

INFLUENCIA DEL GENOTIPO Y LA FERTILIZACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO EN GRANO DE TRIGO PAN Y SU CALIDAD EN LA REGIÓN SUBHÚMEDA-SECA PAMPEANA

INFLUENCE OF THE GENOTYPE ON THE GRAIN YIELD OF BREAD WHEAT AND ITS QUALITY IN THE DRY-SUBHUMID PAMPAS REGION

Fernández, Miguel Angel^{1*}, Riestra, Diego¹, Zingaretti, Osvaldo¹

Recibido 26/04/2019
Aceptado 23/06/2020

RESUMEN

El rendimiento en grano y la calidad de trigo pan muestran gran variabilidad en la región subhúmeda seca pampeana. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del genotipo y la fertilización nitrogenada sobre los componentes del rendimiento y la calidad del grano. Los ensayos se realizaron en la Facultad de Agronomía de la UNLPam (36° 32' 49" S; 64° 18' 20" W) durante 2 años, 16 genotipos con distinto año de inscripción en el INASE. Al tratamiento fertilizado se le agregó 100 kg.ha⁻¹ de urea al voleo en macollaje temprano y el control se mantuvo sin fertilizar. Los resultados no mostraron una asociación entre el grupo de calidad de la variedad y el rendimiento en grano o el porcentaje de proteínas. El fertilizante nitrogenado agregado en el macollaje aumentó en los dos años estudiados el porcentaje de proteína, mientras que contribuyó al rendimiento en grano solo en el año más lluvioso. Tampoco hubo una clara asociación entre el año de inscripción de la variedad en INASE y el rendimiento de grano o el porcentaje de proteínas, indicando escaso progreso genético de los criaderos para la región subhúmeda-seca pampeana. Se concluyó que el genotipo elegido, en lo referente a grupo de calidad y año de inscripción, no es tan importante, sobre el rendimiento y la calidad del grano como el efecto de la estación de crecimiento y la fertilización nitrogenada.

PALABRAS CLAVE: *Triticum aestivum*; año de inscripción; grupo de calidad;

ABSTRACT

The grain yield of wheat bread and its quality show great inter-annual variability in the sub-humid dry Pampa region. The objective this work was to evaluate the effect of genotype and nitrogen fertilization on the yield components and grain quality. The tests were carried out in the Faculty of Agronomy of the UNLPam (36° 32' 49 "S; 64° 18' 20" W) for 2 years and with 16 genotypes participating. The fertilized treatment was added 100 kg.ha⁻¹ of broadcast urea in early tillering. The results showed no association between variety quality group and grain yield or protein percentage. The nitrogen fertilizer added in the tillering increased in the two years studied the percentage of protein, whereas, to the grain yield alone in the rainy year. Nor was there a clear association between the year of registration of variety in INASE and grain yield or the percentage of proteins, indicating poor genetic progress by the breeders for the subhumid-dry Pampa region. We conclude that the genotype chosen, regarding quality group and registration year, is not as important as the effect of the season growth and nitrogen fertilization.

KEY WORDS: *Triticum aestivum*; registration year; quality group;

INTRODUCCIÓN

El trigo pan (*Triticum aestivum* L.) es el cultivo de invierno destinado a grano más importante en la producción agropecuaria de la

región sub-húmeda seca pampeana, no obstante los rendimientos y la calidad del grano presentan gran variabilidad. El rendimiento de grano y el contenido de proteínas, a través de su contribución a la calidad del uso final, son los rasgos más importantes que determinan el valor económico de la cosecha de trigo pan (Delzer et al., 1995). Si bien los antecedentes en la región indican que los factores climáticos son los más

Cómo citar este trabajo:

Fernández, M. A., Riestra, D., y Zingaretti, O. (2020). Influencia del genotipo y la fertilización sobre el rendimiento en grano de trigo pan y su calidad en la región subhúmeda-seca pampeana. *Semiárida*, 30(1), 29-40.

¹ Universidad Nacional de La Pampa. Facultad de Agronomía. Santa Rosa. Argentina.
* mfernandez@agro.unlpam.edu.ar



importantes en la definición del rendimiento de trigo, aportando el 56% de la variabilidad, no deberíamos desestimar al genotipo que aporta 23% de la variabilidad (Fernández, 2007).

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 ambos (Evans & Wardlaw, 1976). El componente número de granos por m², se puede dividir en dos sub-componentes: las espigas fértiles por m² y el número de granos por espiga. Según Waddington et al. (1986) y Slafer y Andrade (1993), el progreso en el aumento del número potencial de granos por m² en trigo pan estuvo dado más por el aumento en el número de granos por espiga que en el de las espigas por m². En la región sub-húmeda seca pampeana, el trigo pan mostró similar variación en las espigas por m², en el número de granos por espiga y en el peso de los granos (Fernández, 2007); semejante a lo observado por Aggarwal y Sinha (1987) quienes trabajaron con varios ambientes.

Entre 1920 y 1990, en Argentina, los cultivares modernos mostraron un incremento significativo en el número de granos por espiga comparado a los antiguos. Sin embargo, el peso del grano mostró resultados contradictorios asociado al año de lanzamiento al mercado (Calderini et al., 1995). Slafer y Andrade (1989) observaron menor peso de grano en cultivares modernos con respecto a los antiguos. Esto podría explicarse por la mayor cantidad de granos cuajados en posiciones distales de la espiga con menor peso potencial que los ubicados en el centro (Miralles & Slafer, 2007). En la bibliografía el peso de los granos se reporta como poco variable (Aggarwal & Sinha, 1987; Frederick & Bauer, 1999). Sin embargo, en estudios realizados en región sub-húmeda seca pampeana (Fernández, 2007) el peso varió significativamente con el rendimiento de grano. Slafer et al. (2014) propusieron que pequeños ajustes en el rendimiento (alrededor del 10%) pueden darse en el llenado del grano, mientras que las grandes variaciones (hasta 200%) están asociadas al número de granos por m².

Durante los últimos 20 años se introdujo en los programas de mejoramiento argentinos un importante número de cultivares europeos con un alto potencial de producción y se difundieron como tal o se cruzaron con cultivares locales adaptados (Brieva, 2007). Los cultivares modernos frecuentemente presentan menor concentración de proteína en grano que sus predecesores sugiriendo una reducción no buscada, en la calidad del grano, debido a la mejora para mayores rendimientos. Esto puede ser explicado por un mayor incremento en la biomasa del grano con respecto a la mejora en la acumulación de nitrógeno (Acuña et al., 2005).

Manes et al. (2012) examinaron el progreso genético a nivel mundial en las pruebas de rendimiento de trigo en CIMMYT durante un período de 17 años (1994 a 2010) y encontraron un aumento del mismo a una tasa de 31 kg.ha⁻¹. Sin embargo, Graybosch & Peterson (2010) reportaron un progreso genético estancado en el trigo de invierno en las grandes llanuras de USA entre 1984 y 2008. Otro estudio mostró que el aumento en el rendimiento de trigo de primavera en CIMMYT se ha tornado más lento pero no ha disminuido en las últimas décadas y las ganancias se asociaron con el aumento del peso potencial de los granos (Aisawi et al., 2015).

La tasa de progreso genético en el rendimiento de los cultivares liberados en Argentina en los últimos años ha disminuido, asociado con una estabilización en el número de granos por m², sin cambios en el peso del grano. Aunque el índice de cosecha se incrementó con el año de lanzamiento, este aumento fue contrarrestado por una disminución en la biomasa aérea. Además, los cultivares modernos aumentaron los granos por espiga sin cambios en las espigas por m² (Lo Valvo et al., 2018).

Durante el llenado de los granos el aumento de la disponibilidad de carbohidratos provoca una relación negativa entre rendimiento en grano y porcentaje de proteína (Oury & Godin, 2007). Esta caída de la proteína parece no estar ligada a efectos genéticos directos sino a un efecto de dilución debido a un aumento en la cantidad de carbohidratos (De Vita et al., 2007).

Una estimación rápida de la calidad del grano de trigo pan se puede realizar por medio de la valoración del peso hectolítrico (PH) y del porcentaje de proteína (PP). El primero constituye un análisis de tipo físico y el segundo un análisis de tipo químico (Espitia Rangel et al., 2004). El PH y el PP de un genotipo dependen además de la constitución genética y de la interacción de ésta con las condiciones ambientales (Fowler et al., 1990). El PP del grano de trigo es un constituyente importante del mismo, siendo un indicador indirecto en la determinación de la calidad panadera (Bushuk, 1998), estrechamente relacionado con el gluten húmedo, macropolímeros de glutenina, extensibilidad y volumen de la masa (de la Horra et al., 2012). El PP del grano presentó una correlación altamente significativa ($r = 0,61^{**}$) con el volumen del pan, convirtiéndose en un estimador importante del mismo, mientras que el PH mostró una menor explicación del volumen del pan, aunque estadísticamente significativa ($r = 0,20^{*}$) (Espitia Rangel et al., 2004).

La disponibilidad de agua y de nitrógeno son a menudo los factores más influyentes en la calidad del grano (Guttieri et al., 2005; Saint Pierre et al., 2008). Los genotipos con más alto potencial de rendimiento tienden a presentar niveles más bajos de PP en el grano que los genotipos con bajo potencial de rendimiento para un nivel dado de nitrógeno disponible (Terman 1979; Clarke et al., 1990). Con disponibilidad de nitrógeno limitante y condiciones climáticas favorables, el rendimiento aumenta debido a una mayor biosíntesis de almidón, mientras que la cantidad de proteínas no aumenta en la misma proporción. Este fenómeno es conocido como “dilución de las proteínas” y puede solucionarse con una fertilización adecuada (García Lamothe, 2006). El PP en grano aumenta bajo estrés por sequía por el efecto contrario que sería la concentración (Guttieri et al., 2000; Guttieri et al., 2005; Zeleke & Nendel, 2016).

En el trigo, mantener el PP en grano mientras se incrementa el rendimiento representa un desafío para los fitomejoradores a causa del antagonismo genético y fisiológico entre los dos

caracteres (Aguirrezábal et al., 2009). Además, el rendimiento de grano y el PP están influenciados por varios procesos fisiológicos y ambos dependen del ambiente (Aguirrezábal et al., 2015). La incidencia de la fertilidad nitrogenada es variable según la disponibilidad de humedad edáfica, la dosis de fertilizante aplicado, los momentos de aplicación y los genotipos observados. La mayor disponibilidad de nitrógeno en etapas avanzadas del cultivo contribuye a mejorar los atributos de los granos y la calidad panadera de las harinas del cultivo de trigo (Dreccer et al., 2012).

El PH es un requisito de los molinos harineros ya que indica indirectamente un mayor rendimiento de harina en la molienda (Shellenberger, 1980). El PH puede ser un buen indicador para la selección de genotipos de trigo pan en los que el rendimiento se ve reducido por factores ambientales (Maças et al., 2015, Dube et al., 2018). Yang et al. (2018) reportaron que la relación entre rendimiento y proteína dependió de la variedad, en una de las estudiadas hubo una relación inversa y en la otra fue indiferente.

En el comercio internacional los trigos de calidad obtienen un precio superior. En Argentina se intenta clasificar en tres clases de trigo: Grupo 1: Trigos correctores, aptos para panificación industrial; Grupo 2: Trigos para panificación tradicional, aptos para fermentaciones largas (mayores a 8 hs.); Grupo 3: Trigos para panificación directa, fermentaciones cortas, menores de 8 hs. Conociendo el grupo al que pertenece la variedad y el PP logrado en ese ambiente se puede clasificar el trigo (Cuniberti, 2004). La segregación por calidad es relevante y necesaria para avanzar aún más e incursionar con éxito en mercados internacionales. Para que esto ocurra es importante profundizar el conocimiento de las características varietales de los trigos (Molfese, 2017).

Hipótesis:

a) En las últimas dos décadas, la inscripción de nuevas variedades de trigo pan produjeron un aumento en el rendimiento en grano y una disminución del porcentaje de proteínas.

b) Los genotipos del grupo de calidad 1

poseen un menor rendimiento y mayor porcentaje de proteínas que los del grupo de calidad 3.

Objetivo:

Evaluar los componentes del rendimiento de grano, el PH y el PP y su variación por el efecto del genotipo y la fertilidad, en genotipos de diferente año de inscripción en el registro de cultivares.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción experimental y manejo agronómico

Los ensayos fueron realizados en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la UNLPam., ubicado en 36°32'49" S y 64°18'20" W, a 210 m snm, durante los años 2015 y 2016. La región de estudio está en el límite entre la región templada sub-húmeda y fría sub-húmeda de acuerdo a la clasificación climática desarrollada específicamente para la Región Pampeana por Díaz & Mormeneo (2002) y pertenece a la templada sub-húmeda en la propuesta realizada por Aliaga et al., (2017). Para cultivos invernales, la región se ha clasificado climáticamente como subhúmeda-seca, en base a la humedad disponible en el período crítico que es el mes de octubre alrededor de la espigazón, media del período 1961-2000 en la probabilidad $p = 0,20$ (Pascale & Damario, 2004).

El suelo donde se realizaron los ensayos, se ha re-clasificado recientemente como Paleustol petrocálcico, debido a cambios generados por el Soil Survey Staff (2014). Las proporciones de arcilla, limo y arena son: 10%, 25% y 65%, respectivamente, lo describen texturalmente como franco arenoso. Además el relieve posee escasa pendiente superficial y un manto de tosca en el subsuelo, a una profundidad que varió entre 1,0 m y 1,2 m. Las variedades que se utilizaron se describen en la Tabla 1. Las fechas de siembra fueron el 25 de junio de 2015 y 11 el de julio de 2016. La densidad de siembra buscada fue de 250 semillas viables.m⁻². La cama de siembra fue preparada con sistema convencional con barbecho previo iniciado a principios de marzo y luego mantenido con

labores mecánicas de repaso. El cultivo antecesor en los dos años fue una pastura asociada entre alfalfa (*Medicago sativa* L.) y festuca (*Festuca arundinacea* Schreb.).

El diseño experimental estuvo realizado en bloques completamente aleatorizados, con cuatro réplicas de cada tratamiento en parcelas de 8,4 m² (6 m de largo x 1,4 m de ancho; con 7 surcos separados a 0,20 m entre ellos). La fertilidad del suelo fue modificada a la siembra con un "arrancador" de base en todas las parcelas mediante el agregado de 70 kg.ha⁻¹ de superfosfato simple (N-P-K = 0-21-0). Al tratamiento denominado "fertilizado" se le agregó 100 kg.ha⁻¹ de urea (N-P-K = 46-0-0) al voleo en macollaje temprano (Z14-21 del código decimal de Zadoks et al., 1974). El control de las malezas fue realizado con una combinación de los herbicidas Metsulfurón Metil (6 g i.a. ha⁻¹) y Dicamba (100 cm³ i.a. ha⁻¹), en el estado Z13 a Z14 de Zadoks et al. (1974).

Mediciones en el cultivo

Componentes de rendimiento:

Los componentes se valoraron sobre una superficie de 1 m², tal como lo recomiendan Bell & Fischer (1994). a) Número de espigas: Se realizó el recuento total de espigas fértiles a cosecha. b) Número de granos por espiga: Se tomaron 10 espigas al azar y se las trilló manualmente. c) Número de granos por m²: se determinó a partir del rendimiento y el peso de mil granos (PMG). d) PMG: Se tomaron al azar dos muestras de 200 granos por parcela y fueron llevadas a peso constante en estufa a 60° C durante 48 h, luego corregido su peso con el 14% de humedad. e) Rendimiento de grano: Se determinó en un 1 m² y fue llevado a peso constante en estufa a 60° C durante 48 h. El rendimiento se expresó en kg.ha⁻¹ a una humedad del grano de 14% BH.

Otras determinaciones:

a) *Biomasa aérea*: Se cortó la biomasa aérea a nivel el suelo en una superficie de 1 m² con igual procedimiento que en el rendimiento de grano. b) *Índice de Cosecha* (IC): el cociente entre el rendimiento de grano y la biomasa aérea.

Tabla 1. Descripción de las características agronómicas de los genotipos.

Table 1. Description of the agronomic characteristics of the genotypes.

Nº	Genotipo	Criadero	Origen	Año Inscripción	Ciclo	Grupo de Calidad
1	Buck Guaraní	BUCK	Argentina	1994	I-C	III ^c
2	Klein Pegaso	KLEIN	Argentina	1997	I	III ^c
3	Buck guapo	BUCK	Argentina	2000	I-L	I ^c
4	Baguette Premium 13	NIDERA	Holanda	2001	I	I ^a
5	ACA 601	ACA	Argentina	2003	I	II ^b
6	Klein Proteo	KLEIN	Argentina	2003	I	I ^a
7	Klein Gavilán	KLEIN	Argentina	2004	I-L	III ^b
8	Baguette Premium 11	NIDERA	Francia	2004	I	II ^a
9	Abate	PROSEME	Italia	2004	I-C	III*
10	ACA 315	ACA	Argentina	2006	I	I ^a
11	Buck Baqueano	BUCK	Argentina	2007	I-L	II ^b
12	Themix	DON MARIO	Argentina	2007	I-L	III ^b
13	Klein Yarará	KLEIN	Argentina	2009	I	I ^a
14	Alhambra	LIMAGRAIN	Francia	2013	I-L	III ^a
15	Aviso	LIMAGRAIN	Francia	2013	L	II ^a
16	Bon. INTA MS 514	MACROSEED	Argentina	2015	I	I ^a

Referencias:

I: Intermedio. L: Largo. C: Corto. a: Grupo de calidad designado por INASE (2019). b: INASE (2010), c: Cuniberti (2004). *asignado 3 en base a características aportadas por marbete del criadero.

Índices de calidad: a) Peso hectolítrico, determinado por el método físico con balanza de Shöpper. b) Porcentaje de proteínas, determinado por el Micro Método de Kjeldhal modificado para ácido bórico (Método 46-12, AACC, 2000). Los valores de proteína se calcularon como N (nitrógeno) x 5,7 y ajustados a 13,5% de humedad.

Mediciones en el suelo: al momento de la siembra fueron: en el año 2015 la materia orgánica de 0-20 cm: 1,65%; fósforo disponible 0-20cm (Bray I): 13,3 ppm y N-NO³⁻ de 0-30 cm: 12,4 ppm. En el año 2016 la materia orgánica de 0-20 cm: 1,22%; fósforo disponible 0-20cm (Bray I): 17,5 ppm y N-NO³⁻ de 0-30 cm: 8,3 ppm.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de las variables se realizó mediante un ANAVA de cada año. Se realizaron regresiones lineales entre el año de inscripción de las variedades y el rendimiento en grano, los componentes del rendimiento, el PH

y el PP. Todos los análisis se realizaron utilizando el software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2018).

Resultados y Discusión

En la Tabla 2 se describen las condiciones de temperatura y lluvias de los años en los que se realizó el ensayo. Ambos años presentaron precipitaciones algo superiores a lo normal con una buena distribución para el crecimiento de los cultivos, si bien el año 2016 tuvo mayor precipitación en octubre (momento en que ocurre el período crítico, Fernández, 2007), lo que permitió mayores rendimientos. Se registraron temperaturas medias mensuales adecuadas para un buen desarrollo del cultivo (Tabla 2).

Los componentes del rendimiento y la calidad del grano se muestran en la Tabla 3. El rendimiento en grano promedio fue superior en el año 2016 (4.996 kg.ha⁻¹, trat. fertilizado) que en el año 2015 (3.592 kg.ha⁻¹, trat. fertilizado). En el año 2015 no hubo respuesta del

Tabla 2. Precipitación mensual, evapotranspiración potencial y temperatura media mensual en Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

Table 2. Monthly rainfall, potential evapotranspiration and monthly average temperature in Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	mm mes ⁻¹												mm
P.M.M. ¹	87,9	74,3	96,8	56,1	32,3	14,9	20,7	22,8	45,1	72,2	81,9	98,8	704
ETP	135,1	107,2	88,6	51,5	30,6	16,1	15,3	25,1	39,1	66,8	93,7	127,2	796
2015	99,2	92,0	105,2	112,8	25,2	1,4	11,5	10,6	62,7	88,4	73,6	145,7	828
2016	187,7	197,0	6,5	116,1	71,0	33,9	26,6	0,0	35,3	253,2	58,1	19,0	1004
	°C												Media
T.M.M. ¹	23,2	22,2	19,7	15,4	11,4	8,2	7,7	9,7	12,4	15,8	19,2	22,0	15,6
2015	23,8	22,2	21,8	17,0	13,4	9,6	9,0	11,2	11,4	12,6	18,5	22,5	16,1
2016	22,8	22,5	19,8	13,7	10,0	7,6	7,5	10,8	12,0	14,5	18,4	23,1	15,2

Fuente: 1 Observatorio meteorológico Ing. Arg. Juan C. Lasalle, Facultad de Agronomía de la UNLPam.

Obs.: P.M.M. = Precipitación media mensual; T.M.M. = temperatura media mensual.

ETP=evapotranspiración potencial para el lugar de estudio determinada por el método de Thornthwaite (1948).

rendimiento al agregado de fertilizante nitrogenado en macollaje, mientras que en el año 2016 si la hubo. Esto puede deberse a la mayor precipitación en el período crítico, coincidente con los resultados obtenidos por Del Campo et al. (2017) quienes encontraron que en condiciones de baja disponibilidad de agua no hubo aumento del rendimiento ante el agregado de nitrógeno. En ninguno de los dos años se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de calidad (Tabla 3). Maich et al. (2016) realizando selección recurrente en trigo encontraron que la calidad de la harina industrial acompañó el progreso genético del rendimiento del grano.

En lo que respecta a biomasa aérea se obtuvieron resultados semejantes al rendimiento en grano, es decir, solo hubo diferencias al agregado de fertilizante nitrogenado en macollaje en el año 2016. Las espigas por m² tuvieron una respuesta semejante al rendimiento en grano y la biomasa aérea, solo se detectaron diferencias al agregado de fertilizante nitrogenado en el año 2016, produciendo alrededor de 550 espigas por m², unas 70 espigas más que el tratamiento testigo (Tabla 3).

El número de granos por m² fue incrementado también por el fertilizante en el

año 2016, pero además se detectaron diferencias significativas entre los grupos de calidad. Los trigos del grupo de calidad 3 lograron cuajar más granos por m² que los del grupo 1.

El número de granos por espiga no fue aumentado por el agregado de fertilizante nitrogenado en ninguno de los dos años, sin embargo, los trigos de calidad 3 lograron cuajar en los dos años más granos por espiga (4,7 más en el 2015 y 4,1 en el 2016) que los de grupo de calidad I. Inversamente a la performance del número de granos por espiga, el peso de mil granos fue superior en los de grupo de calidad 1 con respecto a los trigos de grupo de calidad 3 (3,1 g más en el 2015 y 5,5 g en el 2016) (Tabla 3) debido al efecto de compensación.

El índice de cosecha, fue en el año 2016 de 0,32, en el 2015 de 0,29, aunque que los tratamientos aplicados no lo modificaron significativamente.

El PH fue modificado en el año 2016 por los grupos de calidad. Los trigos del grupo de calidad 1 lograron 4,5 kg.h⁻¹ más de PH que los del grupo de calidad 3.

Por último, el grupo de calidad de trigo no influyó sobre el PP en ninguno de los dos años, pero se detectaron diferencias al agregado de fertilizante nitrogenado en macollaje en los dos

Tabla 3. Efecto del grupo de calidad y la fertilización sobre los componentes de rendimiento y de calidad del grano de trigo pan, en dos años de estudio.

Table 3. Effect of quality group and fertilization on the yield components and quality of bread wheat grain, in two years of study

Variable	Grupo de Calidad (G)	Año 2015	Año 2016
Rendimiento en grano (kg.ha ⁻¹)	I	3652	4819
	II	3497	4617
	III	3489	4544
	Fertilizado	3592	4996 a
	Testigo	3500	4323 b
	InteracciónGxF	NS	NS
Biomasa aérea (kg.ha ⁻¹)	I	13340 a	14788
	II	12069 b	14438
	III	12215 b	14208
	Fertilizado	12712	15272 a
	Testigo	12371	13683 b
	InteracciónGxF	NS	NS
Espigas por m ²	I	416	536
	II	386	519
	III	378	501
	Fertilizado	399	553 a
	Testigo	387	484 b
	InteracciónGxF	NS	NS
Número de granos por m ²	I	11272	13375 b
	II	10993	13981 ab
	III	11970	14659 a
	Fertilizado	11840	15255 a
	Testigo	10983	12754 b
	InteracciónGxF	NS	NS
Número de granos por espiga	I	27,6 b	25,2 b
	II	28,7 ab	27,0 b
	III	32,3 a	29,3 a
	Fertilizado	30,2	27,8
	Testigo	28,9	26,5
	InteracciónGxF	NS	NS
Peso de mil granos	I	32,6 a	36,3 a
	II	32,0 ab	33,5 ab
	III	29,5 b	30,8 b
	Fertilizado	30,4	32,8
	Testigo	32,3	34,3
	InteracciónGxF	NS	NS
Índice de Cosecha	I	0,28	0,33
	II	0,29	0,32
	III	0,29	0,32
	Fertilizado	0,28	0,33
	Testigo	0,29	0,32
	InteracciónGxF	NS	NS

años de estudio (1,5% más en el 2015 y 1,1% en el 2016). Es decir, que la relación negativa entre PP y rendimiento en grano se puede revertir tal como lo propusieron (Oury & Godin, 2007). El grupo de calidad puede tener resultados contradictorios con la calidad industrial (Lerner et al., 2016). Coincidiendo con este resultado Abbate et al. (2010) reportaron que una caracterización por cultivar no será suficiente para clasificar la producción de trigo argentina.

El año de inscripción de las variedades de trigo pan en INASE no influyó sobre el rendimiento en grano de trigo pan ni en el PP en ninguno de los dos años (Figura 1 y 2). Tampoco si cuando se consideran por separados grupos de calidad (datos no mostrados). En el año 2015 no hubo una brecha en el rendimiento en grano en respuesta al agregado de fertilizante nitrogenado en macollaje, mientras que en el año 2016, que fue un año más lluvioso, si la hubo (promedio de 680 kg.ha⁻¹).

El PP mostró una brecha semejante en los dos años, en respuesta al agregado de fertilizante nitrogenado en macollaje, 1,5% en el año 2015 y 1,1 en el año 2016. Este aumento permite una bonificación por contenido de proteína. En un ambiente de alto rendimiento, Oregon (USA), la fertilización nitrogenada a principios de encañazón produjo un 2,7% de aumento en el PP (Saint Pierre et al., 2008).

En las demás variables estudiadas: número de espigas por m², número de granos por espiga, número de granos por m², PMG, biomasa aérea, IC y el PH, no

Tabla 3. Continuación

Índice de Cosecha	I	0,28	0,33
	II	0,29	0,32
	III	0,29	0,32
	Fertilizado	0,28	0,33
	Testigo	0,29	0,32
	InteracciónGxF	NS	NS
Peso hectolítrico (kg .hl ⁻¹)	I	76	84,0 a
	II	72	82,1 ab
	III	72,1	79,5 b
	Fertilizado	72,9	81,4
	Testigo	73,8	82,4
	InteracciónGxF	NS	NS
Proteína (%)	I	11,7	9,6
	II	11,1	9,6
	III	11,3	9,5
	Fertilizado	12,1 a	10,1 a
	Testigo	10,6 b	9,0 b
	InteracciónGxF	NS	NS

Los valores seguidos de letras diferentes en la hilera son estadísticamente diferentes a una $P \leq 0.05$ con el Test de Tukey (HSD). NS = no significativo. Int. GxF = interacción grupo de calidad por fertilidad.

hubo una asociación significativa con el año de inscripción en INASE (datos no mostrados). El caso del número de granos por m² y el número de granos por espiga, los resultados obtenidos no concuerdan con Lo Valvo et al. (2018) que en el período de 1999 a 2011 encontraron un incremento a una tasa de 26 granos.m⁻².año⁻¹, en un ambiente de mayor potencial. La biomasa aérea disminuyó en el período de 1999 a 2011 a una tasa de 15 kg.ha⁻¹.año⁻¹, en oposición al índice de cosecha que aumentó a una tasa de 0.25%.año⁻¹ en el mismo período (Lo Valvo et al., 2018).

En los dos años estudiados el agregado de fertilizante nitrogenado en macollaje aumentó el porcentaje de proteína (1,3% en promedio), mientras que el rendimiento de grano lo aumentó en solo un año, el más lluvioso (39% en promedio).

CONCLUSIONES

La primera hipótesis se rechazó ya que no hubo una clara asociación entre el año de inscripción de la variedad en el INASE y el rendimiento de grano o el porcentaje de proteínas, indicando escaso progreso genético de los criaderos para la región subhúmeda-seca pampeana.

Con respecto a la segunda hipótesis el grupo de calidad al que pertenece el genotipo utilizado no estuvo relacionado con el rendimiento de grano o el porcentaje de proteínas. Es decir, que elegir una variedad de grupo de calidad I no necesariamente trae asociada una reducción del rendimiento en la región subhúmeda seca pampeana

BIBLIOGRAFÍA

- AACC International (2000). Approved Methods of American Association of Cereal Chemists, 10th Ed. Method 08-01, Method 30-25 and Method 46-13. The Association: St. Paul, MN.
- Abbate, P. E., Gutheim, F., Polidoro, O., Milisich, H. J. y Cuniberti, M. (2010). Fundamentos para la clasificación del trigo argentino por calidad: efectos del cultivar, la localidad, el año y sus interacciones. *Agriscientia*, 26, 1-9.
- Acuña, M. L., Savin, R., Curá, J. A. & Slafer, G. A. (2005). Grain protein quality in response to changes in pre-anthesis duration in wheats released in 1940, 1964 and 1994. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191, 226-232.
- Aggarwal, P. K. & Sinha, S. K. (1987). Performance of wheat and triticale varieties in a variable soil water environment. IV. Yield components and their association with grain yield. *Field Crops Research*, 17, 45-53.
- Aguirrezábal, L., Martre, P., Pereyra-irujo, G., Izquierdo, N. & Allard, V. (2009). Management and breeding strategies for the improvement of grain and oil quality. En V. O. Sadras & D.F. Calderini (eds.), *Crop physiology. Applications for genetic improvement and agronomy* (pp. 387-421). San Diego: Academic Press.
- Aguirrezábal, L., Martre, P., Pereyra-irujo, G., Echarte, M. M. & Izquierdo, N. (2015). Improving grain quality: ecophysiological and modeling tools to develop management and breeding strategies. En: Chapter 17. *Crop Physiology* (pp 423-465). DOI: 10.1016/B978-0-12-417104-6.00013-3.
- Aisawi, K. A. B., Reynolds, M. P., Singh, R. P. & Foulkes, M. J. (2015). The physiological basis of the genetic progress in yield potential of CIMMYT spring wheat cultivars from 1966 to 2009. *Crop Science*, 55, 1749-1764.
- Aliaga, V. S., Ferrelli, F. & MPiccolo, M. C. (2017). Regionalization of climate over the Argentine Pampas. *International Journal Climatology*, 37, 1237-1247.
- Bell, M. A. & Fischer, R. A. (1994). Guide to plant and crop

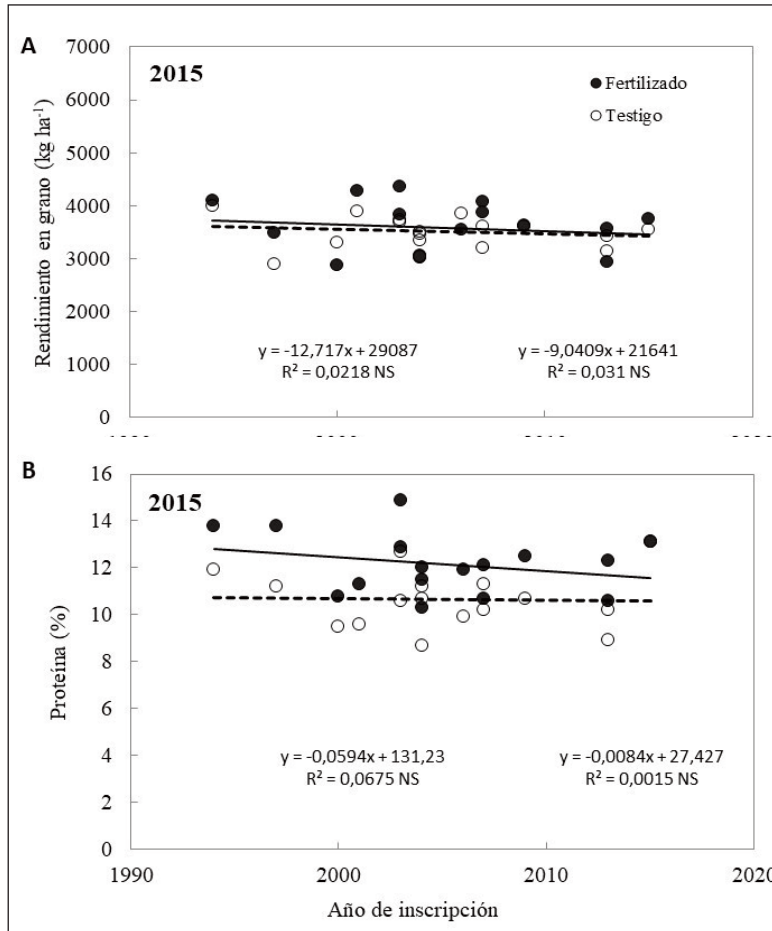


Figura 1. A. Regresión entre el año de inscripción en INASE y el rendimiento en grano de trigo pan (año 2015). B. Regresión entre en año de inscripción en INASE y el porcentaje de proteína del grano de trigo pan (año 2015).

Figure 1. A. Regression between the year of registration in INASE and the grain yield of bread wheat (year 2015). B. Regression between the year of registration in INASE and the percentage protein of bread wheat (year 2015).

sampling: measurements and observations for agronomic and physiological research in small grain cereals. Wheat Special Report 32.CIMMYT, D. F., México.

Brieva, S. S. (2007). Dinámica sociotécnica de la producción agrícola en países periféricos: configuración y reconfiguración tecnológica en la producción de semillas de trigo y soja en Argentina, desde 1970 a la actualidad. (Tesis doctoral FLACSO). <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/1018/1/TFLACSO-2007 SSB.pdf>.

Bushuk, W. (1998). Wheat breeding for end-product use.

Euphytica, 100, 137:145.

Calderini, D. F., Dreccer, M. F. & Slafer, G. A. (1995). Genetic improvement in wheat yield and associated traits: a re-examination of previous results and the latest trends. *Plant Breeding*, 114, 108-112.

Clarke, J. M., Campbell, C.A., Cutforth, H. W., DePauw, R. M. & Wilkleman, G. E. (1990). Nitrogen and phosphorus uptake, translocation, and utilization efficiency of wheat in relation to environment and cultivar yield and protein levels. *Canadian Journal of Plant Science*, 70, 965-977.

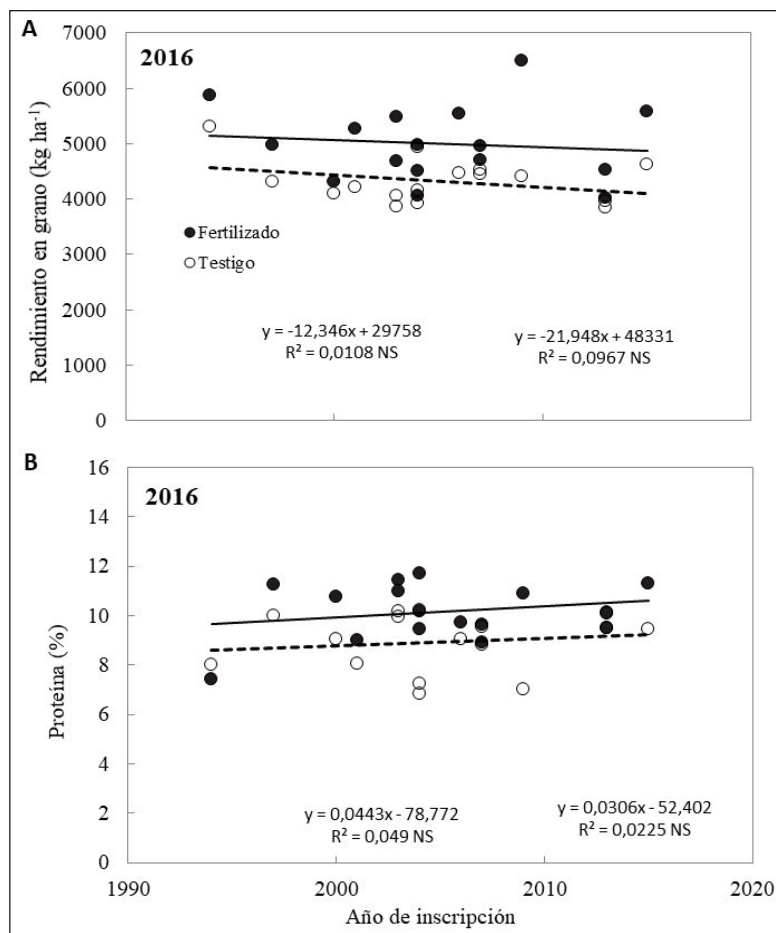


Figura 2. A. Regresión entre el año de inscripción en INASE y el rendimiento en grano de trigo pan (año 2016). B. Regresión entre en año de inscripción en INASE y el porcentaje de proteína del grano de trigo pan (año 2016).

Figure 2. A. Regression between the year of registration in INASE and the grain yield of bread wheat (year 2016). B. Regression between the year of registration in INASE and the percentage protein of bread wheat (year 2016).

Cuniberti, M. (2004). Propuesta de Clasificación del Trigo Argentino. IDIA XXI, INTA Marcos Juárez. 6, 21-25.

de la Horra, A. E., Seghezzo, M. L., Molfese, E., Ribotta, P. D. & León, A. E. (2012). Indicadores de calidad de las harinas de trigo: índice de calidad industrial y su relación con ensayos predictivos. *Agriscientia*, 29, 81-89.

Del Campo, N., Serra, M., Quiriban, A., Castaño, M., Fernández, M. Á. y Pereyra Cardozo, M. (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*, 27,37-50.

Delzer, B. W., Busch, R. H. & Hareland, G. A. (1995). Recurrent selection for grain protein in hard red spring wheat. *Crop Science*, 35, 730-735.

De Vita, P., Li Destri Nicosia, O., Nigro, F., Platani, C., Riefolo, C., Di Fonzo, N. & Cattivelli, L. (2007). Breeding progress in morpho-physiological,

- agronomical and qualitative traits of durum wheat cultivars released in Italy during the 20th century. *European Journal of Agronomy*, 26, 39-53.
- Díaz, R. A. & Mormeneo, I. (2002). Zonificación del clima de la Región Pampeana mediante análisis de conglomerados con consenso. *Revista Argentina de Agrometeorología*, 2, 125-131.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. (2018). InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Dube, E., Kilian, W., Mwadzingeni, L., Sosibo, N. Z., Barnard, A. & Tsilo, T. J. (2018). Genetic progress of spring wheat grain yield in various production regions of South Africa. *South African Journal of Plant and Soil*, 36, 33-39.
- Dreccer, M., Ruiz, R., Maddoni, G. & Satorre, E. (2012). Bases ecofisiológicas de la nutrición en los cultivos de grano. En Facultad de Agronomía UBA (ed). Buenos Aires: UBA.
- Espitia Rangel, E., Villaseñor, H., Peña, E., Roberto, J., Huerta, J. & Limón, A. (2004). Calidad industrial de trigos harineros mexicanos para temporal. II. Variabilidad genética y criterios de selección. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27, 41-47.
- Evans, L. T. & Wardlaw, I. F. (1976). Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. *Advances in Agronomy*, 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, Arentina.
- Fowler, D. B., Brydon, J., Darroch, B. A., Entz, M. H. & Johnston, A. M. (1990). Environment and genotype influence on grain protein concentration of wheat and rye. *Agronomy Journal*, 82, 666-664.
- Frederick, J. R. & Bauer, P. (1999). Physiological and numerical components of wheat yield. p. 45-65. En E. H. Satorre & G. A. Slafer (eds.). *Wheat ecology and physiology of yield determination*. New York, EEUU: Food Products Press.
- García Lamothe, A. (2006). El efecto de la nutrición mineral sobre el rendimiento y la calidad del grano de trigo. Serie de Actividades de Difusión. *INIA*, 444, 8-22.
- Graybosch, R. A. & Peterson, C. J. (2010). Genetic improvement in winter wheat yields in the Great Plains of North America, 1959–2008. *Crop Science*, 50, 1882-1890.
- Guttieri, M. J., Ahmad, R., Stark, J. C. & Souza, E. (2000). End-use quality of six hard red spring wheat cultivars at different irrigation levels. *Crop Science*, 40, 631-635.
- Guttieri, M. J., McLean, R., Stark, J. C. & Souza, E. (2005). Managing irrigation and nitrogen fertility of hard spring wheat's for optimum bread and noodle quality. *Crop Science*, 45, 2049-2059.
- INASE (2010). Calidad industrial de variedades de trigo pan grupos de calidad. Comité de Cereales de Invierno de la Comisión Nacional de Semillas – INASE. <http://www.marcosjuarez.com/Admin/Archivos/File/2010/TRIGO.pdf>.
- INASE (2019). Calidad industrial de variedades de trigo pan grupos de calidad. Comité de Cereales de Invierno de la Comisión Nacional de Semillas – INASE. <https://www.argentina.gob.ar/inase/red-variedades-de-trigo>.
- Lerner, S. E., Arata, A. F. & Arrigoni, A. C. (2016). Relación entre eficiencia de uso del nitrógeno y calidad industrial en variedades argentinas de trigo pan (*Triticum aestivum* L.) con distinta composición de gluten. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 42, 29-40.
- Lo Valvo, P. J., Miralles, D. J. & Serrago, R. A. (2018). Genetic progress in Argentine bread wheat varieties released between 1918 and 2011: Changes in physiological and numerical yield components. *Field Crops Research*, 221, 314-321.
- Maças, B., Coutinho, J., Almeida, A., Costa, R., Pinheiro, N., Gomes, C., Coco, J., Costa, A., Bagulho, A. & Jézequel, S. (2015). Designing wheat ideotype for Portugal understanding and reducing yield gap under Mediterranean climate. Conference paper. <https://www.researchgate.net/publication/283642602>.
- Maich, R. H., Steffolani, M. E., Di Rienzo, J. A. & León, A. E. (2016). Association between grain yield, grain quality and morpho-physiological traits along ten cycles of recurrent selection in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cereal Research Communications*, 45, 1-8.
- Manes, Y., Gomez, H. F., Puhl, L., Reynolds, M. P., Braun, H. J. & Trethowan, R. M. (2012). Genetic yield gains of the CIMMYT international semi-arid wheat yield trials from 1994 to 2010. *Crop Science*, 52, 1543-1552.
- Miralles, D. J. & Slafer, G. A. (2007). Sink limitations to yield in wheat: how could it be reduced?. *The Journal of Agricultural Science*, 145, 139-149.
- Molfese, 2017. Descripción alveográfica y farinográfica de variedades argentinas de trigo pan. Eds. INTA.
- Oury, F. X. & Godin, C. (2007). Yield and grain protein concentration in bread wheat: how to use the negative relationship between the two characters to identify favorable genotypes?. *Euphytica*, 157, 45-57.
- Pascale, A. J. & Damario, E. A. (2004). Clasificación por tipos agroclimáticos del cultivo de trigo. En A. J. Pascale & E. A. Damario (eds.) *Bioclimatología agrícola y agroclimatología* (pp. 418-436). Buenos Aires, Argentina: Facultad de Anonomía UBA.
- Saint Pierre, C., Peterson, C. J., Ross, A. S., Ohm, J. B., Verhoeven, M. C., Larson, M. & Hoefer, B. (2008). Winter wheat genotypes under different

- levels of nitrogen and water stress: Changes in grain protein composition. *Journal of Cereal Science*, 47, 407-416.
- Shellenberger, J. A. (1980). Advances in milling technology. p. 227-270. En Y. Pomeranz (Ed.). *Advances in cereal science and technology*. St. Paul, Minn, EEUU: American association cereal chemistry.
- Slafer, G.A. & F. H. Andrade. 1989. Genetic improvement in bread wheat (*Triticum aestivum*) yield in Argentina. *Field Crops Research*, 21, 289-296.
- Slafer, G.A. & Andrade, F. H. (1993). Physiological attributes related to the generation of grain yield in bread wheat cultivars released at different eras. *Field Crops Research*, 31, 351-367.
- Slafer, G., Savin, R. & Sadras, V. O. (2014). Coarse and fine regulation of wheat yield components in response to genotype and environment. *Field Crops Research*, 157, 1-83.
- Soil Survey Staff. (2014). Claves para la Taxonomía de Suelos. *Cap. 12: Molisoles*. Dpto. Agric. de USA-Serv. Conservación Rec. Nat. (12nd ed.), USDA.
- Terman, G. L. (1979). Yields and protein content of wheat grain as affected by cultivar, N, and environmental growth factors. *Agronomy Journal*, 71, 437-440.
- Waddington, S. R., Ransom, J.K., Osmanzai, M. & Saunders, D. A. (1986). Improvement in the yield potential of bread wheat adapted to northwest Mexico. *Crop Science*, 26, 698-703.
- Yang, R., Liang, X., Torrion, J. A., Walsh, O. S., O'Brien, K. & Liu, Q. (2018). The influence of water and nitrogen availability on the expression of end-use quality parameters of spring wheat. *Agronomy*, 8, 1-15. doi:10.3390/agronomy8110257.
- Zadoks, J. C., Chang, T. T. & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14, 415-421.
- Zelege, K. T. & Nendel, C. (2016). Analysis of options for increasing wheat (*Triticum aestivum* L.) yield in south-eastern Australia: The role of irrigation, cultivar choice and time of sowing. *Agricultural Water Management*, 166, 139-148.