FACULTAD DE AGRONOMÍA
Universidad Nacional de La Pampa

CALIDAD PANADERA Y COMPOSICIÓN PROTEICA DE HARINA DE TRIGO ANTE EL AGREGADO DE NITRÓGENO EN LA PROVINCIA DE LA PAMPA

Trabajo final de graduación presentado para obtener el título de Ingeniero agrónomo

Marilina Soledad Giménez
Autor

Mg. María Pereyra Cardozo
Director
Cátedra de Química Biológica. Facultad de Agronomía-UNLPam

Dra. Romina Fernández
Co-director
EEA Anguil, INTA

Mg. Miguel Ángel Fernández
Evaluador
Cátedra de Cereales. Facultad de Agronomía-UNLPam

Ing. Agr. Adriana Elizabet Quiriban
Evaluador
Cátedra de Química Biológica. Facultad de Agronomía-UNLPam

FACULTAD DE AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA
Santa Rosa, La Pampa, Argentina
2019

INDICE GENERAL

RESUMEN…… 1

INTRODUCCION…… 2

MATERIALES Y METODOS…… 7

RESULTADOS Y DISCUSION…….. 9

CONCLUSIONES…… 28

BIBLIOGRAFIA……29

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. *Concentración de proteína en grano y fracciones proteicas de la harina de trigos cultivados en la localidad de Miguel Riglos*…… 12

TABLA 2. *Fracciones proteicas de la harina de trigos cultivados bajo diferente disponibilidad de nitrógeno en la localidad de Anguil*…… 16

TABLA 3. *Índice de verdor y concentración de nitrógeno en hoja al estado de grano lechoso en la localidad de Miguel Riglos*……17

TABLA 4. *Índice de verdor y concentración de nitrógeno en hoja al estado de grano lechoso en la localidad de Anguil*……18

TABLA 5. *Valores de gluten y mixogramas en trigos de la localidad de Miguel Riglos*...24

TABLA 6. *Valores de gluten, alveogramas y farinogramas en trigos cultivados a campo, bajo diferente disponibilidad de nitrógeno en la localidad de Anguil*……24

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. *Subregiones trigueras en Argentina*……4

FIGURA 2. *Acumulación de las distintas fracciones proteicas durante el llenado de grano en trigo*……..6

FIGURA 3. *Efecto de la composición proteica en la fabricación del pan*……7

FIGURA 4. *Diagrama del proceso de fraccionamiento de proteínas de las harinas siguiendo el protocolo propuesto por Sapirstein and Fu (1998)*……9

FIGURA 5. *Precipitaciones en la localidad de Miguel Riglos durante el año 2016, para el ciclo del cultivo, y serie histórica (1921-2011)*……11

FIGURA 6. *Precipitaciones en la localidad de Anguil durante el año 2016, para el ciclo del cultivo, y serie histórica (1973-2016)*……..12

FIGURA 7. *Relación entre la concentración de proteína en grano y la concentración de nitrógeno en hoja bandera al estado de grano lechoso, en trigos cultivados en Anguil, bajo diferente disponibilidad de nitrógeno en siembra y macollaje*……19

FIGURA 8. *Mixogramas de las harinas de trigos cultivados en tres lotes diferentes de la localidad de Migue Riglos*……26

FIGURA 9. *Alveogramas de las harinas de trigos cultivados en la localidad de Anguil, con diferente disponibilidad de nitrógeno*…….26

FIGURA 10. *Farinogramas correspondientes a los distintos tratamientos de la localidad de Anguil*……..27

RESUMEN

La calidad panadera de la harina de trigo pan (*Triticum aestivum* L.) no sólo depende del genotipo sino también de la disponibilidad de nitrógeno, siendo importante la composición proteica para entender las bases bioquímicas de la calidad del trigo. Los objetivos del presente estudio fueron evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la composición proteica en harinas y la calidad panadera en cultivos de trigo de la provincia de La Pampa. El estudio se llevó a cabo en dos localidades de la provincia, Miguel Riglos y Anguil, donde se trabajó con diferentes dosis y momento de aplicación de nitrógeno. Se cuantificó la composición proteica en la harina siguiendo dos protocolos para estudiar el efecto de la concentración de las proteínas monoméricas y poliméricas sobre la calidad de la masa. Se observó que los cambios en la composición de las fracciones no están asociados a cambios en la concentración de proteína en grano. El momento de aplicación y la dosis de nitrógeno modificaron la concentración de las distintas fracciones proteicas en la harina. Aquellos tratamientos con mayor concentración de gluteninas insolubles y mayor relación de gluteninas insolubles respecto de las proteínas monoméricas, mostraron mejores parámetros reológicos de calidad panadera. Sin embargo, se obtuvieron masas con mucha tenacidad, poca extensibilidad y un valor mediano de fuerza panadera. Se continuará el análisis, a fin de determinar el momento y dosis de aplicación de nitrógeno requerido para obtener harinas con mejor calidad panadera.

Palabras clave: fertilización nitrogenada, concentración de proteína en grano, gluteninas, gliadinas.

ABSTRACT

Breadmaking quality of wheat flour (*Triticum aestivum* L.) depends not only on the genotype but also on the availability of nitrogen, and wheat protein composition is important for understanding the biochemical basis of wheat quality. The objectives of this study were to evaluate the effect of nitrogen fertilization on the protein composition in flours and the breadmaking quality in wheat crops of the province of La Pampa. The study was carried out in two localities of the province, Miguel Riglos and Anguil, where different application rates and timing of nitrogen nutrition were tested. Flour protein fraction composition was quantified following two protocols to study the effect of the proportions of monomeric and polymeric protein on dough quality was studied. It was observed that changes in the protein fraction composition are not associated with changes in grain protein concentration. Application rates and timing of nitrogen nutrition modified the flour protein fraction composition. Dough rheological properties were directly related to the insoluble glutenin concentration and ratio of insoluble glutenins to monomeric proteins. However, dough was obtained with great tenacity, little extensibility and a medium value of baking strength. The analysis will be continued, in order to determine the time and dose of nitrogen application to obtain flours with better breadmaking quality.

Key words: Nitrogen fertilization, grain protein concentration, glutenins, gliadins.

INTRODUCCIÓN

La producción de trigo a nivel nacional ha mostrado variaciones a lo largo de la historia. Luego de la caída del 2013, entre 2014-2017, la producción de harina se ubicó en torno a los 4.3 millones de toneladas, de las cuales más del 80% se destinaron al mercado interno. El principal destino industrial de la harina en nuestro país es el pan tradicional, representando un 70% del total. El resto se distribuye entre harina fraccionada para consumo familiar, pastas, galletitas y pan industrial (Informes de cadena de valor. Trigo. Marzo 2018).

Partiendo del eje de que la mayor parte del trigo producido se destina a consumo directo (tanto para el mercado interno como el externo) es fundamental garantizar una apropiada calidad del producto. Parámetro que comienza desde el eslabón primario, optando por las más adecuadas tecnologías de procesos e insumos, principalmente, lo que respecta a fertilización nitrogenada.

Experiencias previas en la provincia han demostrado que la fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo aumenta el rendimiento, la concentración de nitrógeno en hoja, la concentración de proteína en grano, la concentración de gluteninas en harina y mejora las propiedades reológicas de la harina (Arreguy y Brendle, 2018).

Los cambios tecnológicos ocurridos en las panaderías, en la industria de galletitas y en las grandes cadenas de comercialización, así como la aparición de la industria de las masas congeladas, hizo que los requerimientos se hayan sofisticado lo que trajo aparejado también un cambio en las metodologías utilizadas para la evaluación de los trigos. En el pasado, para la colocación de una partida alcanzaba con el análisis comercial del lote y la determinación del nivel de proteína o gluten. Posteriormente, molinos, acopios e industrias del sector comenzaron a demandar las pruebas reológicas para conocer mejor el comportamiento de las masas (Seghetto y Molfese, 2006).

Las propiedades viscoelásticas del gluten dependen de factores como el genotipo, concentración de gliadinas y gluteninas y la distribución de estas fracciones (Hernández Espinosa *et al*., 2013).

En este sentido, las harinas de trigo que se producen en el molino deben ser sometidas a pruebas reológicas donde se ensayan las características plásticas de la masa producida con ellas. Se mide la estabilidad farinográfica o tolerancia al amasado y la extensibilidad de la masa a través del insuflado de aire - como si fuera una fermentación - hasta que la misma se rompe y lo deja escapar. Asimismo, las pruebas de panificación de laboratorio también son comunes de realizar para constatar la calidad de la harina (Ministerio de Agroindustria, Informe ejecutivo: harina de trigo, 2017).

Dentro de las 8 subregiones trigueras que existen en el país, la provincia de La Pampa forma parte de la subregión triguera V Sur, caracterizada por poseer un clima templado, con precipitaciones medias cercanas a los 600 mm anuales (Figura 1). La industria molinera de la provincia, representa el 3% del total del país, ocupando el quinto lugar a nivel nacional en cantidad de molinos. Tres molinos de la provincia tienen industrias anexas, como fábricas de alimentos balanceados y la industria de pastas.

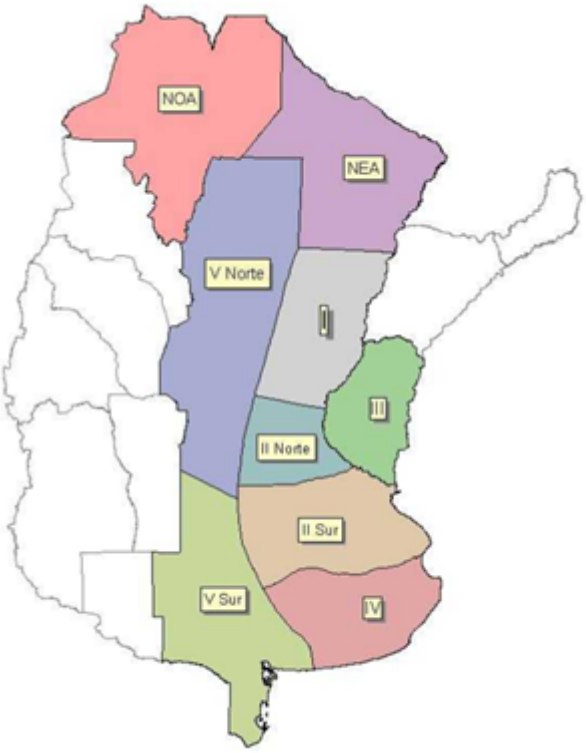


Figura 1: Subregiones trigueras en Argentina. Extraído de Yalungo Y, García G. 2006.

Entre un 70 y un 85% del trigo utilizado en los molinos pampeanos es producido en La Pampa, mientras que el resto es comprado fuera de los límites provinciales, siendo la calidad panadera, el principal criterio de compra, seguido por el precio y la calidad comercial.

La principal limitante que encuentran los molinos para el abastecimiento de la materia prima, es la baja calidad panadera, lo que se manifiesta en el parámetro W (fuerza de la masa), como consecuencia de una inadecuada calidad del gluten. Esto se atribuye principalmente a los problemas de fertilidad de los suelos, sumado a un ineficiente uso de fertilizantes (Iglesias e Iturrioz, 2010).

El manejo de la fertilización en trigo adquiere un rol preponderante tanto para incrementar y/o estabilizar el rendimiento, como para optimizar la calidad del producto cosechado. Por lo tanto, se requiere no solo incrementar el rendimiento, sino también

generar estrategias que permitan aumentar la concentración de nitrógeno en grano (Alzueta *et al*., 2007).

Al relacionar los requerimientos de nitrógeno para rendimiento con la disponibilidad inicial, se estima que más del 50% del nitrógeno utilizado es aportado por el suelo durante el ciclo del cultivo. Cuando este aporte es inferior, como ocurre en gran parte de los suelos de la provincia de La Pampa, se recurre a la fertilización nitrogenada, en la cual se plantean estrategias de aplicación para manejar rendimiento y/o contenidos de proteína. Sin embargo, teniendo en cuenta que una superficie importante de la región triguera corresponde a suelos de texturas gruesas, aplicaciones tempranas pueden dar lugar a pérdidas por lixiviación (Satorre *et al.,* 2003). Por otra parte, Feyh & Lamond (1992) expresan que en los suelos de textura gruesa, existe mayor posibilidad de encontrar deficiencia en el suministro de algunos nutrientes, como es el caso del nitrógeno, cuyo mayor aporte proviene de la materia orgánica , especialmente en años de buena disponibilidad hídrica para los cereales invernales.

Palta (2007) señala que en trigo, la absorción de nitrógeno es muy baja en sus primeras etapas de desarrollo, y que una inadecuada sincronización entre oferta (suelo + fertilizante) y demanda, es una de las principales causas de la baja eficiencia de uso. La mayor eficiencia está asociada con una mayor biomasa aérea y radical.

La cantidad y calidad de las proteínas son fundamentales para la obtención de una masa capaz de leudar. Las albúminas y globulinas tienen funciones metabólicas y estructurales, mientras que las gliadinas y gluteninas constituyen las proteínas de reserva. Estas últimas forman el gluten y comprenden alrededor del 70-80% de las proteínas y son las responsables de las características físicas de la masa y consecuentemente, de la calidad panadera (Satorre *et al.*, 2003).

Los distintos tipos de proteínas se depositan en distintos momentos durante el llenado de los granos. Las proteínas metabólicas son las primeras en acumularse, albúminas y globulinas, siendo alrededor del 90% del total de las proteínas, en los primeros 10 días después de antesis. Aunque la acumulación continua durante casi todo el periodo de llenado de los granos, a madurez fisiológica sólo representan aproximadamente 20-30% del total de las proteínas, esto ocurre, porque aumenta la síntesis de las proteínas de reserva, que en madurez representan el 70-80% del total de las proteínas del grano (Figura 2).

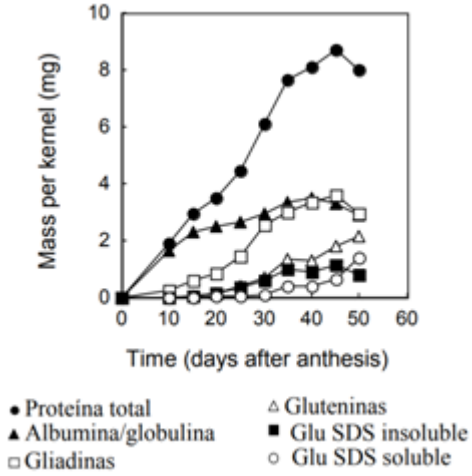


Figura 2. Acumulación de las distintas fracciones proteicas durante el llenado de grano en trigo. Extraído de Stone y Nicolas (Satorre *et al*., 2003).

Las gliadinas son de menor peso molecular y son las responsables de conferir extensibilidad a las masas. En contraste, las gluteninas son de mayor peso molecular, y confieren la fuerza a la masa. Cuando el balance entre fuerza y elasticidad es óptimo, la masa resultante de la mezcla no requiere excesiva energía de mezclado. La masa es lo suficientemente fuerte para atrapar los alvéolos de gas, que se expandirán durante el cocido del pan y podrán mantenerse separadas para dar como resultado un volumen de pan alto (Figura 3.a). Si la relación gliadinas:gluteninas es baja, la masa es excesivamente fuerte y relativamente poco extensible. El resultado es una masa que requiere alta energía para mezclar (y por lo tanto mayor costo). Además, la baja

elasticidad impide que el gas se expanda y el resultado final es un bajo volumen de pan con una alta densidad (Figura 3.b). Aquellas que provienen de harinas con una relación alta de gliadinas:gluteninas (Figura 3.c) requieren muy baja energía de mezclado y constituyen una masa débil, pegajosa y de difícil manejo, ya que no es capaz de retener las burbujas de gas, que tienden a converger y formar "agujeros" en la miga (Satorre *et al.,* 2003).

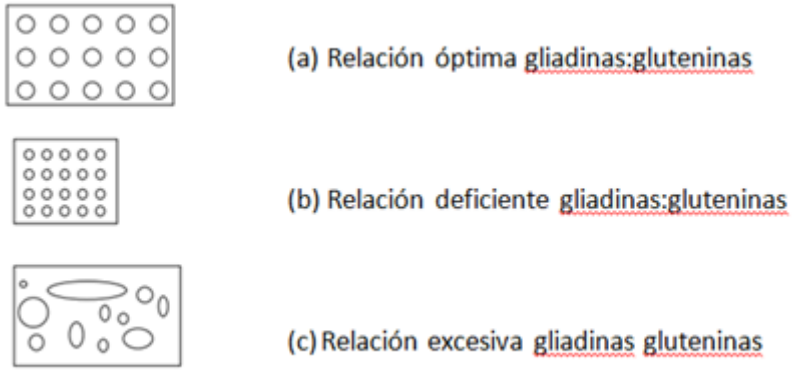


Figura 3: Efecto de la composición proteica en la fabricación del pan. Extraído de Stone y Savin (Satorre *et al.,* 2003).

Existen métodos indirectos para estimar la calidad panadera de una harina, algunos de ellos requieren poca cantidad de muestra, tales como el porcentaje de gluten, Zeleny test, mixograma y falling number y otros requieren cantidades superiores como lo son el farinograma de Brabender, y el alveograma de Chopin.

Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la concentración de proteína en grano, la composición proteica en harinas y la calidad panadera en cultivos de trigo de la provincia de La Pampa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con trigos (*Triticum aestivum* L.) cultivados en dos localidades de la provincia de La Pampa: Miguel Riglos y Anguil. En el campo ubicado en Miguel Riglos

se trabajó en tres lotes: en el lote 1 el productor había sembrado el cultivar ACA 602, perteneciente al grupo de calidad II, mientras que en los lotes 2 y 3 utilizó el cultivar ACA 356, de grupo de calidad I. La siembra se llevó a cabo a fines de mayo con una densidad de 80 $kg.ha^{-1}$ bajo siembra directa. En ese momento se agregaron 50 kg de fosfato diamónico y posteriormente, 150 kg de $urea.ha^{-1}$ al estado de primer macollo. En cuanto a la historia del potrero, el lote 1 presentaba como antecesores sorgo de Alepo y roseta, importantes malezas en la zona, mientras que los lotes 2 y 3 tuvieron como cultivo antecesor maíz.

En el campo ubicado en la localidad de Anguil se trabajó con el cultivar ACA 315 correspondiente al grupo de calidad I, bajo siembra directa. En el mismo se evaluaron cinco niveles de fertilización: 0+0, 40+0, 80+0, 40+40 y 0+40 $kg.ha^{-1}$ en siembra y macollaje respectivamente, en un diseño en bloques completamente aleatorizados con cuatro repeticiones.

En ambos sitios se llevaron a cabo 2 muestreos: el primero de ellos en el estado de Z 7.3 (Zadoks *et al.,* 1974) en donde se tomaron datos sobre hoja bandera con dos medidores de clorofila, el SPAD 502 (Minolta) y el MC100 (Apogee). Las mediciones con el SPAD 502 se expresaron en unidades spad, mientras que las del MC100 en unidades CCI (Chlorophil Content Index. Índice de Contenido de Clorofila). Al mismo tiempo se cosechó la hoja bandera y posteriormente se derivó al laboratorio para determinar el contenido de nitrógeno total por el método de Kjeldahl. De manera que en la localidad de Miguel Riglos el muestreo se llevó a cabo el 1 de diciembre (Z7.3), mientras que en la localidad de Anguil, el 24 de noviembre (Z7.3).

En el segundo muestreo, se cosecharon las espigas el 12 y el 20 de diciembre en Miguel Riglos y Anguil respectivamente, a partir de las cuales se determinó la concentración de proteína en grano, fraccionamiento de proteínas en harina (Figura 4),

(Sapirstein and Fu, 1998), y su cuantificación (Suchy *et al.*, 2007), porcentaje de gluten, mixograma, farinograma y alveograma. Los análisis reológicos se realizaron en el Laboratorio de Calidad de Cereales y Oleaginosas del INTA de Marcos Juárez, Córdoba.

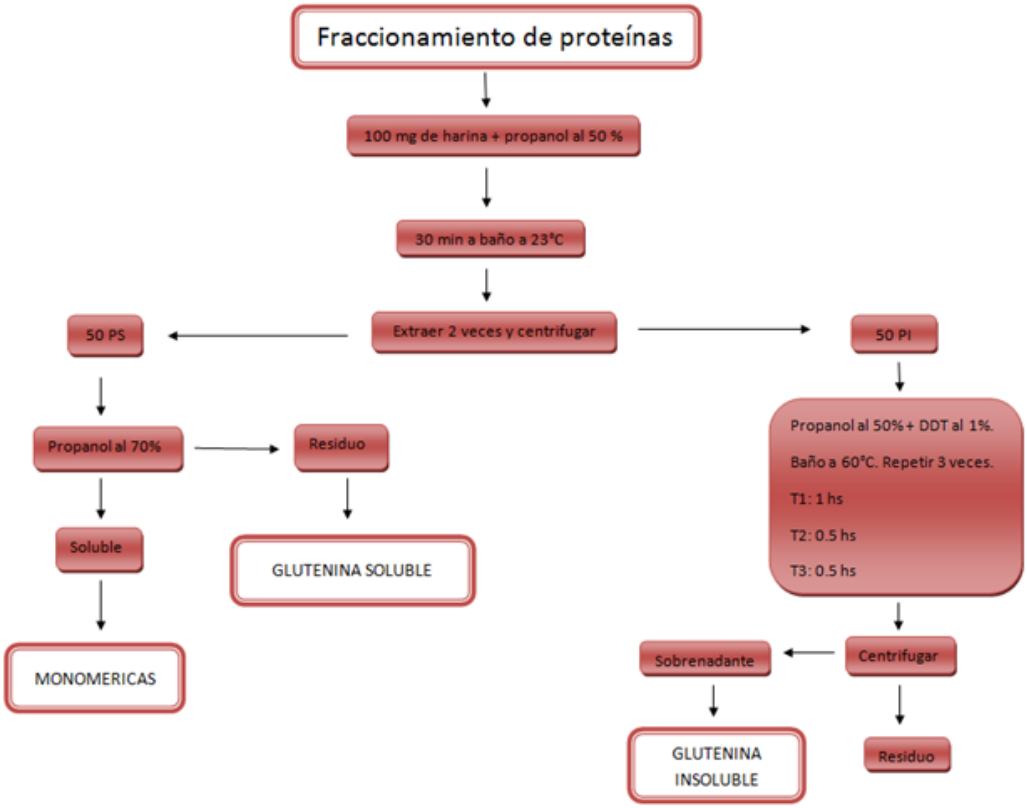


Figura 4. Diagrama del proceso de fraccionamiento de proteínas de las harinas siguiendo el protocolo propuesto por Sapirstein and Fu (1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones de crecimiento de los cultivos

La región semiárida pampeana (RSP) es una transición entre las zonas húmedas y secas, caracterizada por una gran variabilidad en las precipitaciones (Scian, 2002), y en la capacidad de retención de agua (CRA) de sus suelos, condicionada, a su vez, por

la granulometría y profundidad efectiva del perfil (Quiroga *et al.*, 1998). Por otra parte, en gran parte de la región se observa un balance hídrico anual negativo, donde la evapotranspiración potencial o ETP (evaporación del suelo en capacidad de campo y transpiración de las plantas) es mayor que la cantidad anual de lluvia. En consecuencia, las precipitaciones frecuentemente, no logran cubrir los requerimientos de uso consuntivo de los cultivos y normalmente limitan el rendimiento y la respuesta a la fertilización del cultivo.

Se ha establecido que los requerimientos hídricos para todo el cultivo de trigo en nuestra región es de 300 mm aproximadamente, de los cuales 120 mm se consumen durante el periodo vegetativo, desde la siembra al inicio del periodo crítico; 105 mm se utilizan durante el periodo crítico; y los restantes 100 mm son consumidos desde la finalización del período crítico hasta el momento de cosecha. Sin embargo, dadas las condiciones climáticas de nuestra región, las probabilidades de que esas precipitaciones sucedan son escasas. Por este motivo, la práctica de manejo del barbecho previo a la siembra, que nos permitan acumular el agua proveniente de las precipitaciones otoñales, adquiere un rol fundamental. Esto permitirá llegar al momento de la siembra con el perfil del suelo en buenas condiciones de humedad (Información aportada por la Cátedra de Cereales y Oleaginosas, Facultad de Agronomía, UNLPam).

En la localidad de Miguel Riglos, las precipitaciones alcanzadas durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre fueron de 100 mm, con un registro de 0 mm para el mes de agosto (Figura 5). Esto mostró una leve escasez en lo que respecta al requerimiento por parte del cultivo, que para esta zona, ronda los 120 mm. En el mes de octubre, considerado como periodo crítico para nuestra región, los requerimientos fueron cómodamente cubiertos, superando el promedio mensual de la serie 1921-2011 (Informe de Precipitaciones. Miguel Riglos, departamento Atreuco. Administración

Provincial del Agua. Ministerio de Obras y Servicios Públicos. 2011.). Desde el momento que finalizó el período crítico hasta la cosecha, se registraron 154 mm, lo que permitió cubrir los requerimientos hasta el momento de cosecha.

En lo que respecta a la localidad de Anguil, desde la fecha de siembra hasta el inicio del periodo crítico se registraron 96.5 mm, con 0 mm para el mes de agosto (Figura 6). Esto marcó un leve déficit hídrico respecto del requerimiento del cultivo en dicho periodo. Durante el mes de octubre, los requerimientos fueron cómodamente cubiertos, superando ampliamente el promedio histórico de la serie 1973-2016 (Belmonte *et al*., 2017). Para los meses de noviembre y parte de diciembre, hasta cosecha, las precipitaciones fueron de 49 mm, mostrando escasez para el periodo de finalización del ciclo del cultivo.

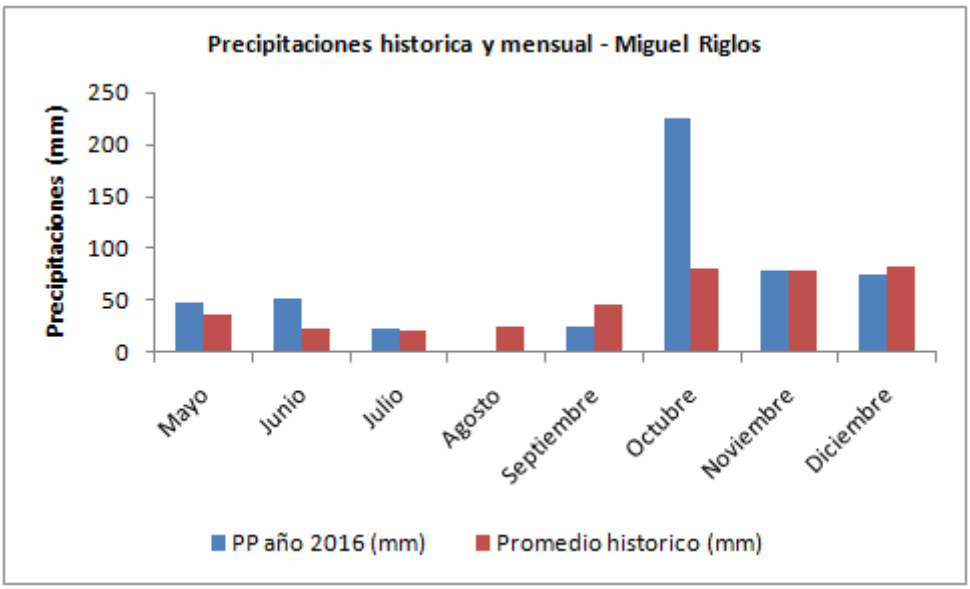


Figura 5. Precipitaciones en la localidad de Miguel Riglos durante el año 2016, para el ciclo del cultivo, y serie histórica (1921-2011). Elaborado a partir del Informe de precipitaciones medias mensuales (2012). Administración Provincial del Agua (APA). Ministerio de Obras y Servicios Públicos y datos tomados del sitio web de la Policía de La Pampa.

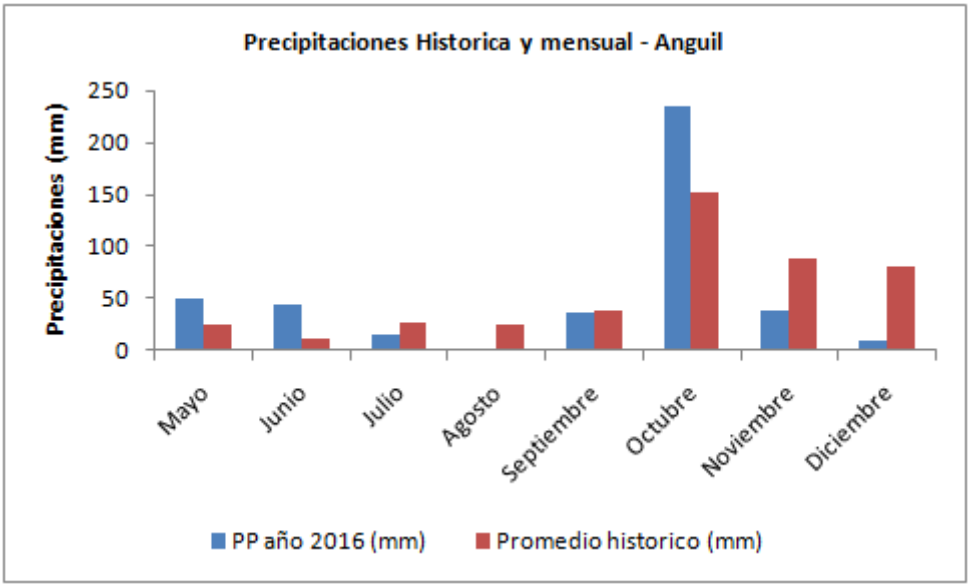


Figura 6. Precipitaciones en la localidad de Anguil durante el año 2016, para el ciclo del cultivo, y serie histórica (1973-2016). Elaborado a partir de la publicación Estadísticas Agroclimáticas de la EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas" (2017) y datos tomados del sitio web de la Policía de La Pampa.

Concentración de proteína en grano y composición proteica de la harina

En trigo, el genotipo, el ambiente, la concentración de gluteninas, gliadinas y la relación de concentración de ambas fracciones en la harina afectan las variables de calidad de la masa (De la O Olán *et al.,* 2010).

Tabla 1. Concentración de proteína en grano y fracciones proteicas de la harina de trigos cultivados en la localidad de Miguel Riglos. Medias con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (LSD 0,05). 50PS (fracción rica en gliadinas) 50PI (fracción rica en gluteninas). PM: proteínas monoméricas, (% de la proteína extractable total) GS: glutenina soluble (% de la proteína extractable total) GI: glutenina insoluble,(% de la proteína extractable total). GT: glutenina total (% de la proteína extractable total).

Lote	Proteína en grano (%)	50PS (%)	50PI (%)	PM (%)	GS (%)	GI (%)	GT	GI/PM	50PI/50PS
1	8,5 a	41,63 ab	58,37 ab	20,06 a	21,57 ab	58,37 ab	79,94 a	2,92 b	1,43 ab
2	9,2	37,79	62,21	21,39	16,40	62,21	78,61	2,91	1,69

	a	a	b	a	a	b	a	b	b
3	9,7 a	52,43 b	47,57 a	24,93 a	27,51 b	47,57 a	75,07 a	1,97 a	0,93 a

En la Tabla 1 se presenta la distribución proporcional de las fracciones de proteína en la harina de trigos cultivados en lotes de Miguel Riglos. Es interesante destacar que aunque no se observaron diferencias significativas en la concentración de proteína en grano, de los trigos cultivados en diferentes potreros, sin embargo, se observan diferencias significativas ($p<0,05$) en la composición de las fracciones proteicas. Suchy *et al.* (2007) proponen en harinas, un fraccionamiento con propanol para obtener 2 fracciones, la fracción soluble en 1-propanol (50%), 50PS, definida como la fracción rica en gliadinas, y la fracción insoluble, 50PI, definida como la fracción rica en gluteninas. De los valores surge que las harinas de los trigos cultivados en el lote 2, muestran mayor concentración de la fracción rica en gluteninas, lo cual también se evidencia en la relación relación de concentraciones de las fracciones 50PI/50PS.

Por otra parte, siguiendo el fraccionamiento de la proteínas propuesto por Sapirstein and Fu (1998), se obtienen tres fracciones, y es posible estimar la concentración de gluteninas solubles e insolubles. En la Tabla 1 podemos observar que no hubo diferencias significativas entre los lotes, en las proteínas monoméricas y en la glutenina total. Sin embargo, la composición de las gluteninas, fue diferente, entre los lotes, dado que en las harinas provenientes del lote 2, se cuantificó una mayor concentración de gluteninas insolubles. Suchy et al (2007), expresan que la relación gluteninas /gliadinas, (50PI/50PS) también puede expresarse por la relación GI/PM, lo cual queda acuerda con nuestros datos. La relación GI/PM fue significativamente mayor para el lote 2. De manera que siguiendo ambos métodos se puede concluir una mayor

concentración de la fracción rica en gluteninas, explicada por una mayor concentración de glutenina insoluble. Por lo que las condiciones de crecimiento del cultivo, en diferentes lotes, la composición proteica es diferente, y por ello la calidad panadera de la harina.

Se obtuvo un valor medio de 25% en proteínas monoméricas, 20% para las poliméricas solubles y un 55% para las poliméricas insolubles. Sapirstein and Fu (1998) informaron en trigos canadienses, valores del 50, 14 y 36% para PM, PPS y PPI respectivamente. La diferencia con respecto a los valores obtenidos en esta experiencia podría explicarse por la forma de cuantificación. En estos experimentos la cuantificación de las proteínas se hizo midiendo la absorbancia de las soluciones a 280 nm (Suchy *et al.,* 2007), mientras que, Sapirstein and Fu. (1998) estimaron el nitrógeno de cada una de las fracciones respecto del nitrógeno total proteico por Kjeldahl.

Influencia del manejo de la fertilización nitrogenada en la composición proteica de las harinas

Las proteínas monoméricas, y las de reserva, gliadinas y gluteninas, responden a un patrón de almacenamiento temporal durante el período de desarrollo del grano (Satorre *et al*.,2003; Triboï., *et al* 2003). La partición del nitrógeno entre gliadinas y gluteninas es constante durante el desarrollo del grano y no se modifica por las condiciones de crecimiento, tales como la disponibilidad de nitrógeno (Martre *et al.,* 2003). Sin embargo, Triboi *et al.* (2003) expresan que la concentración y el ritmo de acumulación de gliadinas y gluteninas en el grano maduro aumenta en respuesta a la disponibilidad de nitrógeno, aunque la disponibilidad de nitrógeno no afecta la duración del período de acumulación de las distintas fracciones proteicas. Liu *et al.* (2012) expresan que la acumulación de gluteninas de alto peso molecular comienza 14 días después de antesis con un incremento gradual hasta el día 28 después de antesis, a

partir del cual se inicia un rápido incremento y esta acumulación aumenta en función de la disponibilidad de nitrógeno.

Varios autores expresan que la composición proteica es una función directa de la cantidad total de nitrógeno por grano (Triboï *et al.,* 2003; Martre *et al.,* 2006). Por otra parte, el contenido de nitrógeno en grano depende de la disponibilidad de nitrógeno y de la capacidad del cultivo de acumular nitrógeno en grano. En consecuencia, la disponibilidad de nitrógeno modifica el contenido de nitrógeno en grano y por ello puede afectar la composición proteica de la harina.

La concentración de proteínas monoméricas es constante independientemente del nivel de disponibilidad de nitrógeno, mientras que el contenido de gliadinas y gluteninas depende del nitrógeno disponible (Wieser and Seilmeier, 1998; Fuertes-Mendizábal *et al.* 2010). Se ha observado en trigo que al aumentar la disponibilidad de nitrógeno aumenta la concentración de gliadinas y gluteninas aunque no se modifica la relación gluteninas/gliadinas (Triboi *et al.,* 2000; Fuertes-Mendizábal *et al.,* 2010;). Otros autores observaron una disminución de la relación gluteninas/gliadinas (Wieser and Seilmeier, 1998; Triboi-Triboi Blondel, 2002; Triboi *et al.,* 2003; Islas-Rubio *et al.*, 2011).

La disponibilidad de nitrógeno afecta la composición y la polimerización de las proteínas en el grano de trigo, aumentando la concentración de proteínas poliméricas (Johansson *et al.*, 2008). Dentro de la fracción de gluteninas aumentan principalmente las de alto peso molecular, de manera que la solubilidad de los agregados de gluteninas están asociados a la disponibilidad de nitrógeno durante el período de llenado de grano (Fuertes-Mendizábal *et al.*, 2010). La aplicación temprana de nitrógeno lleva a una mayor fuerza de gluten, y mayor concentración de proteínas poliméricas insolubles (Johansson *et al.,* 2004).

En la Tabla 2 se presentan los resultados de la concentración de proteína en grano y la composición proteica de la harina en función de distintas dosis de nitrógeno y distintos momentos de aplicación. Se observa que hubo diferencias estadísticamente significativas en la concentración de proteína en grano, siendo el tratamiento 40+40, el que expresa la mayor concentración. También se observa, al igual que en la Tabla 1 que hubo diferencias en la composición de las fracciones proteicas. A diferencia del experimento anterior hubo cambios en la concentración de glutenina total, expresándose en el tratamiento 0+40. Además los tratamientos 80+0 y 0+40 muestran los mayores valores de concentración de glutenina insoluble. La relación de concentración de proteínas poliméricas estimadas por GI/PM o bien 50PI/50PS expresa cambios según la disponibilidad de nitrógeno, ocurriendo las relaciones más altas en los tratamientos 80+0 y 0+40.

Tabla 2. Fracciones proteicas de la harina de trigo cultivados bajo diferente disponibilidad de nitrógeno en la localidad de Anguil. Medias con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (LSD 0,05). PM: proteínas monoméricas, PP: proteínas poliméricas, GI: glutenina insoluble, GS: glutenina soluble, GT: glutenina total.

Disponibilidad de nitrógeno	**Proteína en grano (%)**	**50PS (%)**	**50PI (%)**	**PM (%)**	**GS (%)**	**GI (%)**	**GT**	**GI/PM**	**50PI/50PS**
0+0	8,55 a	47,24 a	52,76 a	26,54 a	20,70 a	52,76 a	73,46 a	1,99 a	1,12 a
40+40	10,70 c	47,09 a	52,91 a	24,46 a	20,40 a	48,01 a	68,47 a	1,97 a	1,13 a
80+0	9,43 b	42,63 a	57,37 a	25,64 a	17,00 a	57,37 a	74,36 a	2,40 a	1,36 a
40+0	9,30	46,15 a	53,85	24,21	21,94	53,85	75,79 9 a	2,23	1,17

	b		a	a	a	a		a	a
0+40	9,68 b	42,83 a	57,17 a	20,63 a	22,20 a	57,17 b	79,37 b	2,84 a	1,38 a

El nitrógeno requerido para la síntesis de proteínas que se acumulan en el grano de trigo en desarrollo proviene principalmente de la removilización del nitrógeno previamente asimilado y acumulado en las hojas (Caputo *et al.,* 2010). El contenido de clorofila en hoja puede ser usado como diagnóstico del contenido de nitrógeno en plantas (Debaeke *et al.,* 2006). Por otra parte, las lecturas del SPAD están positivamente correlacionadas con el contenido de N en hoja para diferentes especies y en distintos estados de crecimiento (Prost and Jeuffroy, 2007) por lo que es considerado una herramienta útil para detectar deficiencias de nitrógeno y monitorear el status de nitrógeno. Gandrup *et al.* (2004) expresan que el índice de verdor (IV) en hoja bandera al estado de grano lechoso, Zadoks 73, es un buen indicador del contenido de proteína en grano a cosecha. Por otra parte, ha sido observado una disminución en la concentración de nitrógeno en hoja y del IV en función de la edad de la planta (Del Campo *et al.*, 2017; Arreguy y Brendle, 2018), poniendo en evidencia la removilización del nitrógeno desde las hojas hacia el grano.

En la localidad de Miguel Riglos, en los lotes en estudio, se encontraron diferencias significativas en el índice de verdor expresado tanto en unidades SPAD como en CCI, sin embargo, en ninguna de las situaciones se alcanzó las 50 unidades SPAD. Contrariamente ocurre con la concentración de nitrógeno en hoja, donde no se observan diferencias estadísticamente significativas. Además el contenido de nitrógeno en los tres lotes fue bajo, y ninguno de ellos alcanzó el 3% requerido para lograr el 11%

de proteína en grano (Tabla 3). Estos datos pueden explicarse con los bajos valores de proteína encontrados previamente (Tabla 1).

Tabla 3. Índice de verdor y concentración de nitrógeno en hoja al estado de grano lechoso en la localidad de Miguel Riglos, estimado en unidades SPAD y CCI. Medias con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (LSD 0,05).

Potrero	Unidades SPAD	CCI	% N hoja
1	34,57 a	13,76 a	2,16 a
2	41,05 b	20,54 b	2,30 a
3	43,37 b	21,47 b	2,35 a

En el experimento realizado en Anguil, la aplicación de nitrógeno en diferentes momentos y dosis generó diferencias significativas en la concentración de nitrógeno en hoja en grano lechoso. En el tratamiento 40+0 se observó un incremento significativo respecto del tratamiento 0+0 ($p<0,05$) (Tabla 4). Por otra parte, la concentración de nitrógeno en hoja y el índice de verdor (IV) son valores inferiores a lo requerido para alcanzar un 11% de proteína en grano según lo sugerido por Arreguy y Brendle (2018). Aquellos autores encontraron que se requiere el 3% de nitrógeno en hoja y 50 unidades SPAD, para alcanzar un 11% de proteína en grano. Este valor es similar a lo observado en este experimento (Figura 5) donde puede observarse que se requiere 2.85% de N en hoja al estado de grano lechoso para alcanzar el 11% de proteína en grano.

Tabla 4. Índice de verdor y concentración de nitrógeno en hoja al estado de grano lechoso en la localidad de Anguil, estimado en unidades SPAD y CCI. Medias con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (LSD 0,05).

Disponibilidad de nitrógeno	CCI	Unidades SPAD	% N hoja
0+0	13.74a	35,37a	1,89a
40+40	23,81b	41,60a	2,26ab
80+0	17,88ab	39,19a	2,34ab

0+40	15,24a	34,88a	2,01ab
40+0	17,72ab	38,48a	2,39b

Echeverría y Studdert (1998) expresan que la elevada disponibilidad de nitrógeno en la siembra y/o con aplicaciones tempranas de nitrógeno se obtienen incrementos en la concentración de nitrógeno en hoja bandera en el período de llenado de grano. En nuestro experimento se observa que la fertilización temprana mejora la concentración de nitrógeno en hoja bandera (Cuadro 5).

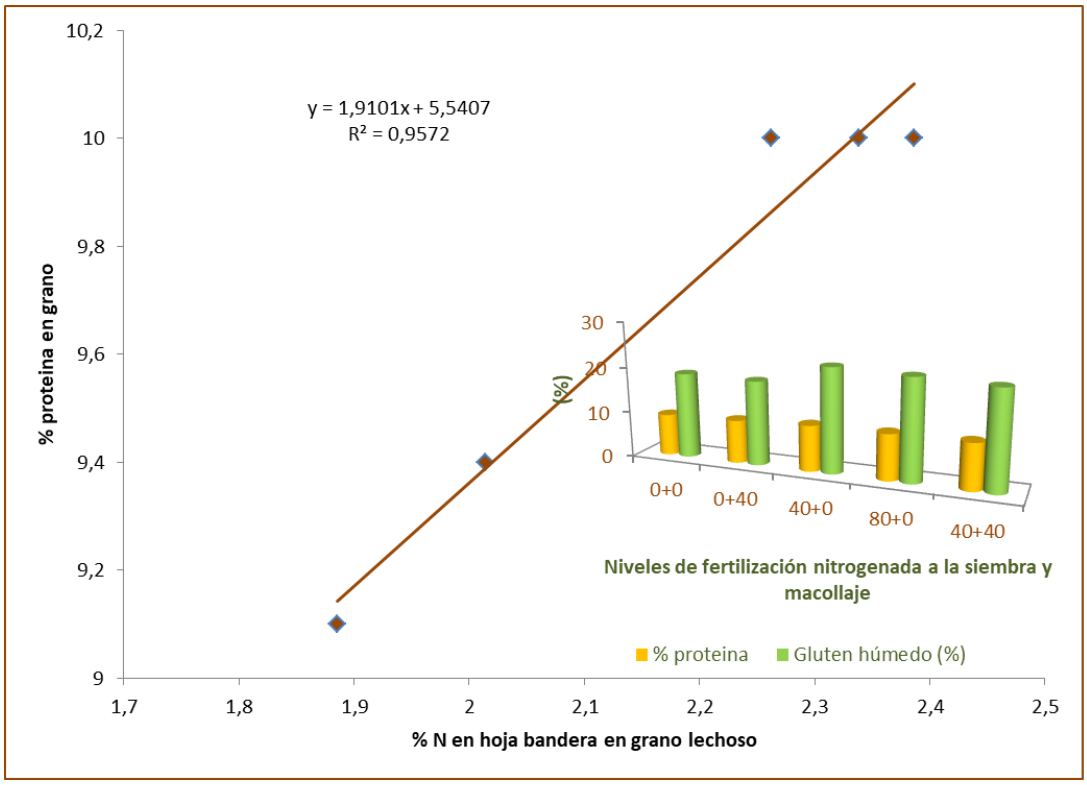


Figura 7. Relación entre la concentración de proteína en grano y la concentración de nitrógeno en hoja bandera al estado de grano lechoso,en trigos cultivados en Anguil, bajo diferente disponibilidad de nitrógeno en siembra y macollaje.

Composición proteica de las harinas y su relación con la calidad panadera.

La distribución de las fracciones de proteína constituye una herramienta complementaria en fitomejoramiento que en conjunto determinan en más del 30% el comportamiento de características como el tiempo de desarrollo de la masa, y la fuerza del gluten, afectando la calidad potencial del uso del trigo. A mayor concentración de

proteínas monoméricas, mayor es la extensibilidad y a mayor concentración de proteínas poliméricas insolubles, mayor es la fuerza de gluten (Hernández Espinosa *et al*., 2013). Existen combinaciones específicas de gluteninas a alto y bajo peso molecular que favorecen la calidad (fuerza y extensibilidad) de la masa (Martínez-Cruz *et al.*, 2010).

Suchy *et al.,* (2003) expresan que la concentración de proteínas monoméricas afecta negativamente la calidad de la masa, mientras que la concentración de glutenina insoluble está asociada positivamente con el tiempo de desarrollo de la masa. Sin embargo, consideran que es más determinante la relación de concentración de gluteninas/gliadinas estimadas también por la relación GI/PM. De lo anterior surge que la concentración de proteína en el grano no es la determinante de la calidad panadera. El volumen de sedimentación en SDS no fue afectado por diferencias en la concentración de proteína de la harina, aunque estuvo asociado a la cantidad relativa de glutenina (Payne *et al* 1987).

La cantidad total de gluteninas y la cantidad de gluteninas de alto peso molecular están asociadas con mejoras en la calidad panadera. El incremento exponencial en los parámetros de calidad producidos por pequeños incrementos en el contenido de glutenina por arriba de cierto valor umbral, sugiere que el grado de polimerización de la glutenina es el principal factor responsable de la mejora en la calidad panadera (Fuertes-Mendizábal *et al.*, 2010). La fracción de glutenina insoluble provee una medida de la calidad proteica que más se relaciona con la calidad tecnológica de la harina (Sapirstein y Fu 1998).

La calidad panadera está relacionada con la concentración de glutenina y con la distribución según el tamaño de los polímeros de glutenina. Las gluteninas son proteínas poliméricas cuyo efecto sobre la calidad panadera está determinado no sólo por su

composición y abundancia sino también por el grado de polimerización. De manera que las propiedades panaderas son determinadas no sólo por la cantidad de gluteninas o macropolímeros de gluteninas sino también por la distribución de los polímeros entre la fracción más insoluble y la menos soluble, entendiendo que la solubilidad está asociada al grado de polimerización (Fuertes-Mendizábal., *et al* 2010). Los cultivares de alta calidad panadera tienen mayor proporción de polímeros de glutenina de alto peso molecular (Anjum *et al.,* 2007). Gupta and MacRitchie (1991) encontraron que las variedades con mayor fuerza panadera tienen mayor proporción de proteínas poliméricas y mayor relación de gluteninas de alto peso molecular/gluteninas de bajo peso molecular.

El mixógrafo es una herramienta útil que permite determinar índices de calidad panadera (Martinant *et al.*, 1998). La cantidad de gluteninas y gliadinas son importantes para predecir la altura de la curva. El contenido de gliadina estuvo significativamente relacionado con la altura del pico máximo (ALP), mientras que el contenido de glutenina estuvo relacionado positivamente con ancho del pico máximo (AnP) y aflojamiento (A 8 m). El área bajo la curva (área pico) estuvo asociada positivamente con la cantidad de gluteninas (Martinant *et al.*, 1998).

Lo anterior permite explicar los resultados obtenidos en las harinas provenientes del lote 2, en las que se determinó mayor concentración de proteínas poliméricas y dentro de éstas una mayor concentración de gluteninas insolubles o de mayor peso molecular y mayor relación GI/PM. Al observar los resultados del mixograma (Tabla 5) encontramos que estas harinas tienen mejores parámetros de calidad que las provenientes del lote 1 y 3. Por ejemplo, las harinas provenientes de los trigos del lote 2 tiene mayor tiempo de desarrollo de la masa (Tabla 5) lo cual puede asociarse a la mayor concentración de proteínas poliméricas (Cuniberti *et al.,* 2003). Esta relación

entre mayor concentración de gluteninas insolubles y mayor tiempo de desarrollo de la masa, que el lote 3, estimado con un mixógrafo también fue observado por Suchy *et al.* (2003).

Por otra parte, en el experimento realizado en Anguil, (Tabla 6) en el tratamiento 0+40, con mayor concentración de proteínas poliméricas, glutenina insoluble y mayor relación GI/PM, las harinas presentaron buenos indicadores de calidad panadera estimadas por los datos del Farinograma. De los datos del farinograma surge que para la absorción de agua no existieron diferencias según la disponibilidad de nitrógeno y todos los tratamientos mostraron valores dentro de lo requerido para harinas de panificación estándar (58-62%).

Para el tiempo de desarrollo, todos los valores se encuentran dentro de los valores estándar sin embargo se observa que la dosis 0+40 mostró un elevado tiempo de desarrollo. Para la estabilidad los valores fueron algo superiores a los requeridos para una harina de panificación estándar (10-14 min), siendo el tratamiento 0+40 el que mostró el mayor valor, indicando mayor tolerancia al amasado, a la fermentación y posibilidades de dar un buen volumen de pan. Con respecto al aflojamiento, el tratamiento 0+40 muestra un valor dentro de los valores estándar (40-80) a diferencia del resto de los tratamientos.

A partir del análisis de los distintos alveogramas, podemos observar que en todos los casos, el parámetro tenacidad (P) fue relativamente alto (143-160 mm), comparado con los valores estándares que van de 80 a 110 mm indicando que son masas tenaces. Son masas de muy baja extensibilidad, dado que el valor de L debería ser entre 70-100. En cuanto al parámetro fuerza de la masa (W), en la mayoría de los tratamientos se obtuvo un valor menor a 250, lo que indica que es un trigo regular para la panificación En función de lo anterior se trata de masas con mucha tenacidad, poca

extensibilidad y un valor mediano de fuerza panadera. Son masas cortas y compactas que desarrollan con mucha dificultad, pues su extensibilidad no es suficiente, dando masas de poco volumen. El tratamiento 0+40 tiene el mayor valor de P lo cual se puede asociar a una mayor concentración de proteínas poliméricas. El mayor valor de P es consistente con la noción de que la fuerza de la masa está relacionada con la fracción de proteínas poliméricas de mayor peso molecular (Cuniberti *et al.,* 2003).

En resumen la fertilización nitrogenada aumentó la concentración de proteínas poliméricas (Tabla 2), La aplicación en macollaje solamente favorece la concentración de proteínas poliméricas. La aplicación a la siembra y en macollaje no permite expresar el aumento de la concentración de proteínas poliméricas. De manera que la aplicación de nitrógeno modificó la relación de concentración de proteínas y por ello los parámetros reológicos de las harinas.

En ambos experimentos se trabajó con cultivares pertenecientes a los grupos de calidad I (ACA 356 y ACA 315) y II (ACA 602). Según Arrigoni *et al.* (2016) la fuerza del gluten se relaciona más con la composición de las gluteninas de alto peso molecular que con el grupo de calidad del trigo.

En nuestro experimento la disponibilidad de nitrógeno no fue suficiente para alcanzar un 11 % de proteína en grano, sin embargo, se puso evidencia el efecto de la disponibilidad de nitrógeno sobre las fracciones proteicas y consecuentemente en la calidad panadera. La dependencia de varios parámetros de calidad de la composición de las proteínas es una herramienta útil para manipular caracteres específicos en los programas de mejora de trigo (Cuniberti *et al.*, 2003). Los parámetros de calidad se dividen en dos grupos según su dependencia de la composición de proteínas. La extensibilidad (L) depende de la cantidad total de proteínas poliméricas en la harina. Mientras que el tiempo de desarrollo de la masa estimado en el mixógrafo y la tenacidad

(P), estimada por el alveógrafo, dependen de la proporción de proteínas poliméricas. Estos parámetros si bien dependen del genotipo, son afectados por factores ambientales tales como la disponibilidad de nitrógeno (Cuniberti *et al.*, 2003).

Con la fertilización nitrogenada, según la dosis y el momento de aplicación, es posible cambiar la composición de proteínas de las harinas y mejorar el equilibrio entre la fuerza de la masa y la extensibilidad para mejorar la calidad de panificación (Islas-Rubio *et al.*, 2011). Por ello, la mejora tecnológica en el cultivo de trigo, por la incorporación de la fertilización nitrogenada al paquete tecnológico, permitirá mejorar la calidad panadera de los trigos producidos en la provincia de La Pampa.

Tabla 5. Valores de gluten y mixograma en trigos de la localidad de Miguel Riglos. **TD**: tiempo de desarrollo, **ALP**: altura pico máximo, AnP: ancho del pico máximo, A 8m: aflojamiento, Área Pico: área hasta pico máximo.

	GLUTEN			**MIXOGRAMA**				
Potrero	**Húmedo (%)**	**Seco (%)**	**Index (%)**	**TD (min)**	**ALP (%)**	**AnP (%)**	**A 8m (%)**	**Área pico**
1	15,4	5,6	100	5,76	36,7	30,5	28,4	191
2	16,7	6,1	100	5,71	43,9	39,5	32,9	205
3	24,1	8,4	100	4,28	43,3	34,5	27,6	150

Tabla 6. Valores de gluten, alveograma y farinograma en trigos cultivados a campo, bajo diferente disponibilidad de nitrógeno en la localidad de Anguil. Alveograma: P; tenacidad de la masa, L: extensibilidad, W: fuerza panadera, P/L: relación de equilibrio tenacidad/extensibilidad, le: índice de elasticidad.

Disponibilidad de nitrógeno	**0+0**	**40+40**	**80+0**	**40+0**	**0+40**

GLUTEN (IRAM 15850-1(2013)					
Gluten húmedo	**18,7**	**21,3**	**22,0**	**22,7**	**18,4**
Gluten seco	**6,4**	**7,3**	**7,7**	**7,9**	**6,5**
Gluten index (%)	**99**	**99**	**100**	**98**	**99**
ALVEOGRAMA (IRAM 15857)					
P (tenacidad)	**149**	**153**	**143**	**143**	**160**
L (extensibilidad)	**33**	**38**	**38**	**46**	**32**
G	**12,8**	**13,7**	**13,7**	**15,1**	**12,6**
W (energía)	**206**	**240**	**226**	**263**	**222**
P/G o P/L	**11,6 o 4,52**	**11,2 o 4,03**	**10,4 o 3,76**	**9,5 o 3,11**	**12,7 o 8,00**
Le (%)	**0**	**0**	**0**	**51,7**	**0**
W	**0**	**0**	**0**	**238**	**0**
FARINOGRAMA (IRAM 15855)					
Absorción de agua (H 14%)	**61,0**	**63,4**	**63,1**	**63,5**	**62,9**
Tiempo de desarrollo (min)	**7,7**	**8,1**	**9,7**	**7,8**	**16,0**
Estabilidad (min)	**16,9**	**18,1**	**18,8**	**17,4**	**23,1**
Aflojamiento	**28**	**27**	**34**	**30**	**42**
Quality number	**205**	**206**	**211**	**198**	**257**

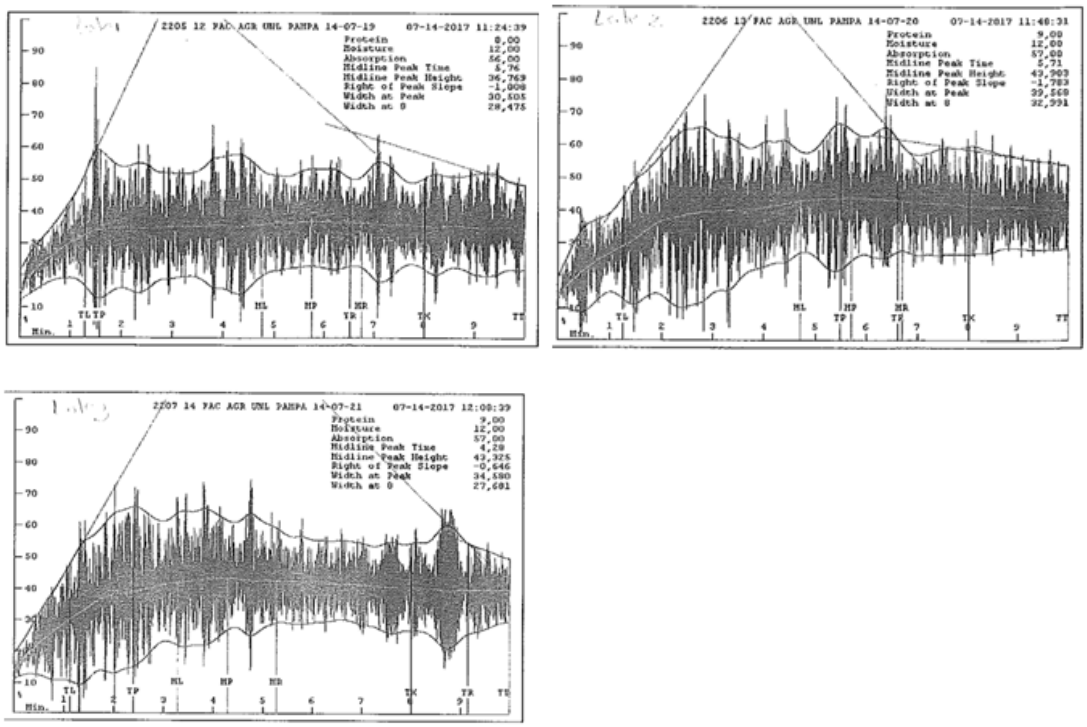
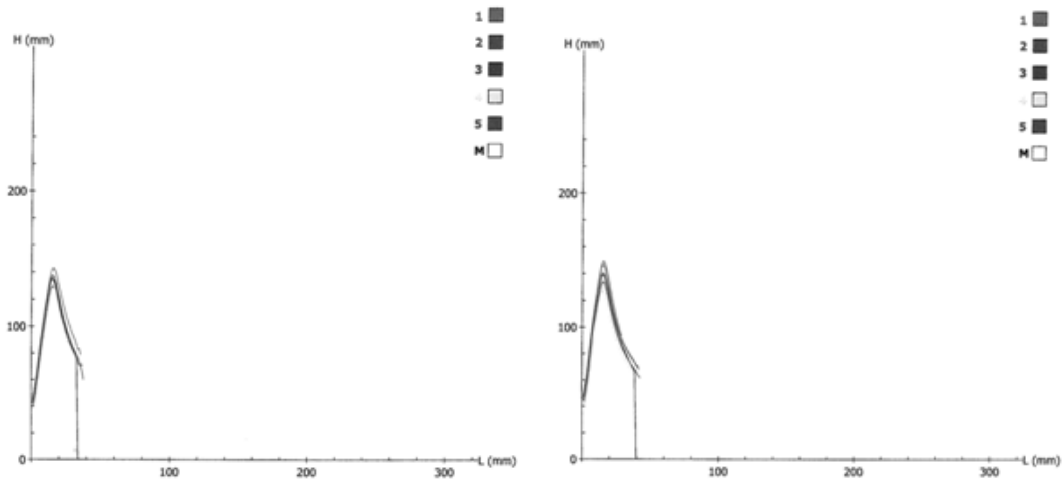


Figura 8: Mixogramas de las harinas de trigos cultivados en tres lotes diferentes de la localidad de Miguel Riglos.



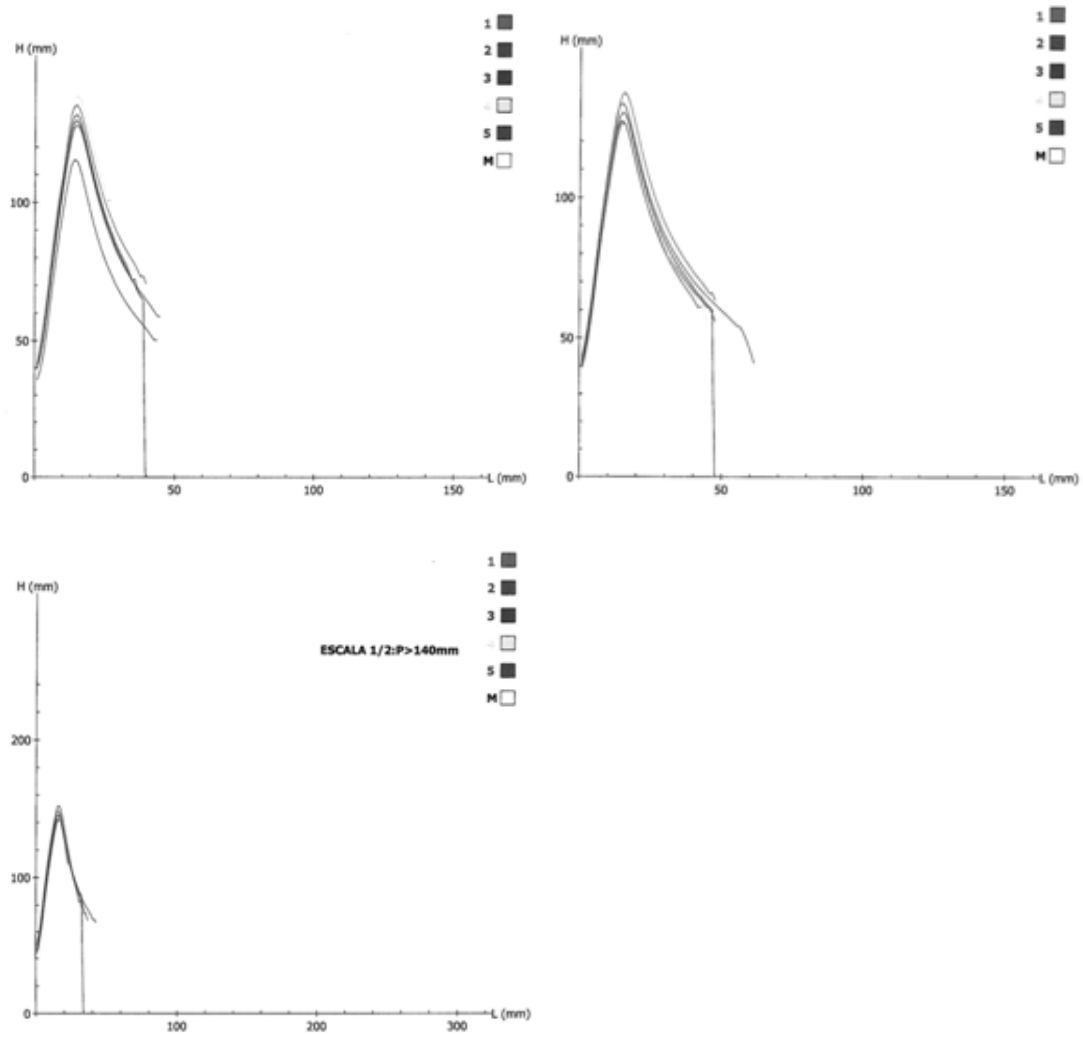
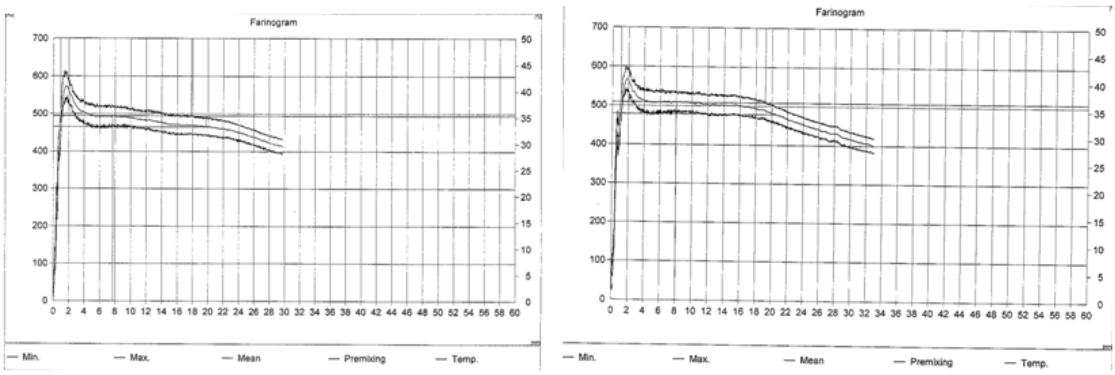


Figura 9: Alveogramas de las harinas de trigos cultivados en la localidad de Anguil, con diferente disponibilidad de nitrógeno.



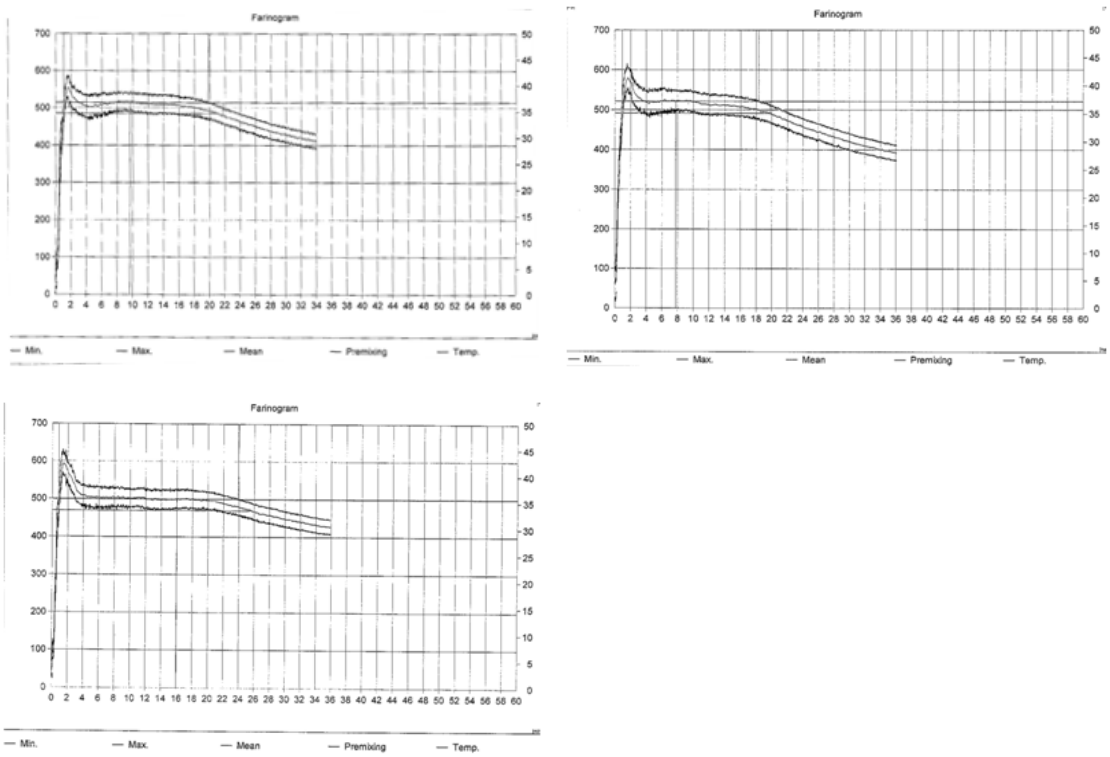


Figura 10: Farinogramas correspondientes a los distintos tratamientos de la localidad de Anguil.

CONCLUSIONES

Las diferentes condiciones del cultivo y la dosis y momento de aplicación del nitrógeno afectan la concentración de gluteninas y la composición de las fracciones proteicas favoreciendo las proteínas poliméricas, aumentando la relación de las proteínas poliméricas respecto de las monoméricas. Las harinas con mayor concentración de proteínas poliméricas y mayor relación GI/PM tuvieron mejores indicadores de calidad panadera. La concentración de proteína en grano no es la determinante de la ocurrencia de cambios en la composición proteica de la harina.

De manera que se puso en evidencia que la calidad panadera puede ser mejorada con la mejora tecnológica, por ejemplo la fertilización nitrogenada. Sin embargo, las masas obtenidas fueron muy tenaces y poco extensibles. Por ello, queda a

determinar, dosis y momentos de aplicación de nitrógeno a fin de obtener harinas de mejor calidad panadera.

Si bien nuestro objetivo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la calidad panadera, los resultados obtenidos son orientadores, de una posible respuesta, reconociendo que los experimentos deben repetirse y teniendo en cuenta que seguramente algún factor ajeno a la fertilización que está afectando la calidad y no lo estamos contemplando, como puede ser el caso de la interacción genotipo por ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

Alzueta I, S Schalamuk y D. Miralles. 2007. Fertilización nitrogenada y el momento de aplicación: su impacto en el rendimiento y la calidad en trigo pan. Workshop Internacional: Eco Fisiología Vegetal. Mar del Plata, Argentina.

Anjum, M. F., M. R. Khan, A. Din, M. Saeed, I. Pasha and M. U. Arshad. 2007. Wheat gluten: high molecular weight glutenin subunits-structure, geneticas, and relation to dough elasticity. J. Food Sci. 72, 56-63.

Arreguy, D. y A. Brendle. 2018. Predicción de la concentración de proteína en el grano de trigo, *Triticum aestivum* L. a partir de la concentración de nitrógeno y el índice de verdor en hoja bandera. Trabajo Final de Graduación para obtener el grado de Ingeniero agrónomo. Facultad de Agronomía. UNLPam.

Arrigoni, A. C., Tranquilli, G.E., L. Lázaro y W.J. Rogers. 2016. Efecto de distintas prácticas de fertilización sobre la fuerza del gluten de cultivares de distintos grupos de calidad. VIII Congreso Nacional de trigo. Buenos Aires. Argentina.

Belmonte, M. L; Casagrande, G. A; Deanna, M. E; Olguín Páez, R.; Farell, A.; Babinec, F. J. (2017). Estadísticas agroclimáticas de la EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas". Periodo 1973-2016.

Caputo, C.; M. V. Criado y I. N. Roberts. 2010. Removilización del nitrógeno en plantas de trigo como herramienta para el mejoramiento de la eficiencia de uso. Informaciones Agronómicas 42: 16-18.

Cuniberti, M. B.; M.R.Roth and F. MacRitchie. 2003. Protein composition-functionality relationships for a set of Argentinean wheats. Cereal Chem. 80, 132-134.

Debaeke, P. P. Rouet, and E. Justes. 2006. Relationship between the normalized SPAD index and the nitrogen nutrition index: application to durum wheat. J. Plant Nutr 29,75–92

De la O Olán, M. E. Espitia Rangel, H. E. Villaseñor Mir, J. D. Molina Galán, H. López Sánchez, A. Santa cruz Varela y R. J. Peña Bautista. 2010. Proteínas del gluten y reología de trigos harineros mexicanos influenciados por factores ambientales y genotípicos. Pesq. agropec. bras. Brasilia 45, 989-996.

Del Campo N., M. Serra, A. Quiriban, M. Castaño, M.A. Fernández & M. Pereyra Cardozo. 2017. Rendimiento y composición proteica del grano de trigo, Triticum aestivum L, en respuesta a condiciones contrastantes de disponibilidad de agua y nitrógeno en inicio de floración. Semiárida Rev. Fac. Agron. UNLPam. 27(2): 37-50.

Díaz – Zorita M. 2000. Efecto de dos momentos de aplicación de urea sobre la producción de grano de trigo en Drabble (Buenos Aires, Argentina). Ciencia del Suelo 18, 125-131.

Feyh R.L. & R.E. Lamond. 1992. Sulphur and nitrogen fertilization of winter wheat. J. Prod. Agric. 5:488-491.

Fuertes-Mendizábal, T.; A. Aizpurua, M.B. González-Moro and J.M. Estavillo. 2010. Improving wheat breadmaking quality by splitting the N fertilizer rate. Europ. J. Agronomy, 33 52-61.

Gandrup, M.E.; F.O. García, K.P.Fabrizzi y H.E. Echeverría. 2004. Evolución de un índice de verdor en hoja para evaluar el status nitrogenado en trigo. RIA 33,105-121.

Gupta, R.B. and F. MacRitchie. 1991. A rapid one step one dimensional SDS-PAGE procedure for analysis of subunit composition of glutenin in wheat. J. Cereal Sci. 14, 105-109.

Hernández Espinosa, N.; G. Posadas Romano, F. Cervantes López, H.I. González Santoyo, a. Santacruz Varela, I. Benítez Riquelme y R.J. Peña Bautista. 2013. Distribución de fracciones de proteína y su contribución a las características de calidad de trigo. Rev. Fitotec. Méx. 36, 137-145.

Iglesias, D. y G. Iturrioz. 2010. Importancia de la cadena agroalimentaria del trigo en la provincia de La Pampa. Publicado en: El cultivo de trigo en la región semiárida y subhúmeda pampeana. Editores: Alfredo Bono, Alberto Quiroga e Ileana Frasier. E.E.A. Anguil Ing. Agr. Guillermos Covas. Ediciones INTA. Publicación Técnica Nº 79. ISSN 0325-2132.

Informe de precipitaciones medias mensuales. Periodo 1921-2011. (2012). Miguel Riglos, departamento Atreuco. Administracion Provincial del Agua (APA). Ministerio de Obras y Servicios Públicos.

Islas-Rubio, A.R.; K. Chávez-Quiroz, F. Vásquez-Lara, B. Silva-Espinoza, M. Granados-Nevárez, H. González-Ríos and M. Camacho-Casas. 2011. Effect of split

applications of urea on protein size distribution, physical dough properties, and baking performance of five experimental bread wheat lines. Agricultural Sciences 2, 181-190.

Johansson,E., M. L. Prieto-Linde and G. Svensson. 2004. Influence of nitrogen application rate and timing on grain protein composition and gluten strength in Swedish wheat cultivars. J. Plant Nutr. Soil Sci. 167, 345-350.

Johansson,E., M. L. Prieto-Linde and C. Gissén. 2008. Influences of weather, cultivar and fertiliser rate on grain protein polymer accumulation in field-grown winter wheat, and relations to grain water content and falling number. J. Sci. Food Agric. 88, 2011-2018.

Liu, J. T. Liang, S. Xiong, J. Wang, Y. Wang, Y. Yang and. Q. Zhai. 2012. Effects of nitrogen fertilisation rate on the accumulation of high-molecular-weight glutenin subunits and distribution of glutenin macropolymer size in strong gluten wheat (*Triticum aestivum* L.). AJCS 6, 1624-1629.

Martinant, J.P., Y. Nicolás, A. Bouguennec, Y. Popineaut, L. Saulnier and G. Branlard. 1998. Relationships between mixograph parameters and indices of wheat grain quality. J. Cereal Sci. 27: 179-189

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. Jamieson, 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. Europ. J. Agronomy 25, 138-154.

Martínez-Cruz, E., E.Espitia-Rangel, H. E. Villaseñor-Mir, J. D. Molina-Galán, I. Benítez -Riquelme, A. Santacruz-Varela, y R. J. Peña-Bautista. 2010. Diferencias reológicas de la masa de trigo en líneas recombinantes. II. Relación con combinaciones de los loci Glu-1 y Glu-3. Agrociencia 44, 631-641.

Palta, J A. 2007. Baja eficiencia de absorción de nitrógeno en trigo: ¿podemos mejorarla? Workshop Internacional: Eco Fisiología Vegetal. Mar del Plata, Argentina.

Payne, P. I., J. A. Seekings, A. J. Worland, M. G. Jarvis, and L. M. Holt. 1987. Allelic variation of Glutenin Subunits and Gliadins and its Effect on Breadmaking Quality in Wheat: Analysis of Fs Progeny from Chinese Spring x Chinese Spring (Hope lA). J. Cereal Sci. 6, 103-118,

Prost, L. and M. H. Jeuffroy. 2007. Replacing the nitrogen nutrition index by the chlorophyll meter to assess wheat N status. Agron. Sustain. Dev. 27: 321-330.

Quiroga A, D. Buschiazzo y N. Peinemann. 1998. Management discriminant properties in semiarid soils. Soil Science 163: 591-597.

Scian B. 2002. Variabilidad de las condiciones hídricas en la región semiárida pampeana, Argentina. Geoacta, 27, 30-52. (Esta cita y la anterior extraídas de El cultivo de trigo en la región semiárida y subhúmeda pampeana. Bono, Quiroga, Frasier. Capítulo 3: ensayos comparativos de rendimiento de trigo pan en la región semiárida pampeana. Romano N, Frasier I, Montoya J).

Sapirstein, H.D. and B.X. Fu. 1998. Intercultivar variation in the quantity of monomeric proteins soluble and insoluble glutenin and residue protein in wheat flour and relationships to breadmaking quality. Cereal Che. 75, 500-507.

Satorre, E. R. Benech Arnold, G. Slafer, E. de la Fuente, D. Miralles, M. Otegui, R. Savin.. 2003. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía. UBA.

Seghezzo M L y E. R. Molfese. 2006. Calidad en trigo pan. Ediciones INTA.

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 amd 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. Eur. J. Agron. 13, 47-64.

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

Triboï, E., P. Martre and A.M. Triboï-Blondel. 2003. Environmentally - induced changes in protein composition in developing grains of wheat are related to changes in total protein content. J. Exp. Bot. 54, 1731-1742.

Wieser, H. and W. Seilmeir. 1998. The influence of nitrogen fertilisation on quantities and proportions of different protein types in wheat flour. J. Sci. Food Agric. 76, 49-55.

Yalungo Y, García G. 2006. Programa nacional de calidad de trigo. Distribución de variedades en las subregiones trigueras. Campañas 2005-2006. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos.

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

Sitios WEB consultados

Página oficial de la Policía de La Pampa. http://www.policia.lapampa.gov.ar/contenidos/ver/lluvias

Sitio oficial de Trigo Argentino. http://www.trigoargentino.com.ar/