones.....	23
Bibliografía.....	24

## RESUMEN

En el período de crecimiento del grano de cereales se pueden detectar dos componentes, la tasa y la duración. La relación de la tasa y la duración del período de llenado con el rendimiento de grano han sido muy estudiadas, sin embargo, el efecto de la duración sobre éste ha mostrado resultados contradictorios. Por lo tanto, se planteó estudiar si “las especies o variedades de cereales invernales de mayor peso de grano tendrán además de un período de llenado más prolongado, una mayor tasa de llenado. Esta, además aumentaría con el agregado de fertilizantes.

Se sembraron 5 genotipos de trigo pan, 3 de trigo candeal y 2 de triticale granífero, todos ellos de ciclo semejante. A cada uno de los genotipos se le agregó un tratamiento diferenciado en fertilidad química (fertilizado y testigo). Se tomaron muestras de 10 espigas de cada variedad (5 espigas para fertilizado y 5 para testigo), en 5 fechas de muestreo, realizándose 1 por semana desde el comienzo del llenado de los granos. No se pudieron observar diferencias significativas debidas al agregado de fertilizante, ni interacción entre los factores genotipo y fertilidad. El peso seco de la espiga fue mayor en el trigo candeal. El número de espiguillas totales fue mayor en las dos variedades de triticale, mientras que el peso de los granos fueron intermedios entre el trigo candeal y el trigo pan. El porcentaje de esterilidad de las espiguillas fue semejante estadísticamente para las distintas variedades. De todas maneras, se puede visualizar que alguna variedad de trigo pan mostró un alto número de granos por espiga (B. Baqueano) y otras de trigo pan bajo (Baguette P13 y ACA 601).

Se aceptó la postura de que las especies o variedades de mayor tamaño de grano tienen una mayor tasa de llenado, mientras que no hubo una relación clara entre el período de llenado y el peso de los granos. El agregado de fertilizante no produjo un aumento de la tasa de llenado de grano.

## INTRODUCCIÓN

El trigo pan (*Triticum aestivum* L), es un cultivo invernal de gran importancia a nivel nacional. En los últimos años, en nuestra provincia ha habido una tendencia a la disminución del área cultivada. La Pampa contribuye con un 6% de la superficie sembrada nacional, es decir, 380.000 ha cultivadas, con un rendimiento promedio de 2.072 kg/ha (Iglesias y Iturrioz, 2010).

Debido a la importancia del trigo en la alimentación, esta especie ha sido incluida en programas de mejoramiento genético con el fin de desarrollar genotipos para ambientes diversos. Para tal fin se evalúan genotipos en ensayos comparativos de rendimiento. La selección de genotipos adaptados se dificulta por la interacción entre el genotipo y el ambiente (Jordaan, 1999).

El cultivo de trigo candeal o “trigo fideos” (*Triticum durum* Desf.) tiene más de 50 años como actividad comercial en nuestro país. El mismo se inicio con poblaciones introducidas por inmigrantes europeos. Posteriormente por selección y cruzamientos, de esos materiales, se lograron obtener las primeras variedades comerciales, que se caracterizaron por su rusticidad, altura, baja capacidad productiva, susceptibilidad a las royas en general, resistencia a los carbones y una calidad comercial e industrial sobresaliente (Jensen y Seghezzo, 1991).

Si bien en Argentina el trigo candeal se cultiva en la región triguera IV de buenas condiciones para el crecimiento de cultivos invernales, en otros países también se cultiva en áreas con condiciones ambientales más adversas (Troccoli *et al*, 2000). Además el trigo candeal está mejor adaptado a la sequía y es más productivo en regiones marginales que trigo pan (Bozzini, 1988).

Otro factor que influye en las diferencias de rendimiento con respecto a otras zonas trigueras del país, es la falta de incorporación de tecnología por parte del sector primario,

determinando un deficiente nivel productivo-tecnológico, generando consecuencias en la evolución de los rendimientos anuales obtenidos (Belmonte *et al.*, 2010).

La adaptación del trigo a la amplia región del cultivo requiere que su desarrollo fenológico se adapte a cada ambiente, siendo primordial que la antesis ocurra en un momento de bajo riesgo de heladas, como así también que el llenado de los granos ocurra en momento de bajo estrés hídrico y térmico (Fischer, 1985).

El rendimiento de trigo es el resultado del número de granos por unidad de superficie y del peso alcanzado por los mismos. Varios autores han destacado la mayor importancia relativa al componente número de granos por unidad de superficie en la producción de trigo en la Argentina (Evans y Wardlaw, 1976; Fischer, 1985; Duggan y Fowler, 2006). Sin embargo, la extensa región triguera argentina tiene ambientes de producción que permiten una distinta expresión del llenado de grano. El peso final del grano es la consecuencia de una tasa de acumulación de materia seca y de la duración total del periodo de llenado (Acreche y Slafer, 2006). La bibliografía referida al tema menciona los efectos del ambiente sobre esta etapa y con menor frecuencia se refiere a diferencias entre variedades (Slafer *et al.*, 2006).

El período de crecimiento del grano de trigo se inicia con la fecundación del óvulo previo a la antesis y finaliza cuando cesa la acumulación de materia seca (madurez fisiológica), que ocurre alrededor de un contenido de humedad en el grano del 37% (Calderini *et al.*, 2000). A partir de ese momento, el peso del grano decrece por pérdida de humedad hasta alcanzar un valor que permita su cosecha. La acumulación de materia seca sigue una dinámica sigmoidea con un período de muy lenta acumulación seguido por un período de crecimiento lineal y por último una declinación hasta cesar su crecimiento (Calderini *et al.* 2010). En el periodo de crecimiento del grano se pueden detectar dos componentes, la tasa y la duración. La relación de la tasa y la duración del período de llenado con la producción de

grano han sido muy estudiadas, sin embargo, en lo que respecta al efecto de la duración los resultados son contradictorios. En trigo, Bruckner y Frohberg (1987) indicaron la fuerte relación existente entre la tasa y el peso de los granos pero no con la duración del llenado. Por ello, la selección de genotipos con alta tasa de llenado parece ser una buena estrategia para incrementar la producción de grano especialmente en zonas donde la duración está limitada por altas temperaturas.

En los programas de mejoramiento de trigo se aprecia germoplasma de distintos orígenes que potencialmente podrían ser de utilidad en la generación de ideotipos adaptados a distintas secuencias de cultivo (Slafer *et al.*, 2006). La fertilización aumenta el N acumulado, el N removilizado y el N absorbido post-antesis. Los factores que expresan más el fenómeno de panza blanca son la baja fertilización nitrogenada en variedades sensibles. La fertilización afecta el desarrollo del llenado del grano de trigo dependiendo de la variedad de trigo sembrada (Golik y Chidichimo, 2007).

Darroch y Baker (1990), han desarrollado un modelo de ajuste logístico, el cual proporciona coeficientes de determinación superiores al 98% y en el que el peso seco máximo del grano es uno de los parámetros que definen la ecuación.

**La hipótesis se plantea como: “las especies o variedades de tamaño de grano más grande tendrán además de un período de llenado más prolongado, una mayor tasa de llenado. Esta tasa se vería aumentada con el agregado de fertilizantes.”**

## **OBJETIVOS**

\_Evaluar la curva de llenado de los granos, en cuanto a tasa y duración de: *Triticum aestivum* L. (trigo pan), *Triticum durum* Desf. (trigo candeal) y X *Triticosecale* (triticale).

\_Determinar si la aplicación de fertilizante afecta el llenado de grano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la UNLPam a 11 km al norte de la ciudad de Santa Rosa ( $36^{\circ} 46' S$  y  $64^{\circ} 17' W$ ), a 210 m SNM. El suelo se clasifica como un Haplustol éntico (Soil Survey Staff, 1975). La labranza del lote se realizó por métodos convencionales, con un barbecho previo a la siembra que se inició en febrero. Se sembró el 24 de Junio de 2010 en parcelas estándar (5,5 m de largo x 7 surcos a 0.20m entre hileras) en un diseño en bloques completamente aleatorizados.

Los genotipos utilizados pertenecieron a tres especies invernales graníferas. Se utilizaron distintas variedades dentro de cada especie para evaluar la variabilidad genética dentro las mismas. Al triticale se lo incluyó por haber mostrado buen comportamiento agronómico y rendimiento de grano en un amplio rango de condiciones ambientales (Fernández, 2007 y 2008).

Se sembraron 5 genotipos de trigo pan, 3 de trigo candeal y 2 de triticale granífero, todos ellos de ciclo semejante para que la floración ocurra aproximadamente a fin de octubre en forma contemporánea para todos los cultivares (Cuadro 1). Dentro de las variedades elegidas hubo de procedencia de criaderos argentinos, italiano y del CIMMYT (México).

En el Cuadro 1 se describen las características del grano de cada una de las variedades. En general, el trigo pan, se clasifica en alto peso hectolítrico ( $PH > 79$  kg/hl), mediano ( $PH$  entre 76 y 79 kg/hl) y bajo ( $PH < 76$  kg/hl); el trigo candeal,  $PH > 78$  kg/hl;  $PH$  entre 76 y 78 kg/hl y  $PH < 76$  kg/hl, respectivamente. Estos rangos surgen del estándar argentino de cada una de las especies. En el caso del triticale se utilizó la siguiente escala:  $PH > 71$ ;  $PH$  entre 68 y 71 y  $PH < 68$  kg/hl, respectivamente, de acuerdo con la propuesta de Rubiolo y León (2000) a IRAM.

Se incorporó un tratamiento diferenciado por la fertilidad química (fertilizado y testigo). Al tratamiento fertilizado se le agregó nitrógeno y fósforo aplicado como fosfato diamónico previo a la siembra a razón de 100 kg/ha al voleo (22 de junio) incorporado por una labor de repaso y nitrógeno en forma de urea, a razón de 100 kg/ha al voleo durante el macollaje (4 de septiembre de 2010).

Se tomaron muestras de 10 espigas de cada variedad (5 espigas para fertilizado y 5 para testigo), en 5 fechas de muestreo, realizándose 1 por semana desde el comienzo del llenado de los granos; las mismas fueron tomadas desde los bordes de las parcelas para obtener un peso potencial de los granos, para evitar la incidencia de la competencia por luz y agua de los individuos adyacentes. Entonces, el llenado del grano observado será potencial para la región de estudio. Además los granos evaluados fueron tomados de las espiguillas centrales de la espiga, para evitar el efecto de excesiva competencia por foto-asimilados.

#### **CUADRO 1. Variedades utilizadas.**

VARIEDAD	ESPECIE	Características del grano	PROCEDENCIA
Buck Cristal	Trigo candeal	Alto peso - Alto PH*	Argentina
Ciccio	Trigo candeal	Alto peso - Alto PH	Italia
Concadoro	Trigo candeal	Alto peso de grano	Italia
Abate	Trigo pan	Bajo peso de grano - Alto PH	Italia
ACA 601	Trigo pan	Peso mediano – Alto PH	Argentina
Baguette 13	Trigo pan	Peso mediano - Mediano PH	Argentina
Buck Baqueano	Trigo pan	Peso mediano - Mediano PH	Argentina
Buck Guaraní	Trigo pan	Peso mediano - Mediano PH	Argentina
830 (37ITYN05)	Triticale	PH bajo – peso mediano	CIMMyT
Eronga 83	Triticale	PH bajo – peso mediano	CIMMyT

\* = Peso hectolítrico.

#### **Fechas de muestreo:**

La recolección fue llevada a cabo en forma manual en las siguientes fechas de corte: 10/11/2010, 16/11/2010, 24/11/2010, 03/12/2010 y 10/12/2010. Todos los pesos fueron



tomados a peso constante después de la exposición de los materiales a estufa de circulación forzada durante 48 horas a 60° C. El peso de las espigas y los granos fue realizado con balanza de precisión (0,001g).

### **Observaciones fenológicas:**

La determinación de la fecha de ocurrencia de los estados fenológicos se basó en la clave decimal de estados descriptos por Zadoks *et al.* (1974): a) Estado 65, antesis, b) Estado 90, madurez fisiológica.

### **Evaluaciones en el suelo:**

Humedad: Se determinó por el método gravimétrico en los dos momentos claves del desarrollo del llenado del grano: Z65 y Z90 (Zadoks *et al.* (1974). El uso consuntivo de agua (UC) en el período fue calculado como:

$$UC = \text{Lluvias en el período} + \text{agua útil (AU) al final del período} - \text{AU al inicio del período}$$

El AU fue determinado por la diferencia entre el % de agua total al momento del muestreo y el % de agua a punto de marchitez permanente teniendo en cuenta la densidad aparente del suelo. La densidad aparente fue calculada por medio del método del cilindro resultando en: 1,2 g/cc; y el punto de marchitez permanente fue determinado en 4,8 % de agua por el método de la membrana de presión.

En el análisis del suelo se detectaron 18 ppm de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y 13 ppm de P Bray-I al momento de la siembra en la profundidad de 0-0,2m.

### **Análisis de crecimiento del grano:**

Según Hunt (1978), se han propuesto funciones polinomiales y asintóticas para analizar el crecimiento. Las que ofrecen una mejor interpretación biológica, son las asintóticas, entre las que se destacan las funciones, Logística, Gompertz y Richards. Para este

estudio se tomó la función Logística como modelo matemático, que según Darroch y Baker (1990), mostrarían el mejor ajuste.

$$Y = \frac{\alpha}{1 + \beta e^{-\gamma t}}$$

DONDE:

Y = Peso seco en un momento determinado de la curva logística.

$\alpha$  = Representa el peso promedio a la madurez fisiológica del grano.

e = Es la base de los logaritmos naturales

$\beta$ , y  $\gamma$  = Son parámetros que indican cuan rápido crece la curva

t = Tiempo que dura el proceso.

Para la determinación de los coeficientes se utilizó el paquete estadístico INFOSTAT (2009).

La tasa de llenado con esta ecuación se determinó de la forma descrita por Santiveri, (2001); Santiveri *et al.*, (2002). Se calculó a la mitad del peso máximo “ $\alpha$ ”, cuando la pendiente de la tangente supuestamente es máxima:

$$\text{Tasa (mg/d)} = \frac{\gamma \alpha}{4}$$

La duración del llenado se determinó por medio de observaciones fenológicas a campo de los estados Z65 y Z90 de Zadoks *et al.* (1974). No se pudo determinar la duración del llenado de acuerdo con la fórmula de Santiveri, (2001), ya que involucra el parámetro  $\beta$  que mostró en algunas de las variedades un alto error estándar (E.E) (Cuadro 5).

#### **Análisis estadístico:**

El análisis estadístico de los experimentos se realizó por medio de Análisis de la Varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de los tratamientos sobre cada variable. (INFOSTAT, 2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se observan los datos registrados de las temperaturas y las lluvias medias mensuales del año 2010 comparados a la media histórica del lugar. La sumatoria de precipitaciones medias durante el período de crecimiento de los cultivos fue semejante a la histórica (1976-2011), pero la distribución fue distinta. Si bien las lluvias de noviembre, que fue cuando se produjo la mayor parte del llenado de los granos (Cuadro 2), fue menor al promedio; la acumulación de lluvias primaverales anteriores (principalmente septiembre) produjeron que el UC determinado por el método gravimétrico fue aceptable (desde 3,42 a 3,85 mm/d según la especie) (Cuadro 4). Las temperaturas medias mensuales durante el ciclo del cultivo fueron semejantes al promedio histórico (1976-2011), excepto en los meses de julio y agosto que fueron inferiores a lo normal.

Cuadro 2. Caracterización climática durante el ciclo agrícola.

Variable	ENE	FEB	MA R	AB R	MA Y	JU N	JU L	AG O	SEP	OC T	NO V	DI C	TOTA L
Temp. X Mensual 2010 (°C)	24,4	21,6	20,6	13,9	11,6	9,3	6,5	8,9	12,5	15,3	19,0	23,1	15,6
Temp. X Mensual 1977- 2008 (°C)	23,2	22,1	19,6	15,3	11,3	8,2	7,8	9,7	12,4	15,9	19,2	22,0	15,5
Lluvias en el año 2010 (mm)	66,9	143,3	231,6	4,5	1,2	6,6	2,8	0,0	133,6	58,9	36,0	19,5	705
Lluvias de 1976 -2011 (mm)	87,6	75,5	95,6	56,6	31,5	14,5	20,1	24,1	44,6	72,2	88,6	97,8	709

Fuente: Los promedios y los datos del año de estudio fueron proporcionados por la cátedra de Agro-meteorología de la FA de la UNLPam.

En el Cuadro 3 puede observarse un análisis de la estructura de las espigas y los granos de las distintas especies. No se pudieron observar diferencias significativas

debidas al agregado de fertilizante, ni interacción entre los factores genotipo y fertilidad, en ninguna de las variables estudiadas. Por ello, se muestra el análisis del comportamiento promedio de los tratamientos fertilizados y testigos. Las variables si mostraron diferencias debidas al genotipo.

Las mayores diferencias en el peso a madurez fisiológica se observaron entre las especies, aunque hubo variaciones entre los cultivares de una misma especie (Cuadro 3). El peso seco de la espiga fue mayor en el trigo candeal, a pesar de tener menos espiguillas totales, compensando con el peso de los granos. Analizando por cultivares fue Concadoro quien mostró el mayor valor. El número de espiguillas totales fue mayor en las dos variedades de triticale, mientras que el peso de los granos fueron intermedios entre el trigo candeal y el trigo pan. La esterilidad de espiguillas fue semejante estadísticamente, aunque con excesivo CV (50,8 %), lo que no permitió obtener diferencias y propone para futuros muestreos mayor cantidad de datos a relevar. De todas maneras se puede decir que hubo una tendencia a que las variedades de trigo pan Abate, ACA 601 y Baguette P13, tuvieron mayor esterilidad de espiguillas.

El peso seco de todos los granos de la espiga fue superior en las variedades de trigo candeal: Buck Cristal, Ciccio y Concadoro; le siguieron las 2 variedades de triticale; no tuvieron diferencias estadísticas con las primeras; ni tampoco con las de trigo pan B. Guaraní y B. Baqueano. Por último, la variedad de trigo pan ACA 601 mostró el menor valor. No se pudieron detectar diferencias estadísticas en el número de granos por espiga. De todas maneras, se puede visualizar que alguna variedad de trigo pan mostró un alto número de granos por espiga (B. Baqueano) y otras de trigo pan bajo (Baguette P13 y ACA 601). Así también, dentro de las variedades de trigo candeal Concadoro y Ciccio dieron mayor número de granos que B. Cristal, aunque no se pudo detectar estadísticamente.

Cuadro 3. Características de las espigas y los granos asociados al genotipo y a la fertilidad en madurez fisiológica.

VARIEDAD	Peso seco de la espiga completa (g)	Número espiguillas totales	Número espiguillas estériles	Peso seco por grano (mg)	Peso seco de todos los granos de la espiga (g)	Número de granos por Espiga
Abatte	2,16 BC	20,9 B	1,5	36,4 D	1,65 BC	51,4
ACA 601	1,72 C	17,6 C	1,9	43,7 BC	1,27 C	47,9
Baguette 13	2,07 BC	17,6 C	1,6	39,9 CD	1,60 BC	45,5
Baqueano	3,47 ABC	22,1 B	1,0	40,2 CD	2,39 ABC	64,2
Ciccio	4,01 AB	17,6 C	0,7	59,7 A	3,15 A	56,9
Concadoro	4,37 A	18,0 C	0,5	62,9 A	3,23 A	54,7
Cristal	3,80 AB	19,9 BC	0,6	60,4 A	2,56 ABC	45,2
Eronga 83	2,69 ABC	27,4 A	0,2	48,8 B	1,99 ABC	58,1
Guaraní	2,83 ABC	22,2 B	2,4	42,7 BCD	2,17 ABC	53,8
Trit 830	3,56 ABC	27,3 A	0,3	47,5 B	2,75 AB	63,9
DMS	1,96	2,59	ns	6,57	1,38	ns
CV %	15,75	3,03	50,79	3,36	14,95	17,21
FERTILIZADO	2,85	21,3	1,16	48,67	2,08	51,84
TESTIGO	3,33	20,8	0,98	47,79	2,47	56,48
DMS	0,5256	0,6462	0,5496	1,6383	0,4401	9,4282

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) – (Test de Tukey;  $\alpha = 0,05$ ;  $n = 10$ ).*

En el Cuadro 4 se vuelcan las fechas calendario de la ocurrencia de la floración (Z65 Zadoks *et al.*, 1974) y de la madurez fisiológica (Z90 Zadoks *et al.*, 1974) de cada una de las variedades. La primera fecha de muestreo para todas las variedades fue el 10 de noviembre.

Cuadro 4. Fechas de floración y de madurez fisiológica, duración y tasa del llenado de los granos de las distintas variedades y consumo de agua en ese período.

Variedad	Fecha		Período de llenado Z65-Z90 (días)	Tasa de llenado (mg/d) (*)	Agua consumida durante el llenado (mm)	Consumo diario de agua en llenado (mm/d)
	Z65	Z90				
Abate	31-oct	04-Dic	34	2,06	122,1	3,59
B. Guaraní	30-oct	03-Dic	34	2,56	130,9	3,85
ACA 601	1-nov	04-Dic	33	2,77	126,1	3,82
Baguette 13	30-oct	04-Dic	35	2,39	131,6	3,76
B. Baqueano	3-nov	08-Dic	35	2,74	132,7	3,79
B. Cristal	5-nov	08-Dic	33	4,26	118,1	3,58
Concadoro	26-oct	04-Dic	39	3,52	134,9	3,46
Ciccio	26-oct	03-Dic	38	4,22	133,4	3,51
Eronga 83	26-oct	02-Dic	37	2,86	126,5	3,42
Triticale 830	23-oct	01-Dic	39	2,65	133,8	3,43

(\*) Tasa determinada utilizando la fórmula propuesta por Santiveri (2001).

En el Cuadro 5 se vuelcan los valores de los parámetros de la curva logística del llenado de los granos determinados por medio del paquete estadístico INFOSTAT (2009). El parámetro “ $\alpha$ ”, que indica el peso máximo alcanzado por el grano cuando la curva logística se vuelve asintótica, arrojó valores muy semejantes a los obtenidos mediante el peso directo de los granos tomados de las espiguillas centrales en el momento de la madurez fisiológica (Cuadro 3).

Cuadro 5. Valores de los parámetros de la ecuación logística del llenado de los granos de las distintas variedades, determinados por el paquete estadístico INFOSTAT (2009).

VARIEDAD	Parámetros	Estimación	E.E.	T	Valor de p	
Abatte	$\alpha$	37,37	36,48	0,72	50,32	<0,0001
	$\beta$	46,95	56,09	16,42	3,42	0,0112
	$\gamma$	0,22	0,23	0,02	12,54	<0,0001
ACA 601	$\alpha$	44,39	43,09	0,75	57,34	<0,0001
	$\beta$	91,59	298,44	130,95	2,28	0,0567
	$\gamma$	0,25	0,32	0,03	12,03	<0,0001
Baguette 13	$\alpha$	41,58	40,37	0,9	44,95	<0,0001
	$\beta$	59,95	117,1	51,21	2,29	0,0561
	$\gamma$	0,23	0,28	0,03	10,06	<0,0001
Baqueano	$\alpha$	42,12	40,19	1,16	34,67	<0,0001
	$\beta$	310,36	690,59	597,8	1,16	0,2859
	$\gamma$	0,26	0,31	0,04	7,52	0,0001
Ciccio	$\alpha$	60,25	61,79	1,5	41,22	<0,0001
	$\beta$	110,00	48,09	14,13	3,4	0,0114
	$\gamma$	0,28	0,21	0,02	11,73	<0,0001
Concadoro	$\alpha$	64,04	63,03	1,08	58,58	<0,0001
	$\beta$	47,64	41,48	9,59	4,33	0,0035
	$\gamma$	0,22	0,22	0,02	14,59	<0,0001
Cristal	$\alpha$	60,84	62,31	1,28	48,81	<0,0001
	$\beta$	330,76	145,81	44,78	3,26	0,0139
	$\gamma$	0,28	0,22	0,02	14,54	<0,0001
Eronga 83	$\alpha$	49,78	47,97	1,27	37,63	<0,0001
	$\beta$	60,21	129,48	69,76	1,86	0,1058
	$\gamma$	0,23	0,28	0,03	8,34	0,0001
Guaraní	$\alpha$	44,52	42,69	1,03	41,55	<0,0001
	$\beta$	110,95	146,52	63,98	2,29	0,0558
	$\gamma$	0,23	0,26	0,02	10,76	<0,0001
Trit 830	$\alpha$	48,13	48,32	1,12	42,99	<0,0001
	$\beta$	24,29	79,86	38,85	2,06	0,0789
	$\gamma$	0,22	0,28	0,03	8,37	0,0001

Obs:  $\alpha$ = alfa;  $\beta$ = beta y  $\gamma$ = gamma. E.E = error estándar. T=valor de la prueba T de Student, p = probabilidad. Los valores resaltados en gris muestran los no significativos.

Por otro lado, el parámetro  $\beta$  mostró una gran variabilidad (E.E.), siendo en muchas variedades no significativo (ver los valores en gris del Cuadro 5). Esto no permitió determinar el período de llenado por la ecuación descrita por Santiveri (2001). Mientras que el parámetro  $\gamma$  mostró baja variabilidad, permitiendo calcular la tasa de llenado de acuerdo a la ecuación descrita por Santiveri (2001).

En la Figura 1 se puede observar la curva logística de las dos variedades de triticale participantes en el ensayo. La curva de llenado del grano de las dos variedades de triticale es semejante en cuanto al peso final, no diferenciándose estadísticamente por medio de la prueba “t” de Student (Cuadro 5). El parámetro  $\gamma$  es muy semejante; el parámetro  $\beta$  muestra un alto E.E., que en próximos estudios podría reducirse con mayor cantidad de muestras por fecha y mayor cantidad de fechas de muestreo entre los días 9 y 23, debido a la alta tasa de llenado que ocurre en ese período.

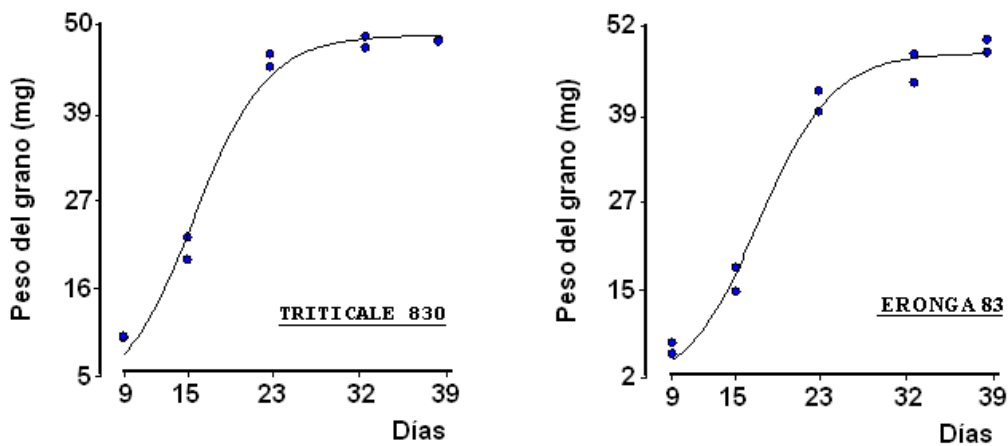


Figura 1. Curva de llenado del grano de las dos variedades de triticale granífero.

En la Figura 2 se puede observar la curva logística de las tres variedades de candeales participantes en el ensayo. Con respecto a las demás curvas modeladas, muestran un  $\alpha$  (peso final de grano) estadísticamente mayores que la variedades de



triticale y trigo pan, detectados por medio de la prueba “t” (Cuadro 5). Este mayor peso fue logrado debido a una mayor tasa de llenado más que a un período más largo (Cuadro 4). El parámetro  $\beta$  muestra un menor E.E. y son estadísticamente confiables a una probabilidad de 5%. El parámetro  $\gamma$  fue semejante dentro de la especie trigo candeal.

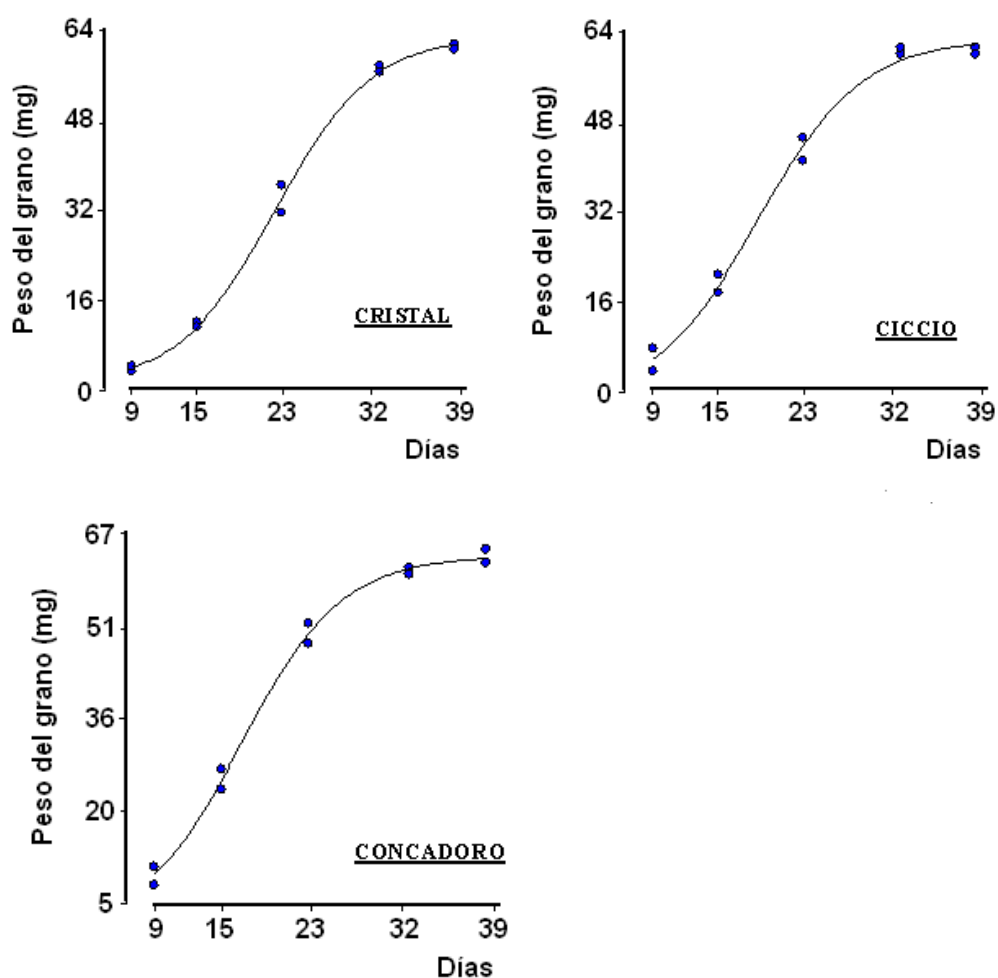


Figura 2. Curva de llenado del grano de las tres variedades trigo candeal del ensayo.

En la Figura 3 se puede observar la curva de las variedades de trigo pan. Analizando el peso final ( $\alpha$ ) puede agrupárselas en tres grupos diferentes estadísticamente (Cuadro 5). El más liviano Abate con 37,4 mg,; un segundo grupo con Baguette P13 y Baqueano de peso intermedio (41,6 y 42,1 mg, resp.) y un tercer grupo más pesado con ACA 601 y B. Guaraní (44,39 y 44,52 mg, resp.).

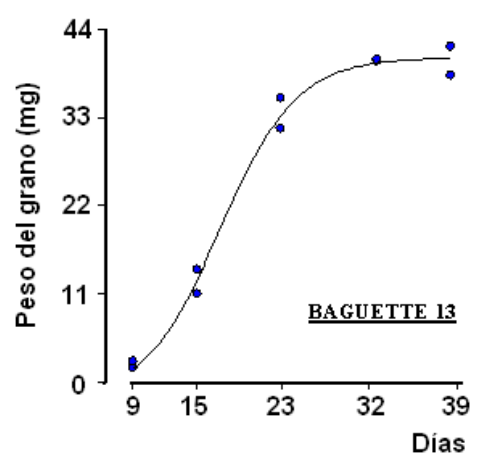
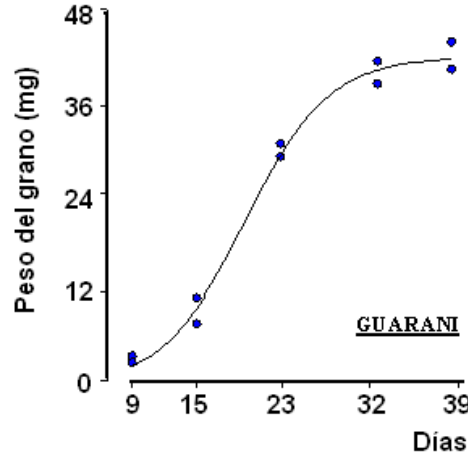
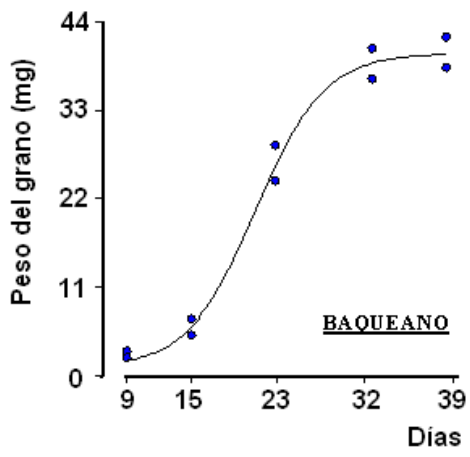
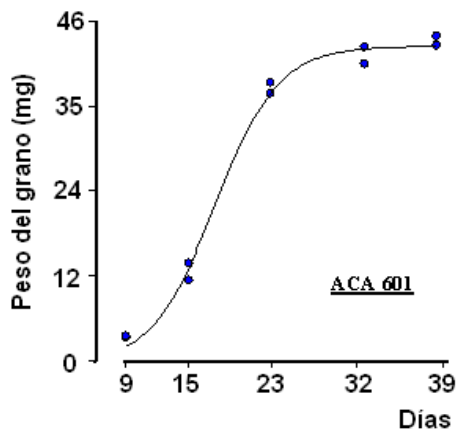
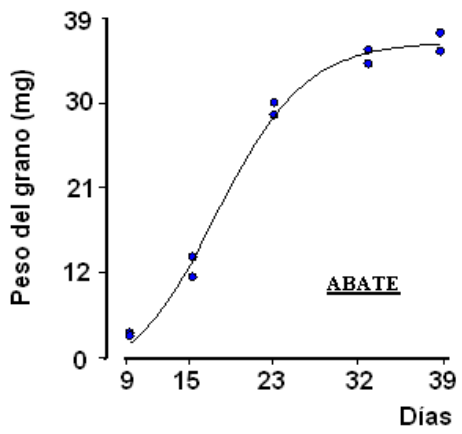


Figura 3. Curva de llenado del grano de las cinco variedades de trigos pan.

Las curvas de las variedades de trigo pan también mostraron alto E.E. en la valoración del parámetro  $\beta$ , mientras que el parámetro  $\gamma$  presentó un E.E. aceptable (Cuadro 5). Una mayor tasa de llenado explicó el mayor peso logrado en una duración del llenado semejante de las variedades B. Guaraní y de ACA 601, pero no de B. Baqueano que presentó alta tasa y una duración semejante a los dos anteriores, pero menor peso de los granos (Cuadro 4).

En la Figura 4 se puede observar que no hubo una asociación clara entre el período de llenado de los granos y el peso de los mismos, coincidente con lo registrado por Bruckner y Froberg (1987). Cuando se analizaron todas las variedades de todas las especies, pudo destacarse que la variedad argentina de trigo candeal B. Cristal logró un alto peso con una duración corta del llenado (Cuadro 4). Por otro lado, Gebeyehou *et al.* (1982) trabajando en trigo candeal encontraron una asociación entre el período de llenado y el rendimiento del grano. Pero la mayoría de los trabajos proponen que la duración es altamente influenciada por el ambiente y por lo tanto de baja heredabilidad (Egli, 1988).

En la Figura 5 si se puede observar una relación clara entre la tasa de llenado (mg/d), determinada por medio de la curva logística y el peso de los granos ( $R^2 \leq 0,836$ ;  $P < 0,01$ ). Esto indica, para este ambiente, que más que la duración es importante lograr una alta tasa de llenado de los granos. Una asociación semejante obtuvieron Santiveri *et al.* (2002).

En la Figura 6 se puede observar que no hubo una relación clara entre el uso consuntivo (mm/d) y el peso de los grano, más se podría decir que es una característica de la especie de la forma que se agrupan las especies dentro de la figura.

En la Figura 7 no se observa relación clara entre el uso consuntivo diario de agua y la tasa de llenado. Tampoco en la Figura 8 se puede visualizar una relación entre el período de llenado y la tasa de llenado. Existe bibliografía que sostiene una relación inversa entre la duración y la tasa trabajando con variedades de trigo pan (Nicolas *et al.* 1984, Wardlaw y Moncur 1995, Calderini *et al.* 1999).

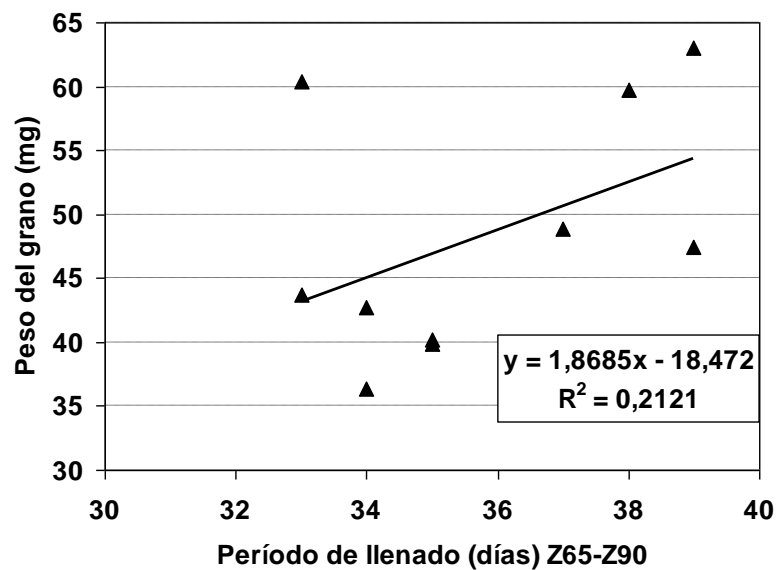


Figura 4. Relación entre la duración del llenado de los granos y el peso de los mismos.

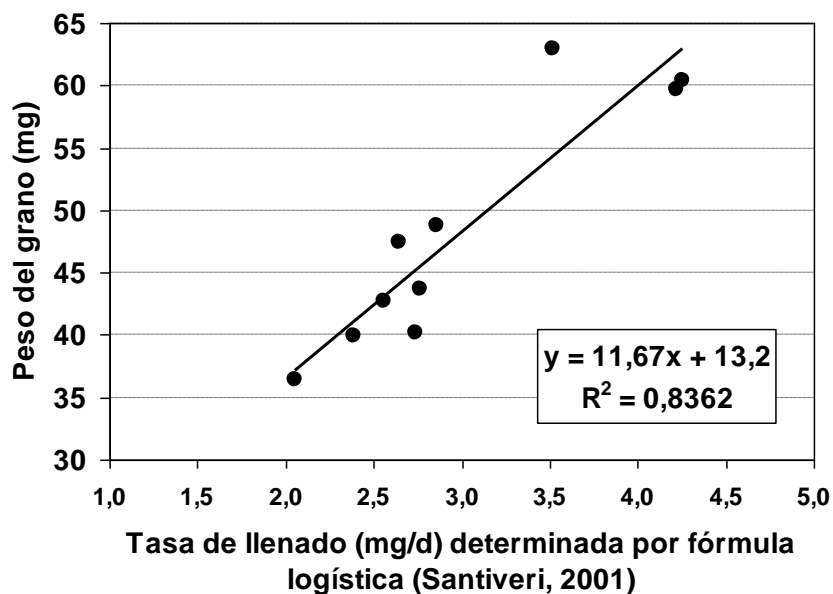


Figura 5. Relación entre la tasa de llenado de los granos y el peso de los mismos.

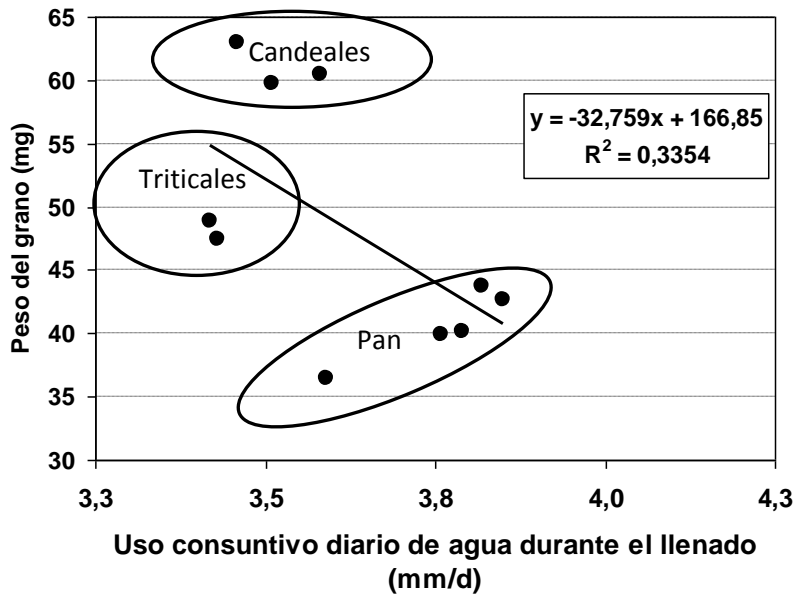


Figura 6. Relación entre el uso consuntivo diario de agua y el peso de los granos.

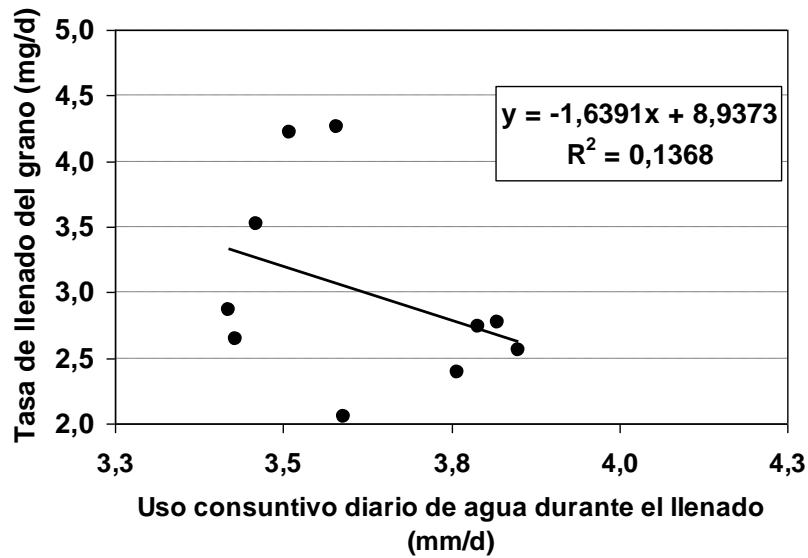


Figura 7. Relación entre el uso consuntivo diario de agua y la tasa de llenado de los granos.

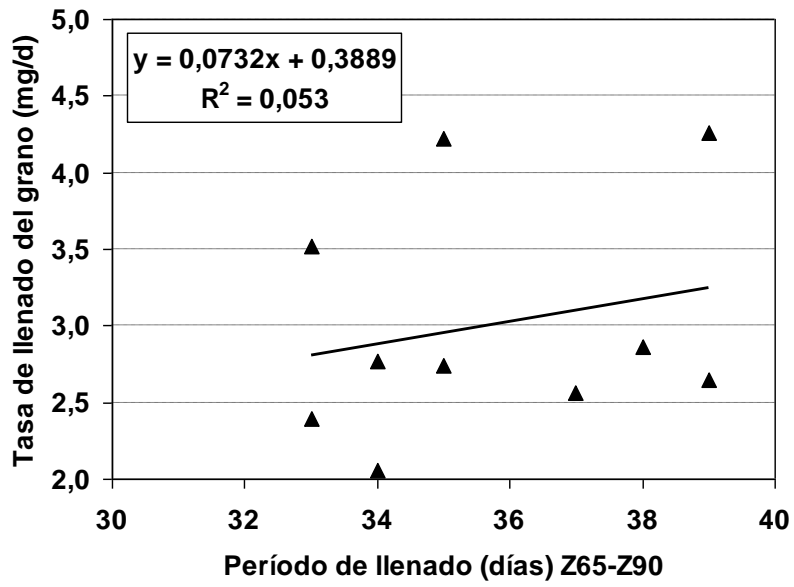


Figura 8. Relación entre el periodo de llenado y la tasa de llenado de los granos.

## **CONCLUSIONES**

Se aceptó la hipótesis de que las especies o variedades de tamaño de grano más grande tienen una mayor tasa de llenado, pero no la parte en la que se presuponía que también tendrían un mayor período de llenado.

Tampoco se pudo detectar una respuesta significativa para un aumento de la tasa de llenado de grano con el agregado de fertilizante.

Debido a lo expuesto anteriormente, para esta zona semiárida no se debería descartar en el mejoramiento genético a aquellas variedades con mayor tamaño de grano ya que compensarían el llenado en un mismo período de tiempo con una mayor tasa de llenado.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acreche M. M. y G. A. Slafer. 2006. Grain weight response to increases in number of grains in wheat in Mediterranean area. *Field Crops Res.* 98:52-59.
- Belmonte, M. L.; M. D. Fernández; Y. Bellini Saibene; H. Lorda; M. E. Fuentes; A. Rossi; J. Garay y R. Rivarola. 2010. Caracterización tecnológica y productiva del cultivo de trigo y otros cereales de invierno para la región semiárida pampeana central. En: *El cultivo de trigo en la región semiárida y sub-húmeda pampeana*. Eds. Bono, A., Quiroga, A., y I. Frasier, I Pub. Téc. N° 79. EEA. Anguil. Pp. 13-32.
- Bozzini, A. 1988. Origin, distribution, annual production of durum wheat in the world. Pag: 14. En: *Fabriani, F y C. Lintas. Durum wheat: Chemistry and technology*. Am. Assoc. Cereal Chemistry Inc. St. Paul. Missouri EE. UU.
- Bruckner, P.L. y Frohberg, R.C. 1987. Rate and duration of grain fill in spring wheat. *Crop. Sci.*, 27:451-455.
- Calderini, D. F.; L. G. Abedelo, R. Savin, y G. A. Slafer, 1999: Final grain weight in wheat as affected by short periods of high temperatures during pre- and postanthesis under field conditions. *Aust. J. Plant Physiol.* 26,452–458.
- Calderini, D. F.; L. G. Abedelo y G. A. Slafer, 2000. Physiological maturity in wheat based on kernel water and dry matter. *Agron. J.* 92:895-901.
- Calderini, D. F.; C. Lizana y R. Riegel. 2010. Determinación del peso potencial de los granos de trigo y su comparación con otros cultivos. En: *Avances en ecofisiología de cultivos de granos*. Eds. Miralles, D. J.; L. N. Aguirrezabal; M. E. Otegui; B. C. Kruk y N. Izquierdo. Pp:61-89.
- Darroch, B. A. y R. J. Baker. 1990. Grain filling in three spring wheat genotypes. *Statistical Analysis. Crop Sci.* 30:525-529.
- Duggan, B. L. y D. B. Fowler. 2006. Yield structure and kernel potential of winter wheat on the Canadian prairies. *Crop Sci.* 46:1479-1487.
- Egli, D.B. 1998. *Seed biology and the yield of grain crops*. CAB International, Oxford.
- Evans, L. T. y I. F. Wardlaw. 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. *Adv. Agron.* 28:301-359.
- Fernández, M. A. 2007. Estrategias para mejorar el rendimiento de cereales graníferos invernales en la Región Semiárida Pampeana Central. Tesis MSc. UNS, Bahía Blanca, Arg. 139p.
- 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.
- Fischer R. A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Agric. Sci.* 105:447-461.



- Gebeyehou, G.; Knott, D.R. y Baker, R.J. 1982. Relationships among durations of vegetative and grain filling phases, yield components, and grain yield in durum wheat cultivars. *Crop Sci.* 22: 287-290.
- Golik, S. I. y H. O. Chidichimo. 2007. Actividad radical, removilización y absorción de N en trigo en post-antesis bajo dos sistemas de labranza y fertilización nitrogenada. *Agriscientia*, 24:45-55.
- Hunt, R. 1978. *Plant Growth Analysis. Studies in Biology No. 96.* The Institute of Biology's. 67 p.
- Iglesias, D. y G. Iturrioz. 2010. Importancia de la cadena agroalimentaria del trigo en la Provincia de La Pampa. En: *El cultivo de trigo en la región semiárida y subhúmeda pampeana.* Eds. Bono, A., Quiroga, A., y I. Frasier, I Pub. Téc. N° 79. EEA. Anguil. Pp. 7-12.
- InfoStat 2009. *InfoStat, versión 2009.* Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.
- Jensen, C. A. y M. L. Seghezzo. 1991. Jornada de actualización profesional sobre cultivos de cereales y oleaginosas alternativos. Bolsa de Cereales de Buenos Aires. En: *Jornadas de actualización profesional sobre cultivos de cereales y oleaginosas alternativos.* Bolsa de cereales de Buenos Aires, 1991.
- Jordaan, J. P. 1999. Breeding hybrid wheat for low-yielding environments. p. 417-439. En: E. H. Satorre y G. A. Slafer (eds.). *Wheat ecology and physiology of yield determination.* Food Products Press, New York, EEUU.
- Nicolas, M. E.; R. M. Gleadow, y M. J. Dalling, 1984: Effects of drought and high temperature on grain growth in wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 11, 553–566.
- Rubiolo, O. J. y A. E. León. 2000. Propuesta de un estándar de comercialización de triticale. XV Jornadas IRAM-Universidad Córdoba, Octubre 2000.
- Santiveri, M. P. 2001. Influencia del hábito de crecimiento sobre el comportamiento agronómico y fisiológico del Triticale Hexaploide (Xtriticosecale, wittmack). *Server de Publicaciones ISBN:84-89727-64-3.* p. 54.
- Santiveri, F.; C. Royo e I. Romagosa. 2002. Patterns of grain filling of spring and winter hexaploid triticales. *Eur. J. Agron.* 16:219-230.
- Slafer, G. A.; D. J. Miralles; R. Savin ; E. M. Whitechurch y F. G. González. 2006. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad del trigo. En: *Producción de Granos* Eds.: Satorre et al., Edit. Fac. Agr. UBA. pp 99-132.
- Troccoli, A.; Borrelli, G. M.; De Vita, P., Fares, C. y Di Fonzo, N. 2000. Durum wheat quality: A multidisciplinary concept. *J. Cereal Sci.* 32: 99-113 .
- Wardlaw, I. F., y L. Moncur, 1995. The response of wheat to high temperature following anthesis. I. The rate and duration of kernel filling. *Aust. J. Plant Physiol.* 22, 391–397.