



Trabajo Final de Graduación

**Rendimiento y composición proteica del grano de trigo,
Triticum aestivum L, en función de la disponibilidad de
agua y nitrógeno**

Matías Hernán Serra y Néstor Omar del Campo
Autores

María Pereyra Cardozo
Director

Miguel Ángel Fernández
Co-Director

Facultad de Agronomía
Universidad Nacional de La Pampa

2016

ÍNDICE GENERAL

	Páginas
Introducción	1
Materiales y Métodos	3
Resultados y discusión	4
Conclusiones	18
Bibliografía	22

Índice de cuadros

	Página
Cuadro 1. Número de granos.maceta ⁻¹ en cuatro genotipos de trigo en función de la disponibilidad de agua y nitrógeno.	7
Cuadro 2. Número de granos.espiga ⁻¹ en cuatro genotipos de trigo en función de la disponibilidad de agua y nitrógeno.	9
Cuadro 3. Número de espigas.maceta ⁻¹ en cuatro genotipos de trigo en función de la disponibilidad de agua y nitrógeno.	10
Cuadro 4. Grado de significancia para cada una de las variables en estudio en cuatro genotipos de trigo en función de la disponibilidad de agua y nitrógeno.	20

Índice de figuras

	Página
Figura 1. Peso granos.maceta ⁻¹ en cuatro genotipos de trigo en función de la disponibilidad de agua y nitrógeno.	6
Figura 2. Peso de 1000 granos en cuatro genotipos de trigo en función de la disponibilidad de agua y nitrógeno.	8
Figura 3. Concentración de proteína en grano (%) en cuatro genotipos de trigo.	12
Figura 4. Contenido de nitrógeno en grano (mg N.grano ⁻¹) en cuatro genotipos de trigo.	12
Figura 5. Índice de verdor en cuatro genotipos de trigo en función de la disponibilidad de agua y nitrógeno.	21
Figura 6. Concentración de gluteninas (%) en cuatro genotipos de trigo.	14
Figura 7. Concentración de gluteninas (%) en cuatro genotipos de trigo en función de la disponibilidad de agua	14
Figura 8. Concentración de gliadinas (%) en función de la disponibilidad de agua	15
Figura 9. Relación gliadinas/gluteninas en harinas de cuatro genotipos de trigo.	16
Figura 10. Relación gliadinas/glutenias en función de la disponibilidad de agua.	17
Figura 11. Concentración de proteínas, fracciones proteicas y test de sedimentación en cuatro genotipos de trigo	18

Resumen

La provincia de La Pampa se ubica en la Región Triguera V sur, siendo una de las principales limitantes para la producción triguera la disponibilidad de agua. Por otra parte, en el paquete tecnológico aplicado por los productores no es frecuente la fertilización nitrogenada. Los objetivos de este estudio fueron analizar el rendimiento de cuatro genotipos de *Triticum aestivum* L. bajo diferentes condiciones de disponibilidad de agua y nitrógeno, determinar los cambios en la composición proteica del grano, en genotipos y abordar la relación entre los cambios proteicos y los parámetros de calidad panadera. Se trabajó en invernáculo con los cultivares ACA 315, Baguette Premium 11, Klein Proteo y DM Cronox. En Z59 la mitad de las macetas fueron fertilizadas en una dosis de 100 Kg N ha⁻¹. Posteriormente, hasta la cosecha, la mitad de las macetas se mantuvieron al 50 y la otra mitad al 100% de capacidad de campo. Se determinaron los componentes del rendimiento, índice de verdor, concentración de proteína y contenido de nitrógeno en grano, concentración de gliadinas y gluteninas en harinas y el test de sedimentación en SDSS. Se encontraron diferencias entre los genotipos en la respuesta a la disponibilidad de agua y de nitrógeno. El cultivar de ciclo corto, DM Cronox, expresó el mayor rendimiento en condiciones de baja disponibilidad de agua. El porcentaje de proteínas en el grano no es el único factor que determina la composición proteica. El cambio en las fracciones proteicas presentes en el grano de trigo, al variar la disponibilidad de agua y nitrógeno depende de la relación genotipo-ambiente. El genotipo de mayor fuerza del gluten, estimada por el SDSS, Klein Proteo, puede asociarse a una mayor relación gliadinas/gluteninas.

INTRODUCCIÓN

La fracción proteica determina la calidad panadera del grano de trigo. La calidad panadera se correlaciona con la presencia o ausencia de proteínas específicas y subunidades proteicas. Además, la calidad depende de la relación de proteínas monoméricas/poliméricas y del tamaño y distribución de las proteínas poliméricas (Gupta *et al.*, 1993; Johansson *et al.*, 2001).

El grano maduro contiene entre un 8-20% de proteínas. Las proteínas que forman el gluten, las gliadinas y las gluteninas, constituyen alrededor del 50% del total de las proteínas (Shewry *et al.*, 1995) y el 80-85% de la proteína de la harina, siendo responsables de las propiedades de elasticidad y extensibilidad, esenciales para el funcionamiento de las harinas de trigo durante la panificación.

En el grano de trigo maduro, la distribución y la solubilidad de las proteínas monoméricas y poliméricas juegan un rol crítico en determinar las propiedades de la harina y su uso. El contenido de proteína soluble en Dodecilsulfato de sodio (SDS), insoluble en SDS y su relación es un criterio útil para evaluar las propiedades tecnológicas de la harina. La relación depende de la composición de las proteínas, determinada por el genotipo y los factores ambientales tales como la temperatura y la disponibilidad de agua durante el llenado del grano (Daniel y Triboi, 2002).

La sequía y las altas temperaturas durante el llenado del grano, tienden a aumentar la concentración de proteínas en grano, dado que es más afectada la acumulación de almidón que la acumulación de nitrógeno (Gooding *et al.*, 2003).

El ambiente también puede afectar la relación de glutenina/proteína total en grano (Gooding *et al.*, 2003). La proteína insoluble aparece más temprano en condiciones de sequía (Daniel y Triboi, 2002). La sequía después de antesis no afecta la cantidad de proteína en grano, aunque reduce la cantidad de almidón (Triboi y Triboi-Blondel, 2002).

Un incremento en el rendimiento ha llevado a una reducción en la relación proteína/almidón o proteína/aceite (Triboi y Triboi-Blondel, 2002). En trigo, el incremento del peso del grano se relaciona negativamente con la concentración de proteína en grano (Triboi y Triboi-Blondel, 2002).

La acumulación de nitrógeno en el grano está regulada por una interacción entre distintos factores. La síntesis de las fracciones proteicas está determinada por la cantidad de N por grano y por el ritmo de transferencia de N al grano. El ambiente modifica la composición de proteínas en el grano, al modificar el N total por grano. La fuente determina el ritmo y la duración de la acumulación de N en grano. La composición de la proteína es función directa de la cantidad total de N por grano y la partición del N no es afectada por las condiciones de crecimiento. En post antesis, el contenido de N en el grano es afectado por la temperatura, la disponibilidad de N y agua (Martre *et al.* 2006).

El tamaño de la fuente de N, definida como el total de N no estructural en antesis, determina el contenido de N en grano. El N en grano está regulado por la fuente de N y no por la actividad del grano. Durante los primeros 10 a 15 días después de antesis el destino del N en el grano es hacia la síntesis de las proteínas estructurales. El período de acumulación de las proteínas de reserva, aproximadamente 15 días después de antesis, está limitado por la fuente de N (Martre *et al.* 2003).

La relación entre el N que forma parte de la gliadina y el N que forma parte de la glutenina se denomina “coeficiente de partición de Ngli/Nglu”; es constante durante el desarrollo del grano y no es modificado por las condiciones de crecimiento. Esto implica que cualquier modificación de la relación gliadina/glutenina es el resultado de la modificación del contenido de N total por grano. De manera que las fracciones proteicas en el grano pueden ser deducidas directamente de la cantidad total de N por grano (Martre *et al.* 2003).

Por lo expuesto anteriormente, el contenido de proteínas y la calidad panadera, dependen del genotipo y del ambiente, y además el contenido y la composición de las proteínas modifican la calidad del trigo (Triboi *et al.* 2000).

En condiciones de un suministro hídrico adecuado en el período de llenado de granos, el Índice de verdor (IV) sería un estimador promisorio de la nutrición nitrogenada del cultivo de trigo. El IV mide la intensidad de refracción del color verde (indirectamente de la absorción en las bandas del rojo y el azul del espectro visible) e indica la actividad de las proteínas que participan en la fotosíntesis. Las lecturas en la hoja bandera durante el período de llenado de granos, permitieron efectuar estimaciones anticipadas del contenido proteico de los granos. Además, las lecturas del IV en la hoja bandera en floración, 15 a 20 días antes del período de llenado, constituyen un buen estimador del contenido de proteínas del cultivo de trigo en respuesta a aplicaciones de urea en el período de floración del mismo. Por lo tanto, las lecturas del IV en hoja bandera en estadios avanzados del cultivo de trigo, surgen como herramientas promisorias a fin de mejorar la calidad de los granos de trigo (Echeverría y Studdert, 2001).

La provincia de La Pampa se ubica en la Región Triguera V sur. En esta región se encuentran valores altos que superaron el 12,9%, de proteína en grano con zonas superiores a 13,9% coincidiendo en un año de sequía y bajos rendimientos en grano. De lo contrario es una de las regiones de bajo porcentaje, dado que se encuentra entre el 9,7 y 10,8% (Salomón *et al.* 2013) en años sin deficiencia hídrica.

En las Campañas 2014/15 y 2015/16 en la región Vsur se observaron porcentajes de proteína y gluten bajos (un promedio de 10,0% de proteína y un 22,3% de gluten húmedo) mostrando una caída preocupante con respecto a la campaña anterior 2013/14 que había sido de 11,0% y 26,4%, respectivamente (Trigo Argentino, 2017).

Salomón *et al.* (2012) al realizar un estudio en busca de un modelo que contenga las variables que modifican la aptitud panadera en trigo pan, a fin de

calificar genotipos de trigo por calidad industrial según su comportamiento en diferentes ambientes, encontraron que para la Región VSur, las variables altamente correlacionadas con el volumen de pan, son el gluten húmedo, aflojamiento de la masa, fuerza panadera, extensibilidad, relación de equilibrio P/L y destacaron que la proteína en grano tiene una correlación altamente significativa con el volumen de pan.

En la Provincia de La Pampa aún no se han realizado investigaciones en relación a los cambios en el tipo de proteínas en grano, la variabilidad genotípica y su relación con la calidad panadera.

Objetivos

1. Determinar los rendimientos de los cultivares bajo diferentes condiciones de disponibilidad de agua y nitrógeno.
2. Determinar los cambios en la composición proteica del grano, en genotipos de *Triticum aestivum* L. en respuesta a una diferente disponibilidad de agua y de nitrógeno.
3. Abordar la relación entre los cambios proteicos y los parámetros de calidad panadera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en el invernáculo de la Facultad de Agronomía de la UNLPam.

Se trabajó con cuatro genotipos de *Triticum aestivum* L. Los cultivares: 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 (Bono *et al.*, 2010). Los dos primeros son de ciclo intermedio a largo, Klein Proteo, es de ciclo intermedio a corto y DM Cronox, de ciclo corto.

El 2 de Julio del 2014 se sembraron en macetas de 20 centímetros de diámetro por 20 cm de altura 8 semillas de *Triticum aestivum* L. Luego del raleo se dejaron 4 plántulas por maceta. El contenido de agua del suelo fue determinado por gravimetría.

Al finalizar espigazón, en emergencia completa de espigas (Z59; clave de Zadoks *et al.* 1974), la mitad de las macetas de cada genotipo, fueron fertilizadas con nitrógeno en una dosis de 100 Kg urea ha⁻¹. Posteriormente, a los 5 días, la mitad de las macetas fueron mantenidas al 50% de la capacidad de campo (CC) (NR) y la otra mitad al 100% de la CC (R) hasta la cosecha. Por lo que los factores de análisis fueron: genotipo, disponibilidad de agua (R y NR) y disponibilidad de nitrógeno (F y NF). Se realizaron 4 repeticiones por

tratamiento y los datos fueron analizados con el software InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2008).

Determinaciones

A partir de Z59 se midió el Índice de verdor (IV) con el SPAD 502-Minolta hasta la senescencia total de las hojas, a fin de determinar si existen diferencias en la duración del área foliar entre los cultivares en estudio.

Al finalizar el ciclo del cultivo se determinó el número de espigas por maceta ($\text{espigas.maceta}^{-1}$), granos por espiga ($\text{granos.espiga}^{-1}$), peso de los granos por maceta ($\text{peso granos.maceta}^{-1}$) y el peso de los 1000 granos.

En el grano se determinó la concentración de proteínas (%) por kjeldhal, $\mu\text{g N}$ por grano, la concentración de gliadinas, gluteninas y la relación de estas fracciones. La separación y cuantificación de cada fracción proteica se realizó según Suchy *et al.* (2007). Este método utiliza solventes orgánicos para separar las proteínas de la harina en la fracción monomérica, principalmente gliadinas y la fracción polimérica, principalmente gluteninas de alto y bajo peso molecular. Las fracciones proteicas fueron cuantificadas a 280 nm, con un espectrofotómetro. Las fracciones proteicas se expresan en términos de proporción de la proteína total soluble.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento. Peso de granos.maceta⁻¹

Los cultivares ACA 315, y Baguette Premium 11 fueron seleccionados por presentar un rendimiento más estable en la región semiárida pampeana, mientras que Klein Proteo y DM Cronox como menos estables (Bono *et al.*, 2010). En esta experiencia, el cultivar de ciclo corto, DM Cronox, expresó el mayor rendimiento. Por otra parte, Baguette P. 11 expresó la menor reducción del rendimiento en respuesta a la disponibilidad de agua y nitrógeno, dado que la disminución fue del 17% y del 9% respectivamente. El genotipo ACA 315 presentó la mayor reducción al disminuir la disponibilidad de agua y de nitrógeno, siendo del 47 y del 26% respectivamente (Figura 1) de manera que, estos resultados no pueden asociarse con las características de los cultivares antes mencionadas.

Los mayores rendimientos fueron explicados, por lo general, por valores altos en el peso de 1000 granos y en el número de granos.maceta⁻¹. A pesar de que los dos componentes tuvieron ese comportamiento, la importancia del número de granos.maceta⁻¹ en la determinación del rendimiento de los distintos tratamientos fue superior, similar a lo encontrado por Grangetto y Gavazza (2013). Entre tratamientos hubo diferencias superiores al 50 % en el número de granos.maceta⁻¹ mientras que en el peso de mil granos las diferencias máximas entre tratamientos estuvieron alrededor del 20 %.

El rendimiento estimado en el peso de grano.maceta⁻¹, fue diferente entre los genotipos. DM Cronox obtuvo el mayor rendimiento respecto a los demás genotipos. Las otras tres variedades expresaron un rendimiento muy similar, pero al variar la disponibilidad de agua y de nitrógeno tuvieron diferente comportamiento (Figura 1).

DM Cronox con 5,12 g de granos.maceta⁻¹ fue diferente ($p < 0,05$) de Baguette Premium con 4,67, y el menor valor lo obtuvieron tanto Klein Proteo con 4,16 y ACA 315 con 3,84 g de granos.maceta⁻¹.

En las plantas fertilizadas hubo un aumento significativo ($p < 0,05$) del 12% en los g de grano.maceta⁻¹, siendo el valor medio de los tratamientos fertilizados y sin fertilizar, 4,71 y 4,19 g de granos.maceta⁻¹ respectivamente (Figura 1), mientras que al disminuir la disponibilidad de agua el rendimiento varió de 5,02 a 3,88 g de granos.maceta⁻¹.

El tratamiento que se mantuvo a 100% CC y fertilizado mostró diferencias significativas con el resto, con un valor medio de 5,58 g de granos.maceta⁻¹, seguido por el que fue regado y no fertilizado con un valor de 4,46. Los menores valores se encontraron en los otros dos tratamientos que no se diferenciaron significativamente entre ellos, sin riego sin fertilizar 3,92 y sin riego fertilizado 3,84 g de granos.maceta⁻¹. De manera que el efecto de la fertilización se expresó únicamente en los tratamientos sin limitaciones hídricas, donde tres variedades aumentaron el rendimiento al fertilizar con nitrógeno, mientras que en Baguette Premium 11 no hubo respuesta a la fertilización nitrogenada. En condiciones de baja disponibilidad de agua la fertilización nitrogenada no produjo incrementos de rendimiento, coincidiendo con lo observado por Menéndez (2007).

En DM Cronox el mayor rendimiento se encontró únicamente en el tratamiento con alta disponibilidad de agua y nitrógeno, diferenciándose ($p < 0,05$) del resto de las condiciones de crecimiento. Los otros tres tratamientos no se diferenciaron entre ellos. Los cuatro tratamientos aplicados sobre esta variedad tuvieron un comportamiento superior al resto de los cultivares en estudio.

En ACA 315 también el mayor rendimiento se encontró únicamente en el tratamiento con alta disponibilidad de agua y nitrógeno. A pesar del buen comportamiento del tratamiento regado y fertilizado, comparado con las demás variedades, en los otros tres tratamientos el rendimiento fue relativamente inferior que en las demás. Esta variedad se vio muy afectada ante la reducción de la disponibilidad de agua.

En Klein Proteo también el tratamiento control fue el de mayor rendimiento, y fue afectado por la baja disponibilidad de agua y nitrógeno.

En el genotipo Baguette Premium 11 hubo menos diferencias entre los tratamientos. Ningún dato de rendimiento se destacó respecto de los otros como sí ocurrió en las otras tres variedades (Figura 1).

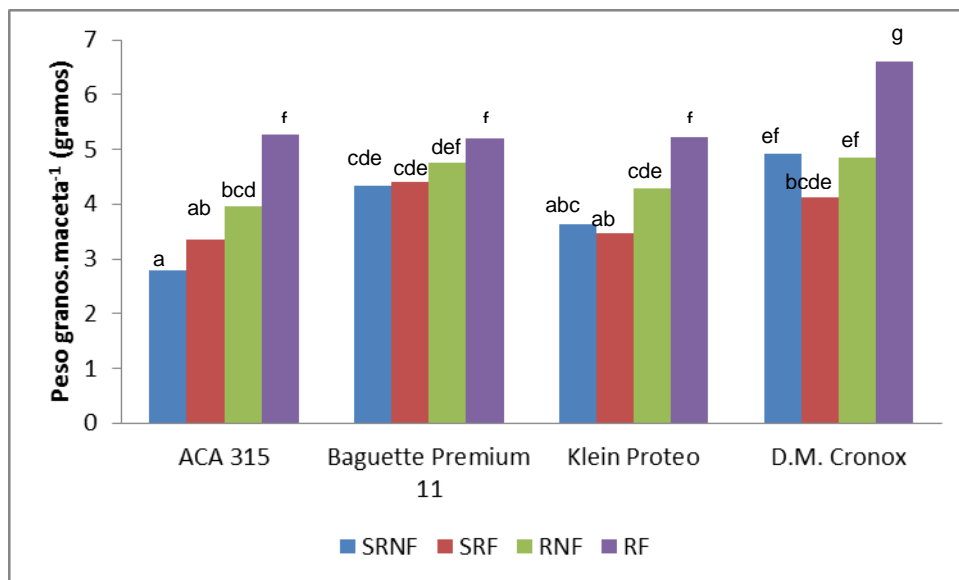


Figura 1. Peso de granos.maceta⁻¹ en 4 genotipos de trigo función de la disponibilidad de agua y de nitrógeno. En Z59 la mitad de las plantas recibieron una dosis de 100 Kg urea.ha⁻¹ (F) y la otra mitad no fue fertilizada (NF). Posteriormente, la mitad de las macetas fueron mantenidas al 50% de capacidad de campo (NR) y el resto al 100 CC (R).

Número de granos.maceta⁻¹

DM Cronox y Klein Proteo expresaron los mayores valores en condiciones de alta disponibilidad de agua y de nitrógeno (Cuadro 1).

En los casos en que se encontraron valores altos de número de granos.maceta⁻¹ se encontraron macollos que aportaron más granos, ya que entre los tallos principales de los distintos tratamientos no hubo diferencia en el número de granos.espiga⁻¹.

Los valores promedios de DM Cronox, 144,19, Baguette Premium, 133,81 y Klein Proteo, 133,31 granos.maceta⁻¹, no se diferencian significativamente entre sí, pero fueron diferentes ($p < 0,05$) de ACA 315 que tuvo un valor de 118,17 granos.maceta⁻¹.

Los tratamientos fertilizados tuvieron un promedio 141,41 granos.maceta⁻¹ siendo superior significativamente ($p < 0,05$) respecto de los tratamientos no fertilizados que mostraron 123,33 granos.maceta⁻¹.

El número de granos.maceta⁻¹ promedio de las plantas que crecieron al 100% CC fue de 143,59 granos.maceta⁻¹ y el de las plantas que crecieron al 50% de CC fue de 121,15 granos.maceta⁻¹ (p<0,05).

Al reducir la disponibilidad de agua y de nitrógeno el efecto fue similar dado que, en el tratamiento sin limitaciones hídricas y fertilizado se obtuvieron 159,00 granos.maceta⁻¹, significativamente diferente (p<0,05) de los otros tres tratamientos que no tuvieron diferencias significativas entre sí, y cuyos valores variaron entre 118 y 129 granos.maceta⁻¹ (Cuadro 1).

En DM Cronox se destaca el tratamiento con alta disponibilidad de agua y nitrógeno con un valor muy alto, diferenciándose de los otros tres tratamientos que no tienen diferencia entre ellos. Por lo que la fertilización no influyó en la cantidad de granos.maceta⁻¹ en condiciones de baja disponibilidad de agua, expresándose un aumento cuando el agua no fue limitante.

En ACA 315 disminuyó el valor al disminuir la disponibilidad de agua, y no fue afectado por la reducción de la disponibilidad de nitrógeno.

En Klein Proteo el control fue superior a los otros tres tratamientos que no se diferenciaron entre ellos. En condiciones hídricas ideales la fertilización tuvo un efecto positivo. Al reducir la disponibilidad de agua la fertilización no afectó el número de granos.maceta⁻¹.

En la variedad Baguette Premium 11 no se redujo el número de granos.maceta⁻¹ al disminuir la disponibilidad de agua y de nitrógeno (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de granos.maceta⁻¹ en 4 genotipos de trigo en función de la disponibilidad de agua y de nitrógeno. En Z59 las plantas fertilizadas recibieron una dosis de 100 Kg urea.ha⁻¹. Posteriormente, la mitad de las macetas se mantuvieron al 50% de capacidad de campo y el resto al 100% de capacidad de campo (NF: no fertilizada, F: fertilizada, SR regadas al 50% CC, R: regadas al 100% CC). Letras diferentes indican diferencias significativas al p<0,05.

Variedad	SR-NF	SR-F	R-NF	R-F
ACA 315	96,5 f	108,5 ef	120,0 cdef	145,5 bc
Baguette P. 11	134,0 cde	129,0 cde	137,3 c	135,0 cd
Klein Proteo	110,3 def	124,8 cde	127,5 cde	170,8 ab
DM Cronox	131,0 cde	133,0 cde	128,0 cde	184,8 a

Peso de 1000 granos

Se encontraron diferencias significativas entre las variedades. DM Cronox con 35,97 g en el peso de los 1000 granos (PMG) y Baguette Premium

11 con 35,00 g mostraron un valor mayor, y ACA 315 con 32,33 g y Klein Proteo con 31,34 g fueron significativamente menores (Figura 2).

Las plantas que crecieron a capacidad de campo tuvieron un promedio de 35,24 g el PMG, siendo significativamente ($p < 0,05$) diferente a 32,08 expresado en las plantas que crecieron al 50% de capacidad de campo (Figura 2).

Se observó una interacción genotipo x nitrógeno significativa ($p < 0,05$) (Cuadro 4), dado que el PMG en Klein Proteo y DM Cronox se redujo significativamente un 12 y 10% respectivamente, ante la fertilización nitrogenada, mientras que en ACA 315 y Baguette P. 11 no hubo efecto de la fertilización (Figura 2).

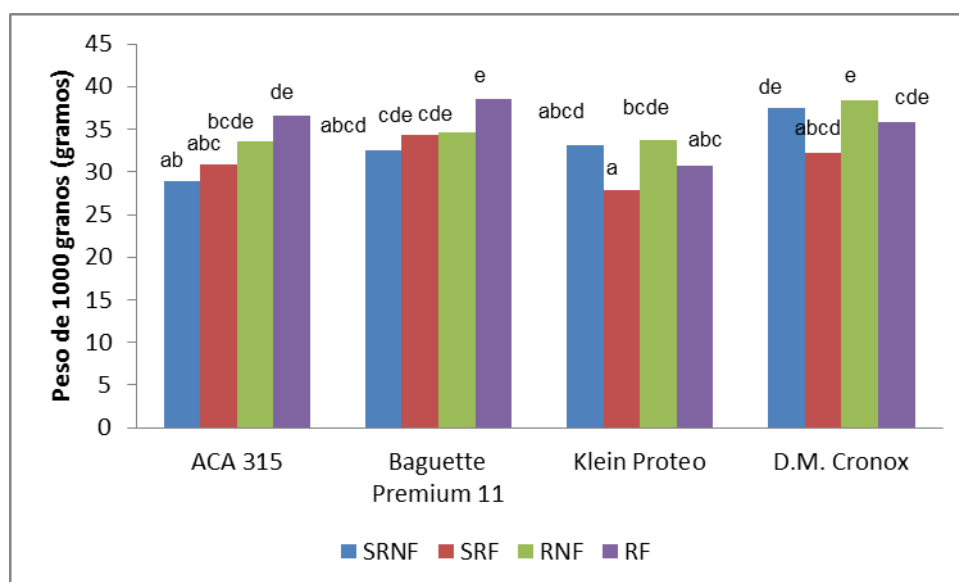


Figura 2. Peso de 1000 granos en 4 genotipos de trigo función de la disponibilidad de agua y de nitrógeno. En Z59 las plantas fertilizadas recibieron una dosis de 100 Kg urea.ha⁻¹. Posteriormente, la mitad de las macetas se mantuvieron al 50% de capacidad de campo y el resto al 100% de capacidad de campo (NF: no fertilizada, F: fertilizada, SR regadas al 50% CC, R: regadas al 100% CC). Letras diferentes indican diferencias significativas al $p < 0,05$.

Número de granos.espiga⁻¹

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre variedades, dado que Baguette Premium 11 tuvo una media de 30,81; Klein Proteo de 28,06; DM Cronox de 25,24 y ACA 315 de 24,07 granos.espiga⁻¹ (Cuadro 2).

En condiciones de baja disponibilidad de agua el promedio fue de 28,49 granos.espiga⁻¹, significativamente ($p < 0,05$) superior respecto de las plantas

mantenidas a capacidad de campo cuya media fue de 25,60. Esto puede deberse a un aumento en el número de macollos en condiciones de alta disponibilidad de agua. Los macollos fueron más chicos que los tallos principales con menor cantidad de granos por espiga, entonces en las macetas con varios macollos, cuando se dividió la cantidad de granos por maceta por la cantidad de espigas formadas resultó en un menor número de granos por espiga.

En las plantas fertilizadas y que crecieron al 100% CC aumentó el número de macollos y generó una disminución en el promedio de granos.espiga⁻¹. Por ello, este tratamiento se diferenció de los demás con un valor más bajo. Entre los otros tres tratamientos no hubo diferencias.

Cuadro 2. Número de granos.espiga⁻¹ en 4 genotipos de trigo en función de la disponibilidad de agua y de nitrógeno. En Z59 las plantas fertilizadas recibieron una dosis de 100 Kg urea.ha⁻¹. Posteriormente, la mitad de las macetas se mantuvieron al 50% de capacidad de campo y el resto al 100% de capacidad de campo (NF: no fertilizada, F: fertilizada, SR regadas al 50% CC, R: regadas al 100% CC). Letras diferentes indican diferencias significativas al p<0,05.

Variedad	SR-NF	SR-F	R-NF	R-F
ACA 315	24,1 cdef	27,1 bcde	24,5 cdef	20,0 f
Baguette P. 11	28,9 abc	32,3 ab	34,3 a	27,8 bc
Klein Proteo	27,6 bcd	31,2 ab	31,9 ab	21,6 def
DM Cronox	26,7 bcde	29,5 abc	23,4 cdef	21,3 ef

Número de espigas.maceta⁻¹

El número de espigas.maceta⁻¹ se originó en todos los casos a partir de las 4 plántulas iniciales en cada maceta, de manera que las diferencias se explican por la capacidad de macollar de cada variedad (Cuadro 3).

La mayor cantidad de espigas.maceta⁻¹ se encontró en DM Cronox con 5,94 de promedio y en ACA 315 con 5,25. A su vez ACA 315 no tuvo diferencias con las variedades con menor número de espigas.maceta⁻¹ que fueron Klein Proteo con 5,00 y Baguette Premium 11 con 4,44.

En las plantas mantenidas a capacidad de campo el número promedio de espigas.maceta⁻¹ fue de 6,03 siendo significativamente diferente de aquellas que crecieron con menor disponibilidad de agua las que expresaron un valor promedio de 4,28 espigas.maceta⁻¹.

Los tratamientos fertilizados tuvieron una media de 5,72 significativamente diferente a los tratamientos no fertilizados donde fue de 4,59 espigas.maceta⁻¹

Baguette Premium 11 fue la única variedad que no mostró diferencias entre los tratamientos regados y los no regados, las otras tres variedades cuando fueron regadas tuvieron mayor número de macollos mostrando la importancia del agua en el macollaje.

El promedio del tratamiento con riego al 100% CC y fertilizado fue de 7,31 espigas.maceta⁻¹ siendo significativamente superior a los demás tratamientos que no se diferenciaron entre ellos. Con riego y sin fertilizar: 4,75, sin riego y sin fertilizar: 4,44, sin riego y fertilizado: 4,13. Estos datos mostraron que las diferencias significativas en el macollaje no las producen el efecto único del agua ni el efecto único del nitrógeno, sino que la acción conjunta del agua y el nitrógeno es la causante del aumento del número de espigas.maceta⁻¹. Este comportamiento se observa en tres de las cuatro variedades, ya que en Baguette Premium 11 los cuatro tratamientos no tienen diferencias significativas entre sí (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número de espigas.maceta⁻¹ en 4 genotipos de trigo en función de la disponibilidad de agua y de nitrógeno. En Z59 las plantas fertilizadas recibieron una dosis de 100 Kg urea.ha⁻¹. Posteriormente, la mitad de las macetas se mantuvieron al 50% de capacidad de campo y el resto al 100% de capacidad de campo (NF: no fertilizada, F: fertilizada, SR regadas al 50% CC, R: regadas al 100% CC). Letras diferentes indican diferencias significativas al p<0,05.

Variedad	SR-NF	SR-F	R-NF	R-F
ACA 315	4,00 c	4,00 c	5,00 bc	8,00 a
Baguette P.11	4,75 bc	4,00 c	4,00 c	5,00 bc
Klein Proteo	4,00 c	4,00 c	4,00 c	8,00 a
DM Cronox	5,00 bc	4,50 bc	6,00 b	8,25 a

Concentración de proteína en grano

La concentración de proteína en el grano (%) aumentó un 29% en respuesta a la fertilización nitrogenada, variando de 13.52 a 17.49% (p<0,05) y no hubo efecto de la disponibilidad de agua. El incremento en respuesta a la fertilización nitrogenada fue del 28, 24, 25 y 40% en ACA 315, Bag. P. 11, K. Proteo y D.M. Cronox respectivamente, siendo significativa en todos los genotipos (p<0,05). El mayor % de proteínas en grano lo expresó el genotipo ACA 315 con 17,35 % en promedio de los cuatro tratamientos y Klein Proteo con 15,99. Esta última variedad no se diferenció de DM Cronox con 14,52% y Baguette Premium 11 con 14,16% que tuvieron los valores menores.

La acumulación de nitrógeno en el grano, ya sea estimada como concentración de proteína o como mg N grano⁻¹ no fue afectada por la disponibilidad de agua. Ante la reducción del peso de los granos, al disminuir la disponibilidad de agua, podría haberse evidenciado un aumento de la concentración de proteína en grano pero no sucedió de esta manera (Figura 4)

quizás porque la reducción del peso de los granos fue compensada con un aumento en el número de granos.

En numerosos experimentos se encontró un aumento de la concentración de proteínas asociado a la reducción del peso del grano en respuesta a la baja disponibilidad de agua. Quiriban *et al.*, (2015) encontraron que al disminuir la disponibilidad de agua, en inicio de encañazón, se redujo el 51% el peso del grano y la concentración de proteínas del grano aumentó el 43%, en ACA 315, mientras que en Baguette P. 11, el peso del grano se redujo el 37% y la concentración de proteínas aumentó el 17%. En este experimento, cuando se redujo la disponibilidad del agua en floración, la reducción del peso del grano fue del 9% y no hubo cambios en el % de proteína en grano.

La fertilización en pre-antesis generó un aumento en el porcentaje de proteína en grano, independientemente de la disponibilidad de agua. No se produjo el efecto dilución que se produce en fertilizaciones a la siembra, ya que en el momento que aplicamos el nitrógeno el principal destino del mismo en la planta, es el grano.

Contenido de nitrógeno en grano (mg N. grano⁻¹)

El contenido de nitrógeno en el grano (mg N.grano⁻¹) aumentó en respuesta a la fertilización nitrogenada, modificándose de 0,80 a 1,01 mg N. grano⁻¹ (p<0,05). Los genotipos Klein Proteo y DM Cronox expresaron el mismo contenido de nitrógeno independientemente de la disponibilidad de agua y de nitrógeno, mientras que en ACA 315 y Baguette P. 11 respondieron a la fertilización nitrogenada aumentando el contenido de nitrógeno por grano (Figura 4).

Lerner *et al.*, (2013), expresaron que la eficiencia de uso del nitrógeno de una variedad se puede estimar como la diferencia entre cultivares del contenido de nitrógeno en grano. La acumulación de nitrógeno en el grano, ya sea estimada como concentración de proteína o como mg N grano⁻¹ no fue afectada por la disponibilidad de agua. Ante la reducción del peso de los granos, al disminuir la disponibilidad de agua, podría haberse evidenciado un aumento de la concentración de proteína en grano pero no sucedió de esta manera (Figura 4) quizás porque la reducción del peso de los granos fue compensada con un aumento en el número de granos. En este experimento la eficiencia de uso del nitrógeno no fue afectada por la disponibilidad de agua, mientras que si fue mejorada por la disponibilidad de nitrógeno.

Cuadro 4. Grado de significancia para cada una de las variables en estudio en 4 genotipos de trigo en función de la disponibilidad de agua y de nitrógeno. En Z59 las plantas fertilizadas recibieron una dosis de 100 Kg urea.ha⁻¹. Posteriormente, la mitad de las macetas se mantuvieron al 50% de capacidad de campo y el resto al 100% de capacidad de campo (NF: no fertilizada, F: fertilizada, SR regadas al 50% CC, R: regadas al 100% CC). Letras diferentes indican diferencias significativas al p<0,05.

Fuente de Variación	Peso de granos. maceta ⁻¹	Nº granos. maceta ⁻¹	PMG (g)	Nº granos. espiga ⁻¹	Espigas. maceta ⁻¹	Proteína grano (%)	Cont. de N. (mg grano ⁻¹)	Gluteninas (%)	Gliadinas (%)	Relación gliad./glut.
Genotipo	**	**	**	**	ns	**	ns	**	**	**
Agua	**	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns
Nitrógeno	**	**	ns	ns	**	**	**	*	ns	*
Genotipo x agua	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	*	**
Genotipo x nitrógeno	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Agua x nitrógeno	**	**	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns
Gen. x agua x N	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

(ns) no significativo, (*): significativo al 5%, (**): significativo al 1%

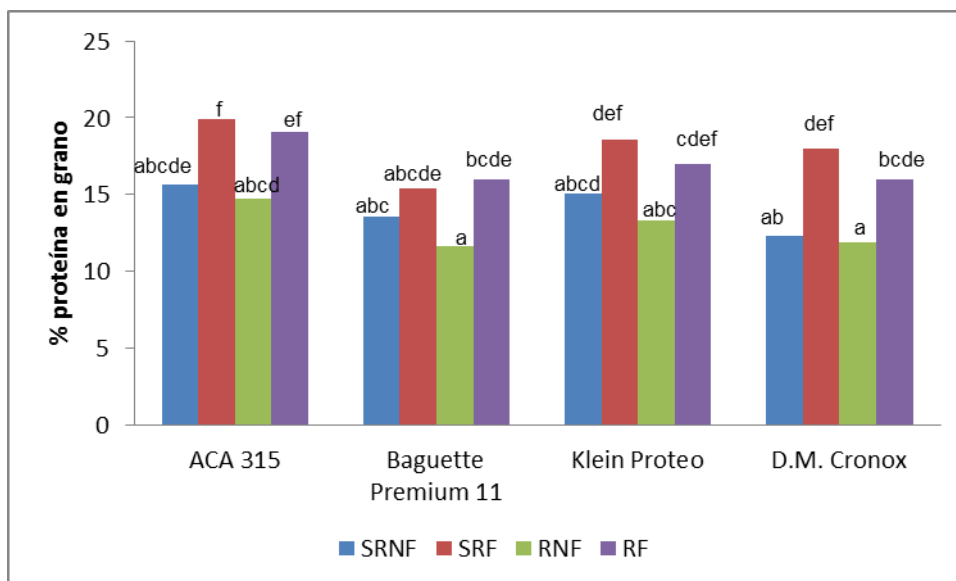


Figura 3. Concentración de proteína en grano (%) en 4 genotipos de trigo función de la disponibilidad de agua y de nitrógeno. En Z59 las plantas fertilizadas recibieron una dosis de 100 Kg urea.ha⁻¹. Posteriormente, la mitad de las macetas se mantuvieron al 50% de capacidad de campo y el resto al 100% de capacidad de campo (NF: no fertilizada, F: fertilizada, SR regadas al 50% CC, R: regadas al 100% CC). Letras diferentes indican diferencias significativas al p<0,05.

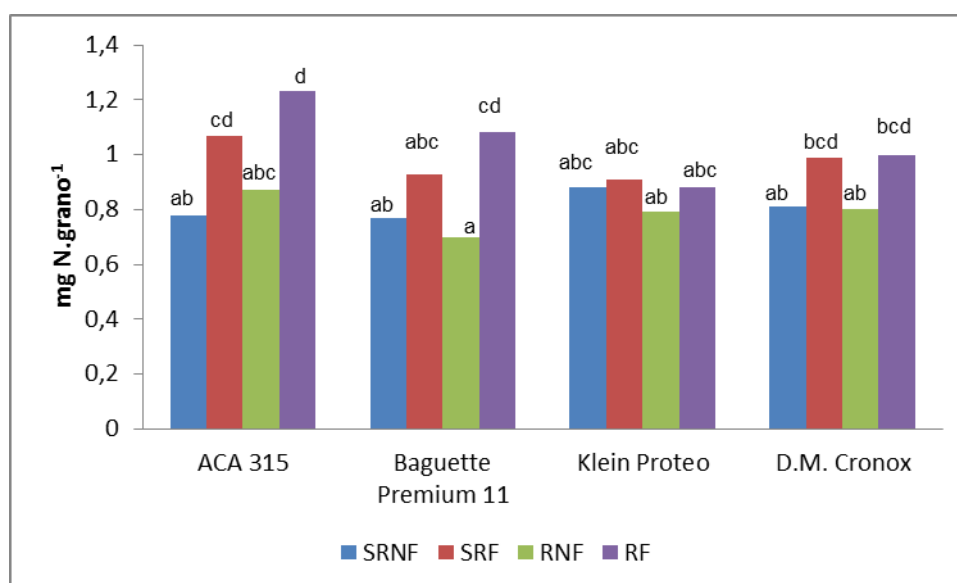


Figura 4. Contenido de nitrógeno en grano (mg N.grano⁻¹) en 4 genotipos de trigo función de la disponibilidad de agua y de nitrógeno. En Z59 las plantas fertilizadas recibieron una dosis de 100 Kg urea.ha⁻¹. Posteriormente, la mitad de las macetas se mantuvieron al 50% de capacidad de campo y el resto al 100% de capacidad de campo (NF: no fertilizada, F: fertilizada, SR regadas al 50% CC, R: regadas al 100% CC). Letras diferentes indican diferencias significativas al p<0,05.

Índice de verdor

Asumiendo que el verdor de las hojas está asociado con la concentración de N en hojas (Schepers *et al.*, 1992), la duración del área foliar puede estimarse por el IV. El IV disminuyó a medida que avanzó el ciclo del cultivo, siendo esta disminución más pronunciada para el tratamiento con baja disponibilidad de agua y de nitrógeno, y más atenuada en el tratamiento con alta disponibilidad de agua y de nitrógeno. Resultados coincidentes con lo observado por Gandrup *et al.*, (2004). En todos los genotipos se encontró que las plantas fertilizadas y sin limitaciones hídricas presentaron la mayor duración del área foliar indicado por el índice de verdor (Figura 5). En Klein Proteo y Baguette Premium 11 a los 28 días posteriores a Z59 disminuye bruscamente el IV, mientras que en DM Cronox ocurre hacia los 32 días, y en ACA 315 hasta los 31 días no se observa una drástica reducción del IV. Foulkes *et al.*, (2007) informaron que una mayor duración de la fotosíntesis de la hoja bandera, estaría relacionada con la habilidad de mantener el rendimiento bajo sequía. Esta característica, expresada por el genotipo ACA 315, no pudo asociarse al rendimiento expresado por este genotipo en condiciones de baja disponibilidad de agua.

Concentración de gluteninas en la harina

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$), en la concentración de gluteninas debido al genotipo, siendo Klein Proteo y B. P. 11 los genotipos de menor y mayor concentración, respectivamente (Figura 6). Se observó un incremento del 9 % en respuesta a la fertilización nitrogenada. Sin embargo, al analizar por genotipo no se encontraron diferencias entre las harinas de las plantas no fertilizadas y fertilizadas. La disponibilidad de agua modificó diferencialmente el patrón proteico en los genotipos en estudio. En ACA 315 y DM Cronox el % de gluteninas no se modificó, mientras que hubo un aumento del 18 y del 23% en Baguette P. 11 y Klein Proteo, respectivamente, al disminuir la disponibilidad de agua (Figura 7).

Concentración de gliadinas en la harina

Se encontró una interacción significativa entre el genotipo y la disponibilidad de agua ($p < 0,05$) (Figura 8). Esta interacción se explica porque en Baguette Premium 11 y Klein Proteo se redujo el 8% la concentración de gliadinas ($p < 0,05$), mientras que en otros los genotipos no fue afectada. Por otra parte, a diferencia de lo observado en la concentración de gluteninas, la concentración de gliadinas no se modificó por efecto de la disponibilidad de nitrógeno. Por otra parte, B. P. 11 es el genotipo que expresó la menor concentración de gliadinas.

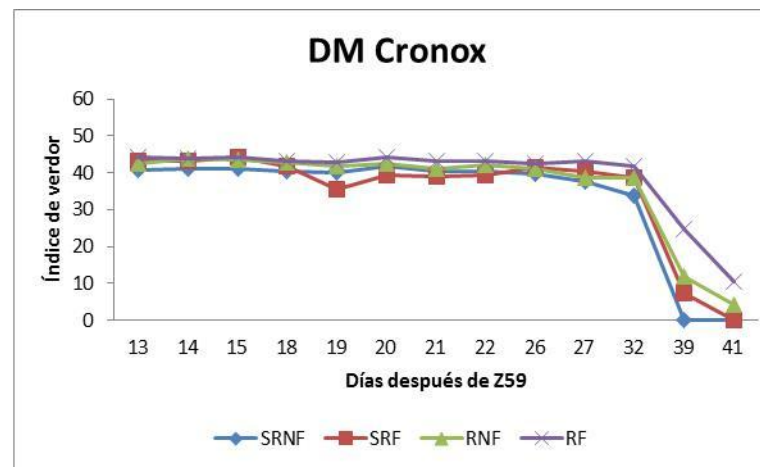
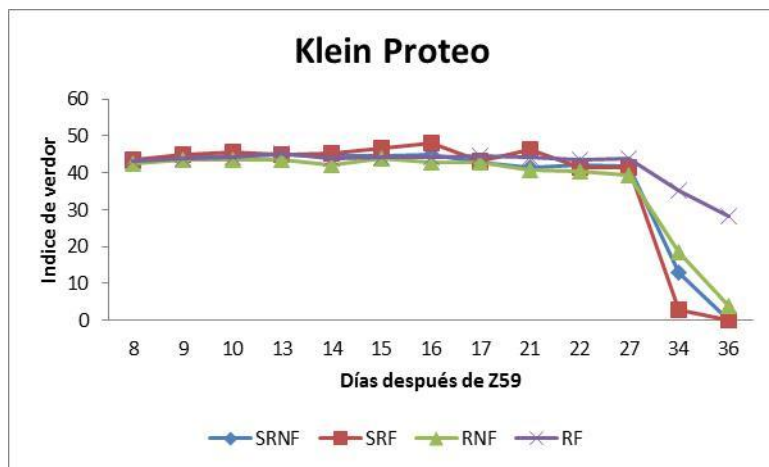
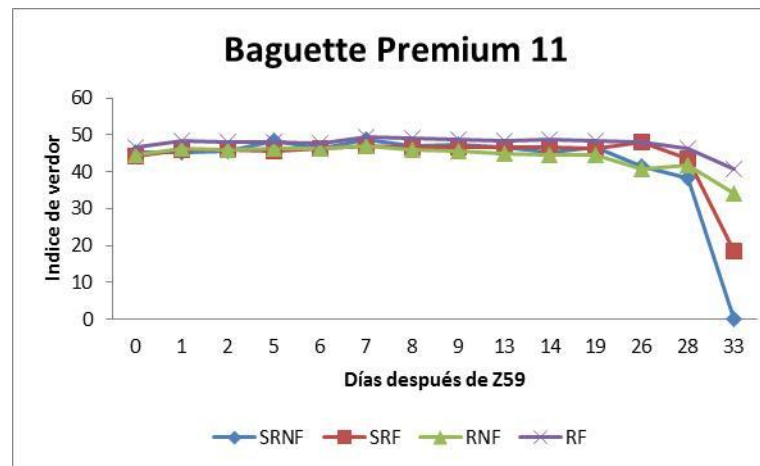
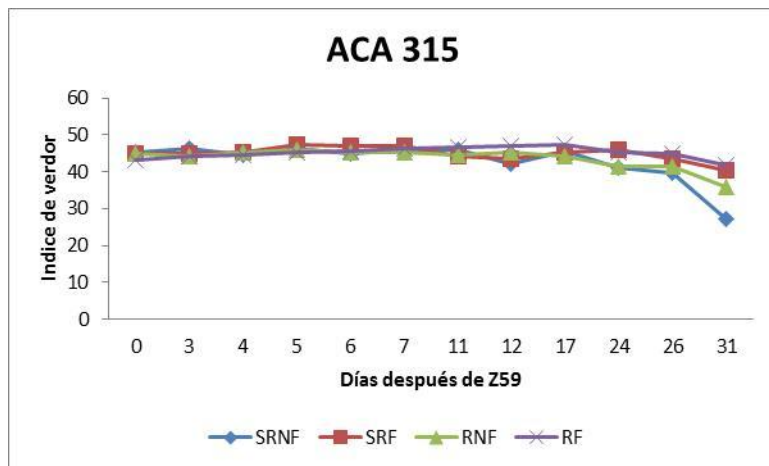


Figura 5. Índice de verdor en cuatro genotipos de trigo en función de la disponibilidad de agua y de nitrógeno. En Z59 las plantas fertilizadas recibieron una dosis de 100 Kg urea.ha⁻¹. Posteriormente, la mitad de las macetas se mantuvieron al 50% de capacidad de campo y el resto al 100% de capacidad de campo (NF: no fertilizada, F: fertilizada, SR regadas al 50% CC, R: regadas al 100% CC). Letras diferentes indican diferencias significativas al p<0,05.

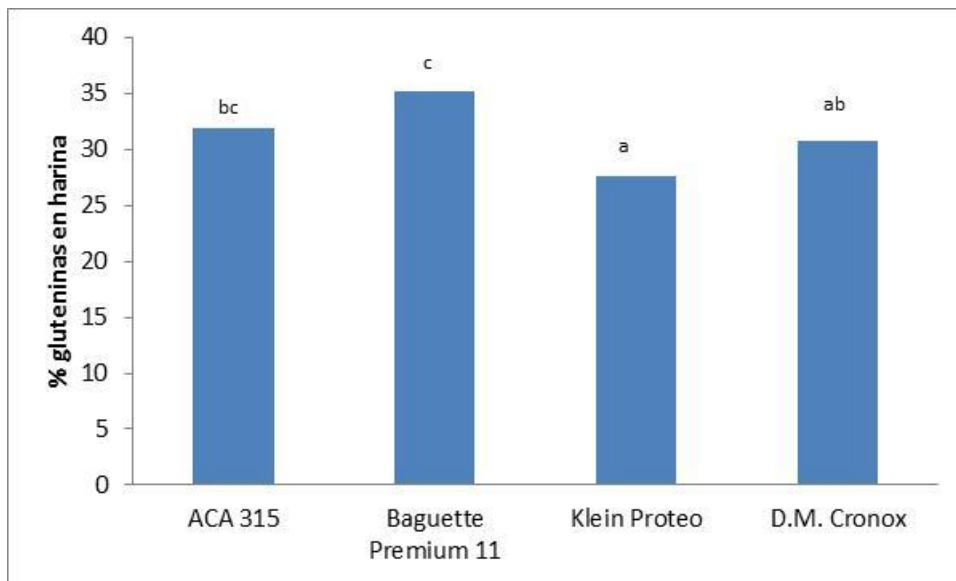


Figura 6. Concentración (%) de gluteninas en harina en 4 genotipos de trigo. Letras diferentes indican diferencias significativas al $p < 0,05$.

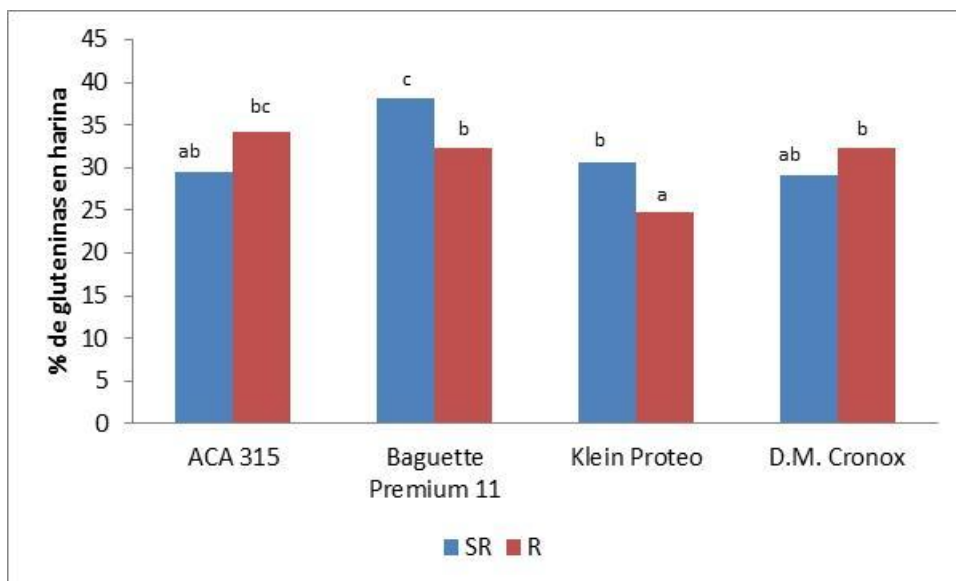


Figura 7. Concentración de gluteninas en harinas de 4 genotipos de trigo en función de la disponibilidad de agua. Desde Z59, la mitad de las macetas se mantuvieron al 50% de capacidad de campo (SR) y el resto al 100% de capacidad de campo (R). Letras diferentes indican diferencias significativas al $p < 0,05$.

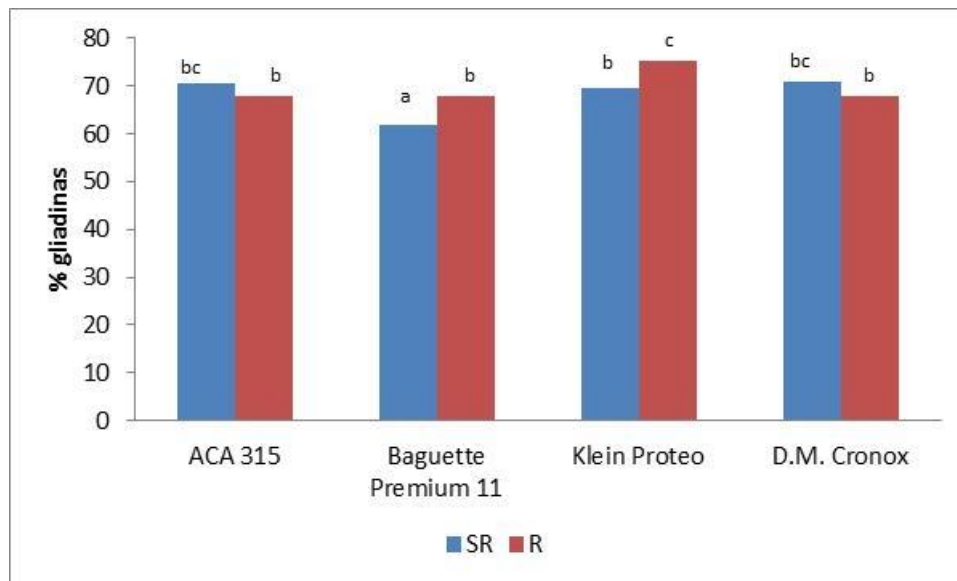


Figura 8. Concentración de gliadinas en harinas de 4 genotipos de trigo en función de la disponibilidad de agua. Desde Z59, la mitad de las macetas se mantuvieron al 50% de capacidad de campo (SR) y el resto al 100% de capacidad de campo (R). Letras diferentes indican diferencias significativas al $p < 0,05$.

Relación gliadinas/gluteninas

La relación gliadinas/gluteninas juega un rol en determinar las propiedades de la harina siendo una medida de la distribución según el peso molecular de las proteínas. Suchy *et al.* (2003), autores de la técnica utilizada para determinar las fracciones proteicas en la harina, sugieren que esta relación varía entre 1,5 y 4,9, por lo que los valores encontrados en nuestro experimento se enmarcan dentro de este rango.

La relación gliadinas/gluteninas fue modificada por efecto del genotipo y la disponibilidad de nitrógeno. Aquellos genotipos con mayor concentración de gluteninas expresaron la menor relación gliadinas/gluteninas (Figura 9). La fertilización nitrogenada redujo un 13% la relación, dado que ésta pasó de 2,50 a 2,17 en las harinas de granos de plantas no fertilizadas y fertilizadas respectivamente. Al analizar dentro de cada genotipo no se encontraron diferencias entre los tratamientos no fertilizados y fertilizados.

Los genotipos expresaron una respuesta diferente en la relación gliadinas/gluteninas en función de la disponibilidad hídrica, dado que sólo en el genotipo Klein Proteo se observó una reducción significativa ($p < 0,05$) del 23%, mientras que en ACA 315, Baguette P. 11 y DM Cronox, no fue afectada significativamente (Figura 10). Esta respuesta puede explicarse porque el genotipo K. Proteo ante la reducción hídrica aumentó un 23% la concentración de gluteninas y disminuyó el 8% la de gliadinas. Por otra parte, BP11 aumentó un 18% las gluteninas y se redujo un 9% las gliadinas. De manera que, en

condiciones hídricas limitantes, la concentración de proteínas no se modificó en ninguno de los genotipos en estudio, sin embargo, la composición proteica cambió en Klein Proteo y B. P. 11.

En respuesta a la mayor disponibilidad de nitrógeno aumentó la concentración de gluteninas en la harina, no varió la concentración de gliadinas y se redujo la relación gliadinas/gluteninas asociado al incremento de la concentración de gluteninas. Además no hubo diferencias en el patrón de respuesta de los genotipos. Estos resultados difieren de los encontrados por Lerner *et al.*, (2013) quienes expresan que el aumento en la disponibilidad de N en los granos se asocia directamente con el incremento de la fracción de gliadinas presentes en el gluten, que son las responsables de conferir extensibilidad a las masas.

Índice de calidad panadera: Test de Sedimentación en dodecilsulfato de sodio (SDSS)

Lerner *et al* (2016) expresan que el volumen de sedimentación es escasamente afectado por el ambiente, y determinado principalmente por el genotipo, siendo un excelente método para valorar la calidad intrínseca. En esta experiencia, debido a la cantidad de muestra, sólo pudo cuantificarse el SDSS en las harinas de plantas que crecieron al 100% CC y fertilizadas. Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los genotipos, siendo Klein Proteo, el de mayor valor mientras que Baguette P. 11 expresó el volumen menor (Figura 11). El mayor valor del SDSS expresado por Klein Proteo puede asociarse una menor concentración de gluteninas y una mayor relación gliadinas/gluteninas (Figura 11).

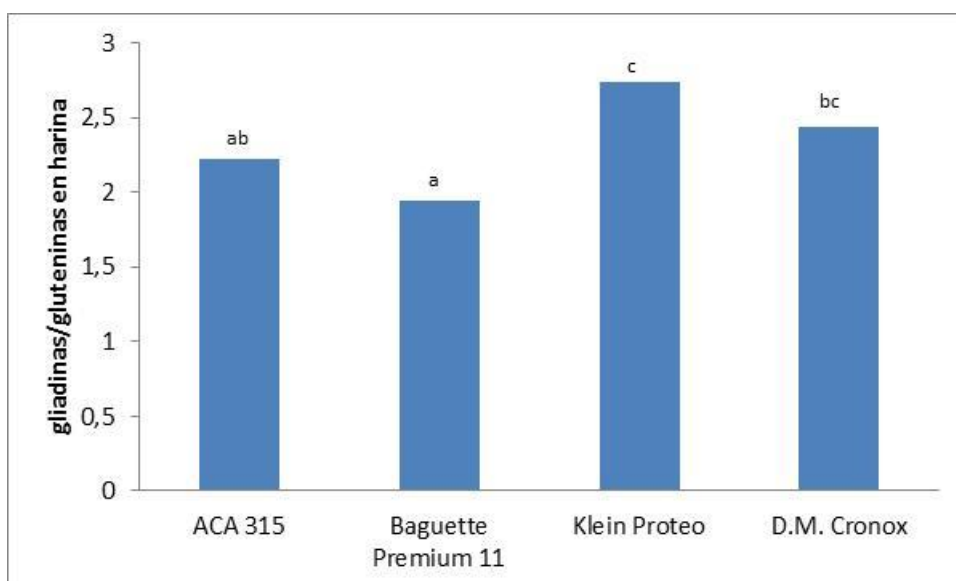


Figura 9. Relación gliadinas/gluteninas en harina de 4 genotipos de trigo. Letras diferentes indican diferencias significativas al $p < 0,05$.

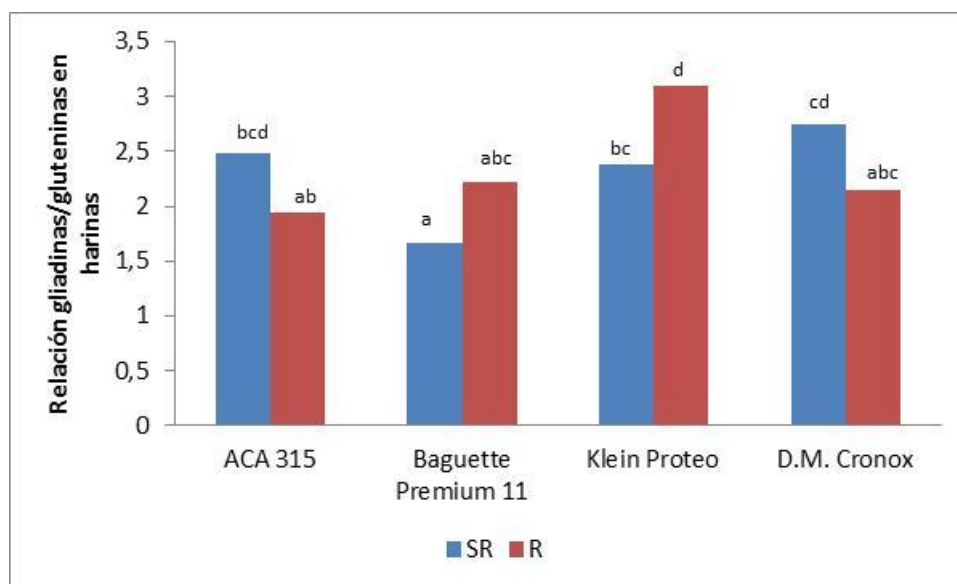


Figura 10. Relación gliadinas/gluteninas en harinas de 4 genotipos de trigo en función de la disponibilidad de agua. Desde Z59, la mitad de las macetas se mantuvieron al 50% de capacidad de campo (SR) y el resto al 100% de capacidad de campo (R). Letras diferentes indican diferencias significativas al $p < 0,05$.

Es interesante destacar que ACA 315 y Klein Proteo pertenecen al grupo de calidad 1, mientras que Baguette P. 11 y D.M. Cronox al grupo 2. Esta clasificación no pudo asociarse a las fracciones proteicas. La relación gliadinas/gluteninas es una medida de la distribución de las proteínas según el peso molecular y explica mejor las diferencias en las propiedades reológicas que la concentración de gluteninas insolubles (Suchy *et al.*, 2003). Sin embargo, en esta experiencia Klein Proteo, grupo de calidad 1 y DM Cronox, grupo 2, no tienen diferencias significativas en la relación gliadinas/gluteninas al igual que ACA 315 (grupo 1) y B. P. 11 (grupo 2). Sin embargo, al comparar los genotipos, en condiciones de alta disponibilidad de agua y nitrógeno, se observa que Klein Proteo, el genotipo de mayor SDSS, presenta una mayor relación gliadinas/gluteninas y menor concentración de gluteninas lo cual puede asociarse con lo expresado por Suchy *et al.*, (2003). La concentración de proteínas en los granos es altamente dependiente del nivel de nitrógeno, en tanto que la fuerza panadera depende en mayor medida del genotipo (Lerner *et al.*, 2016). En la experiencia llevada a cabo por Lerner *et al.*, (2016), encontraron que la elevada concentración de proteínas de Klein Proteo estuvo asociada a una fuerza panadera superior respecto de otros genotipos en estudio. En nuestro experimento, esta asociación no fue encontrada, dado que el genotipo de mayor concentración proteica fue ACA 315, y el de mayor fuerza

panadera, estimada por el SDSS, Klein Proteo, la cual puede relacionarse a una mayor relación gliadinas/gluteninas.

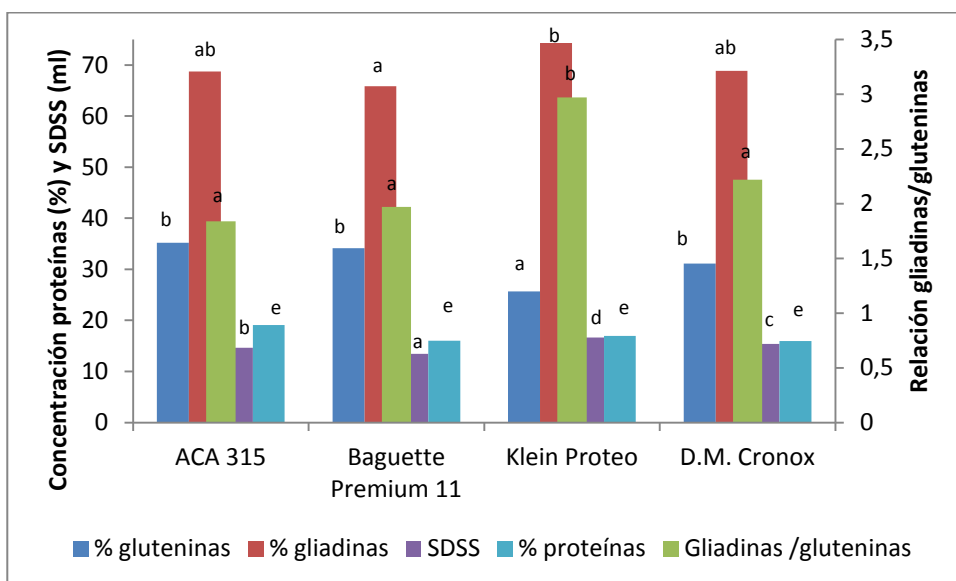


Figura 11. Concentración de proteínas en grano, distribución de la fracción proteica, y test de sedimentación en 4 genotipos de trigo. Las plantas crecieron al 100% de capacidad de campo y en Z59 fueron fertilizadas en una dosis equivalente a 100 Kg N.ha⁻¹. Letras diferentes indican diferencias significativas a p<0,05.

CONCLUSIONES

Hubo diferencias entre los genotipos en la respuesta a la disponibilidad de agua y de nitrógeno. El cultivar de ciclo corto, DM Cronox, expresó el mayor rendimiento en condiciones de baja disponibilidad de agua.

El porcentaje de proteínas en el grano no es el único factor que determina la composición proteica. El cambio en las fracciones proteicas presentes en el grano de trigo, al variar la disponibilidad de agua y nitrógeno depende de la relación genotipo-ambiente.

El genotipo de mayor fuerza del gluten, estimada por el SDSS, Klein Proteo, puede asociarse a una mayor relación gliadinas/gluteninas.

BIBLIOGRAFÍA

- Bono, A., A. Quiroga, y Frasier, I. 2010. El cultivo de trigo en la región semiárida y subhúmeda pampeana. INTA. EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas". Publicación Técnica N° 79.
- Daniel C. y E. Triboi. 2002. Changes in wheat protein aggregation during grain development: effects of temperatures and water stress. *European Journal of Agronomy* 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.
- Echeverría, H.E. y G.A. Studdert. 2001. Predicción del contenido de proteína en grano de trigo (*Triticum aestivum* L) mediante el índice de verdor de la hoja bandera. *Ciencia del Suelo* 19, 67-74.
- Foulkes, M.J.; R. Sylvester-Bradley, R. Weightman and J.W. Snape. 2007. Identifying physiological traits associated with improved drought resistance in winter wheat. *Field Crops Research* 103, 11-24.
- Gandrup, M.E.; F. O. García, K.P. Fabrizzi, H.E. Echeverría. 2004. Evolución de un índice de verdor en hoja para evaluar el status nitrogenado en trigo. *RIA* 33 105-121.
- Gooding, M.J.; R.H. Ellist, P.R. Shewry and 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 Science* 37, 295-309.
- Grangetto, L.R. y J. G. Gavazza. 2013. Evaluación del efecto de distintas variedades de trigo, con diferente participación de los componentes sobre el rendimiento y la calidad en la región semiárida pampeana. Trabajo final de Graduación. Facultad de Agronomía. UNLPam.
- Gupta, R. B., Khan, K., MacRitchie, F. 1993. Biochemical basis of flour properties in bread wheats. I. Effects of variation in the quantity and size distribution of polymeric protein. *Journal of Cereal Science* 18, 23-41.
- Johansson, E., Prieto-Linde, M. L. and Jönsson, J. Ö. 2001. Effects of wheat cultivar and nitrogen application on storage protein composition and breadmaking quality. *Cereal Chemistry* 78, 19-25.
- Lerner, S.E.; A.C. Arrigoni y A.F. Arata. 2013. Uso del nitrógeno y calidad industrial en cultivares de trigo pan (*Triticum aestivum* L.). *RIA* 39, 77-87.
- Lerner, S.E.; A.F. Arata y A.C. Arrigoni. 2016. Relación entre eficiencia de uso del nitrógeno y calidad industrial en variedades de trigo pan (*Triticum aestivum* L.) con distinta composición de gluten. *RIA* 39, 77-87.
- Martre, P.; J.R. Porter, P. D. Jamieson and E. Triboi. 2003. Modelling grain nitrogen accumulation and protein composition to understand the sink/source regulations of nitrogen remobilization for wheat. *Plant Physiol.* 133, 1959-1967.
- Martre, P.; P.D. Jamienson, M. A. Semenov, R. F. Zyskowski, J. R. Porter and E. Triboi. 2006. Modelling protein content and composition in relation to crop nitrogen dynamics for wheat. *European Journal of Agronomy* 25, 138-154.
- Menéndez, F. J. 2007. Producción de trigo. CREA.
- Quiriban, A.E.; M. Castaño y 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.-NLPam. 25 (2): 19-25.
- Salomón, N.; R. Miranda y L. Ortis. 2012. Disección de la correlación en variables que miden la aptitud panadera del trigo y modelos predictores de la calidad industrial. *Journal of Basic & Applied Genetics* 23, 14-24.
 - Salomón, N.; B. Aldalur, M. Cuniberti y R. Miranda. 2013. Distribución de la calidad del trigo pan argentino utilizando mapas del sistema de información geográfica. *RIA* 39, 41-50.
 - Schepers, J.; T. Blackmer and D. Francis. 1992. Predicting N fertilizer needs for corn in humid regions: Using chlorophyll meters. In B. Bock y K. Kelly (ed). *Predicting fertilizer needs for corn in humid regions*. NFERC, Bull. Y-226. Muscle Shoals, AL, EE.UU. pp. 105-114.
 - Shewry, P.R., J. A. Napier, and A. S. Tatham. 1995. Seed Storage proteins: Structures and biosynthesis. *The Plant Cell* 7, 945-956.
 - Suchy, J. O. M. Lukow and B. X. Fu. 2003. Quantification of monomeric and polymeric wheat proteins and the relationship of protein fractions to wheat quality. *J. Sci. Food Agric* 83, 1083-1090.
 - 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.
 - Triboi, E.; A. Abad, A. Michelena, J. Lloveras, J.L. Ollier and C. Daniel. 2000. Environmental effects on the quality of two wheat genotypes: 1. Quantitative and qualitative variation of storage proteins. *European Journal of Agronomy* 13, 47-64.
 - Triboi, E. and A. M. Triboi-Blondel. 2002. Productivity and grain or seed composition: a new approach to an old problem-invited paper. *European Journal of Agronomy* 16, 163-186.
 - Trigo Argentino. 2017. Principales indicadores de calidad del trigo argentino. <http://www.trigoargentino.com.ar/MapaCalidad/MapaCalidad?Idioma=Esp&i=1&IdCamp=17>. Página visitada el 13 de febrero de 2017.
 - Zadoks J.C., T.T. Chang & C.F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.