



EFFECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA, EL GENOTIPO Y LA  
FERTILIDAD SOBRE EL LLENADO DEL GRANO DE TRIGO PAN  
(*Triticum aestivum* L.) EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA

Autores: Fridel, Mayra B.

Goncalvez, Fernanda S.

Director: Fernández, Miguel A.

Ingeniería Agronómica

Facultad de Agronomía - Universidad Nacional de La Pampa

Año 2015

**INDICE**

Resumen.....	3
Introducción.....	4
Hipótesis.....	7
Objetivo.....	7
Materiales y métodos.....	8
Ubicación y descripción del ensayo.....	8
Análisis del crecimiento del grano y análisis estadístico.....	10
Resultados y discusión.....	12
Conclusiones.....	28
Bibliografía.....	29

## **RESUMEN**

Los componentes importantes en la determinación del peso final de los granos en los cereales son la tasa y la duración del llenado. La primera de ellas indica cuanta materia seca se deposita en los granos en crecimiento por unidad de tiempo y la otra, la cantidad de días entre floración y madurez fisiológica. Las condiciones ambientales modifican estas variables por separado, la relación entre ambas y su relación con el rendimiento de grano. En el siguiente trabajo se planteó que un atraso en la fecha de siembra provocará una disminución de la duración y un aumento de la tasa de llenado de los granos de los distintos genotipos de trigo. Además, la fertilización aumentaría la duración y disminuiría la tasa de llenado de los granos. Se sembraron 4 genotipos de trigo pan, todos ellos de ciclo semejante, provenientes de distintos criaderos. Se incorporó un tratamiento de fertilidad (fertilizado y testigo). Se tomaron muestras de 5 espigas de cada tratamiento en 8 fechas de muestreo, realizándose una por semana desde el comienzo del llenado de los granos. Se observaron diferencias altamente significativas en cuanto al genotipo, la fertilidad y además hubo interacción entre las variables.

En la Región Semiárida Pampeana el atraso de la fecha de siembra provocó una disminución de la duración del llenado de los granos, sin una clara tendencia en el comportamiento de la tasa de llenado. Es así, que en el tratamiento testigo en la segunda época mostró una mayor tasa de llenado que la primera tal como se planteó en la hipótesis. Por el contrario, en el tratamiento fertilizado la tasa disminuyó en la segunda época exceptuando una variedad. El agregado de fertilizante hizo disminuir el porcentaje de panza blanca, factor importante en la comercialización, mientras que el peso hectolítrico de todos los tratamientos lograron un valor adecuado para la comercialización.

Palabras claves: trigo, época de siembra, tasa y duración de llenado.

## **INTRODUCCION:**

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, por lo tanto, 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 mejorados para diversos ambientes. Para tal fin se evalúan en ensayos comparativos de rendimiento (Miralles y González, 2009). La selección de genotipos adaptados se dificulta por la interacción del genotipo y el ambiente (Jordaan, 1999).

Entre los atributos que generalmente se consideran cuando se elige un genotipo se encuentran el potencial de rendimiento, la calidad del grano (en sus diferentes aspectos), la resistencia o tolerancia a adversidades bióticas, la resistencia a la sequía, el comportamiento ante temperaturas altas y bajas (de la Vega y de la Fuente, 2012).

La fecha de siembra determina cambios sustanciales en el ambiente que explora el cultivo, lo cual repercute en la duración del ciclo del mismo y en la capacidad de capturar radiación solar, determinando consecuentemente la producción de biomasa total y el rendimiento en grano. El Cociente Foto-Termal, que es la relación entre la radiación y la temperatura definen la productividad potencial del cultivo (Otegui y López Pereyra, 2012), a través de un mayor número de granos logrados.

El llenado de los granos comienza con el cuaje y finaliza con la madurez fisiológica que coincide con la pérdida casi total del verde de la gluma y la hebra del pliegue aparece pigmentada (Hanft y Wych, 1982).

La disponibilidad de nutrientes, principalmente de nitrógeno y fósforo, afecta la producción de biomasa y rendimiento de los cultivos a través de: a) alteraciones del crecimiento de las hojas y la duración del área foliar del cultivo, es decir, el tamaño y la actividad de las fuentes de foto-asimilados; b) cambios en la cantidad y el tamaño de órganos vegetativos y reproductivos; es decir el tamaño y la cantidad de los destinos de los foto-asimilados. Los azúcares son la materia prima para la síntesis de carbohidratos complejos, proteína y aceite en los granos. Estos provienen de la fotosíntesis contemporánea durante el llenado y eventualmente la removilización de carbohidratos de reservas. También los compuestos aminados originados mayoritariamente por la ruptura de proteínas durante la senescencia foliar y en menor medida por la absorción de nitrógeno durante el llenado. Alterando la disponibilidad de nitrógeno se pueden producir cambios en la relación entre el rendimiento y porcentaje de proteína. De este modo, incrementos en el porcentaje de proteína ante el agregado de nutrientes están frecuentemente asociados a bajas respuestas en rendimientos. Por ello, el aumento en la disponibilidad de nitrógeno en periodos cercanos a la siembra del cultivo muestra resultados erráticos en términos de calidad y en cambio, la mayor disponibilidad de nitrógeno en post-antesis puede contribuir a mejorar los atributos de los granos y la calidad panadera de las harinas del cultivo de trigo (Dreccer *et al.*, 2012).

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 helada, como así también que el llenado de los granos ocurra en momento de bajo estrés hídrico y térmico (Fischer, 1985).

Comprender el desarrollo fenológico de un cultivo es un aspecto clave, no sólo para establecer la adaptabilidad del mismo a distintos ambientes, sino también para identificar los períodos críticos en los que se define el rendimiento (Miralles *et al.*, 2007) y consecuentemente desarrollar estrategias de manejo tendientes a cubrir los requerimientos de agua y nutrientes. La ubicación en el tiempo del período crítico, variable entre cultivares y fechas de siembra, es otro aspecto del manejo considerado frecuentemente en regiones semiáridas y subhúmedas (Quiroga *et al.*, 2010).

El rendimiento de un cultivo de trigo puede ser explicado por un modelo simple analizando sus componentes numéricos como son el número de granos, que es el resultante del número de granos/espiga que depende del macollaje y su supervivencia; de las flores fértiles que dependen de la generación y supervivencia de primordios florales; y el peso final de los mismos (producto de la tasa y la duración del llenado). Numerosas evidencias han mostrado que de los dos componentes que forman el rendimiento, el número de granos producidos es el que mejor explica la variación en el rendimiento final más que cambios en el peso individual (Slafer *et al.*, 2012).

En condiciones normales la principal fuente para el llenado de los granos es la fotosíntesis entre floración (Estado Z 60 de la clave de Zadoks *et al.*, 1974) y madurez fisiológica (Z 89). Sin embargo, en trigo es posible que asimilados producidos previos a la floración puedan depositarse en los granos mediante su removilización (principalmente desde el tallo). Se ha estimado que hasta un 30 % del peso de los granos puede ser aportado por este mecanismo. Dicha removilización puede incrementarse en medida que la fotosíntesis se vea limitada durante el llenado de los granos. La mayor parte de la variación en el peso de los granos, guarda relación con las condiciones ambientales que regulan la expresión de la potencialidad del peso. La temperatura y la disponibilidad hídrica durante el período de

llenado son dos de los factores de mayor incidencia. Aumentos en la temperatura media durante el período de llenado determinan un incremento en la tasa de acumulación de materia seca en el grano, acompañada de una reducción más que proporcional en la duración del período, disminuyendo, en consecuencia, el peso final del mismo. Una baja disponibilidad de agua durante el periodo de llenado disminuye el tiempo de acumulación de materia seca, con la consiguiente reducción en el peso del grano (Slafer *et al.*, 2003).

El conocimiento de las respuestas del cultivo a variables ambientales es de suma importancia a los efectos de caracterizar la adaptabilidad de los distintos cultivares de trigo a las distintas zonas productivas de nuestro país (Miralles *et al.*, 2007).

### HIPOTESIS

- El atraso de la fecha de siembra provocará una disminución de la duración y un aumento de la tasa de llenado de los granos de los distintos genotipos de trigo.
- La fertilización aumentará la duración y disminuirá la tasa de llenado de los granos.
- El peso hectolítrico aumentará con el agregado de fertilizante nitrogenado.
- El % de panza blanca disminuirá con el agregado de fertilizante nitrogenado.

### OBJETIVOS

- Evaluar el rendimiento y el llenado de los granos en respuesta a la fecha de siembra.
- Evaluar la tasa y la duración del llenado de grano de los diferentes genotipos.
- Determinar si la aplicación de fertilizante nitrogenado afecta la duración y la tasa de llenado del grano.
- Evaluar la respuesta ante el agregado de fertilizante de la calidad del grano.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Ubicación y descripción del ensayo.**

El ensayo se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la UNLPam., ubicado a 36° 32,726' S y 64° 18,271' W, a 210 m sobre el nivel del mar.

Se utilizaron 4 variedades de ciclo largo, provenientes de diferentes criaderos: Buck guapo, SRM Themix, ACA 303, Buck Baqueano. La descripción de las características más importantes de las mismas se muestra en el **Cuadro 1**.

El diseño del ensayo se planteó en bloques completamente aleatorizados con parcelas de 6m x 1.4m. La distancia entre hileras fue de 0,2 m. A su vez se dividieron las parcelas en 3m x 1.4m; una mitad se la fertilizó con nitrógeno y la otra quedó como testigo. El nitrógeno fue aplicado como urea al macollaje (100kg/ha).

La labranza del lote se realizó por métodos convencionales, con un barbecho previo a la siembra que se inició en Febrero. La primera época de siembra fue el 30 de Mayo y la segunda el 28 de Junio de 2012. El control de las malezas se realizó con los herbicidas Metsulfuron metil (5,0 g/ha) y Dicamba (100 cm<sup>3</sup>/ha). Los insectos que se observaron en el ensayo no requirieron en ningún momento de aplicación de insecticidas.

Para establecer la fecha de ocurrencia de los estados fenológicos se tuvo en cuenta la clave decimal de estados descriptos por Zadocks *et al.* (1974), siendo primordiales a) Estado 65: antesis y b) Estado 89: madurez fisiológica.

Se tomaron muestras de cinco espigas de cada tratamiento (fertilizado y testigo) en ocho fechas de muestreo, realizándose una por semana desde que comienza el llenado de grano; las mismas fueron tomadas del centro de la parcela de manera que se encontrasen en plena competencia por luz, agua y nutrientes con los individuos adyacentes. Se procedió a la trilla de las espigas, discriminando 10 granos de las espiguillas centrales de la espiga respecto



del total de los granos y pesando posteriormente todos los granos, procedimiento realizado por Fraschina *et al.*, (2004). Se contaron el número de espiguillas fértiles y estériles.

Cuadro 1. Descripción de las variedades utilizadas.

<i>Variedad</i>	<i>Fecha óptima siembra</i>	<i>Características</i>
<b>Buck Guapo</b>	Principio de junio	Ciclo largo. Elevado potencial de rendimiento. Muy macollador. Buena calidad comercial e industrial. Grupo 1.
<b>ACA 303</b>	Mediados de junio.	Ciclo largo- intermedio. Alto potencial de rendimiento. Buen comportamiento sanitario. Buena calidad comercial e industrial. Grupo 2
<b>SRM Themix</b>	Fin de mayo	Ciclo largo. Porte rastrero. Alto requerimiento de vernalización. Grupo 3
<b>Buck Baqueano</b>	Amplia elasticidad en fechas de siembra.	Ciclo largo, sin requerimientos de vernalización y sensible al fotoperíodo. Porte semi-rastrero. Alto potencial de rendimiento. Grupo 3

La recolección de espigas se realizó de forma manual en las siguientes fechas de corte:

-5-11-2012

-12-11-2012

-19-11-2012

-22-11-2012

-27-11-2012

-30-11-2012

-04-12-2012

-11-12-2012

El peso de las espigas y de los granos fue llevado a peso constante, con una estufa de circulación forzada durante 48 hs a 60 °C y corregido a 14% de humedad. El peso de espigas y granos se determinó con balanza de precisión.

### **Análisis del crecimiento del grano y análisis estadístico**

Se utilizó la función Logística para comparar las curvas de llenado como modelo matemático, que según Darroch y Baker (1990), muestran el mejor ajuste.

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

Donde:

- Y: peso seco en un momento determinado de la curva logística.
- $\alpha$ : peso promedio a la madurez fisiológica del grano.
- e: base de los logaritmos naturales.
- $\beta, \gamma$ : parámetros que indican las tendencias de la curva.
- t: tiempo que dura el proceso.

Los parámetros de las curvas logísticas fueron determinados con el paquete estadístico INFOSTAT, versión 2011p.

La tasa de llenado fue determinada a partir de esta ecuación, mediante la forma descripta por Santiveri, (2001) y 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 de grano se considera hasta el momento en que alcanza el 95% de su peso y se obtiene por sustitución en la fórmula siguiente:

$$\text{Duración (d)} = \frac{\beta + 2,944}{\gamma}$$

El análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó por medio del Análisis de la Varianza (ANAVA) dentro de cada fecha, para evaluar el efecto de los tratamientos sobre cada variable (INFOSTAT, 2011).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el **Cuadro 2** se observan los datos registrados de las temperaturas y las lluvias medias mensuales del año 2012 comparados a la media histórica del lugar. La sumatoria de precipitaciones medias durante el período de crecimiento de los cultivos fue superior a la media histórica (1976-2011) y la distribución fue distinta, registrándose precipitaciones inferiores a la media histórica en los meses de Mayo, Junio y Julio pero elevadas en los meses de Febrero, Agosto y Octubre principalmente. Las lluvias de Noviembre (cuando se produjo la mayor parte del llenado de los granos) fueron similares a la histórica. Las temperaturas medias mensuales durante el ciclo del cultivo fueron semejantes al promedio histórico (1976-2008), excepto en los meses de Julio y Agosto que fueron levemente inferiores a lo normal.

Cuadro 2. Caracterización climática durante el ciclo agrícola 2012.

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Temp. X Mensual 2012 (°C)	25,6	22,1	20,0	14,9	12,7	8,6	6,9	9,0	12,9	15,9	19,8	21,8	15,9
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 2012 (mm)	88	179	69	61	1	1	0	144	19	193	82	86	924
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 Agrometeorología de la Facultad de Agronomía de la UNLPam.*

En el **Cuadro 3** se muestra el efecto de la época, genotipo, fertilidad y la interacción entre las variables sobre el peso de los granos en cada fecha de muestreo. Se observaron

diferencias altamente significativas para todas las fechas de corte salvo las últimas dos, en la que la diferencia fue significativa, para la variable época, mientras que la variedad mostró diferencias altamente significativas en las primeras tres fechas de corte, y en las restantes las diferencias solo fueron significativas. Para la variable fertilidad, se vieron diferencias altamente significativas solo en dos fechas de corte, que se corresponde con el 30-11 y 4-12.

En lo que respecta a interacciones entre variables, se acusa interacción mayormente en la época por variedad, mientras que en las otras interacciones, y además en la triple no se presentan diferencias significativas en su mayoría.

Cuadro 3. ANAVA de los distintos tratamientos estudiados sobre el peso de los granos en cada fecha de muestreo.

	05/11	12/11	19/11	22/11	27/11	30/11	04/12	11/12
EPOCA	**	**	**	**	**	**	*	NS
VARIEDAD	**	**	**	NS	*	*	*	*
FERTILIDAD	*	*	NS	NS	NS	**	**	NS
EPOCA X VARIEDAD	*	*	*	NS	NS	*	*	NS
EPOCA X FERT.	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	NS
FERT. X VARIEDAD	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	**
EPOCA X VAR X FERT.	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV	32.27	19.72	11.87	17.57	10.27	10.63	9.33	9.97

\*\* = probabilidad  $\leq 0,0001$ ; \* = probabilidad  $\leq 0,05$ ; NS = no significativo.

En el **Cuadro 4** se observan las fechas calendario de la ocurrencia de floración (Z 65) y de madurez fisiológica (Z90) de cada variedad. También se muestra la tasa de llenado de grano calculada a partir de la fórmula propuesta en los trabajos publicados por Santiveri, (2001) y Santiveri *et al.*, (2002). Esta tasa es superior a la lograda en varios trabajos (Mora

Aguilar *et al.*, 2000; Dias y Lidon, 2009; Guendouz y Maamari, 2012) y en otros algunas variedades tuvieron tasas semejantes y otras variedades tasas menores (Dias y Lidon, 2009; Gooding *et al.* 2003). La duración del llenado no se pudo calcular por la misma fórmula propuesta por Santiveri (2001) debido a que el parámetro  $\beta$  presenta un error estándar muy grande. Por ello, la duración fue determinada visualmente a partir de los estados fenológicos del cultivo. Las mayores tasas de llenado cuando son expuestos a altas temperaturas serían una característica destacable para el mejoramiento de trigo (Nicolas *et al.*, 1985; Dias y Lidon, 2009). En el tratamiento testigo tres variedades (Guapo, Themix y Baqueano) aumentan la tasa de llenado en la segunda época mientras que ACA 303 se mantuvo constante. En cambio el tratamiento fertilizado el comportamiento fue dispar.

Analizando cada época por separado, se puede observar en la primera época, que las variedades analizadas en el trabajo, el periodo de llenado varió entre 34 y 36 días, siendo para Buck Guapo y para Buck Baqueano mayores las tasas de crecimiento del grano para el tratamiento fertilizado, y la menor duración (34 días), mientras que para la variedad ACA 303, la mayor tasa de crecimiento se da a la inversa, siendo mayor en el tratamiento testigo. A su vez, en valores absolutos presentó mayor tasa de crecimiento SRM Themix, seguido por Buck guapo.

Para la segunda época, podemos ver que se acorta el periodo de llenado de grano, variando entre 30 y 32 días la duración del mismo, y para el tratamiento fertilizado son mayores las tasas de crecimiento para SRM Themix y para Buck Baqueano, mientras que en las variedades restantes se da a la inversa, el tratamiento testigo es el que presenta mayores tasas. En valores absolutos, Buck guapo y SRM Themix son los que presentan mayores tasas de crecimiento.

El **Cuadro 5** presenta los valores de la curva logística del llenado de grano, que fueron determinados por medio del paquete estadístico INFOSTAT (2011P). El parámetro  $\alpha$ , que indica el peso máximo alcanzado por los granos cuando la curva se vuelve asintótica, registró valores similares a los que se obtuvieron mediante el peso directo de los granos tomados de las espiguillas centrales de la espiga al momento de la madurez fisiológica. El parámetro  $\alpha$  mostró baja variabilidad lo cual permitió calcular la tasa de llenado de acuerdo a la ecuación citada.

En la **Figura 1** podemos observar las curvas logísticas de la variedad ACA 303 incluidas en el ensayo para cada tratamiento y época de siembra. En cuanto al peso final (parámetro  $\alpha$ ), de la variedad ACA 303, para la primera fecha resultó con mayor peso el tratamiento testigo que el fertilizado, ocurrió lo mismo para la segunda época de siembra.

En la **Figura 2** se pueden observar las curvas logísticas de llenado de grano de la variedad Buck Baqueano incluidas en el ensayo para cada tratamiento y época de siembra. En este caso, el peso final de la primera época de siembra resultó mayor para el tratamiento fertilizado respecto al testigo, mientras que para la segunda fecha de siembra ocurrió lo contrario, el mayor peso se dio en el tratamiento testigo.

En la **Figura 3** se ven las curvas logísticas de llenado de grano para la variedad Buck Guapo incluidas en el ensayo para cada tratamiento y época de siembra. Para esta variedad en la primera época de siembra el peso final del grano resultó mayor en el tratamiento testigo respecto al fertilizado, y en la segunda época de siembra ocurrió lo mismo, el testigo fue mayor que el fertilizado. Para esta variedad, la primera época fue la que presentó mayores pesos de los granos.

Cuadro 4. Fecha de ocurrencia de Z65 y Z90, período y tasa de llenado de los granos.

Época	Variedad	Fecha		Periodo de llenado (días)	Tasa de llenado (mg/día)	
		Z 65	Z 90		FERT	TEST
Primera época	Buck guapo	02-nov	05-dic	34	2,06	2,05
	SRM Themix	29-oct	03-dic	36	2,08	1,68
	ACA 303	30-oct	03-dic	35	1,80	1,89
	Buck Baqueano	02-nov	05-dic	34	1,97	1,68
Segunda época	Buck guapo	05-nov	06-dic	32	1,67	2,33
	SRM Themix	04-nov	03-dic	30	2,20	1,88
	ACA 303	05-nov	05-dic	31	1,53	1,90
	Buck Baqueano	07-nov	06-dic	30	1,92	1,78

Cuadro 5. Parámetros de la curva logística de las distintas variedades y épocas.

Época	Cv.	Par.	Estimación		E.E.		T		Valor de p	
			Fert	Test	Fert	Test	Fert	Test	Fert	Test
Primera época	Buck Guapo	$\alpha$	43.43	48.46	1.36	1.48	31.96	32.79	<0.0001	<0.0001
		$\beta$	75.13	57.01	34.28	19.47	2.19	2.93	0.0350	0.0060
		$\gamma$	0.19	0.17	0.02	0.02	9.02	10.80	<0.0001	<0.0001
	Buck Baqueano	$\alpha$	41.59	39.71	1.52	1.64	27.32	24.23	<0.0001	<0.0001
		$\beta$	72.69	43.02	40.05	21.36	1.81	2.01	0.0776	0.0514
		$\gamma$	0.19	0.17	0.03	0.02	7.47	7.12	<0.0001	<0.0001
	ACA 303	$\alpha$	38.07	39.98	1.31	0.79	29.01	50.82	<0.0001	<0.0001
		$\beta$	43.66	48.08	23.74	13.06	1.84	3.68	0.0735	0.0007
		$\gamma$	0.19	0.19	0.03	0.01	6.89	13.70	<0.0001	<0.0001
	SRM. Themix	$\alpha$	37.96	39.72	0.90	2.19	41.99	18.15	<0.0001	<0.0001
		$\beta$	61.88	26.17	28.84	16.40	2.15	1.60	0.0385	0.1191
		$\gamma$	0.22	0.17	0.03	0.03	8.74	4.95	<0.0001	<0.0001
Segunda época	Buck Guapo	$\alpha$	37.20	40.65	1.41	0.94	26.42	43.46	<0.0001	<0.0001
		$\beta$	103.63	409.19	47.34	190.45	2.19	2.15	0.0350	0.0383
		$\gamma$	0.18	0.23	0.02	0.02	9.20	12.22	<0.0001	<0.0001
	Buck Baqueano	$\alpha$	38.41	41.94	1.22	1.60	31.53	26.27	<0.0001	<0.0001
		$\beta$	188.15	74.84	94.72	33.18	1.99	2.26	0.0544	0.0305
		$\gamma$	0.20	0.17	0.02	0.02	9.70	8.84	<0.0001	<0.0001
	ACA 303	$\alpha$	38.39	42.37	1.85	1.28	20.76	33.17	<0.0001	<0.0001
		$\beta$	49.90	79.80	23.24	29.76	2.15	2.68	0.0384	0.0109
		$\gamma$	0.16	0.18	0.02	0.02	7.47	10.80	<0.0001	<0.0001
	SRM. Themix	$\alpha$	33.88	44.30	0.83	1.49	40.70	29.76	<0.0001	<0.0001
		$\beta$	313.03	87.98	205.91	32.35	1.52	2.72	0.1372	0.0099
		$\gamma$	0.26	0.17	0.03	0.02	8.79	10.87	<0.0001	<0.0001



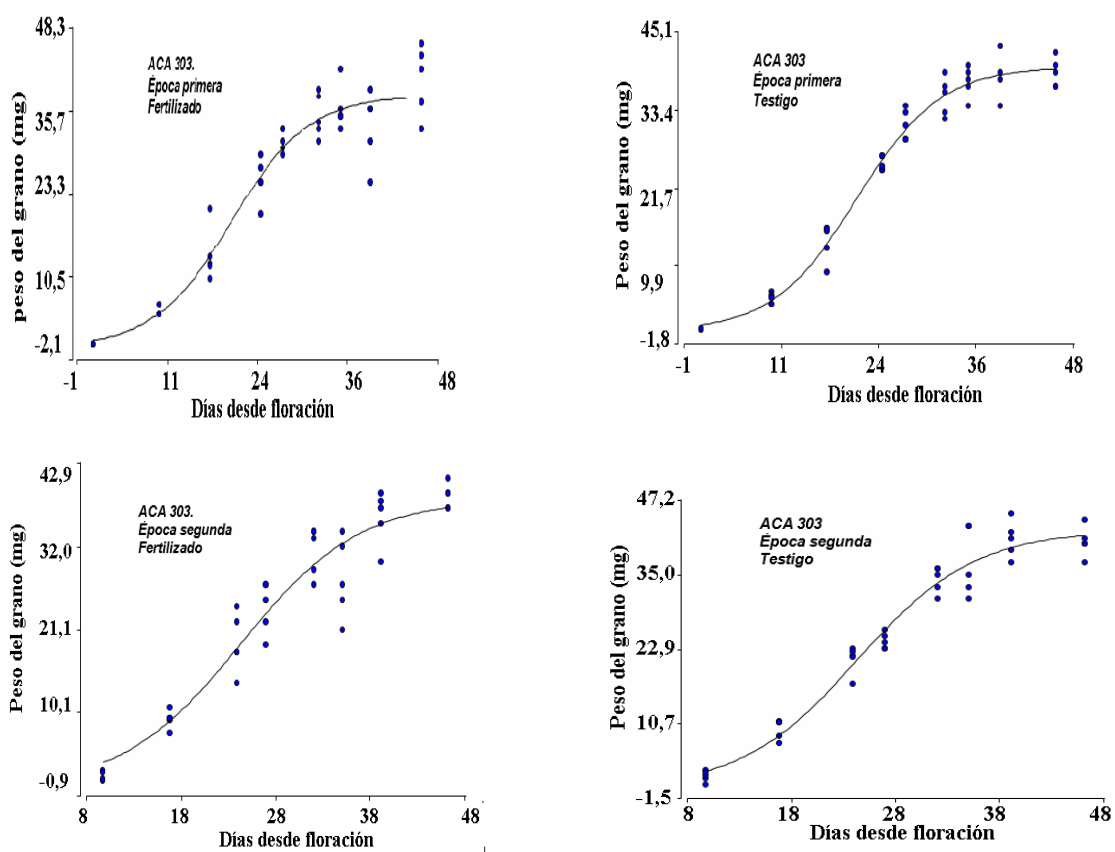


Figura 1. Curvas logísticas del llenado de granos de la variedad ACA 303 de acuerdo a la época de siembra y tratamiento de fertilidad.

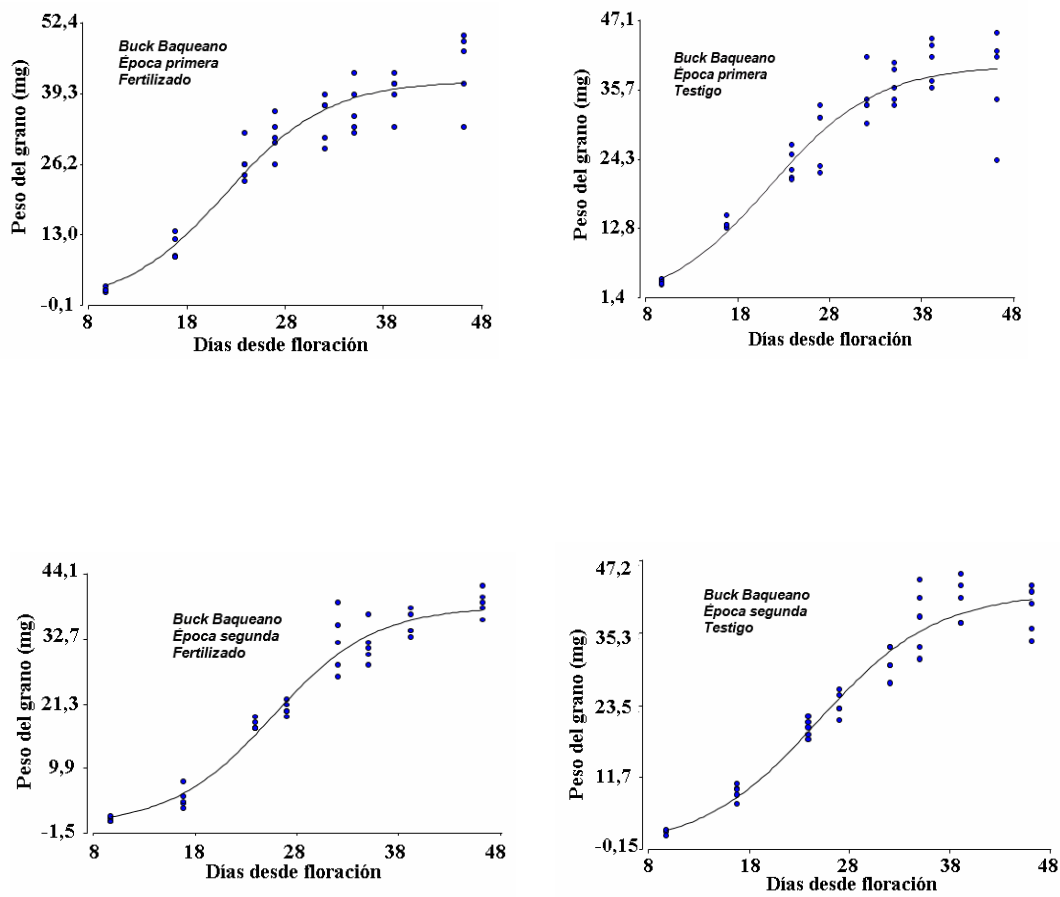


Figura 2. Curvas logísticas del llenado de granos de la variedad Buck Baqueano de acuerdo a la época de siembra y tratamiento.

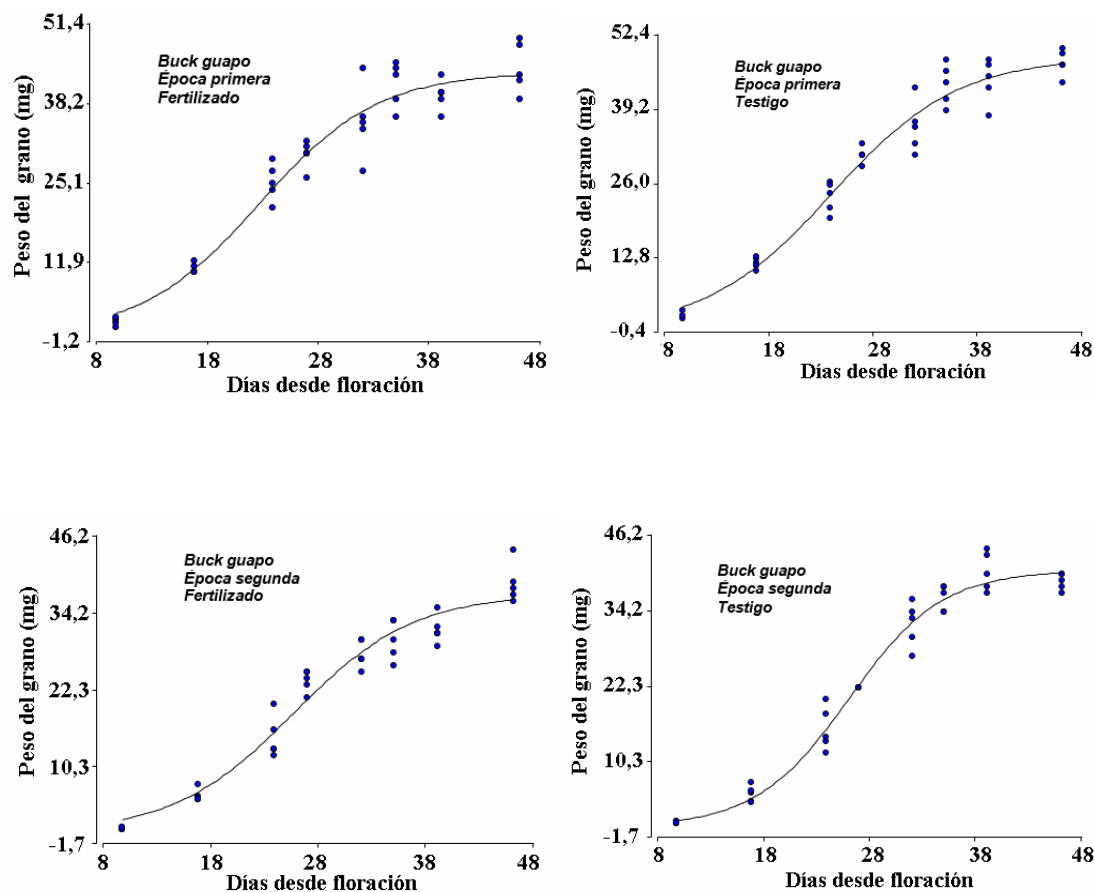


Figura 3. Curvas logísticas del llenado de granos de la variedad Buck Guapo de acuerdo a la época de siembra y tratamiento.

En la **Figura 4** se observan las curvas logísticas de llenado de grano para la variedad SRM Themix incluida en el ensayo para cada tratamiento y época de siembra. Aquí vemos entonces, en la primera época de siembra el tratamiento testigo presentó el mayor peso final del grano respecto al fertilizado, y para la segunda época de siembra ocurrió lo mismo.

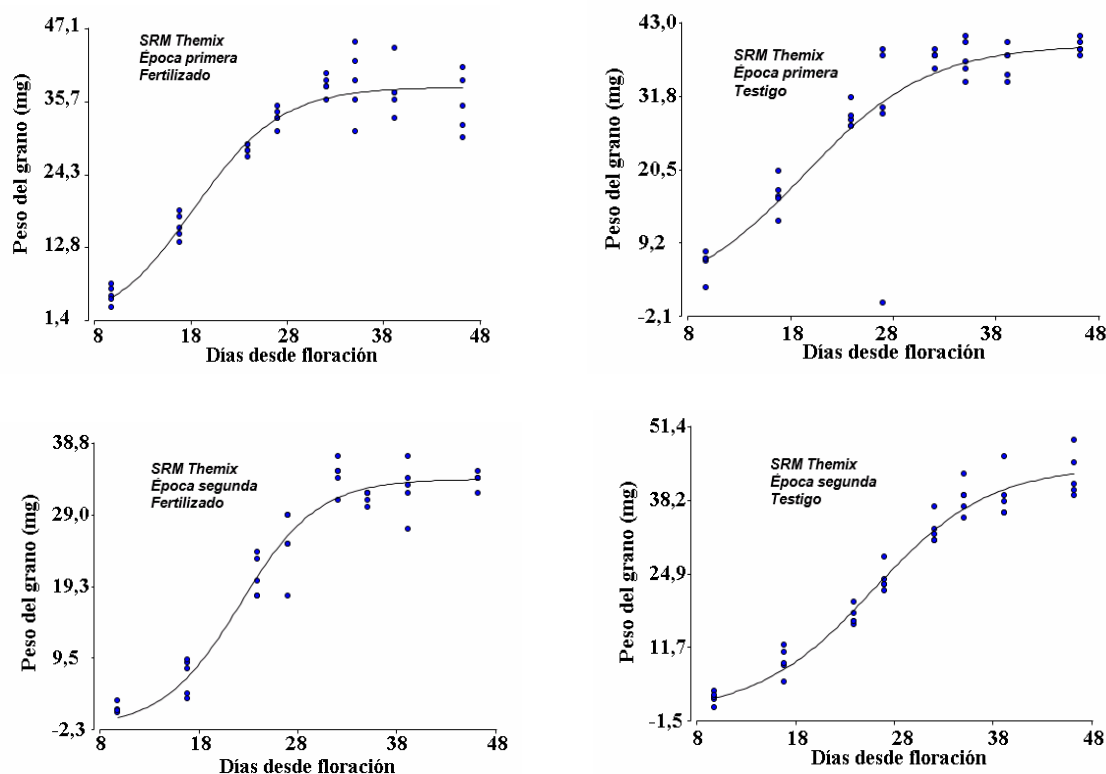


Figura 4. Curvas logísticas del llenado de granos de la variedad SRM Themix de acuerdo a la época de siembra y tratamiento.

En la primera época de siembra el tratamiento fertilizado no mostró diferencias significativas con la prueba de Tukey entre las variedades, mientras que el testigo, la variedad Buck Guapo tuvo mayor peso que las variedades Buck Baqueano y ACA 303. La variedad SRM Themix no es significativamente diferente de las demás (**Cuadro 6**). En la segunda fecha de siembra para el tratamiento fertilizado no hay diferencias significativas entre las variedades Buck Baqueano, Buck Guapo y ACA 303, pero si la variedad SRM Themix es diferente a las anteriores.

Para la segunda fecha de siembra, en el tratamiento testigo ninguna variedad presentó diferencias significativas. Los coeficientes de variación, que representan la relación porcentual entre el desvío estándar y la media de la muestra, determinando así la

heterogeneidad de los datos, se encontraron dentro de los valores normales para poder realizar el análisis; cuando menor es el CV más homogénea es la población de datos muestreada.

La variedad SRM Themix mostró una reducción del peso final del grano cuando fue fertilizado.

Cuadro 6. Peso del grano (mg) de la última fecha de corte en Z90, madurez fisiológica.

VARIEDAD	PRIMERA EPOCA		SEGUNDA EPOCA	
	FERTILIZADO	TESTIGO	FERTILIZADO	TESTIGO
BUCK GUAPO	44.20 a	47.40 a	38.80 a	38.80 a
BUCK BAQUEANO	44.00 a	37.20 b	39.00 a	39.00 a
ACA 303	40.40 a	39.00 b	38.60 a	40.40 a
SRM THEMIX	35.40 a	39.40 ab	33.80 b	42.80 a
CV	13.21	11.10	5.76	7.88

*Medias con una letra común no significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ) dentro de cada época y tratamiento (Test de Tukey;  $\alpha = 0.05$ ;  $n = 5$ )*

La **Figura 5** muestra que no hubo una clara relación entre la tasa de llenado (mg/d) determinada por fórmula de Santiveri (2001) y el peso de los granos en la primera época fertilizado y la segunda época testigo. En la primera época testigo se observó una relación positiva significativa entre la tasa de llenado y el peso del grano, no obstante el valor sospechosamente alto para la variedad Buck Guapo testigo (Cuadro 6) no concuerda con el peso normal del grano de esta variedad, por que no se le pudo encontrar una explicación agronómica. Existen numerosos trabajos científicos que han encontrado relaciones positivas entre el peso final de los granos y la tasa de crecimiento de los mismos (Dunstone et al, 1974; Gleadow et al, 1982; Nicolas et al, 1985).

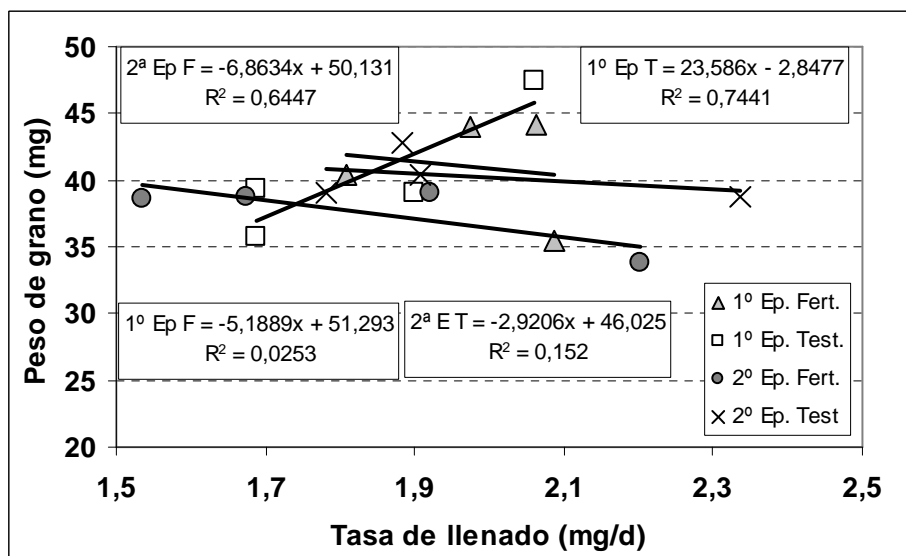


Figura 5. Relación entre la tasa de llenado de los granos y el peso de los mismos.

En la **Figura 6** se observa claramente que la segunda fecha de siembra presentó menor duración de llenado que la primera época. En cuanto al peso de los granos es mayor en la primera época en el tratamiento fertilizado, no siendo tan claro en los testigos. Es decir, que a medida que se atrasa la fecha de siembra el periodo de llenado de los granos se acorta; tal como lo describe Frascina *et al.*, (2004).

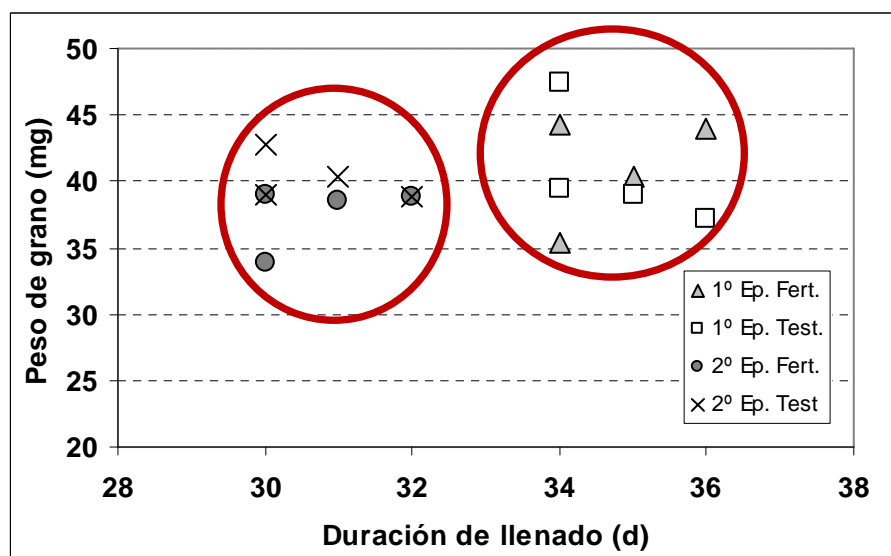


Figura 6. Relación entre la duración de llenado de los granos y el peso de los mismos.

Con la regresión que muestra la **Figura 7** se intentó encontrar una relación lineal negativa entre la duración y la tasa del llenado, tal como lo habían encontrado Álvarez Prado *et al.*, (2008), no lográndose ningún tipo de asociación entre estas dos variables. Solo se pudo observar la separación de la duración del llenado entre las de mayor duración (primera época) y la de menor duración (segunda época) sin demasiados cambios en la tasa de llenado.

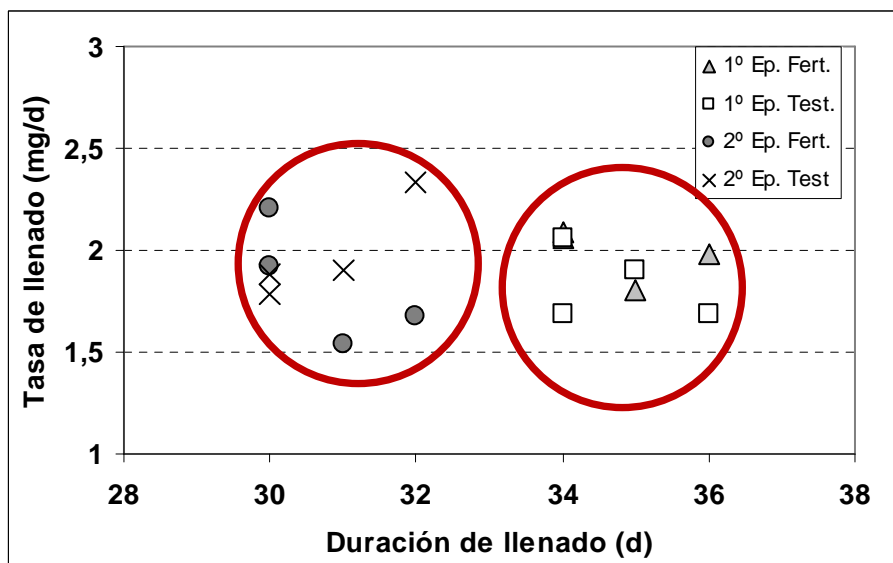


Figura 7. Relación entre la duración y la tasa de llenado de los granos.

La **Figura 8** muestra la similitud de los valores encontrados por peso directo de los granos y los valores obtenidos mediante fórmula propuesta por Santiveri ((2001) (parámetro  $\alpha$ ) lo que permite afirmar que la función logística se ajusta a la curva de llenado de los granos real.

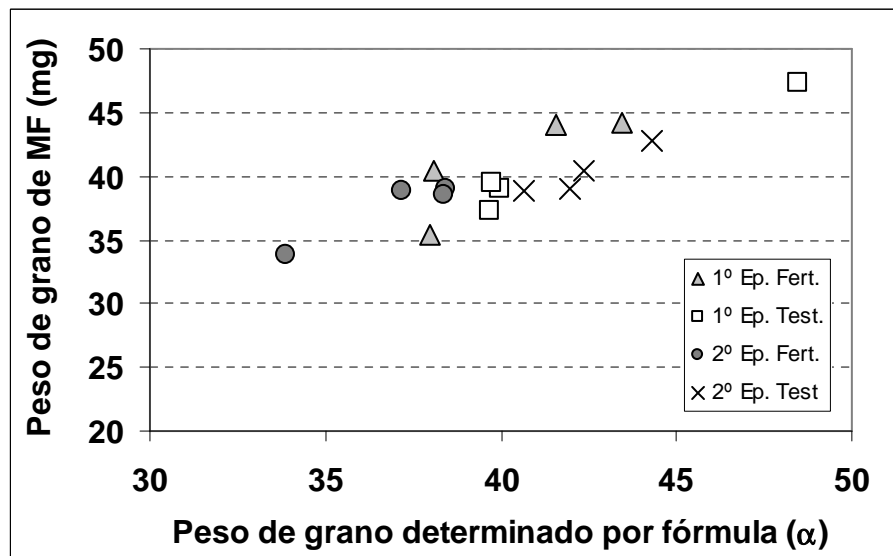


Figura 8. Relación entre el peso del grano determinado por fórmula ( $\alpha$ ) y el peso de los granos en madurez fisiológica determinado por peso directo.

En el **Cuadro 7** se muestran el efecto de los tratamientos sobre las características de la espiga y los granos en la fecha de muestreo de madurez fisiológica. En las variables peso total de la espiga y peso total de los granos de la espiga no se observaron tendencias claras, tanto con la variedad como la fertilidad y la época. La variable número de espiguillas totales, mostró que la variedad SRM Themix presentó menor número de espiguillas para todos los tratamientos. La variable número de espiguillas estériles, denota que hay una tendencia a disminuir el número de las mismas en el tratamiento fertilizado.

En el caso del número de granos totales por espiga, podemos afirmar que para el tratamiento fertilizado de ambas épocas se hallaron los mayores valores.



Cuadro 7. Efecto de los tratamientos sobre características de la espiga y el grano.

Época	Fertilidad	Variedad	Peso espiga (g)	Nº Espiguillas Totales	Nº Espiguillas estériles	Peso por grano (mg)	Peso todos granos de espiga	Nº granos totales /espiga
Primera	Fertilizado	SRM Themix	1,87 b	18,8 b	2,0 a	35,4 a	1,47 b	44,6 a
		Buck Guapo	2,68 a	22,0 a	1,6 a	44,2 a	2,06 ab	49,2 a
		Buck Baqueano	2,97 a	23,4 a	2,0 a	44,0 a	2,16 a	51,8 a
		ACA 303	2,69 a	22,2 a	1,6 a	40,4 a	1,98 ab	53,0 a
		<b>DMS</b>	<b>0,65</b>	<b>1,48</b>	<b>1,14</b>	<b>9,79</b>	<b>0,61</b>	<b>14,03</b>
	Testigo	SRM Themix	1,81 b	18,4 b	2,4 a	39,4 ab	1,39 ab	39,0 a
		Buck Guapo	2,43 a	21,6 a	2,6 a	47,4 a	1,73 a	39,0 a
		Buck Baqueano	1,84 b	21,6 a	3,4 a	37,2 b	1,29 ab	37,2 a
		ACA 303	1,73 b	19,4 b	3,2 a	39,0 b	1,25 b	34,2 a
		<b>DMS</b>	<b>0,57</b>	<b>1,74</b>	<b>1,83</b>	<b>8,18</b>	<b>0,45</b>	<b>10,85</b>
Segunda	Fertilizado	SRM Themix	1,91 bc	18,8 b	1,0 b	33,8 b	1,52 ab	48,6 a
		Buck Guapo	2,37 ab	20,4 ab	1,0 b	38,8 a	1,61 ab	46,4 ab
		Buck Baqueano	2,56 a	22,0 a	1,8 ab	39,0 a	1,80 a	50,4 a
		ACA 303	1,81 c	20,2 b	2,6 a	38,6 a	1,37 b	38,6 b
		<b>DMS</b>	<b>0,50</b>	<b>1,61</b>	<b>1,10</b>	<b>3,91</b>	<b>0,39</b>	<b>8,47</b>
	Testigo	SRM Themix	2,02 a	16,6 b	1,4 b	42,8 a	1,52 a	38,8 a
		Buck Guapo	2,04 a	19,4 a	2,2 ab	38,8 a	1,43 a	38,2 a
		Buck Baqueano	2,04 a	19,0 a	2,8 ab	39,0 a	1,44 a	40,6 a
		ACA 303	1,79 a	18,2 a	3,0 a	40,4 a	1,31 a	34,8 a
		<b>DMS</b>	<b>0,36</b>	<b>1,51</b>	<b>1,48</b>	<b>5,73</b>	<b>0,25</b>	<b>7,56</b>
	Interacción	*	*	*	*	*	*	
	CV (%)	13,63	4,37	36,37	10,07	15,58	13,61	

*Letras iguales no difieren significativamente dentro de cada columna por época y fertilidad*

En la **Figura 9** se observa que no existe una relación entre el número de grano por espiga y el peso del grano, contrariamente a la interrelación teórica negativa entre el peso del grano y el número de granos por  $m^2$ , propuesta por Cárcova *et al.* (2003). Los tratamientos fertilizados poseen mayor número de granos que los tratamientos testigos, exceptuando a la variedad ACA 303 de la 2ª época fertilizado.

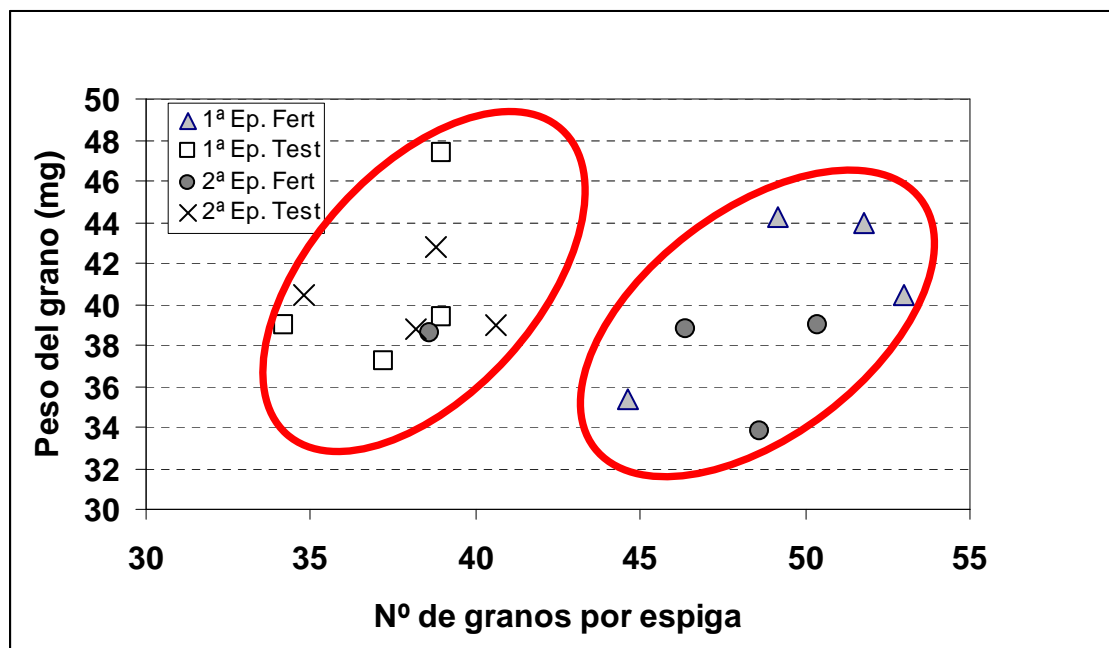


Figura 9. Relación entre el número de granos por espiga y el peso del grano

En la **Figura 10** podemos observar claramente que las variedades Buck Baqueano y SRM Themix en el tratamiento testigo tuvieron un porcentaje de panza blanca superior a lo aceptado en la Norma XX (Resolución N° 1075). El agregado de fertilizante en estas variedades disminuyó el porcentaje de panza blanca clasificándolo como Grado 1 o 2 de la Norma XX. Tal como lo indica Solís Moya (2001), en un trabajo de la Universidad de México; el porcentaje de panza blanca del grano mostró mayor asociación con la dosis de nitrógeno que con cualquiera de los factores evaluados. El rendimiento y el porcentaje de

panza blanca no están correlacionados, lo cual indica que se pueden obtener por selección genotipos de alto rendimiento y bajo porcentaje de panza blanca.

La **Figura 11** muestra que todos los tratamientos lograron un peso hectolítrico adecuado para la comercialización. No obstante, existe un efecto de la variedad ya que ACA 303 mostró un excelente PH en cualquier época y en los dos niveles de fertilidad. Buck Guapo y SRM Themix fertilizados son los dos tratamientos que no alcanzaron el Grado 1 de la Norma XX.

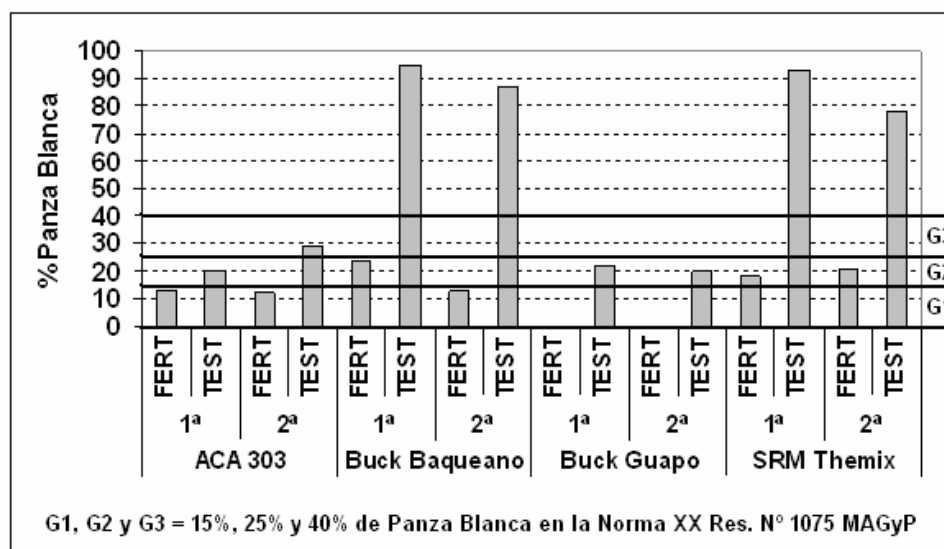


Figura 10. Porcentaje de panza blanca en función de los tratamientos.

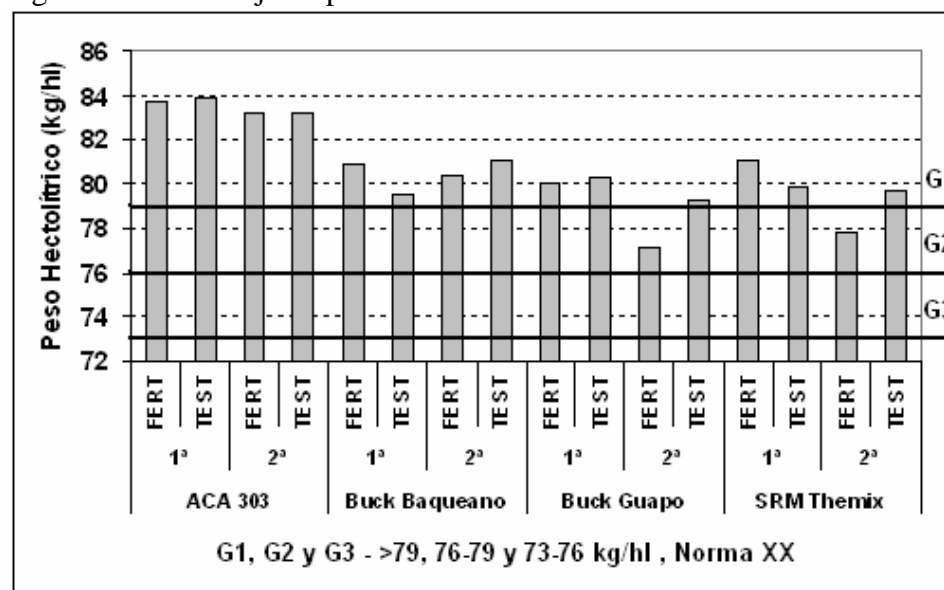


Figura 11. Peso Hectolítrico en función de los tratamientos.

## **CONCLUSIONES**

En la Región Semiárida Pampeana, para las variedades analizadas, el atraso de la fecha de siembra provocó una disminución de la duración del llenado de los granos, sin una clara tendencia en el comportamiento de la tasa de llenado. Es así, que en el tratamiento testigo la segunda época mostró una mayor tasa de llenado que la primera tal como se planteó en la hipótesis. Por el contrario, en el tratamiento fertilizado la tasa disminuyó en la segunda época exceptuando una variedad. Este comportamiento puede ser explicado debido a que al agregar fertilizante nitrogenado se logra un mayor número de granos por espiga, que se desarrollan en las partes distantes de la espiga con menor peso de los mismos.

Las variedades mostraron un comportamiento dispar cuando varió la época de siembra y la fertilidad del suelo.

Se observó además, que no existió una relación entre el número de granos por espiga y el peso del grano, contrariamente a la interrelación teórica negativa entre el peso del grano y el número de granos por  $m^2$  como lo mencionan los antecedentes.

En cuanto a la calidad del grano, los resultados que se obtuvieron demuestran que el agregado de fertilizante hace disminuir el porcentaje de panza blanca, factor importante en la comercialización. El peso hectolítrico de todos los tratamientos lograron un valor adecuado para la comercialización.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Álvarez Prado, S.; Gallardo, J. M.; Kruk, B. C. y Miralles, D. 2008. Dinámica de llenado de grano en trigo y cebada cervecera. Actas del Congr. Nac. Trigo 2008, Santa Rosa, La Pampa, EF8 en CD.
- Cárcova, J; Abeledo, L.; López Pereyra, M. 2003. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Capítulo 6, Análisis de la generación del rendimiento: crecimiento, partición y componentes. Ed. Fac. Agronomía, UBA.
- Darroch, B. A. y R. J. Baker. 1990. Grain filling in three spring wheat genotypes. Statistical Analysis. Crop Sci. 30:525-529
- de la Vega, A., de la Fuente, E. 2012. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Capítulo 14. Elección del genotipo. Ed. Fac. Agronomía, UBA.
- Dias, A. S. y F. C. Lidon. 2009. Evaluation of Grain Filling Rate and Duration in Bread and Durum Wheat, under Heat Stress after Anthesis Dias & J. Agronomy & Crop Sci. ISSN 0931-2250, 195:137–147.
- Dreccer, M.; Ruiz, R; Maddonni, G.; Satorre, E. 2012. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Capítulo 18. Bases ecofisiológicas de la nutrición en los cultivos de grano. Ed. Fac. Agronomía, UBA.
- Dunstone, R. L. y L. T. Evans. 1974. Role of changes in cell size in the evolution of wheat. Aust. J. Plant Physiol. 1:157-165.
- Fischer R. A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. J. Agric. Sci. 105:447-461.
- Fraschina, F. J., M.B. Formica y B. Masiero. 2004. Caracterización del crecimiento de grano de trigo. IDIA XXI. Pp 40-42.

- Gleadow, R. M.; M. J. Dalling y G. M. Halloran. 1982. Variation in endosperm characteristics and nitrogen content in six wheat lines. *Aust. J. Plant Physiol.* 9:539-551.
- Gooding M. J., R. H. Ellis, P. R. Shewry y J. D. Schofield. 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat. *Journal of Cereal Sci.* 37:295-309.
- Guendouz, A. y K, Maamari, 2012. Grain-filling, chlorophyll content in relation with grain yield component of durum wheat in a mediterranean environment. *African Crop Sci. J.* 20:31 – 37.
- Hanft, J.M. y R. W. Wych. 1982. Visual Indicador of physiological maturity of hard red spring wheat. *Crop Sci.* 22:584-588.
- Iglesias, D. y Iturrioz, G. 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, 2011. Infostat, versión 2001p, Grupo InfoStat FCA Universidad Nacional de Córdoba.
- 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.
- Miralles, D.J y F.G. González. 2009. El trigo en Argentina: perspectivas ecofisiológicas del pasado, presente y futuro para aumentar el rendimiento. AAPRESID. [www.agro.uba.ar/noticias/files/miralles\\_aapresid.pdf](http://www.agro.uba.ar/noticias/files/miralles_aapresid.pdf). visitado 15 octubre de 2015. 11 pp.

- Miralles, DJ; Gonzalez F.; Whitechurch, E. 2007. Ecofisiología del desarrollo: Desarrollo productivo como determinante del número de granos en trigo. Workshop Internacional: Eco Fisiología Vegetal. Mar del Plata, Argentina.
- Mora Aguilar, R., R. Fernández Vidal, y L.E. Mendoza Onofre, 2000. Cambios en biomasa, germinación y viabilidad de las semillas en desarrollo de trigo. *Agrociencia*, 34:181-191.
- Nicolas, M E.; R. M. Gleadow y M. J. Dalling. 1985. Effects of drought and high temperature on grain growth in wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 11:553-566.
- Otegui, M. y López Pereyra, M. 2012. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Capítulo 12. Fechas de siembra. Ed. Fac. Agronomía, UBA.
- Quiroga A.; Fernández, R.; Ormeño, O.; Frasier, I. 2010. Consideraciones sobre el manejo del agua y la nutrición en trigo. En: *El cultivo de trigo en la región semiárida y subhúmeda pampeana*. Eds. A. Bono, A. Quiroga e I. Frasier. EEA INTA Anguil, pag.41-46.
- 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. ; Miralles, D.J. ; Savin, R.; Whitechurch, E.; Gonzalez, F. 2003. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Capítulo 7, Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo. Ed. Fac. Agronomía, UBA.

- Solis Moyá, E. y Díaz de León Tobías, J. G., 2001. Efecto de los factores controlables de la producción sobre el rendimiento y la panza blanca del grano en trigo duro. *TERRA Latinoamericana*, octubre-diciembre, año/vol. 19, número 004. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. Pp: 375-383.
- Zadoks, J.C., T.T. Chang and C.F. Konzak. 1974. A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-421