

APLICACIÓN DE NITRÓGENO EN ESTADO PRE-REPRODUCTIVO DE TRIGO. EVALUACIÓN DE FUENTES BAJO DOS AMBIENTES PRODUCTIVOS

**Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino,
Proyecto Regional Agrícola, Campaña 2008/09.**

Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris y Juan C. Ponsa

*Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 (2700) Pergamino
nferraris@pergamino.inta.gov.ar*

Introducción

La fertilización con elementos tales como nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) ha generado notables incrementos en los rendimientos de trigo y otros cultivos. Es por ello que su utilización hoy ya no es discutida, y son habitualmente incorporados en los planteos tecnológicos. Sin embargo, la eficiencia de uso de N y S depende de la condición hídrica, y en ambientes afectados por sequía la respuesta a su agregado puede reducirse notablemente, afectando la rentabilidad de la práctica.

El ciclo invernal de 2008 se caracterizó por una escasa reserva hídrica inicial, precipitaciones muy reducidas, baja humedad relativa, y heladas en inicios de encañazón. Esto sumado a relaciones insumo:producto desfavorables motivó a gran cantidad de productores a prescindir de la fertilización, o hacerlo en dosis mínimas. Bajo estas situaciones, la disponibilidad de N se transforma en una limitante de los rendimientos, ante el retorno de las precipitaciones en la última década de setiembre y, con algo más de abundancia, a mediados de octubre (Figura 2).

Sin embargo, el uso de fuentes tradicionales aplicadas al suelo podría ser una vía poco apropiada para realizar fertilizaciones nitrogenadas en forma tardía (Figura 1). Esto se debe al tiempo que demanda hasta su inserción en los procesos de la planta, ya que requiere de la incorporación a la solución del suelo, luego ser absorbido por las raíces, su transformación química y la traslocación final hacia los tejidos en crecimiento. Este proceso puede demandar varios días, volviendo al nutriente disponible en forma demasiado tardía, en una etapa en que se está definiendo el número de granos, componente principal de los rendimientos. En cambio, la aplicación foliar de N en dosis bajas podría resultar en un uso más eficiente gracias a su rápida absorción y metabolización, mejorando en poco tiempo los procesos reproductivos que se desarrollan en la planta.

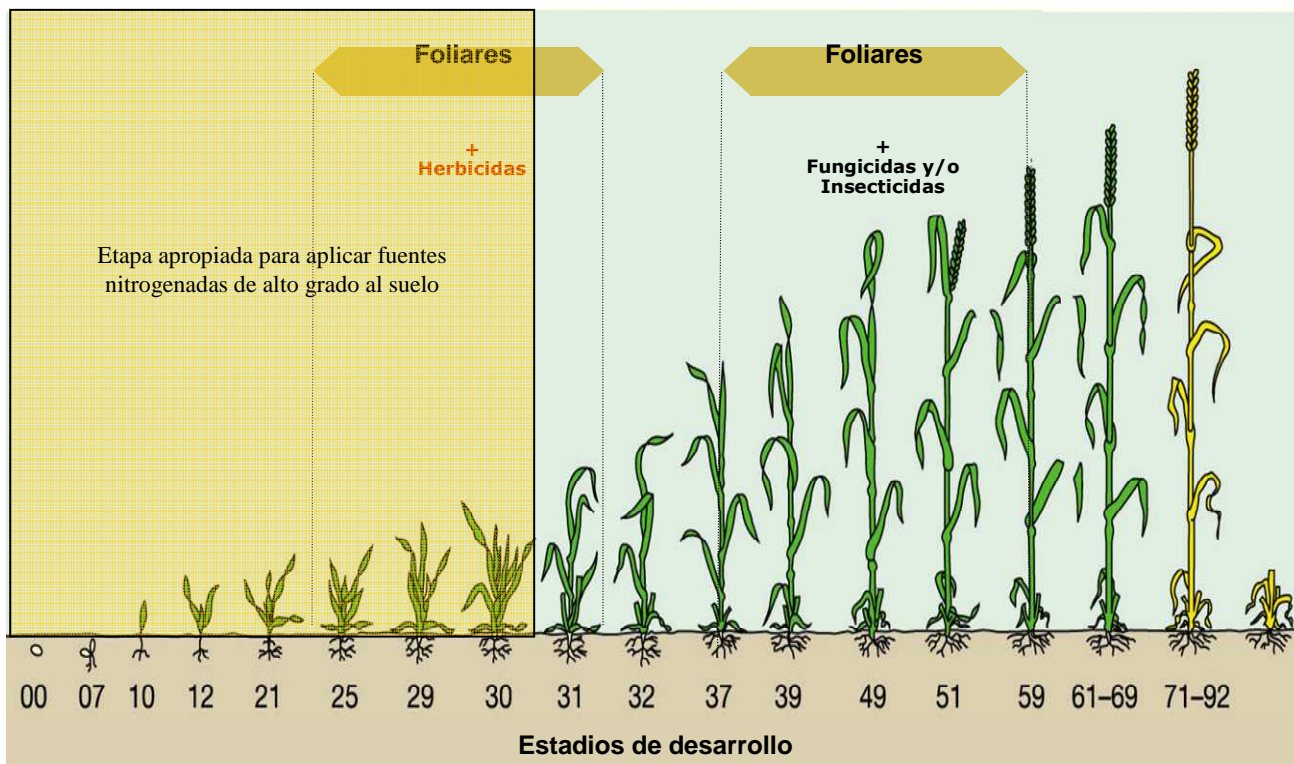


Figura 1: Posibles estrategias de fertilización nitrogenadas en trigo, algunas de ellas en combinación con agroquímicos para la protección del cultivo.

El objetivo de este ensayo fue comparar el impacto productivo de diferentes fuentes nitrogenadas aplicadas en forma tardía sobre cultivos escasamente provistos de N inicial, bajo dos ambientes hídricos contrastantes, secano con estrés severo y riego. Hipotetizamos que la aplicación tardía de N mejora la tasa de crecimiento en una etapa definitiva para el cultivo permitiendo así alcanzar mayores rendimientos, y que el efecto depende de la calidad de ambiente y la condición hídrica.

Materiales y métodos

Se realizaron dos ensayos de campo en la localidad de Pergamino. Los experimentos fueron conducidos con igual diseño, en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos. La diferencia entre sitios radicó en el cultivar (Baguette 11 Premiun ciclo largo vs Biointa experimental ciclo corto) y el régimen hídrico, ya que en uno de los ensayos se aplicaron 80 mm repartidos en cuatro riegos entre siembra y hoja bandera, por medio de un aspersor de pivot central. En la Tabla 1 se detallan algunas características de los sitios experimentales. Los ensayos fueron fertilizados a la siembra con NPS. La dosis inicial de N fue limitada, en ambos casos.

Tabla 1: Características salientes de los sitios experimentales. Fertilización nitrogenada tardía en trigo bajo riego y secano. Pergamino (Bs As) Campaña 2008/09.

	Riego-Pivot	Secano
Sitio y Partido	EEA Pergamino Pergamino	EEA Pergamino Pergamino
Serie de Suelo	Pergamino 3 Fase severamente erosionada	Pergamino 6 Fase mod inclinada y erosionada
Tipo de Suelo	Arg. típico	Arg. típico
Fecha de siembra	26-Junio	18-Julio
Antecesor	Soja 1 ^{ra}	Soja 1 ^{ra}
Variedad	Baguette 11 P	Biointa Exp.
Riego aplicado	80 mm	Secano
Condición física del suelo (1-5)	Mod. compactado Erosión severa	Lev. compactado Erosión moderada
Humedad inicial a la siembra	Seco: 20-40% AU	Seco: 20-40% AU
Dosis P (kg ha⁻¹)	6	6
Dosis N inicial (kg ha⁻¹)	38	25
Dosis S (kg ha⁻¹)	7	5
Aplicación de fungicida	No	No

En el ensayo se evaluaron fuentes nitrogenadas aplicadas en el estado de hoja bandera, inmediatamente después de que una lluvia mejorara la condición hídrica (Tabla 2). La denominación y composición química de los fertilizantes estudiados se presenta en esta misma Tabla.

Tabla 2: Tratamientos evaluados en el ensayo. Fertilización nitrogenada tardía en trigo bajo riego y secano. Pergamino (Bs As) Campaña 2008/09.

Tratamientos	Fertilizante	Dosis	Dosis de N
T1	Testigo		
T2	Urea (0-46-0)	50 kg ha ⁻¹	23 kgN ha ⁻¹
T3	Urea bajo biuret para uso foliar (0-20-0) densidad 1,1	89 l ha ⁻¹	20 kgN ha ⁻¹
T4	GenofixS	4 l ha ⁻¹	

Previo a la siembra, se realizó un análisis químico de suelo por bloque, cuyos resultados promedio se expresan en la Tabla 3.

Tabla 3: Análisis de suelo al momento de la siembra. Lote Riego

Prof	pH	M Orgánica	P-disponible	N-Nitratos	N suelo	S-Sulfatos
cm	agua 1:2,5	%	ppm	ppm	kg ha ⁻¹	ppm
0-20	5,7	2,1	35,2	6,0	23,4	9,0
20-40				5,0	13,0	
40-60				2,5	6,5	
					42,9	

Lote Secano

Prof	pH	M Orgánica	P-disponible	N-Nitratos	N suelo	S-Sulfatos
cm	agua 1:2,5	%	ppm	ppm	kg ha ⁻¹	ppm
0-20	5,7	3,0	26,9	11,0	28,6	6,0
20-40				4,0	10,4	
40-60				2,0	5,2	
					44,2	

Las aplicaciones de fertilizante fueron realizadas en el estado de Zadoks 39 (hoja bandera expandida) (Tabla 4). Las fuentes de uso foliar fueron aplicadas con mochila manual de presión constante. La misma contaba con un botalón aplicador de 200 cm provisto de 4 picos a 50 cm y pastillas de cono hueco 80015 que permiten asperjar 100 l ha⁻¹. Las condiciones ambientales al momento de la aplicación se detallan en la Tabla 5.

Tabla 4: Estado del cultivo al momento de la aplicación.

Momento de aplicación	Fecha de aplicación	Estado del cultivo	Altura (cm)	Cobertura (%)
Hoja bandera exp	16-Oct	Zadoks 39	70 (rie) 60 (sec)	95 (rie) – 85 (sec)

Tabla 5: Condiciones ambientales durante la aplicación.

Momento de aplicación	Humedad de suelo (0-2 cm)	Humedad de suelo (3-18 cm)	Temperatura aire (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad. viento (km h ⁻¹)	Nubosidad	Ppciones 24 hs dda
HB expandida	H	H	18,9	60	6,6 E	1	0

Escala de nubosidad: 0 completamente despejado, 9 completamente cubierto
dda: después de aplicación.

Se determinó materia seca total a cosecha, rendimiento de grano y sus componentes, número y peso de los granos. La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza y comparaciones de medias.

Resultados y discusión

A) Características climáticas de la campaña

Las precipitaciones fueron muy limitadas durante los meses de invierno, lo cual sumado a la escasa reserva inicial configuró un cuadro de estrés hídrico permanente durante todo el ciclo (Figura 2). Esto se manifestó con singular crudeza en el ensayo de secano, siendo parcialmente mitigado en la condición bajo riego. Este contraste se trasladaría más tarde a los rendimientos (Tabla 7).

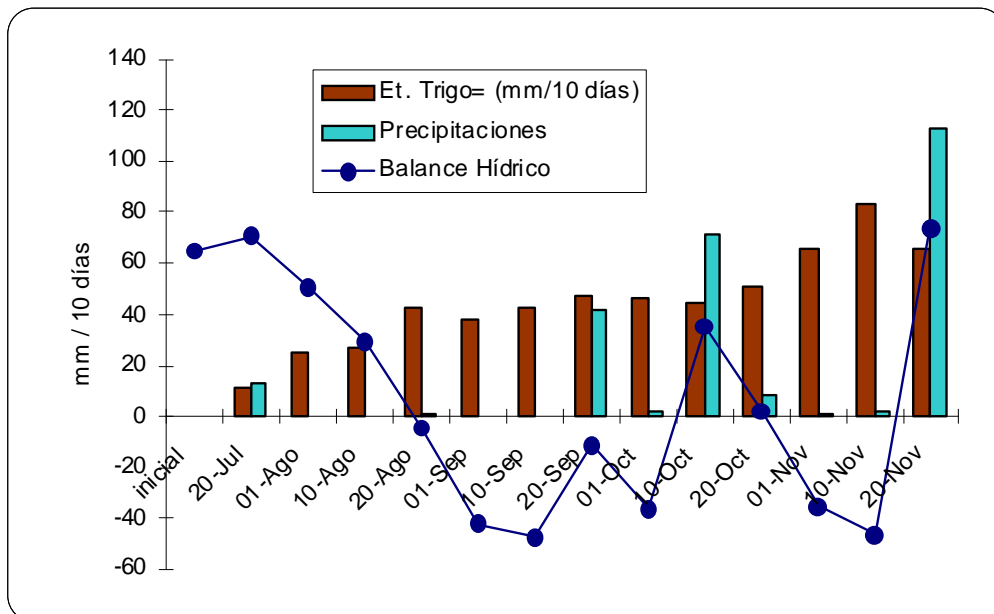


Figura 2: Evapotranspiración, precipitaciones y balance hídrico expresados como lámina de agua útil. Valores acumulados cada 10 días en mm. Pergamino, condición de secano, año 2008.

El cociente fototermal (Q) (Fisher, 1985) representa la relación existente entre la radiación efectiva diaria en superficie y la temperatura media diaria, y es una medida del potencial de crecimiento por unidad de tiempo térmico de desarrollo. Es decir, daría una medida del potencial de rendimiento en ausencia de limitaciones hídricas, nutricionales y de sanidad. Los valores para 2008 fueron buenos, pero comparativamente de los menos favorables del período analizado (Figura 3 y Tabla 6). Así, el valor de Q para el año 2008 de ningún modo explica los bajos rendimientos del ciclo, muy inferiores al de los años predecesores.

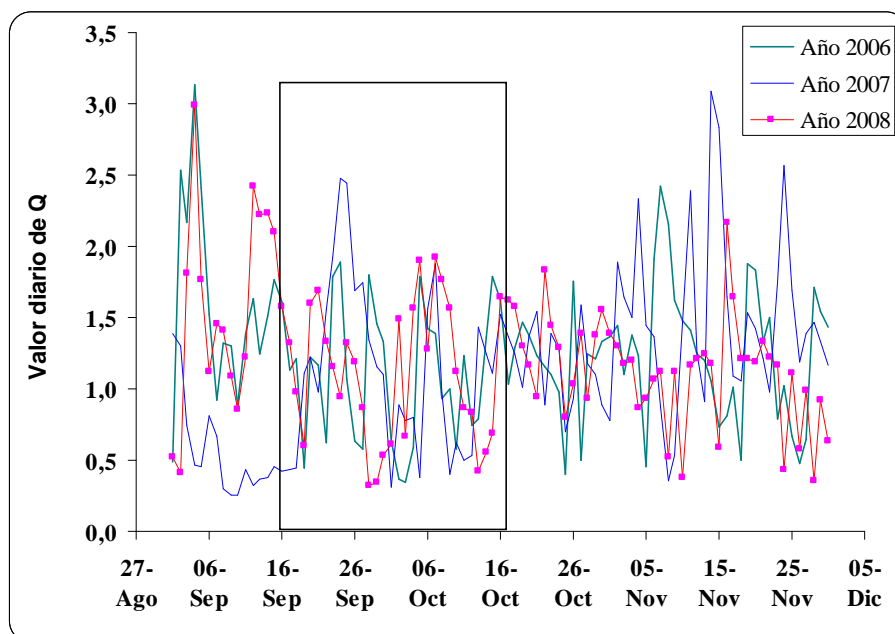


Figura 3: Coeficiente fototermal (Q) durante el ciclo de cultivo de trigo. La etapa abarcada por el rectángulo representa el período crítico para la definición del rendimiento. Pergamino, Año 2008.

Tabla 6: Insolación efectiva (hs), Temperatura media (C°) y Cociente fototermal Q (T base 0°C) para el período del 15 de setiembre al 15 de Octubre, coincidente con la etapa crítica del trigo en la localidad de Pergamino. Años 2005 a 2008.

Condiciones ambientales	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008
Insolación Efectiva media (hs)	7,2	7,1	5,9	6,9
T media del período °C	15,1	17,1	15,0	16,4
Cociente fototermal (Q) (Mj m ⁻² día ⁻¹ °C ⁻¹)	1,24	1,10	1,12	1,10

B) Rendimientos del cultivo

En la Tabla 7 se presentan los datos de las variables evaluadas en el ensayo.

Tabla 7: Biomasa total acumulada a cosecha, rendimiento, respuesta sobre el testigo, número de granos y peso individual de los granos de los tratamientos descriptos bajo dos ambientes productivos, a) riego y b) secano. Fertilización nitrogenada tardía en trigo. Pergamino (Bs As) Campaña 2008/09.

A) Riego Pivot

Trat	Fertilizante	Dosis (kg/ha)	MSeca a cosecha (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Diferencia s/testigo (kg/ha)	Granos/m ²	Peso mil granos (g)
T1	Testigo		7278	3013		10598	30,0
T2	Genofix S	4 l ha ⁻¹	7969	3183	170 (+ 5,4 %)	11111	30,6
T3	Urea	50 kg ha ⁻¹	7488	2848	-165 (-5,3 %)	10254	30,6
T4	Urea foliar	89 l ha ⁻¹	7800	3537	524 (+16,8 %)	10124	32,6

b) Secano

Trat	Fertilizante	Dosis (kg/ha)	MSeca a cosecha (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Diferencia s/testigo (kg/ha)	Granos/m ²	Peso mil granos (g)
T1	Testigo		2673	1396		4816	29,0
T2	Genofix S	4 l ha ⁻¹	4110	1931	535 (+38,3 %)	4726	31,2
T3	Urea	50 kg ha ⁻¹	3778	1521	125 (+8,9 %)	4714	29,8
T4	Urea foliar	89 l ha ⁻¹	4355	1944	548 (+39,2 %)	5760	28,2

Tabla 8: Análisis de la varianza para rendimiento de la interacción sitio x tratamiento, y de los efectos de tratamiento individuales en cada uno de los ensayos. Fertilización nitrogenada tardía en trigo bajo riego y secano. Pergamino (Bs As) Campaña 2008/09.

Análisis conjunto sitio x tratamiento	Biomasa a cosecha	Rendimiento
Ambiente	0,000	0,000
Tratamiento	0,003	0,002
Interacción ambiente x tratamiento	0,422 n.s.	0,464 n.s.
CV (%)	9,7	9,8
Efecto de tratamiento x ambiente		
Pivot riego	0,004	0,004
CV (%)	7,17	7,17
Secano	0,014	0,013
CV (%)	9,81	9,82

Se determinaron diferencias de rendimiento significativas entre ambientes (Tabla 8). El ensayo irrigado duplicó en biomasa acumulada a cosecha y rendimiento al de secano (Tabla 7). De igual modo, se observaron diferencias significativas entre tratamientos para biomasa y rendimiento de grano (Tabla 8, Figura 4.a,b) en forma indistinta en los dos ambientes.

Los tratamientos de mejor comportamiento fueron los de aplicación foliar. La rápida asimilación de N incorporado por esta vía hizo que llegara a tiempo para mejorar los rendimientos, lo que no sucedió con la fuente sólida. La urea de aplicación foliar fue el tratamiento de máxima productividad, cuestión justificada por su alto grado de N. Asimismo, la respuesta a Genofix S fue amplia y consistente. Es interesante destacar

que las diferencias de biomasa y rendimiento se manifestaron de igual modo bajo dos ambientes contrastantes. Siendo que la respuesta a N depende de la demanda, y como consecuencia del rendimiento del cultivo, sería esperable que se manifestara en mayor medida en el ambiente bajo riego. Sin embargo, no se observó interacción entre ambiente y tratamiento (Tabla 8). Es probable que la vía foliar de aplicación, que posibilita la absorción de N sin pasar por un suelo más o menos húmedo, sumado a la escasa oferta inicial de N, hayan favorecido la aparición de respuesta aún en el ambiente más pobre, en condiciones de secano y estrés hídrico casi permanente.

Aún cuando uno de los sitios fuera irrigado, la combinación de escasa reserva hídrica inicial, precipitaciones reducidas, baja humedad relativa, heladas en encañazón y altas temperaturas durante el llenado configuró un ambiente restrictivo. Esto no deja de ser un factor que reduce los rendimientos e introduce variabilidad, factores ambos que dificultan evaluar con precisión la tecnología estudiada. Por este motivo, estos resultados deberán analizarse de manera ponderada con los de otras localidades y campañas, realizados bajo condiciones ambientales más semejantes a las que se observan comúnmente en la región triguera argentina.

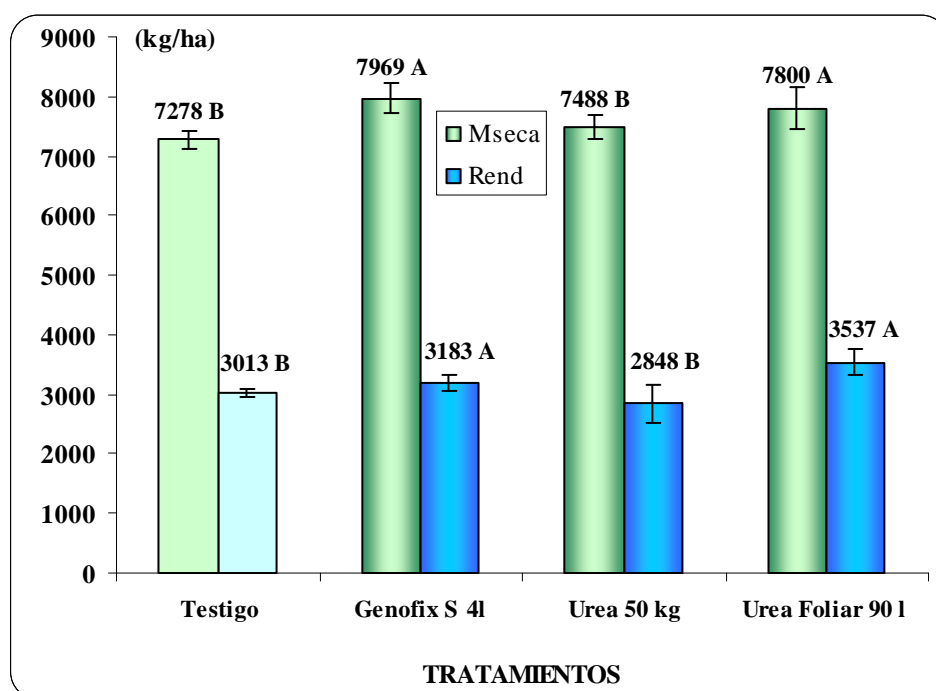


Figura 4.a. Riego Pivot

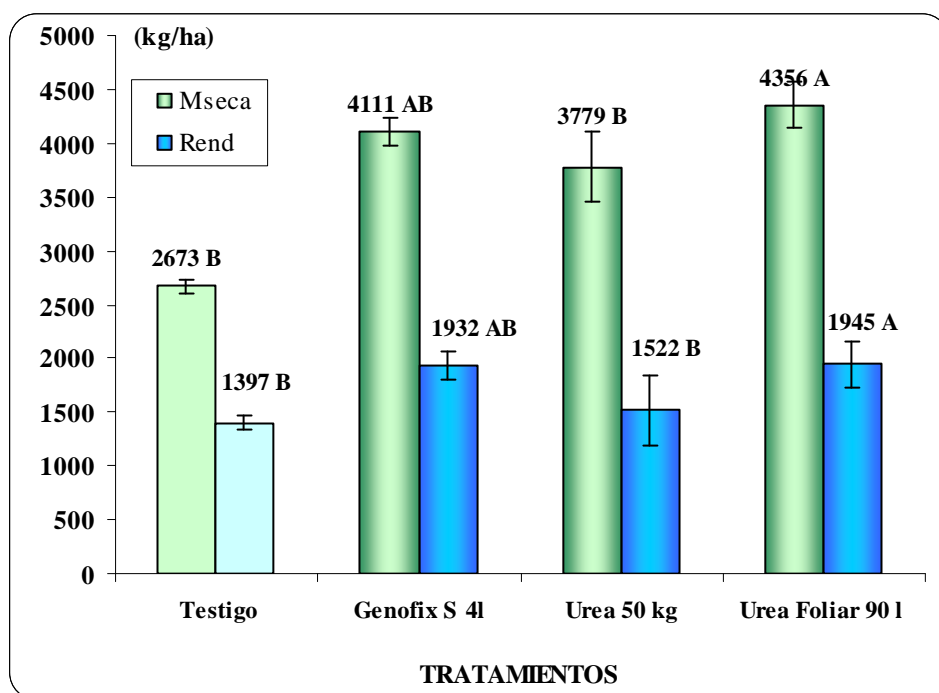


Figura 4.b. Secano

Figura 4: Biomasa total a cosecha y rendimiento de grano de diferentes estrategias de fertilización nitrogenada tardía bajo dos ambientes productivos, a) riego y b) secano. Pergamino (Bs As), Campaña 2008/09. Las barras verticales representan la desviación Standard de la media.

Consideraciones finales:

El ambiente bajo riego duplicó los rendimientos con relación a secano, pero no modificó la respuesta a la fertilización.

En ambientes con baja dotación inicial, la aplicación de N en el estado de hoja bandera incrementó la producción de biomasa y los rendimientos, cuando fue aplicado por vía foliar. La urea foliar, fuente de alto grado y recomendada en altas dosis, alcanzó la máxima productividad en ambos sitios. Las diferencias fueron de 524 (+ 16,8 %) y 548 kgN ha⁻¹ (+ 38,3 %) para riego y secano, mientras que el caso de Genofix S alcanzaron a 170 (+ 5,4 %) y 524 kgN ha⁻¹ (+ 38,3 %) para la condición de riego y secano, respectivamente. Las tecnologías evaluadas lograron manifestarse bajo una severa condición ambiental y en un ambiente de rendimientos limitados. La fertilización nitrogenada tardía se posiciona como una alternativa válida para incrementar el crecimiento y los rendimientos del cultivo de trigo, como complemento de prácticas agronómicas adecuadas que incluyan la fertilización de base con NPS y el manejo eficiente del agua.

Bibliografía:

- Abbate, P.; F. Andrade and J. Culot. 1995. The effects of radiation and nitrogen on number of grains in wheat. *J. Agric. Sci.* 124:351-360.
- Ferraris, G. y L. Couretot. 2006. Evaluación de la Inoculación con *Pseudomonas fluorescens* en Trigo bajo diferentes condiciones de fertilidad. IV año de ensayos. Campaña 2005/06. En: Experiencias en el cultivo de Trigo y cereales de Invierno. 2006. INTA Ediciones, Publicaciones Regionales. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN, EEA Pergamino y General Villegas (en prensa).
- Fisher, R. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Aric Sci.* 105:447-461.
- Zadoks J.C., T.T. Chang, y C.F. Konzak. 1974. A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.