



Trabajo Final de Graduación

Rendimiento y calidad panadera en función de la disponibilidad de agua, nitrógeno y la presencia o ausencia de aristas en *Triticum aestivum* L.

Matías Nicolás Farías y Jonathan Alexis Grosso
Autores

María Pereyra Cardozo
Director

Miguel Ángel Fernández
Co-Director

Facultad de Agronomía
Universidad Nacional de La Pampa

2016

ÍNDICE GENERAL

	Páginas
Resumen	1
Introducción	2
Materiales y Métodos	4
Resultados	6
Discusión	15
Conclusiones	19
Bibliografía	20

Índice de tablas

	Página
Tabla 1. Efecto de la remoción de la hoja bandera y de las aristas sobre el peso de 1000 granos, concentración de proteína en grano y contenido de nitrógeno por grano en 4 cultivares de trigos sometidos a la suspensión del riego en inicio de encañazón durante 21 días.	12
Tabla 2. Balance hidrológico correspondiente al año de realización del experimento.	14
Tabla 3. Efecto del genotipo, remoción de las aristas y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento, componentes del rendimiento y calidad de grano en 4 cultivares de trigos cultivados con diferente disponibilidad de nitrógeno y con o sin aristas.	16

Índice de figuras

	Página
Figura 1. Índice de verdor en cuatro genotipos de trigo, en plantas regadas y sometidas a la suspensión del riego durante 21 días desde inicio de encañazón.	9
Figura 2. Peso de 1000 granos en cuatro genotipos de trigo, en plantas regadas o sometidas a la suspensión del riego durante 21 días desde inicio de macollaje, con o sin aristas, removidas a partir de Z5.0.	10
Figura 3. Concentración de proteína en grano (%) cuatro genotipos de trigo, en plantas regadas o sometidas a la suspensión del riego durante 21 días desde inicio de macollaje, con o sin aristas, removidas a partir de Z5.0.	11
Figura 4. Contenido de nitrógeno en grano (mg N.grano ⁻¹) en cuatro genotipos de trigo, en plantas regadas o sometidas a la suspensión del riego durante 21 días desde inicio de macollaje, con o sin aristas, removidas a partir de Z5.0.	11
Figura 5. Peso de 1000 granos en plantas con y sin hojas y con y sin aristas.	13
Figura 6. Registro de precipitaciones y temperatura media durante el año de realización del experimento.	13

Resumen

El rendimiento en grano ha sido incrementado en el último siglo y los cultivares modernos frecuentemente presentan menor concentración de proteína en grano, explicado por un mayor incremento en la biomasa del grano con respecto a la mejora en la acumulación de nitrógeno. El porcentaje de proteína solamente, no determina la calidad de la harina, sino que también participa el balance entre las diferentes fracciones proteicas gliadinas y gluteninas. El objetivo del trabajo fue evaluar la calidad del grano de *Triticum aestivum* L ante diferentes condiciones de disponibilidad de agua, nitrógeno, y la presencia o ausencia de aristas. Se trabajó con cuatro genotipos: ACA 315, Baguette Premium 11, Klein Proteo y DM Cronox. Se realizaron dos experimentos en invernáculo y uno a campo. Bajo condiciones controladas se evaluó el efecto del estrés hídrico, generado por suspensión del riego al inicio de encañazón y el efecto de la supresión de las hojas y aristas. En el experimento a campo se evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada aplicada en macollaje en una dosis de 100 kg ha⁻¹ de urea, y la supresión de las aristas a partir de Z50. Luego de la cosecha se determinaron los siguientes componentes del rendimiento: espigas.m⁻², granos.espiga⁻¹, peso de 1000 granos y kg.ha⁻¹ y para evaluar la calidad panadera del grano se evaluó el contenido de proteína en grano, % de gliadinas y gluteninas, relación gliadinas/gluteninas y el test de sedimentación de Zeleny. En el experimento en invernáculo ante la reducción de la disponibilidad hídrica aumentó un 28% la concentración de proteína y el 29% el contenido de nitrógeno en grano, mientras que la remoción de las aristas redujo el 13,5% el peso del grano, y en los cultivares DM CRonox y Klein Proteo, se puso en evidencia la importancia de las aristas en condiciones de baja disponibilidad hídrica. Ante la defoliación se redujo un 19% el peso del grano y un 20% el contenido de nitrógeno en grano. En el experimento a campo, aunque no hubo diferencias entre los genotipos en el rendimiento, éstas se expresaron en los componentes, dado que el cultivar DM Cronox, presentó el mayor número de espigas.m⁻², y el menor número de granos.espiga⁻¹. Con respecto a la calidad panadera, hubo variación genotípica, emergiendo los cultivares Klein Proteo y DM Cronox, con una mejor calidad panadera indicado por el mayor valor de Zeleny. La remoción de las aristas redujo un 5,5% el peso de los 1000 granos, no modificó el % de proteínas en el grano, y se observó un comportamiento diferente en el cultivar Klein Proteo, dado que el rendimiento aumentó, disminuyó el % de gluteninas, aumentó el % de gliadinas y no varió el valor de Zeleny. En respuesta a la fertilización nitrogenada, el contenido de proteína en grano aumentó un 20%, se redujo el % de gliadinas, pasando de 68,80 en las plantas no fertilizadas a 63,04 % en las plantas fertilizadas y aumentó la concentración de gluteninas variando de 31,33 a 36,84 %, y sólo en el cultivar ACA 315, aumentó el valor de Zeleny. En este experimento al no manifestarse un mayor rendimiento en respuesta a la fertilización nitrogenada, pudo expresarse un aumento en la concentración de la proteína en el grano y modificación de las fracciones proteicas. La calidad panadera depende del genotipo y la disponibilidad de nitrógeno y puede ser mejorada en condiciones de fertilización nitrogenada al estado de macollaje. Dado que la composición proteica y la calidad panadera dependen de las condiciones climáticas y la variabilidad del suelo, es posible desarrollar prácticas de manejo para mejorar la calidad panadera de la harina de trigo.

Introducción

En los cereales C_3 , el llenado del grano está sostenido por la fotosíntesis de la penúltima, la hoja bandera y la espiga, como así también por la redistribución de los asimilados almacenados en el tallo. La contribución de la fotosíntesis de la espiga es alta, dependiendo del cultivar y de las condiciones de crecimiento, pudiendo alcanzar valores entre el 20 y 40% de la materia seca del grano maduro. Varios caracteres han sido asociados con la *performance* fotosintética de la espiga, tal como el grado de tolerancia al estrés hídrico, la refijación del CO_2 respirado y la anatomía xeromórfica de las aristas. El rol de las aristas en la fotosíntesis de las espigas de los cereales C_3 , aún no es clara (Maydup *et al*, 2010).

Martínez *et al* (2003), observaron que las aristas y las brácteas de las espigas son menos sensibles que la hoja bandera a la degradación asociada a la maquinaria fotosintética y al mantenimiento de una mayor eficiencia fotoquímica bajo déficit hídrico. Tambussi *et al*, (2005), mostraron que bajo estrés hídrico presentaron un mejor comportamiento fotosintético las espigas respecto de la hoja bandera. Eso estaría asociado al mantenimiento de un mejor nivel de agua en la espiga respecto de la hoja bandera, lo cual es explicado al menos parcialmente por un mayor ajuste osmótico y una estructura más xerófica.

La sequía redujo el rendimiento en grano en un cultivar de aristas cortas, mientras que no ocurrió en un cultivar de aristas largas, sugiriendo que la contribución de carbono de la fotosíntesis de la espiga podría representar un buffer para el llenado del grano cuando la fuente de asimilados está limitada por sequía. Aún en condiciones de no-estrés la fotosíntesis de la espiga podría hacer una importante contribución al llenado del grano (Maydup *et al*, 2010).

Li *et al* (2006), encontraron en trigo que las aristas son superiores a la hoja bandera, a nivel fisiológico y celular durante el período de llenado de grano. Aunque las aristas no pueden reemplazar totalmente a la hoja bandera como fuente de fotosintatos. Estas poseen una gran capacidad para fotosintetizar y proveer asimilados al grano durante el período del llenado de grano.

El llenado del grano en trigo está frecuentemente limitado por la fuerza de los destinos más que por la disponibilidad de asimilados. Por lo tanto, cuando hay un exceso de asimilados durante el llenado del grano la fotosíntesis aportada por las diferentes partes de la espiga podría ser de menor importancia (Maydup *et al*, 2010).

La menor altura del tallo, y por lo tanto una menor disponibilidad de asimilados a ser retranslocados, podría afectar el llenado del grano especialmente bajo condiciones de estrés, dándole más importancia a la

fotosíntesis aportada por la espiga. En consecuencia, la fotosíntesis aportada por la espiga en condiciones de estrés es importante desde dos aspectos, por una mayor importancia como fuente y por su mayor tolerancia al estrés hídrico.

Mohammadi *et al* (2009) encontraron una relación negativa entre rendimiento y contenido de clorofila. Se puede considerar esta característica como una estrategia para sobrevivir bajo condiciones de estrés hídrico. Durante el llenado del grano la disponibilidad de fotosintatos está dada por la fotosíntesis actual y la retranslocación desde los tallos. Para que esta última se manifieste debe estar limitada la otra.

Las proteínas del grano de trigo están relacionadas con propiedades únicas de su harina para la elaboración del pan y están influenciadas por el genotipo y el ambiente. Consecuentemente uno de los atributos comerciales más importantes es el porcentaje de proteína en grano (Acuña *et al*, 2005).

El rendimiento en grano ha sido incrementado en el último siglo debido principalmente, a ganancias genéticas, pero 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).

Por otra parte, ha sido demostrado que el porcentaje de proteína solamente, no determina la calidad de la harina, sino que también participa el balance entre los diferentes tipos de gliadinas y gluteninas las cuales afectan la elasticidad de la masa (Acuña *et al* 2005). Las gliadinas responden a los cambios ambientales más que las gluteninas. Estas últimas dependen en cambio, más del genotipo (Panozzo y Eagles, 2000). La relación de gliadinas/gluteninas aumenta por el estrés de nitrógeno y de agua (Kharel *et al.*, 2011). Por ello, los factores ambientales pueden afectar la composición del gluten y la calidad de la masa. En consecuencia, es importante conocer no solo la concentración de proteínas sino también su composición.

Objetivo: Evaluar en genotipos *Triticum aestivum* L. el rendimiento y la calidad del grano ante diferentes condiciones de disponibilidad de agua, nitrógeno y la presencia o ausencia de aristas.

Objetivos específicos

- 1.- Evaluar indicadores fisiológicos en hojas de genotipos de trigo de distinto comportamiento ante diferentes condiciones de disponibilidad de agua.
- 2.- Evaluar el efecto sobre la calidad de la harina, en genotipos de trigo cultivados bajo condiciones controladas y a campo en condiciones de

ausencia o presencia de aristas, diferente disponibilidad de agua y de nitrógeno.

Hipótesis

Hipótesis 1.

Existen diferencias genotípicas en los parámetros fisiológicos a evaluar asociados a la tolerancia de los genotipos a la baja disponibilidad de agua.

Predicción 1

1.1.- Los genotipos ACA 315, y Baguette Premium 11 en condiciones de baja disponibilidad de agua, tienen mayor CRA e índice de verdor que los genotipos Klein Proteo, y DM Cronox.

Hipótesis 2.

La ausencia de aristas reduce el peso del grano, modifica el contenido de proteínas en grano y la relación gliadinas /gluteninas.

Predicciones 2.

2.1.-En condiciones de baja disponibilidad de agua y ante la ausencia de aristas, los genotipos tendrán menor peso de grano.

2.2.-En condiciones de baja disponibilidad de nitrógeno y ante la ausencia de aristas, los genotipos tendrán una mayor relación gliadinas/gluteninas en grano y menor calidad panadera.

Materiales y Métodos

A partir de los datos de rendimiento de trigo en la región, se eligieron cuatro genotipos de *Triticum aestivum* L. Los genotipos: ACA 315, y Baguette Premium 11 fueron seleccionados por presentar un rendimiento más estable ante diferentes situaciones ambientales, mientras que Klein Proteo, y DM Cronox como menos estables. Los experimentos se llevaron a cabo en el invernáculo y en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de UNLPam.

Experimento en invernáculo

La siembra se realizó el 24 de junio de 2013 en macetas de 7 litros. Estas fueron mantenidas a capacidad de campo y el seguimiento del contenido de humedad del suelo se hizo por el método gravimétrico. Posteriormente, el experimento se dividió en dos grupos.

Experimento A. Este experimento tuvo por objetivo evaluar el efecto de la disponibilidad de agua y de la presencia de aristas. Para ello, en el estado

de Z31 (Zadoks *et al* 1974), se le suspendió el riego durante 21 días. Posteriormente, todas las macetas fueron regadas y a partir de Z50 (Zadoks *et al* 1974), se cortaron con tijera, las aristas a medida que emergieron. Estos tratamientos fueron aplicados a la mitad de las macetas de cada cultivar. Al finalizar el período de suspensión del riego, en las hojas se determinó el índice de verdor con el SPAD (Minolta 502) y el Contenido Relativo de agua (CRA), para lo cual inmediatamente después del muestreo, se determinó el peso fresco de discos de hojas de 8 mm, (PF), posteriormente se mantuvieron flotando durante de 4 horas en agua destilada a fin de determinar el peso turgente (PT), y luego fueron secados a 80°C durante 24 horas para conocer el (PS). El CRA se expresó en porcentaje (%) y se calculó según la siguiente fórmula: $100 (PF - PS) / (PT - PS)$. El diseño experimental fue totalmente aleatorizado con 4 cultivares, dos niveles de disponibilidad de agua, dos niveles de aristas (con y sin aristas) y 4 repeticiones.

Experimento B. Este experimento tuvo por objetivo evaluar el efecto de la presencia de hojas y aristas. Para ello, al estado de Z31 (Zadoks *et al* 1974), se cortaron las hojas y a partir de Z50 (Zadoks *et al* 1974), se cortaron con tijera, las aristas a medida que emergieron. Estos tratamientos fueron aplicados a la mitad de las macetas de cada cultivar. El diseño experimental fue totalmente aleatorizado de 4 cultivares, dos niveles de disponibilidad de hojas (con y sin hojas), dos niveles de aristas (con y sin aristas) y 4 repeticiones.

En ambos experimentos, la cosecha se realizó en forma manual y se determinó el peso de los 1000 granos, la concentración de proteína en grano (%) y el contenido de nitrógeno en grano (mg N/grano). Los datos fueron analizados con el software InfoStat (Di Rienzo *et al* 2008).

Experimento a campo

En el experimento a campo se trabajó en parcelas de 1,4 metros de ancho por 6 metros de largo. El contenido de humedad del suelo se determinó por gravimetría en las siguientes fechas: 3/06, 3/07, 01/08, 20/09, 18/10, 4/11 y 4/12 del 2013 tomando la muestra entre los 0-30, 30-60, 60-100 y 100-140 centímetros de profundidad del suelo. En el momento de sembrar se fertilizó con 100 Kg ha⁻¹ de fosfato diamónico.

Al estado de macollaje, se fertilizó la mitad de cada parcela con urea, en una dosis de 100 kg ha⁻¹. Posteriormente, cercano a anthesis, se cortaron las aristas, a medida que emergían, de un grupo de plantas de cada parcela. La cosecha manual se realizó luego de madurez fisiológica el 10 de diciembre del 2013. Se determinó: espigas.m⁻², granos.espiga⁻¹, peso de 1000 granos y kg.ha⁻¹. Para evaluar la calidad industrial del grano se determinó el contenido de proteína en grano, % de gliadinas y gluteninas, siguiendo la técnica de Suchy *et al* (2007), relación gliadinas/gluteninas y el test de sedimentación de Zeleny.

El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizado con cuatro repeticiones. Los factores de estudio fueron los 4 genotipos, dos niveles de disponibilidad de nitrógeno y 2 niveles de aristas (con y sin aristas). Los datos fueron analizados con el software InfoStat (Di Rienzo *et al* 2008).

Resultados en invernáculo

Experimento A

Contenido relativo de agua (CRA)

El CRA disminuyó significativamente ($p < 0,05$) en las hojas de las plantas sometidas a la suspensión del riego, variando desde un 84,53% a 58,22% en las hojas de las plantas regadas y las sometidas a la suspensión del riego respectivamente y no se encontraron diferencias entre los genotipos en estudio.

Índice de verdor

Con respecto al índice de verdor, no se encontraron diferencias significativas debido a los genotipos y a la disponibilidad de agua. (Figura 1).

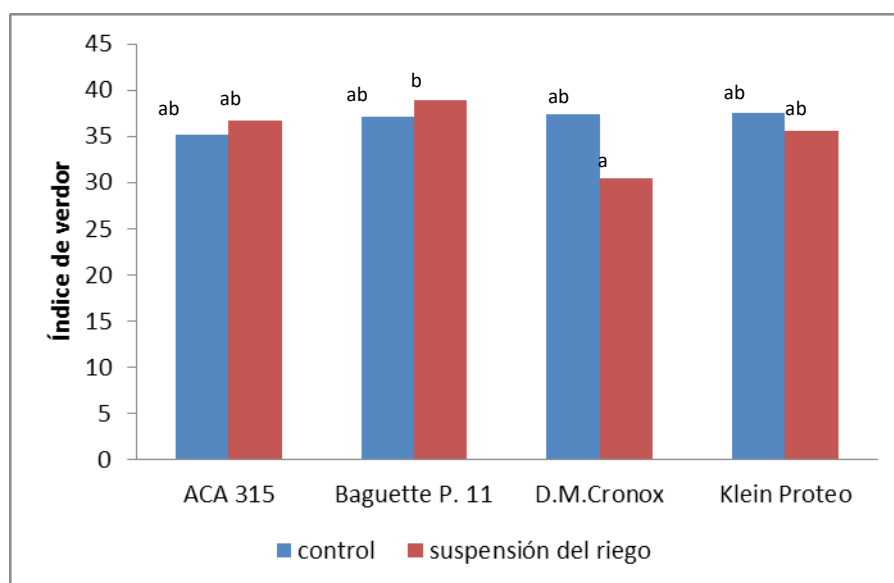


Figura 1. Índice de verdor en cuatro genotipos de trigo, en plantas regadas y sometidas a la suspensión del riego durante 21 días desde inicio de encañazón.

El peso de los 1000 granos no fue afectado por la disponibilidad de agua. Por otra parte, la remoción de las aristas redujo un 13,5 % el peso de 1000 semillas. La variedad DM Cronox presentó la mayor diferencia disminuyendo de 31,04 a 22,16 gramos al suprimir las aristas (Figura 2).

Con respecto a la concentración de proteína en grano el cultivar Klein Proteo, expresó la mayor concentración de proteína en grano respecto del

resto de los genotipos. También se observó un aumento significativo ($p < 0.05$) del 28% al disminuir la disponibilidad de agua. Además en DM Cronox, en los granos de las plantas no regadas con aristas hubo un aumento del 55% respecto de las regadas sin aristas. También en Klein Proteo en los granos de las plantas no regadas y sin aristas aumentó un 37% respecto de aquellos provenientes de plantas regadas con y sin aristas (Figura 3).

El contenido de N por grano aumentó significativamente por efecto de la suspensión del riego, variando de 0.58 a 0.75 mg N.grano⁻¹. La remoción de las aristas redujo en un 13% el contenido de nitrógeno en grano. La interacción genotipo aristas fue significativa ($p < 0.05$) debido a que la respuesta del cultivar DM Cronox fue diferente del resto de los genotipos. En DM Cronox se observó una reducción del 32% en el contenido de nitrógeno en grano al remover las aristas, lo cual no se expresó en los otros cultivares (Figura 4).

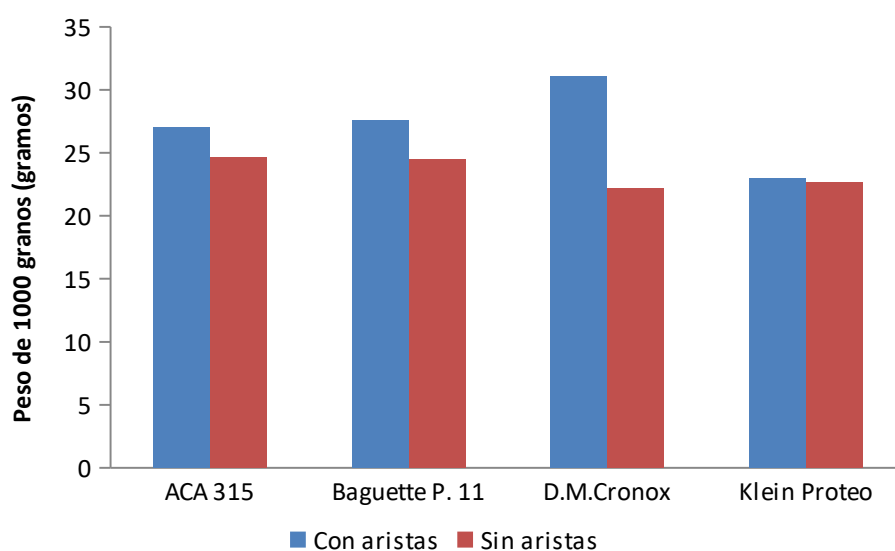


Figura 2. Peso de 1000 granos en cuatro genotipos de trigo, en plantas regadas o sometidas a la suspensión del riego durante 21 días desde inicio de macollaje, con o sin aristas, removidas a partir de Z5.0. Las letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

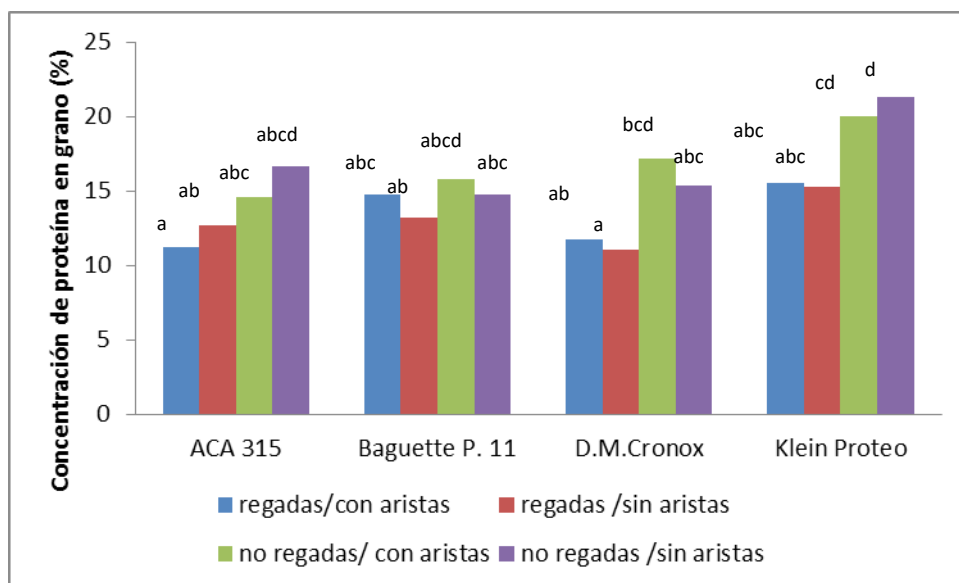


Figura 3. Concentración de proteína en grano (%) cuatro genotipos de trigo, en plantas regadas o sometidas a la suspensión del riego durante 21 días desde inicio de macollaje, con o sin aristas, removidas a partir de Z5.0. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$).

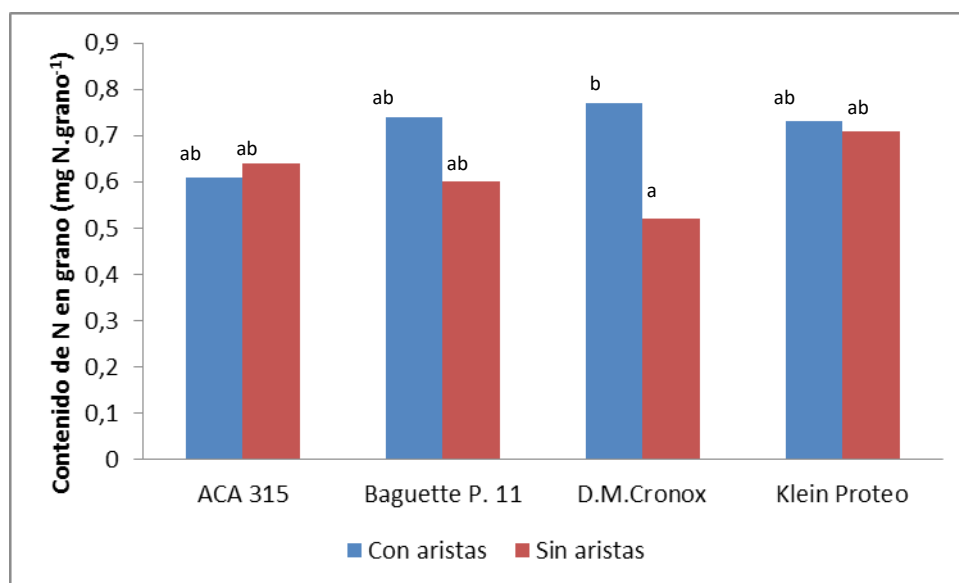


Figura 4. Contenido de nitrógeno en grano (mg N.grano⁻¹) en cuatro genotipos de trigo, en plantas regadas o sometidas a la suspensión del riego durante 21 días desde inicio de macollaje, con o sin aristas, removidas a partir de Z5.0. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$).

Experimento B

El peso de los granos se redujo significativamente ($p < 0.05$) un 19 % por la defoliación, pasando de 31,70 a 25,50 gramos y un 7% por la remoción de las aristas, variando de 29,70 a 27,51 gramos. El comportamiento de los genotipos al remover las hojas y/o las aristas fue diferente ($p < 0.05$). En ACA 315 hubo una reducción del 29% al remover las hojas. En los otros dos genotipos no hubo diferencias entre los tratamientos (Tabla 1 y Figura 5).

Klein proteo presentó una mayor concentración de proteínas en el grano, respecto del resto de los cultivares ($p < 0,05$). Mientras que no hubo efecto de la remoción de las hojas y aristas (Tabla 1).

En el contenido de nitrógeno en grano, no hubo diferencias entre los genotipos, no se modificó por efecto de la remoción de las aristas y se redujo un 20% por la defoliación pasando de 0.73 a 0.59 mN.grano^{-1} . Al ser removidas las hojas en el cultivar ACA 315, se observó un comportamiento diferente respecto del resto de los genotipos, dado que se redujo el 32% el contenido de nitrógeno (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto de la remoción de las hojas y de las aristas sobre el peso de los 1000 granos, concentración de proteína en grano y contenido de nitrógeno por grano en 4 cultivares de trigo.

Remoción de la hoja bandera						
	Peso de los 1000 granos		% proteína en grano		mg N grano ⁻¹	
Cultivares	A	B	A	B	A	B
ACA 315	36,72 e	26,16abcd e	13,07abc d	12,17ab c	0,80b	0,54a
Baguette P. 11	29,82abcd e	27,46abcd e	13,78bcd	13,97cd	0,70a b	0,63a
D.M. Cronox	32,30bcde	34,01cde	11,05a	11,37ab	0,65a b	0,55a
Klein Proteo	28,34abcd e	22,75ab	14,66cd	15,37d	0,76a b	0,63a b

Remoción de las aristas						
	Peso de los 1000 granos		% proteína en grano		mg N grano ⁻¹	
Cultivares	A	C	A	C	A	C
ACA 315	36,72 e	32,50bcde	11,99abc	13,25ab c	0,67 a	0,68 a
Baguette P. 11	29,82abcd e	28,20abcd e	14,01cd	13,74bc d	0,70 a	0,63 a
D.M. Cronox	32,30bcde	34,86de	11,08a	11,34ab	0,64 a	0,56 a
Klein Proteo	28,34abcd e	30,90abcd e	15,80d	14,23cd	0,71 a	0,68 a

A= control, B= remoción de hoja bandera, C= remoción de las aristas
 Las hojas fueron removidas en inicio de encañazón y las aristas a partir de Z50. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para cada variable ($p < 0.05$).

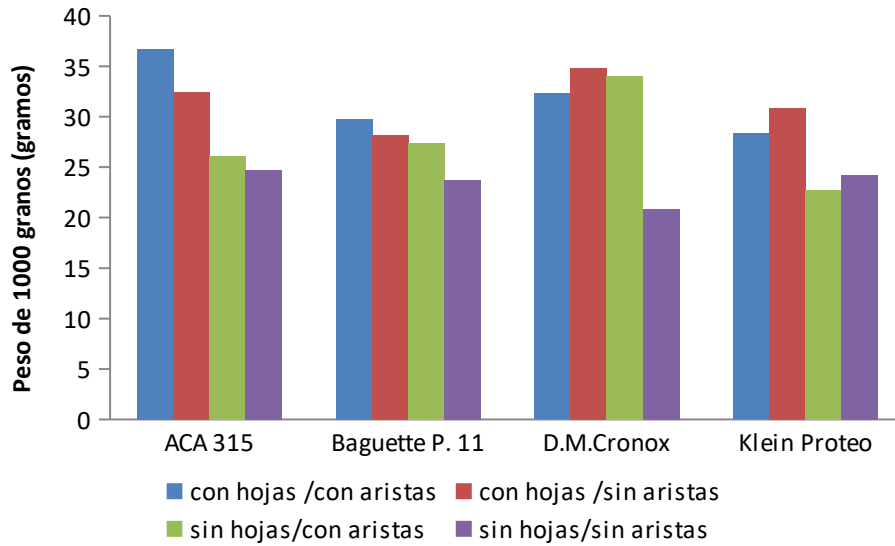


Figura 5. Peso de 1000 granos en plantas con y sin hojas y con y sin aristas. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$).

Resultados a campo

En la Figura 6 se observan los datos de precipitaciones y temperatura durante el año de realización del experimento.

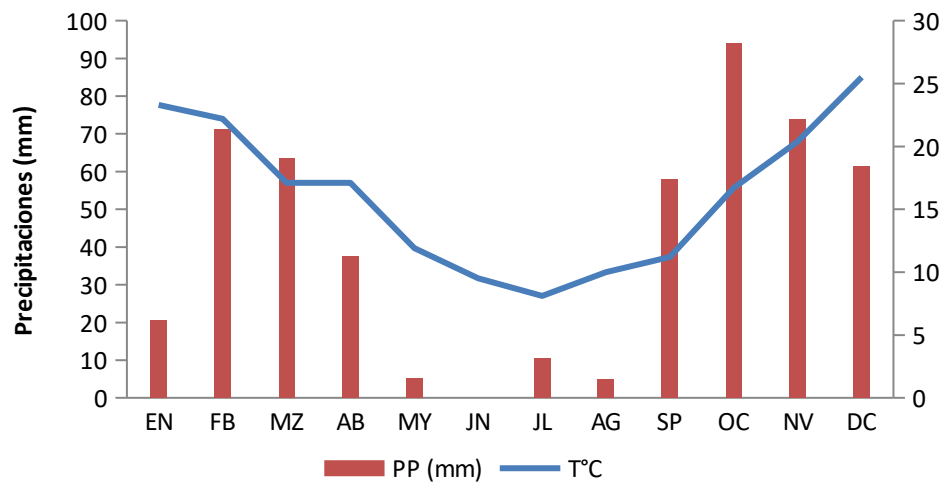


Figura 6. Registro de precipitaciones y temperatura media durante el año de realización del experimento.

Durante el período de crecimiento del cultivo, si bien hubo déficit de agua en el suelo se puede ver que ocurrieron altas precipitaciones especialmente en septiembre y octubre, lo cual produce una recarga del suelo (Tabla 2).

Tabla 2. Balance hidrológico correspondiente al año de realización del experimento. Vergara y Casagrande (2002), período 1977-2001.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
ETP (mm)	135	107	89	52	31	16	15	25	39	67	94	127
Precipitaciones (mm)	20,5	71,3	63,5	37,6	5,1	0	10,5	4,9	58	94,1	73,9	61,5
P-EP	-114,5	-35,7	-25,5	-14,4	-25,9	-16	-4,5	-20,1	19	27,1	-20,1	-65,5
sumatoria-(P-EP)	-639,1	-674,8	-700,3	-714,7	-740,6	-756,6	-761,1	-781,2		-439	-459,1	-524,6
almacenaje	35	31	28	27	25	24	23	22	41	68	64	51
Variación almacenaje	-16	-4	-3	-1	-2	-1	-1	-1	19	27,1	-4	-13
ETR	36,5	75,3	66,5	38,6	7,1	1	11,5	5,9	39	67	77,9	74,5
exceso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Déficit	98,5	31,7	22,5	13,4	23,9	15	3,5	19,1	0	0	16,1	52,5

ETP: Evapotranspiración potencial determinada por el método de Thornthwaite (1948).

Elaborado en base a datos del Gobierno de la Provincia de La Pampa (2006) del período 1921-2002.

Aunque no hubo diferencias entre los genotipos en el rendimiento ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), surgen diferencias entre los cultivares en otros componentes del rendimiento, dado que el cultivar DM Cronox, presentó el mayor número de espigas. m^{-2} , y el menor número de granos.espiga $^{-1}$. Con respecto a la calidad panadera, hubo variación genotípica, emergiendo los cultivares Klein Proteo y DM Cronox, con una mejor calidad panadera indicado por el mayor valor de Zeleny. Sin embargo, esta respuesta no pudo asociarse con el contenido de proteínas, dado que DM Cronox tuvo el mayor valor de la relación gliadinas/gluteninas, explicada por el mayor % de gliadinas y el menor % de gluteninas, de manera que se hubiese esperado un menor valor de Zeleny. Por otra parte, Klein Proteo, presenta el mayor valor de Zeleny, y puede asociarse con una baja relación gliadinas/gluteninas (Tabla 3).

La remoción de las aristas redujo un 5,5% ($p < 0.05$) el peso de los 1000 granos, variando los valores medios de 30,22 a 28,56 gramos en las espigas con y sin aristas respectivamente. Por otra parte, la supresión de las aristas tuvo un efecto diferencial en el cultivar Klein Proteo. Dado que en este genotipo al ser cortadas las aristas el rendimiento ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) aumentó ($p < 0.05$), disminuyó el % de gluteninas, aumentó el % de gliadinas y en consecuencia aumentó la

relación gliadinas/gluteninas, pero no hubo cambios en el valor de Zeleny (Tabla 3).

El contenido de proteína en grano aumentó un 20%, pasando de 12,96 a 15,65 % cuando se fertilizó ($p < 0,05$). En Baguette P. 11, ACA 315 y Klein Proteo se redujo significativamente ($p > 0,05$) la relación gliadinas/gluteninas, mientras que aumentó en DM Cronox. Esta respuesta estuvo asociada a la variación del % de gluteninas y gliadinas. Con la fertilización aplicada en macollaje se redujo el % de gliadinas, pasando en promedio, de 68,80 en las plantas no fertilizadas a 63,04 % en las plantas fertilizadas ($p > 0,05$) y aumentó la concentración de gluteninas pasando de 31,33 a 36,84 % ($p > 0,05$). Por otra parte, en el cultivar ACA 315, se observó una mejora en la calidad panadera en respuesta a la fertilización nitrogenada expresada en el valor de Zeleny.

Tabla 3. Efecto del genotipo, remoción de aristas y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento, componentes del rendimiento y calidad de grano en 4 cultivares de trigos cultivados con diferente disponibilidad de nitrógeno y con o sin aristas. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para cada variable ($p < 0.05$).

Efecto del genotipo

Cultivares	Kg.ha ⁻¹	Espigas. m ⁻²	Granos.espiga ⁻¹	Peso de 1000 granos (gramos)	% proteína en grano	Gliadinas/gluteninas	% gluteninas	% gliadinas	Test Zeleny vol cm ⁻³ . gr masa ⁻¹
Baguette P. 11	3575,68 a	376,43 a	32,39 c	28,74 a	14,88 a	1,64 a	38,52 b	61,45 a	16,50 a
ACA 315	3559,51 a	422,14 a	26,84 a	29,93 a	13,82 a	2,23 bc	31,64 ab	68,06 b	17,50 b
Klein Proteo	3658,02 a	377,86 a	31,09 bc	30,82 a	14,11 a	1,92 ab	35,49 ab	64,07 a	18,88 c
D M Cronox	4037,48 a	520,72 b	28,39 ab	28,07 a	14,39 a	2,45 c	30,69 a	70,11 b	18,22 bc

Efecto de la remoción de las aristas

Cultivares	Kg.ha ⁻¹		Espigas.m ⁻²		Granos.espiga ⁻¹		Peso de 1000 granos	
	A	C	A	C	A	C	A	C
Baguette P. 11	3875,18ab	3276,19ab	377,14ab	375,71ab	33,06d	31,71bcd	30,69 a	26,80 a
ACA 315	4091,55ab	3027,47a	452,86bcd	391,43ab	27,53ab	26,16a	31,68 a	28,17 a
Klein Proteo	3030,53a	4285,51b	337,14a	418,57abc	29,90abcd	32,29cd	30,39 a	31,25 a
D.M. Cronox	3959,80ab	4115,16ab	511,43cd	530,00d	28,45abc	28,33abc	28,12 a	28,02 a

Cultivares	% proteína en grano		Gliadinas/gluteninas		% gluteninas		% gliadinas		Test Zeleny	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
Baguette P. 11	15,12a	14,64a	1,60 a	1,68 a	39,07cd	38,02bcd	60,92ab	61,97abc	16,51a	16,49a
ACA 315	13,57a	14,07a	2,35 b	2,10 ab	30,31a	33,56abc	69,69d	66,44bcd	17,27ab	17,73abc
Klein Proteo	14,54a	13,68a	1,58 a	2,25 b	40,87d	31,77ab	59,91a	68,22cd	19,02c	18,74bc
D.M. Cronox	14,91a	13,86a	2,44 b	2,46 b	29,12a	30,64a	70,87d	69,36d	18,03abc	18,41bc

de las aristas.

A= control, C= remoción

Efecto de la fertilización nitrogenada

Cultivares	Kg.ha ⁻¹		Espigas.m ⁻²		Granos.espiga ⁻¹		Peso de 1000 granos	
	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F
Baguette P. 11	3530,24a	3621,13a	375,71a	377,14a	32,48b	32,30b	28,77 a	28,72 a
ACA 315	3280,64a	3838,38a	410,00ab	434,29ab	25,21a	28,48ab	30,55 a	29,31 a
Klein Proteo	3387,91a	3928,13a	354,29a	401,43ab	30,38ab	31,81ab	30,93 a	30,70 a
D.M. Cronox	3713,91a	4361,06a	494,29ab	547,14b	26,81ab	29,96ab	28,79 a	27,35 a

% proteína en grano Gliadinas/gluteninas % gluteninas % gliadinas Test Zeleny

Cultivares	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F
Baguette P. 11	13,36abc	16,40c	1,92bcd	1,36a	34,26cd	42,84e	65,73cd	57,16a	16,47a	16,53a
ACA 315	12,40a	15,25abc	2,64e	1,81abc	27,64ab	36,23d	72,36ef	63,77bc	16,69ab	18,81c
Klein Proteo	13,38abc	14,84abc	2,42de	1,41ab	29,64abc	43,01e	70,35def	57,78ab	18,95c	18,81c
D.M. Cronox	12,69 ab	16,09bc	2,08cd	2,82e	33,23bcd	26,53a	66,77cde	73,46f	18,24bc	18,20bc

fertilizado

NF= no fertilizado, F=

Discusión

La relación fuente-destino entre los órganos fotosintéticos y los granos se puso en evidencia dado que al reducir el área fotosintetizante disminuyó el peso de los granos. En este estudio al remover las hojas y las aristas hubo una reducción del peso de los 1000 granos, siendo mayor el efecto de las hojas respecto de las aristas, a diferencia de lo observado por Ali *et al* (2010). Mientras que en el experimento a campo debido a la remoción de las aristas disminuyó un 5.5% el peso de los 1000 granos. Las aristas aumentan la capacidad de las plantas de capturar una mayor radiación lumínica y mayor fijación de CO₂ (Li *et al* 2006), dado que incrementan la superficie de la espiga entre un 36-59% y la intercepción de la energía lumínica en un 4%. Las aristas juegan un rol dominante en contribuir a un mayor tamaño de grano y mayor rendimiento (Li *et al*, 2006). Dado que las aristas también tienen la ventaja de estar localizadas cerca del grano, el recorrido de los fotoasimilados es corto, por lo tanto la ocurrencia de fotosíntesis en las aristas es más importante que su capacidad fotosintética. Las aristas tienen mayor actividad fotosintética durante el período final del llenado del grano y tienen un importante rol en la producción de asimilados, tal como la acumulación de almidón, lípidos y proteínas durante el desarrollo de la semilla haciendo una sustancial contribución al llenado del grano, explicando la disminución del peso del grano al ser removidas (Li *et al* 2006).

Alí *et al* (2010) encontraron que la remoción de la hoja bandera y las aristas redujeron el 11.8 y 12,63% respectivamente el peso de los 1000 granos. Por ello expresan que el área de la hoja bandera y las aristas podrían ser utilizadas como marcadores morfológicos para alto rendimiento en trigo. Dado que la remoción de estos órganos afecta el rendimiento en grano y sus parámetros asociados, sugieren a estos caracteres como un importante criterio para seleccionar para alto rendimiento en grano en trigo.

Otra característica positiva de las aristas es su tolerancia al déficit hídrico, dado que, bajo sequía, pueden sostener un mayor contenido relativo de agua que la hoja bandera; y se ha encontrado una correlación positiva, bajo condiciones de secano, entre el tamaño de las aristas y la contribución de la espiga durante el llenado de los granos (Maydup, 2013). En nuestro experimento no se puso en evidencia el rol de las aristas, en condiciones de baja disponibilidad hídrica. Esta respuesta puede explicarse por el hecho de que la suspensión del riego se aplicó en inicio de encañazón. Si hubiera ocurrido durante el período de llenado de grano, la respuesta podría haber sido diferente.

En esta experiencia, queda en evidencia la diferencia genotípica, respecto de la importancia de las hojas en relación a las aristas como determinantes del peso del grano. En las plantas con hojas no se modifica el

peso del grano al eliminar las aristas. Por otra parte, en las plantas sin hojas, al eliminar las aristas se reduce el peso del grano (Tabla 1 y Figura 5). De manera que, cuando no están presentes las hojas emerge el aporte de las aristas. Las aristas permanecen funcionalmente activas durante el periodo de llenado de grano y hacen contribuciones adicionales a la producción de asimilados, cuando las hojas senescen y su actividad fotosintética disminuye (Li *et al* 2006). No obstante, nuestros resultados muestran que no hay asociación entre la presencia o ausencia de aristas y la pérdida de rendimiento en condiciones de sequía al igual que lo informado por Foulkes *et al* (2007). Los genotipos DM Cronox y Klein Proteo tuvieron la mayor reducción del peso del grano al disminuir la disponibilidad de agua (Figura 2) lo cual puede asociarse con una menor tolerancia al estrés. DM Cronox, además presentó el menor valor del índice de verdor y es en el único genotipo en el que disminuye significativamente por efecto de la suspensión del riego (Figura 1). Esta respuesta se asocia a lo observado por Quiriban *et al* (2016), quienes encontraron que DM Cronox expresó un incremento del contenido de clorofila y el mantenimiento de la relación clorofila a/b al disminuir la disponibilidad de agua, asociando esta respuesta a una menor tolerancia a la baja disponibilidad de agua.

La mayor capacidad fotosintética de la espiga que la hoja bandera bajo condiciones de estrés, está relacionada con el mantenimiento de un mejor contenido hídrico de la espiga que la hoja bandera, lo cual es en parte explicado por una mayor capacidad de ajuste osmótico y una estructura xerofítica (Tambussi, *et al* 2005). La fotosíntesis de la espiga contribuye al rendimiento en grano entre un 13-33% en ausencia de estrés, y aumenta hasta 22-45% bajo condiciones con limitaciones (Maydup *et al* 2010). Por otra parte, el contenido de proteína en grano no se modificó al remover las hojas o las aristas a diferencia de lo observado por Borghi *et al* (1986), quienes encontraron una reducción del 20% en el contenido de proteína en grano al remover la hoja bandera en trigo.

En nuestro experimento hubo un aumento del 29% en la concentración de proteínas en grano por efecto de la disminución de la disponibilidad hídrica en inicio de encañazón, al igual que lo observado por Quiriban *et al* 2015. Esta respuesta coincide con el aumento del 23,2% en la concentración de proteínas en plantas de trigo sometidas a estrés hídrico después de anthesis (Balla *et al* 2011). Quiriban *et al* (2015) encontraron en plantas de trigo sometidas a la suspensión del riego en inicio de encañazón que la concentración de proteínas estuvo relacionada negativamente ($R^2= 0,58$) y el contenido de nitrógeno (mgN.grano^{-1}) positivamente ($R^2= 0,76$) con el peso del grano. Esta respuesta puede asociarse a que la reducción de los destinos afecta menos la acumulación de nitrógeno que la de carbohidratos en el grano, resultando en un incremento de la concentración de nitrógeno (Borghi *et al* 1986) aunque disminuye el contenido de nitrógeno por grano.

Triboi y Triboi-Blondel (2002), expresan que si la estructura de la canopia es modificada por la sequía previa a la antesis, la respuesta dependerá de la relación fuente – destino. De esta manera, si el número de granos por planta disminuye, ocurre un efecto de compensación y se mantiene la concentración de proteína por grano; incluso puede aumentar, dado que la relación fuente – destino de nitrógeno es alta, llevando a un aumento en la concentración de proteína en el grano.

En condiciones de baja fertilidad la mayoría del nitrógeno que se acumulará en el grano está presente en la planta en el momento de floración, mientras que en suelos ricos en nitrógeno, más de la mitad del nitrógeno depositado en el grano, es tomado durante el llenado del grano. La planta de trigo tiene aptitud para translocar nitrógeno al grano dependiendo de las condiciones ambientales y además existe variabilidad genética para la acumulación y removilización de nitrógeno dentro de la planta (Borghetti *et al* 1986). El hecho de que al eliminar las hojas y aristas no se haya modificado la concentración de la proteína en el grano podría explicarse por la capacidad de seguir absorbiendo nitrógeno durante el período de llenado del grano. En nuestro experimento observamos que si se reduce el número de destinos aumenta la concentración de proteína en grano. Por otra parte, si se reduce el tamaño de la fuente, no afecta la concentración de proteína en grano. La eficiencia de translocación del nitrógeno depende más de la demanda de nitrógeno del grano que de la capacidad de los órganos vegetativos de translocar eficientemente nitrógeno al grano. Nuestros resultados no nos permiten afirmar el rol de la fuente como determinante de la concentración de la proteína en grano.

La contribución de la espiga al llenado del grano es probable que aumente en el futuro bajo condiciones de alta concentración de CO₂ atmosférico y sequía. Además, el futuro aumento del número de granos por espiga y / o el incremento del peso del grano por mejora genética, aumentará la demanda de los destinos, lo cual requerirá un aumento de la disponibilidad de asimilados para el llenado del grano. La selección de cultivares con mayor actividad fotosintética en la espigas, por ejemplo espigas con aristas largas, ayudaría a cubrir la necesidad de asimilados (Maydup *et al* 2010).

En el experimento realizado a campo aunque no se encontraron diferencias en el rendimiento entre los cultivares, éstas emergieron en la calidad panadera y en la composición proteica del grano. La fertilización nitrogenada estuvo asociada a un incremento del 20% en la concentración de proteína en grano, en la mejora del test de Zeleny para el cultivar ACA 315, y una mejora en la relación gliadinas/ gluteninas debido a un aumento en la concentración de gluteninas. No obstante, no hubo efecto de la fertilización sobre el peso de 1000 semillas y el número de granos se incrementó. Esto podría sugerir que si bien la fertilización favoreció la fijación del número de

granos, el déficit de agua registrado en los últimos meses del ciclo del cultivo (Figura 6), durante el llenado de grano, no permitió alcanzar un elevado peso de los mismos (Melaj *et al* 2012).

Teniendo en cuenta la calidad panadera debida a un componente genético, las variedades de trigo han sido categorizadas en tres Grupos de Calidad. Cada Grupo de Calidad se diferencia entre sí por parámetros reológicos como la fuerza panadera, la estabilidad de las masas y el volumen de pan. Estos parámetros de difícil medición están contenidos en la variedad sin necesidad de realizar el análisis de laboratorio previo a la clasificación que llevaría mucho tiempo (Cuniberti, 2011). En base a esta clasificación los genotipos ACA 315 y Klein Proteo pertenecen al Grupo I, mientras que Baguette Premium 11 y DM Cronox, al grupo II. El índice de Zeleny es un parámetro importante para la calidad panadera, sus valores bajos resultan en panes más densos con volúmenes más pequeños (Balla *et al* 2011). Por ello, es de esperar que los valores de Zeleny de los genotipos ACA 315 y Klein Proteo, sean mayores respecto de los otros dos cultivares, sin embargo este resultado no fue encontrado en nuestro experimento, y no pueden asociarse a las características del ambiente de estudio dado que según Cuniberti el ranking de variedades se mantiene independientemente del ambiente de cultivo.

La proteína más abundante en el trigo es el gluten (78–85% del total de proteína), el cual está compuesto por gliadinas y gluteninas. La cantidad relativa de gliadinas y gluteninas tiene un fuerte impacto sobre la calidad panadera, dado que la masa de harinas con alto contenido de gluteninas tiene buena elasticidad y estabilidad, mientras que el pan hecho con harinas con alto contenido de gliadinas tiende a tener menor volumen (Kharel *et al* 2011). El patrón de acumulación de gliadinas y gluteninas en el grano puede ser afectado por el estrés y la disponibilidad de nitrógeno (Daniel y Triboi, 2002). Este estudio muestra que la fertilización nitrogenada redujo la relación gliadinas/gluteninas, aumentó el % de gluteninas y redujo el % de gliadinas en tres de los cultivares en estudio, sin embargo estos cambios no reflejaron una mejora en la calidad panadera, estimada por el índice de Zeleny, a excepción del cultivar ACA 315. Por otra parte, la bibliografía expresa que cuando el índice de Zeleny es menor a 15 es gluten de mala calidad, de 16-34 media calidad y mayores a 35 gluten de buena calidad, podemos ver que todas las variedades se encuentran en el rango de 16-34.

La fertilización nitrogenada requerida para un mayor rendimiento podría disminuir la calidad panadera. Por otra parte, se encuentran divergencias en la relación entre la concentración de proteínas y la calidad panadera. Acuña *et al.* (2005) expresan que el aumento en la concentración de proteínas no es un indicador de una mejora en la calidad panadera. Por su parte, de la Horra *et al* (2012) encontraron una fuerte asociación entre los porcentajes de gluten

húmedo, gluten seco, la extensibilidad de las masas y el contenido de proteínas.

En este experimento al no manifestarse un mayor rendimiento en respuesta a la fertilización nitrogenada pudo expresarse la mejora en la concentración de la proteína en el grano. Los cambios en las concentraciones relativas de los componentes proteicos coinciden con los encontrados por Park *et al* (2014) y Kharel *et al* (2011). Al igual que lo observado en nuestro experimento (Borghetti *et al* 1986), expresan que el aumento de la concentración de proteína no estuvo asociado a una mejora en la calidad panadera.

No obstante, el aumento en la concentración de proteínas en grano en trigos que crecen en ambientes semiáridos, mejora el valor nutricional y podría ser una estrategia útil para mejorar la calidad nutritiva de los granos de cereales (García del Moral *et al* 2007). La importancia nutricional de la proteína de trigo no se debe subestimar, sobre todo en los países menos desarrollados, donde el pan puede asumir una parte sustancial de la dieta (Shewry, 2009).

Conclusiones

A partir de la investigación realizada rechazamos la hipótesis uno. Mientras que la hipótesis 2 es aceptada, surgiendo las siguientes conclusiones: a) la importancia de las aristas en definir el peso de los granos, siendo mayor su efecto en condiciones de baja disponibilidad de agua y menor área foliar; b) la calidad panadera depende del genotipo y la disponibilidad de nitrógeno y puede ser mejorada en condiciones de fertilización nitrogenada al estado de macollaje; c) dado que la composición proteica y la calidad panadera dependen de las condiciones climáticas y la variabilidad del suelo, es posible desarrollar prácticas de manejo para mejorar la calidad panadera de la harina de trigo.

Bibliografía

Acuña M.L., R. Savin, J.A. Curá & G.A. Slafer. 2005. Grain protein quality in response to changes in pre-anthesis duration in wheats released in 1940, 1964 and 1994. *J. Agron. Crop Sci.* 191: 226-232.

Alí, M.A.; M. Hussain, M.I. Khan, Z. Alí, M. Zulkiffal, J. Anwar, W. Sabir and M. Zeeshan. 2010. Source-sink relationship between photosynthetic organs and grain yield attributes during grain filling stage in spring wheat (*Triticum aestivum*). *Int. J. Agric. Biol.* 12, 509-515.

Balla, K.; M. Rakszegi, L. Zhongy, F. Békés, S. Bencze and O. Veisz. 2011. Quality of Winter Wheat in Relation to Heat and Drought Shock after Anthesis. *Czech J. Food Sci.* 29, 117-128.

Borghì, B.; M. Corbellini, M. Cattaneo, M.E. Fornasari and L. Zucchelli. 1986. Modification of the sink/source relationships in bread wheat and its influence on grain yield and grain protein content. *J. Agronomy Crop Sci.* 157, 245-254.

Cuniberti, M.B. 2011. Trigo: Muestreo en precosecha y clasificación industrial de variedades argentinas. ([http://inta.gob.ar/documentos/trigo-muestreo-en-precosecha-y-clasificación-calidad-industrial](http://inta.gob.ar/documentos/trigo-muestreo-en-precosecha-y-clasificación-calidad-industrial-de-variedades-argentinas) -de -variedades argentinas).

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

Daniel C. and E. Triboi. 2002. Changes in wheat protein aggregation during grain development: effects of temperatures and water stress. *Eur. J. Agron.* 16: 1-12

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

Foulkes M.J., R. Sylvester-Bradley, R. Weightman and J.W. Snape. 2007. Identifying physiological traits associated with improved drought resistance in winter wheat. *Fields Crops Res.* 103, 11-24.

García del Moral L.F., Y. Rharrabti, V. Martos & C. Royo. 2007. Environmentally induced changes in aminoacid composition in the grain of durum wheat grown under different water and temperature regimes in a Mediterranean environment. *J. Agric. Food Chem.* 55: 8144-8151.

Kharel, T.P.; D.E. Clay, S.A. Clay, D. Beck, C. Reese, G. Carlson and H. Park. 2011. Nitrogen and water stress affect winter wheat yield and dough quality. *Agronomy Journal* 103, 1389-1396

Li, X.; H. Wang, H. Li, L. Zhang, N. Teng, Q. Lin, J. Wang, T. Kuang, Z. Li, A. Zhang and J. Lin. 2006. Awns play a dominant role in carbohydrate production during the grain-filling stages in wheat (*Triticum aestivum*). *Physiol. Plant.* 127, 701-709.

Martinez, D.E., V. M. Luquez, C.G. Bartoli and J.J. Guiamét. 2003. Persistence of photosynthetic components and photochemical efficiency in ears of water-stressed wheat (*Triticum aestivum*). *Physiol. Plant.* 119, 519-525.

Maydup, M.L.; M. Antonietta, J.J. Guiamet, C. Graciano, J.R. López and E.A. Tambussi. 2010. The contribution of ear photosynthesis to grain filling in bread wheat. *Field Crops Res.* 119, 48-58.

Maydup, M.L. 2013. Contribución de la fotosíntesis de la espiga al rendimiento de trigo pan (*Triticum aestivum*) en condiciones limitadas por la disponibilidad de asimilados post-antesis. Tesis doctoral. Instituto de Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata.

Melaj, M.A.; H.E. Echeverría, V. Arqueros, S.C. López. 2012. Efecto del momento de aplicación de urea y del sistema de labranza en la calidad y rendimiento de trigo pan. Aplicaciones Tecnológicas y Agropecuarias. Comisión Nacional de Energía Atómica. - Unidad Integrada EEA INTA Balcarce - FCA - UNMP. Granotec Argentina S.A.

Mohammadi, M. R.A. Karimizadeh and M.R. Naghavi. 2009. Selection of bread wheat genotypes against heat and drought tolerance based on chlorophyll content and stem reserves. *Journal of Agriculture & Social Sciences*, 5, 119-122.

Panozzo, J.F. and H. A. Eagles. 2000. Cultivar and environmental effects on quality characters in wheat. II. Protein. *Aust. J. Agric. Res.* 51, 629-636.

Park, H.; D. E. Clay, R. G. Hall, J. S. Rohila, T. P. Kharel, S. A. Clay and S. Lee. 2014. Winter Wheat Quality Responses to Water, Environment, and Nitrogen Fertilization, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45:14, 1894-1905, DOI: 10.1080/00103624.2014.909833.

Quiriban A.E., M. Castaño & M. Pereyra Cardozo. 2015. Relación entre la baja disponibilidad de agua en inicio de encañazón en trigo (*Triticum aestivum* L.) y la concentración de proteína en grano. *Semiárida Rev. Fac. Agron. UNLPam.* 25(2): 19-25.

Quiriban, A.; M. Castaño y M. Pereyra Cardozo. 2016. Prolina y clorofila como indicadores de tolerancia a la baja disponibilidad hídrica en trigo. XII Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales. Santa Rosa La Pampa.

Shewry, P.R. 2009. *Wheat. J.Exp.Bot.* 60: 1537-1553.

Suchy, J.; O.M. Lukow, D. Brown, R. DePauw, S. Fox and G. Humphreys. 2007. Rapid assessment of glutenin and gliadin in wheat by UV spectrophotometer. *Crop Sci.* 47, 91-99.

Tambussi, E.A.; S. Nogués, y J. L. Araus. 2005. Ear of durum wheat under water stress: water relations and photosynthetic metabolism. *Planta* 221, 446-458.

Thornthwaite, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.* 38:85-94.

Triboi E. and A.M.Triboi-Blondel. 2002. Productivity and grain or seed composition: a new approach to an old problem. *Eur. J. Agron.* 16: 163-186

Vergara, G, T. y G. A. Casagrande. 2002. Estadísticas agroclimáticas de la Facultad de Agronomía, Santa Rosa, La Pampa, Argentina. *Rev. Fac. Agron. (UNLPam)* 13: N° 1 y 2:1-74.

Zadoks J.C.; T.T. Chang and F.C. Konzak. 1974. A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Res.* 14, 415-421.