



## Calidad Panadera de Trigo Pan: relación con la nutrición nitrogenada.

Manlla, A.; Castellarín, J.

Ing. Agrs. Investigadores del Área Agronomía de la EEA Oliveros INTA.

 Palabras clave: Trigo; calidad panadera; nutrición nitrogenada

### Introducción

La calidad del grano de trigo pan depende de la genética y el ambiente (disponibilidad de agua y en particular de la nutrición mineral). Es por ello que los criaderos tanto en el presente como a futuro estiman continuar con la búsqueda de variedades de trigo que logren no sólo altos rendimientos sino también una buena calidad industrial, siendo esta última una de las líneas de investigación prioritarias. Si bien la mayoría de los nuevos genotipos presentes en el mercado lograron aumentar su rendimiento, se observó una disminución de su calidad principalmente en lo referente a su contenido en proteínas. Por tal motivo resulta importante conocer los factores que afectan este parámetro de calidad.

Diversos estudios establecen que para elevar el contenido de las proteínas en el grano es fundamental que desde el manejo agronómico hacer aplicaciones balanceadas de nutrientes y principalmente tomando en cuenta las necesidades de nitrógeno, el momento y la dosis a aplicar cuando las condiciones hídricas no sean limitantes para el cultivo (Howard, *et al* 2002).

La deficiencia nitrogenada puede corregirse en estadios avanzados de desarrollo mediante la fertilización foliar, existen resultados consistentes respecto al período más propicio para la aplicación foliar,

con un óptimo en antesis o durante las dos semanas siguientes (Below *et al.* 1984, Atsbury *et al.* 1990 y Castellarín *et al.* 1996).

Al igual que para rendimiento, la fertilización foliar nitrogenada es menos efectiva en incrementar el contenido de nitrógeno del grano cuando el cultivo fue provisto de dicho elemento previamente (Castellarín *et al.* op. cit. y Quatrocchio *et al.* 2004)

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento y los parámetros de calidad (peso hectolitrico, porcentaje de proteína y contenido gluten húmedo) en dos grupos de calidad de trigo pan, según dosis, momento de aplicación del nitrógeno y con fertilización foliar nitrogenada.

### Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en la localidad de Oliveros, Sur de Santa Fe durante 2017. Fue sembrado en siembra directa sobre un suelo Argiudol Típico, serie Maciel la textura es franco arcillo-limosa, con una historia agrícola de más de 30 años con 25 años en siembra directa, el cultivo antecesor fue soja de primera.

Las variedades de ciclo largo evaluadas fueron seleccionadas en base a su clasificación dentro de los Grupos de Calidad (GC): ACA 360 (GC 1) y Klein Serpiente (GC 2) sembradas el 21/06/2017. Vale aclarar que el Comité de Cereales de Invierno de la Comisión Nacional de Semillas (CONASE) clasifica anualmente las variedades comerciales argentinas,



en 2017 se categorizaron 104, en tres grupos de calidad panadera (GC), en base a datos de Índices de Calidad (IC) alcanzados por cada genotipo en la Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Trigo (RET).

El diseño experimental fue el de parcelas divididas en bloques al azar con cuatro repeticiones, la parcela principal corresponde a la variedad y la subparcela el tratamiento de dosis, momento de fertilización y fertilización foliar. El tamaño de la unidad experimental fue de 1.40 m de ancho por 10 m largo (14 m<sup>2</sup>).

Previo a la siembra (barbecho) se aplicaron las siguientes mezclas de herbicidas: 10 gr.ha<sup>-1</sup> i.a. de metsulfurón metil + 65 g. ha<sup>-1</sup> i. a. de dicamba + 744 g. ha<sup>-1</sup> e. a. de sal potásica de glifosato + 2-4D 500 cc. ha<sup>-1</sup>.

A la siembra se fertilizó con P y S y las fuentes utilizadas fueron Fosfato Mono Amónico (MAP) y Sulfato de Calcio en dosis suficiente como para que estos nutrientes no sea limitantes.

En la Tabla 1 se detallan los diez tratamientos que incluyen momento, dosis y fertilización foliar con N.

Las fuentes nitrogenadas utilizadas fueron Urea granulada y en el fertilizante foliar fue Foliar Sol U.

El cultivo se mantuvo libre de enfermedades foliares y plagas insectiles durante todo el ciclo. La cosecha se realizó con la cosechadora experimental el 30/11/17. Se calculó el rendimiento (kg.ha<sup>-1</sup>) ajustado al 14 % de humedad, el peso de los granos (g) y el número de granos por unidad de superficie (NG). Los parámetros de calidad panadera analizados fueron: el porcentaje de proteínas (% P), el porcentaje de gluten húmedo (GH) y el peso hectolítrico (PH).

El análisis estadístico y de las diferencias de medias utilizando el Test de Duncan, fueron realizados con el software Infostat (v.2013).

## Resultados y Discusión

### • Condiciones ambientales

La fecha de siembra del ensayo se retrasó por las lluvias ocurridas desde mayo a principios de junio (76 mm). La disponibilidad inicial de agua para el cul-



**Tabla 1. Descripción de los Tratamientos de fertilización nitrogenada: dosis, momento y fertilización foliar en antesis. Oliveros, 2017.**

Tratamientos	Dosis de N (kg.ha <sup>-1</sup> ) Momentos y Fertilización Foliar
1	0 (Testigo)
2	50 kg N.ha <sup>-1</sup> en Macollaje
3	100 kg N.ha <sup>-1</sup> en Macollaje
4	200 kg N.ha <sup>-1</sup> en Macollaje
5	0 + 20 Kg N.ha <sup>-1</sup> foliar en Antesis
6	50 Kg N.ha <sup>-1</sup> en Macollaje + 20 N.ha <sup>-1</sup> foliar en Antesis
7	100 Kg N.ha <sup>-1</sup> en Macollaje + 20 N.ha <sup>-1</sup> foliar en Antesis
8	200 Kg N.ha <sup>-1</sup> en Macollaje + 20 N.ha <sup>-1</sup> foliar en Antesis
9	50 kg N.ha <sup>-1</sup> Siembra + 50 kg N.ha <sup>-1</sup> Encañazón
10	100 kg N.ha <sup>-1</sup> Siembra + 100 kg N.ha <sup>-1</sup> Encañazón



**Tabla 2. Propiedades químicas del suelo a la siembra, de 0 a 20 cm de profundidad (\*). Oliveros 2017.**

Profundidad de muestreo (cm)	N (mg. kg)	P (mg. kg)	MO (%)	SO <sup>4</sup> (mg. kg)	pH (1:2,5)	K (mg. kg)
0 – 20	15.1	23	2.3	8	5.6	320

(\*) Resultados obtenidos en el Laboratorio de Suelos y Agua de la EEA Oliveros INTA.



tivo en el perfil del suelo a 2 metros de profundidad, estaba por encima de la capacidad de campo (CC) para este tipo de suelo. La lluvia acumulada desde mayo a noviembre de 2017 fue de 458.7 mm, valor muy cercano al de la serie histórica (1954 – 2016). La cantidad de agua disponible para el cultivo desde la siembra (S) hasta la madurez fisiológica (MF) fue suficiente, no sufriendo déficit hídrico en ninguna etapa fenológica.

Las temperaturas máximas presentaron una tendencia similar a la histórica, en cambio las temperaturas mínimas durante las primeras etapas del cultivo superaron a las históricas en casi 4°C y fueron inferiores a estas durante la etapa de llenado de grano, en promedio 2 °C menos. Es importante considerar que durante este periodo, la amplitud térmica (en promedio 14,5 °C) fue adecuada para lograr los altos pesos de los granos.

Debido a que el cultivo durante esta campaña no presentó periodos de sequía ni de altas temperaturas estas condiciones del tiempo no alteraron la calidad final del grano.

En el caso puntual del estrés térmico, según la intensidad y duración afectaría más a la composición de las proteínas que el porcentaje total (Stone P. and Nicolas M. 1994).

#### • Suelo

El suelo donde se implantó el ensayo, tal como se mencionó en materiales y método es un Argiudol Típico pero de mediana a baja fertilidad, capacidad de uso I y es representativo de los lotes agrícolas del sur de Santa Fe con cierta degradación química y física.

Los resultados del análisis químico del suelo a la profundidad de 0 – 20 cm se presentan en la Tabla 2.

Los niveles de M.O.; N y de S son bajos; en cambio los de P y K son medios y el pH es valorado como medianamente ácido.

#### • Rendimiento:

Hubo diferencias estadísticamente significativas entre variedades y entre tratamientos ( $P < 0.05$ ), pero la interacción variedad x tratamiento (VxT) fue no significativa ( $P = 0.31$ ), ver Tabla 3.

Analizando por variedad: el rendimiento promedio de Klein Serpiente fue de 5.488 kg.ha<sup>-1</sup> representando un 10% más que el obtenido en la variedad ACA 360.

El máximo rendimiento obtenido fue en la variedad Klein Serpiente 6323 kg.ha<sup>-1</sup> con el tratamiento de 200 Kg de N.ha<sup>-1</sup> en Macollaje + 20 kg de N.ha<sup>-1</sup> foliar en Antesis, superando en 2.472 kg.ha<sup>-1</sup> al testigo. En cambio en la variedad ACA 360 la diferencia con el testigo fue sensiblemente menor.

Debido a que la interacción (VxT) fue estadísticamente no significativa, se analizó en conjunto la respuesta de los cultivares a los distintos tratamientos Dosis x Momentos de aplicación de N (Tabla 3)

Entre los genotipos la eficiencia de uso del nitrógeno disponible (N del suelo + N del fertilizante) fue diferente. Klein Serpiente logró en promedio 10 kg de grano.ha<sup>-1</sup> por kilo de N disponible en el suelo, en cambio ACA 360 presentó una eficiencia de un 37% menor.

La Figura 1 muestra que la relación entre el rendimiento y la disponibilidad de N para el conjunto de los cultivares a través de dosis y momento de aplicación fue alta ( $R^2 = 0,71\%$ ); indica que la variación del rendimiento en grano observada está explicada en un 71% por la disponibilidad de nitrógeno (N a la siembra + N del fertilizante).

Los máximos valores de rendimiento 5.991 y 5.942 kg ha<sup>-1</sup>, se obtuvieron con las dosis mayores de nitrógeno correspondiendo a los tratamientos 8 y 10, ver Tabla 1 (difieren en el momento de aplicación), configurando un grupo estadísticamente homogéneo. Con respecto al tratamiento testigo éstos presentaron un 35% más de rendimiento.

El tratamiento 6 (50 Kg N.ha<sup>-1</sup> en Macollaje + 20 N.ha<sup>-1</sup> foliar en Antesis) presentó las menores variaciones en los rendimientos ( $CV = 4.89\%$ ), fue más estable que el resto de los tratamientos y aquellos con las mayores dosis de N (200 kg N.ha<sup>-1</sup>) ya sea fraccionada o toda a macollaje fueron más inestables ( $CV > a 10\%$ ).

En cuanto al momento de aplicación - bajo las condiciones del ensayo - no hubo diferencias significativas entre aplicar 200 kg de N ha<sup>-1</sup> + 20 kg de N ha<sup>-1</sup> en antesis o fraccionar la dosis máxima en 100 kg de N ha<sup>-1</sup> a la siembra + 100 kg de N ha<sup>-1</sup> a encañazón.



T3

Tabla 3. Valores promedio de rendimiento (kg.ha<sup>-1</sup>), número granos por unidad de superficie (NG), peso de mil granos (PG), porcentaje de Proteínas (%P), porcentaje de gluten húmedo (GH), peso hectolítrico (PH) en kg.hl<sup>-1</sup> y la significancia estadística. ES= error estándar.

Variedad	Rto (kg.ha <sup>-1</sup> )	NG (m <sup>-2</sup> )	PG (g)	% P	% GH	PH
K. Serpiente	5488 A	17276 A	31.5 B	11.3 B	26.1 B	75.6 B
ACA 360	4973 B	12705 B	39.2 A	12.8 A	31.2 A	79.3 A
ES	57	194.9	0.21	0.12	0.34	0.84

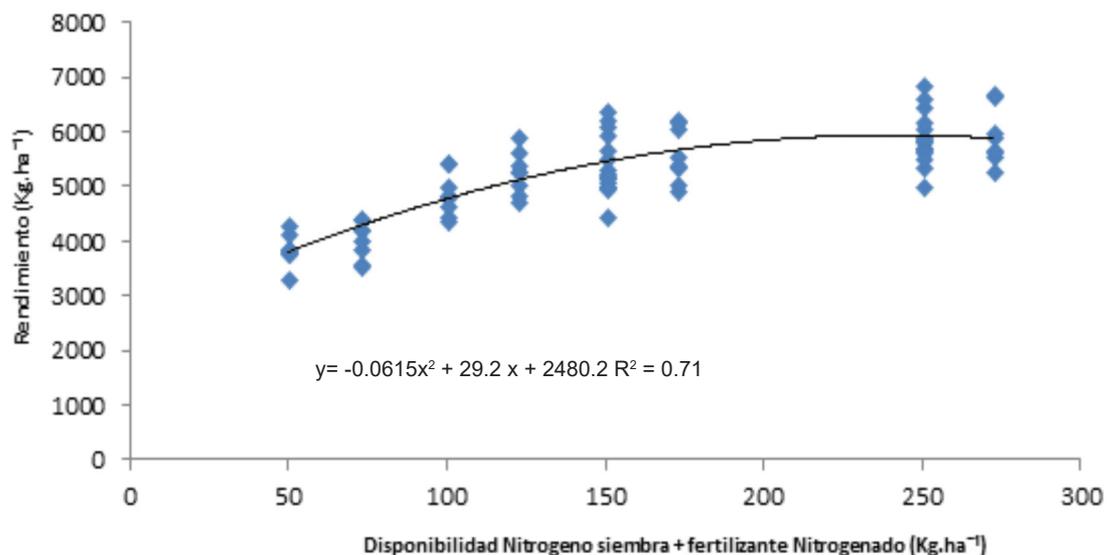
Tratamientos (Dosis * Momentos Aplicación Nitrógeno)							
1	3872 E	11438 D	34.0 BCD	11.9 B	28.8 AB	77.3 A	
2	4891 D	14535 C	34.3 CD	11.6 B	27.1 AB	78.9 A	
3	5358 C	15991 AB	33.9 D	11.9 B	28.1 AB	77.0 A	
4	5823 AB	16388 AB	35.9 AB	12.8 A	30.9 A	77.1 A	
5	4054 E	11935 D	34.6 BCD	11.7 B	27.5 B	75.6 A	
6	5286 C	15151 BC	35.6 ABC	11.7 B	27.7 B	74.9 A	
7	5610 ABC	15923 AB	35.9 AB	12.0 B	28.2 B	78.8 A	
8	5942 A	16200 AB	36.3 A	12.3 AB	29.3 AB	77.9 A	
9	5483 BC	15557 ABC	35.9 AB	12.2 AB	29.3 AB	78.6 A	
10	5991 A	16787 A	36.3 A	12.3 AB	29.1 AB	78.1 A	
ES	128	435.8	0.48	0.25	0.76	1.89	

Fuente	Probabilidades Test F					
Variedad	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0
Tratamientos	<.0001	<.0001	0	0.035	0.035	0.87
Variedad*Trat.	0.31	0.53	0.17	0.92	0.91	0.3

Las medias seguidas por una misma letra no difieren significativamente según test de Duncan al 5%.

F1

Figura 1. Rendimiento en función de la disponibilidad de nitrógeno a la siembra más fertilizante agregado. Rendimientos promedio para cada nivel de N de ambas variedades.





Estos resultados son similares a los encontrados por Loewy *et al.* 2004 y Quattrochio *et al.* op. cit. (2004). Es importante mencionar que las aplicaciones foliares no permiten la aplicación de elevadas dosis de N ( $\leq$  a 20 kg de N.ha<sup>-1</sup>), por lo tanto se las considera complementarias dentro del manejo de la fertilización.

Los componentes de rendimiento analizados (peso de mil granos y número de granos por unidad de superficie) presentaron similar tendencia que el rendimiento.

La fertilización foliar en general retardó la senescencia foliar. No se observaron daños en hojas, por ejemplo decoloración en el ápice de la hoja bandera (frecuentemente mencionado por otros autores)

- Parámetros de Calidad Panadera: (Porcentaje de proteínas; Gluten húmedo y Peso hectolítrico)

El mayor porcentaje de proteínas se obtuvo en la variedad ACA 360 (GC 1) con 12.81% diferenciándose estadísticamente ( $P < 0.05$ ) de Klein Serpiente (GC2) con 11.35%, iguales tendencias mostraron los otros dos parámetros de calidad (Tabla 3).

La variedad correspondiente al GC 1, como es esperable, mostró un mejor comportamiento en los tres parámetros de calidad.

Analizando en conjunto dosis y momento de aplicación, la fertilización con 200 kg de N.ha<sup>-1</sup> (tratamiento N° 4) en macollaje incrementó el porcentaje de proteínas en casi un punto respecto del testigo (12.8 % vs 11.9 %) con diferencias estadísticamente significativas respecto al resto de los tratamientos.

Los tratamientos con 100 y 200 kg de N.ha<sup>-1</sup> en macollaje más la aplicación foliar en antesis de 20 kg de N.ha<sup>-1</sup> no presentaron diferencias en la respuesta a rendimiento y sus componentes, pero si en el % de proteínas y gluten húmedo, similares resultados fueron obtenidos por Dampney *et al.* 1990; Sarandon *et al.* 1990 y Castellarán *et al.* op. cit.). Sylvester-Bradley *et al.* 1984, encontraron incrementos de rendimiento con aplicaciones foliares después de antesis, sólo cuando la cantidad de N agregada al suelo no había sido suficiente.

Se debe considerar que trigos con un contenido proteico menor a 11% difícilmente logren un volumen de pan aceptable (Cuniberti y Mir, 2017). En consecuencia, los molineros y los industriales tienen inconvenientes importantes en la elaboración de productos leudados.

No encontrándose para el % de proteínas y gluten húmedo una tendencia clara según momento de aplicación y dosis de nitrógeno.

El peso hectolítrico no reflejó diferencias estadísticamente significativas entre momentos de aplicación y dosis.

## Conclusiones

Los mayores rendimientos en grano se obtuvieron en la variedad Klein Serpiente perteneciente al GC 2, con la mayor dosis de nitrógeno más aplicación foliar en antesis.

Para el rendimiento en grano y sus componentes, hubo diferencias entre los genotipos en la eficiencia de uso del nitrógeno agregado, el más eficiente fue Klein Serpiente.

En cuanto al rendimiento y momento de aplicación no hubo diferencias significativas en aplicar la dosis máxima de N todo a macollaje o fraccionada a la siembra y encañazón.

La variedad ACA 360 (GC 1) logró los mayores valores en el porcentaje proteínas, de gluten húmedo y de peso hectolítrico, tal como es esperable para estos genotipos categorizados en este Grupo de Calidad.

El mayor incremento en el porcentaje de proteínas y gluten húmedo se obtuvo con la aplicación de la dosis máxima de N en macollaje.

El ambiente (suelo y clima) es un factor importante en la calidad de los granos, por lo tanto este tipo de experimentos deben continuarse para obtener resultados consistentes que permitan lograr tendencias claras sobre los efectos de las dosis y momentos de aplicación del N en la calidad industrial del grano de trigo.

## Bibliografía

- Atsbury, J. M. and Kettlewell, P. S. 1990. Optimising the management of nitrogen containing fluid fertilizers for breadmaking quality of intensively –managed wheat in the United Kingdom: field experiments in 1989. In: Smith J. J. (ed.). Advances in fluid fertilizer agronomic and application management technology. Pp. 201-217.
- Below, F. E., Lambert, R. J. and Hageman R. H. 1984. Foliar applications of nutrients on maize I. Yield and N content of grain and stover. Agron. J. 76: 773-777.



- Castellarín J. M., Papa J. C., Pedrol H. M. y Vernizzi A. 1996. Fertilización foliar nitrogenada en el cultivo de trigo. Campaña 1995/96. Informe para extensión N° 90 de la EEA INTA Oliveros. ISSN 0326-257X.
- Cuniberti, M. y Mir, L. 2017. Proteínas del trigo. Factores que influyen en su expresión. Evaluación de cultivares de trigo en la EEA Marcos Juárez. INTA EEA Marcos Juárez. Actualización campaña 2016. p. 105-114.
- Dampney, P.M. and Salmon S. 1990. The effect of rate and timing of late nitrogen applications to breadmaking wheat as ammonium nitrate of foliar Urea-N and the effect of foliar Sulphur applications I. Effect on yield grain quality and recovery of nitrogen in grain. In: Aspects of Applied Biology 25. Cereal quality II. Pp 229 – 241.
- Howard, D., Newman, M., Essington, M. y Percell, W. 2002. Nitrogen fertilization of conservation tilled wheat II. Timing of nitrogen application of two nitrogen sources. J. Plant. Nutr. 25: 1329-1339.
- Infostat, 2013. Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Loewy, T.; Echeverría, H. y Berg, R. 2004. Nitrógeno en trigo: Rendimiento y calidad panadera II. Fertilización complementaria. Actas Congreso nacional de Trigo VI y Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño – Invernal IV. Bahía Blanca 20 -22 de Octubre 2004. UNS – INTA. Bahía Blanca, Bs. As. Argentina.
- Manlla, A., Castellarín, J. Magnano, L., 2017. Trigo Pan: rendimiento y calidad comercial e industrial en el SE de la provincia de Santa Fe (Subregión Triguera II N). Campaña 2016-17. Revista Para Mejorar la Producción N°54
- Quatrocchio, A.; Echeverría, H y Alonso, S. 2004. Estrategias de fertilización nitrogenada en cultivares de trigo: Calidad panadera. Actas Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, 19. Paraná. 22 – 25 de Junio 2004. AACs, Paraná, Entre Ríos, Argentina.
- Sarandon, S. J. and Gianibelli, M. C. 1990. Effect of foliar urea spraying and nitrogen application at sowing upon dry matter and nitrogen distribution in wheat. Agromonie 10: 183-189.
- Stone, P. J. and Nicolas M. E. 1994. Wheat cultivars vary widely in their responses of grain yield and quality to short periods of post-anthesis heat stress. Aust. J. Plant Physiol. 21: 887-900.
- Sylvester Bradley, R.; Dampney, P.M.R. and Murray, A.W. 1984. The response of winter wheat to nitrogen. In: The nitrogen requirement of cereals. Pp 151 – 174. London.

## Agradecimientos

Se agradece al grupo de apoyo técnico: Insaurrealdi, Ariel; Gómez, Edgardo; Ulliasi, Diego; Nasich, Gustavo y Marietan Ariel por su colaboración en la realización de las actividades de este experimento.