

## **Rendimiento de grano de cultivares de trigo en una serie histórica en la Región Semiárida Pampeana. Efecto de la fertilización nitrogenada bajo riego con agua de alto contenido de sales**

*Grain yield of wheat cultivars of a historical sequence in Semiarid Pampa. Effect of nitrogen fertilization under irrigation with high salt content water*

Recibido: 23/10/03 Aceptado:26/04/04

**Pereyra, M.<sup>1\*</sup>, A.D. Golberg<sup>1,2</sup> & A. Sosa<sup>1</sup>**

### **RESUMEN**

La región semiárida central pampeana, dado las características de su suelo, de bajo contenido de nitrógeno, se fertiliza el 26 % de la superficie cultivada con trigo. Sin embargo, la disponibilidad hídrica es el factor ambiental más importante que podría limitar la producción de trigo en esta región, debido a las escasas precipitaciones y a un marcado déficit hídrico en invierno y verano por lo que, la aplicación de riego complementario podría contribuir a la mejora de la producción de este cultivo; sin embargo, la utilización de éste, tiene importantes restricciones debido a la abundancia de acuíferos con alto contenido de sales. En función de una explicación del aumento del rendimiento en base a una mejor utilización del nitrógeno en trigo, en los cultivares modernos respecto de los cultivares antiguos, se estudió: a) en una serie histórica de cultivares de trigo, en la Región Semiárida Pampeana el comportamiento de parámetros de crecimiento vegetativo y rendimiento en grano y b) la respuesta de los genotipos a la fertilización nitrogenada bajo riego con agua de alto contenido de sales. El experimento se realizó a campo, y se trabajó con 5 genotipos liberados entre 1954 y 1989, dos niveles de nitrógeno y dos niveles de disponibilidad hídrica. Nuestros resultados mostraron una mejora en el índice de cosecha de los cultivares modernos respecto de los antiguos. La respuesta de los cultivares a la fertilización nitrogenada fue diferente en los parámetros de crecimiento y rendimiento en función del riego con agua salina. La respuesta del rendimiento en grano a la fertilización nitrogenada, en algunos genotipos, puede no manifestarse en condiciones de riego con agua de alto contenido de sales.

**Palabras clave:** *Triticum aestivum*, crecimiento, genotipos, estrés salino.

### **ABSTRACT**

In the Semiarid Central Pampa Region, with low nitrogen content of the soils, about 26 % of the area cultivated with wheat is fertilized with nitrogen. However, water availability limits wheat production due to low rainfall and a very marked water deficit during winter and summer. Therefore, complementary irrigation might contribute to increase the production of this crop, but

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía, UNLPam. Ruta 35, Km 334, Santa Rosa, La Pampa, Argentina

<sup>2</sup>E.E.A. Guillermo Covas - INTA. \*E-mail: [pereyra@agro.unlpam.edu.ar](mailto:pereyra@agro.unlpam.edu.ar)

the implementation of this technology has important restrictions, due to the abundance of highly saline ground water. In order to explain the yield increases due to a higher utilization of nitrogen in wheat, in modern cultivars respect to old cultivars we studied: a) a historical sequence of wheat cultivars in the Semiarid Pampa Region with respect to vegetative growth parameters and yield and b) the yield, with response of the genotypes to nitrogen fertilization with high - salt water irrigation. The experiment was carried out in, five genotypes released between 1954 and 1989, two levels of nitrogen fertilization and two levels of water availability. Our results showed that modern cultivars had a better yield index than the old ones. The yield response to nitrogen fertilization was different and the cultivars also differed in growth and yield in response to the irrigation with saline water. The grain yield response to nitrogen fertilization, in some genotypes, may not occur when irrigation with high salt content water is applied.

**Key words:** *Triticum aestivum*, growth, genotypes, saline stress.

## INTRODUCCIÓN

El incremento del rendimiento potencial de grano en trigo (*Triticum aestivum* L.), se ha originado principalmente en el aumento del índice de cosecha (Sinclair, 1998). Una forma de identificar las características del cultivo que han permitido esta mejora en el índice de cosecha, es estudiar en cultivares antiguos y modernos los cambios exhibidos en los componentes fisiológicos asociados con el incremento en el rendimiento en grano en función de la mejora genética en el tiempo (Slafer, 1994).

La región semiárida central pampeana (RSCP), dado las características de su suelo, de bajo contenido de nitrógeno, se fertiliza el 26 % de la superficie cultivada con trigo (Bono *et al.*, 2000). Sin embargo, la disponibilidad hídrica es el factor ambiental más importante que podría limitar la producción de trigo en esta región, dado que, aunque la precipitación media anual es de alrededor de 750 mm para el período 1961-1997, siendo de unos 150 mm más que el período histórico precedente (1921- 1960) (Casagrande, 1998), presenta un marcado déficit hídrico en invierno y verano. Por otra parte, la importante variabilidad de las precipitaciones

dentro del ciclo de cultivo introduce otro factor de riesgo para la producción. Ha sido puesto en evidencia el aumento del rendimiento en grano en respuesta al riego (Mc Master *et al.*, 1994), por lo que, la aplicación de riego complementario podría contribuir a la mejora de la producción de este cultivo dentro de la RSCP. Sin embargo, la utilización del riego complementario en la región agrícola de La Pampa, tiene importantes restricciones debido a la abundancia de acuíferos con alto contenido de sales (Reinaudi *et al.*, 1994; Reinaudi *et al.*, 1996; Rodríguez, 2000). En función de lo mencionado los objetivos de nuestro trabajo fueron: a) estudiar en la RSCP, en una serie histórica de cultivares de trigo, el comportamiento de parámetros de crecimiento vegetativo y rendimiento en grano en función del año de liberación al mercado y b) conocer la respuesta de los genotipos a la fertilización nitrogenada bajo riego con agua de alto contenido de sales. Para evaluar la respuesta a nivel metabólico, se eligió como indicador bioquímico la actividad de la nitrato reductasa (ANR) en hojas, debido a su rápida respuesta y sensibilidad a los cambios ambientales (Kaiser *et al.*, 1999).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue conducido en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa, La Pampa, Argentina, durante el año 2000. Cinco cultivares de trigo (*Triticum aestivum*), que responden a una serie histórica, Klein Rendidor liberado en 1954; Klein Toledo, 1969, Buck Nandú, 1976, PROINTA Isla Verde, 1988 y PROINTA Oasis, 1989, fueron sembrados el 28 de Junio en parcelas de 1.6 x 2 metros. El experimento fue llevado a cabo con dos niveles de disponibilidad de nitrógeno: parcelas no fertilizadas y parcelas fertilizadas con urea en el momento de la siembra, en una dosis de 100 kg nitrógeno ha<sup>-1</sup>; y dos niveles de disponibilidad hídrica: suelo no regado (sólo recibieron agua de lluvia), y parcelas de suelo regado por goteo con agua cuya conductividad era de 3,73 dS m<sup>-1</sup>, en consecuencia calificada como ligeramente salina (Richards, 1977) (Tabla 1). En este tratamiento las parcelas recibieron

agua de lluvia y de riego. Siendo la denominación utilizada N1A1 (suelo fertilizado y regado), N1A0 (suelo fertilizado no regado), N0A1 (suelo no fertilizado y regado) N0A0 (suelo no fertilizado y no regado).

Las muestras de suelo fueron obtenidas de cada parcela con un barreno, a los 30 cm de profundidad determinando posteriormente, el contenido de humedad por gravimetría, el pH, la conductividad eléctrica del extracto de saturación a 25°C y el contenido de nitratos (Cataldo *et al.*, 1975).

La ANR *in vivo* en hojas fue determinada según la técnica de Brunetti and Hageman (1976) y la velocidad máxima fue determinada a partir de la cinética enzimática entre 20 y 100 mM de nitratos en el buffer de incubación. Las determinaciones se realizaron en la última hoja totalmente desarrollada cosechada tres

Tabla 1. Análisis químico del agua de riego.

Aniones	ppm
Cloruros	679
Sulfatos	579
Carbonatos	no contiene
Hidrogenocarbonatos	500
Fluoruros	3,00
<b>Cationes</b>	<b>ppm</b>
Calcio	37
Magnesio	38
Sodio	779
Potasio	18
Arsénico	0,1
pH: 7,94 (25°C)	
CEE: 3,73 dS m <sup>-1</sup> (25°C)	
Total de sólidos disueltos (100 - 105 °)	2676 ppm

horas después de la salida del sol, el 17 de noviembre, al estado de espigazón, siendo muestreadas tres plantas dentro de cada parcela, considerando cada planta una repetición por parcela.

La altura de las plantas fue determinada en 4 plantas por parcela previo a la cosecha. El 20 de diciembre del 2000 se cosecharon 2 muestras por parcela de los surcos centrales de cada parcela y posteriormente, se determinó la biomasa seca aérea total, el rendimiento en grano, el peso de los 1000 granos y el índice de cosecha (IC) (gramos de grano /gramos de materia seca). El experimento se realizó en bloques completamente aleatorizados, con 5 repeticiones, los datos fueron analizados por ANOVA triple y la comparación de medias se realizó usando el test de Tuckey.

## RESULTADOS

Las precipitaciones ocurridas en la zona durante los meses de marzo a diciembre del año 2000 se muestran en la figura 1, observándose un patrón de distribución típico de la región, teniendo en cuenta la media mensual de las precipitaciones de los últimos diez años (Figura 1). El contenido de humedad del suelo en el momento de la siembra, fue del 11% en los primeros 20 centímetros del perfil. Un mes después de la siembra, al estado de 3 hojas totalmente expandidas (2 en la escala de Feeks) el contenido de agua del suelo, fue significativamente diferente entre las parcelas regadas y no regadas ( $p < 0,05$ ), registrándose valores de 21% y 11% de agua respectivamente. En el momento de la cosecha, las diferencias en el contenido de agua entre parcelas regadas

y no regadas subsistieron, aunque en ambos casos los valores fueron menores respecto del mes de julio, siendo del 6 y 2 %, respectivamente, siendo la lluvia caída durante el período de crecimiento del cultivo de 300 mm (Figura 1).

En el momento de la cosecha el contenido de nitratos en el suelo fue significativamente diferente ( $p < 0,05$ ) entre las parcelas fertilizadas, 94 ppm y no fertilizadas, 43 ppm; la conductividad eléctrica del suelo de las parcelas no regadas fue de 0,443 dS  $m^{-1}$  mientras que en las parcelas regadas fue de 3,671 dS  $m^{-1}$  los cuales fueron estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ ). El pH del suelo aumentó ( $p < 0,05$ ) por efecto del agua de riego, variando de 5,5 en las parcelas no regadas a 7,7 en las regadas. Por lo que, en el suelo de las parcelas regadas se observó un incremento significativo del contenido de sales y del pH por el agregado de agua con alto contenido de sales.

### *Respuesta de los cultivares en función del año de liberación al mercado*

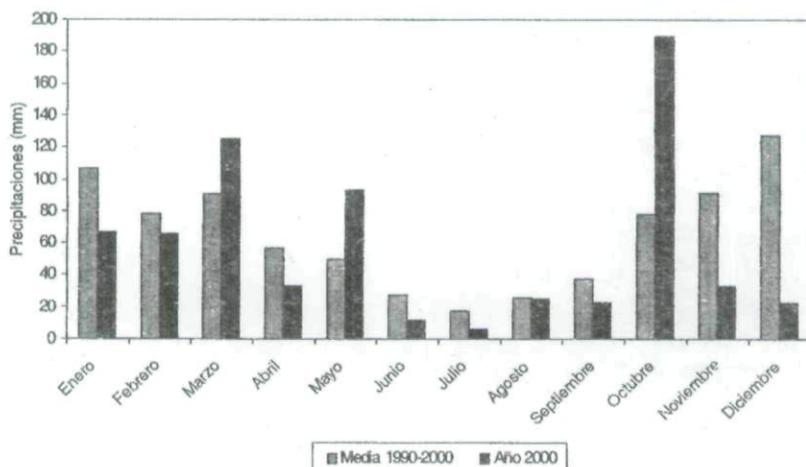
En las condiciones experimentales en que no hubo agregado de nitrógeno y agua (N0A0), el rendimiento en grano de los cultivares en estudio no fue estadísticamente diferente. Sin embargo, se observó una tendencia de incremento en el rendimiento de los cultivares modernos dado que el más antiguo K. Rendidor tuvo un rendimiento de 225 gramos de grano  $m^{-2}$ , mientras que P. I. Verde y P. Oasis, los más modernos rindieron 287 y 268 gramos grano  $m^{-2}$ , respectivamente, siendo la relación entre el rendimiento en grano y el año de liberación al mercado del 50 % (Figura 2 A).

Hubo diferencias ( $p < 0,05$ ) en el peso de los granos siendo K. Rendidor, K. Toledo y P. Oasis los cultivares de mayor peso de grano con 37, 36 y 39 gramos, respectivamente, difiriendo ( $p < 0,05$ ) de B. Ñandú y P.I. Verde con 34 y 35 gramos respectivamente; además el número de granos por unidad de superficie fue diferente entre los cultivares ( $p < 0,05$ ), y estuvo asociado en un 50% con la fecha de liberación de los cultivares, por lo que el cultivar P.I. Verde fue el de mayor rendimiento siendo uno de los cultivares de menor tamaño de grano, pero de mayor número de granos por unidad de superficie (Figura 2 F).

La biomasa aérea de los tres cultivares modernos, B. Ñandú, P.I. Verde y P. Oasis fue de 779, 665 y 795 gramos  $m^{-2}$ , respectivamente, difiriendo significativamente ( $p < 0,05$ ) de lo expresado por K. Rendidor y K. Toledo, siendo de 822 y 944 gramos  $m^{-2}$ , respectivamente

(Figura 2 C) lo cual está asociado con la disminución del crecimiento en altura de los cultivares modernos, dado que B. Ñandú, P.I. Verde y P. Oasis, tuvieron una altura media de 73 cm, difiriendo ( $p < 0,05$ ) de los 100 cm de altura media observados en K. Rendidor y 95 cm en K. Toledo (Figura 2 D).

El índice de cosecha de los cultivares en estudio mostró un marcado incremento en función del año de liberación al mercado variando desde 0,27 en los cultivares antiguos hasta 0,38 en los cultivares recientes ( $p < 0,05$ ), siendo P.I. Verde, el cultivar de mayor índice de cosecha, el cual se expresó debido a su mayor producción de granos y menor biomasa aérea. Por lo que en función de nuestros resultados el progreso en el rendimiento estuvo asociado con el incremento en el índice de cosecha con un  $R^2 = 0,55$ .

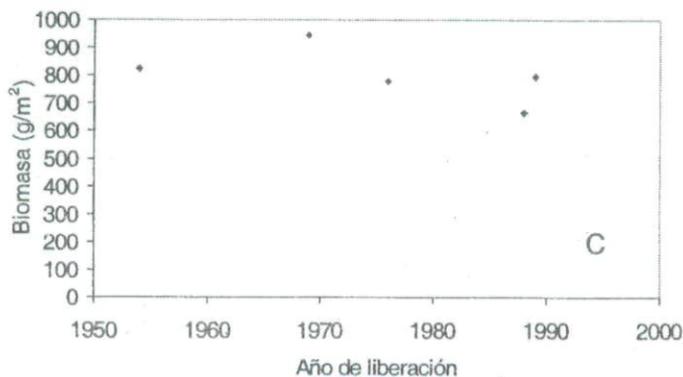
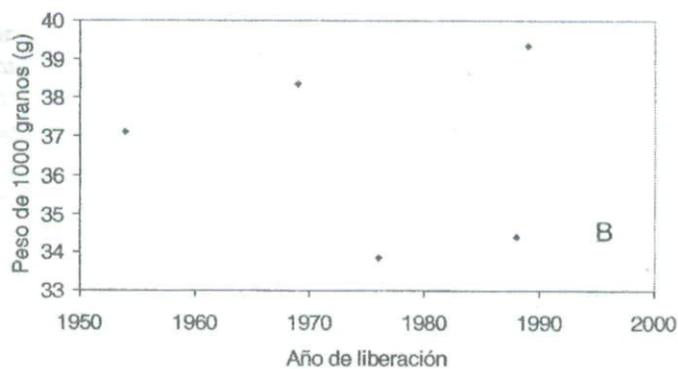
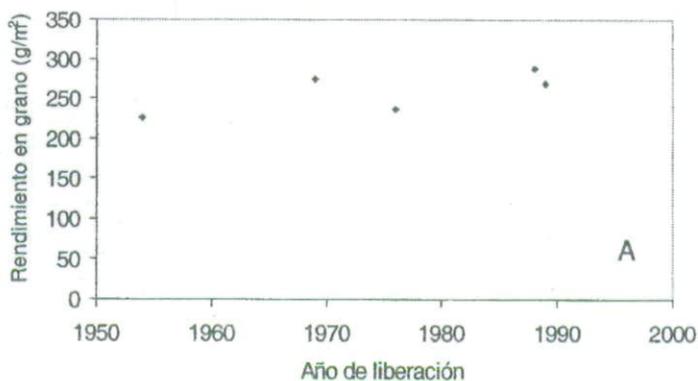


**Figura 1.** Precipitaciones medias mensuales ocurridas durante el año 2000 en Santa Rosa, La Pampa. (Datos suministrados por la Cátedra de Climatología, Facultad de Agronomía, Universidad de La Pampa), siendo la fecha de siembra el 28 de junio y la de cosecha el 20 de diciembre del año 2000.

*Respuesta de los cultivares a la fertilización nitrogenada bajo riego con agua de alto contenido de sales*

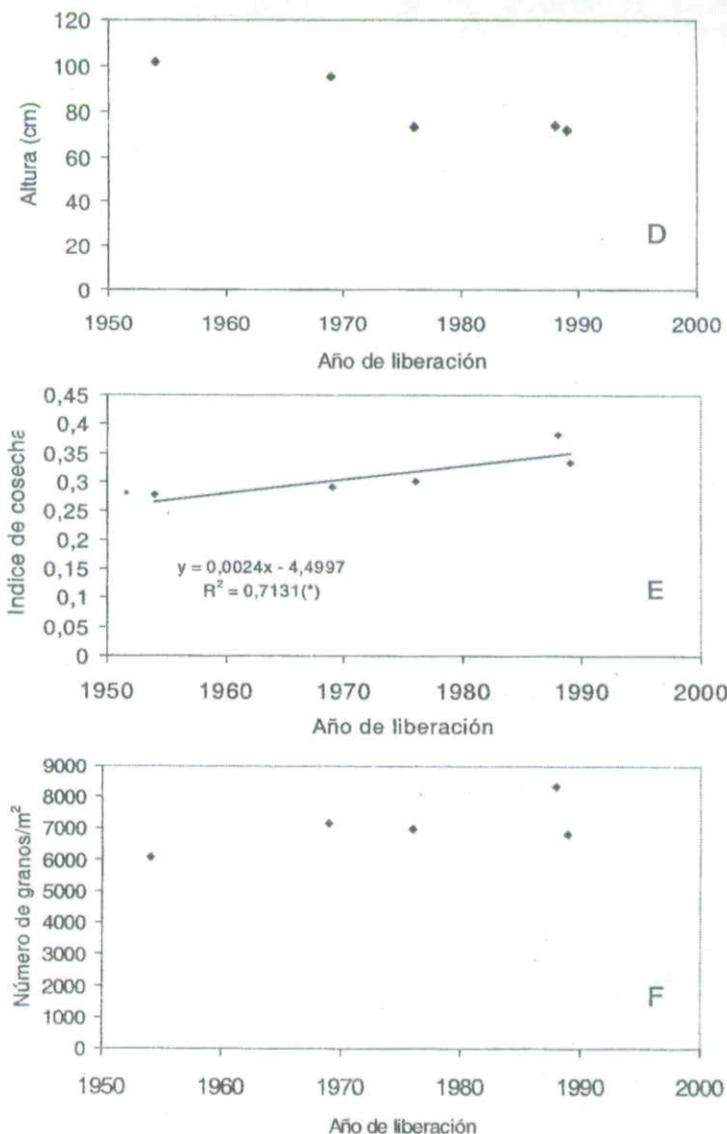
La respuesta de los cultivares a la fertilización nitrogenada fue diferente

y además hubo un efecto diferencial horas después de la salida del sol, el 17 de nopámetros de crecimiento y rendimiento en función del riego con agua de alto contenido de sales (Figura 3).



El rendimiento en grano aumentó significativamente ( $p < 0,05$ ) por la fertilización nitrogenada en los cultivares K. Toledo y B. Nándú, en el resto de los cultivares puede

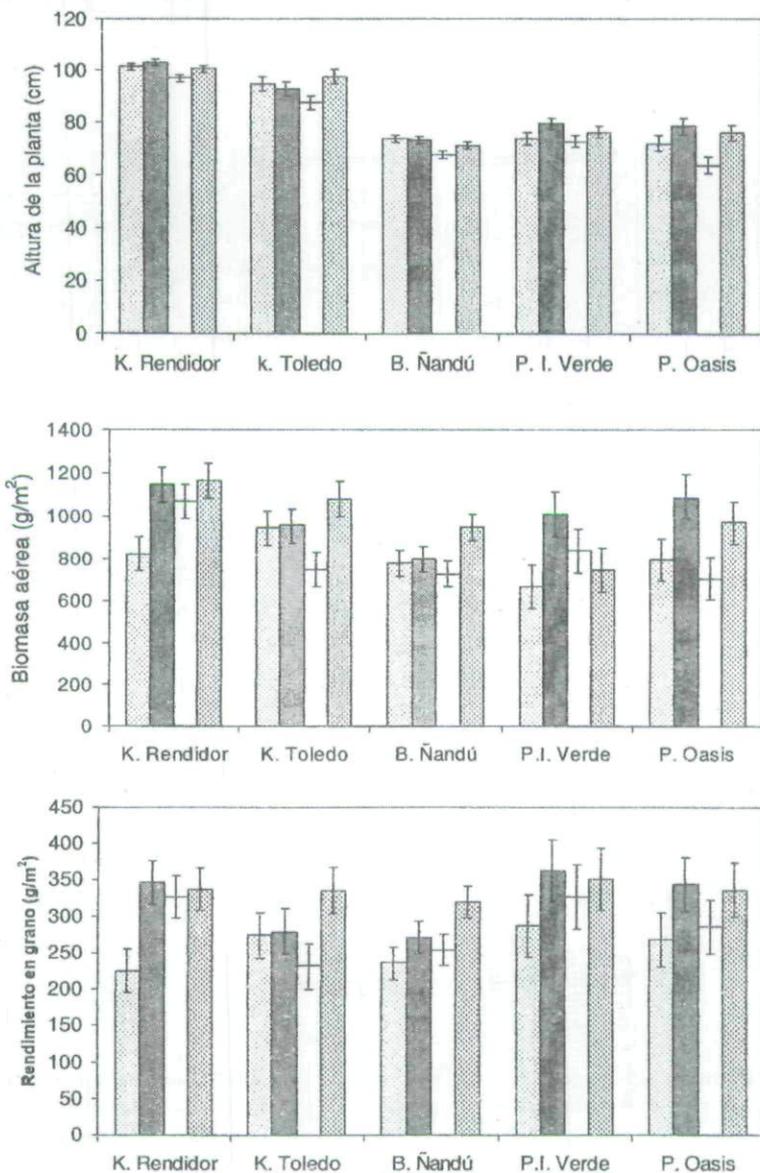
observarse también una tendencia de aumento bajo fertilización nitrogenada, siendo diferente esta respuesta bajo condiciones de riego y de secano.



**Figura 2.** Rendimiento en grano (A), peso del grano (B), biomasa (C), altura (D), índice de cosecha (E) y número de granos (F) en función del año de liberación al mercado, de 5 cultivares de trigo, que crecieron a campo durante el año 2000. (K. Rendidor liberado en 1954, K. Toledo en 1969, B. Nándú, 1976, P.I. Verde, 1988 y P. Oasis, 1989) (\*) significativo ( $p < 0,05$ ).

En los únicos cultivares donde hubo un mayor incremento en respuesta a la fertilización nitrogenada bajo riego fue en K. Toledo y B. Ñandú, mientras que en K. Rendidor el incremento bajo secano fue del 54% y bajo riego del 3%; en P.I. Verde el incremento sin riego fue del 26%

y bajo riego del 7% y en P. Oasis del 28 y 17% respectivamente (Figura 3). Por lo que, de los cinco cultivares en estudio, en tres de ellos, la respuesta a la fertilización nitrogenada fue limitada por el riego con agua de alto contenido de sales.



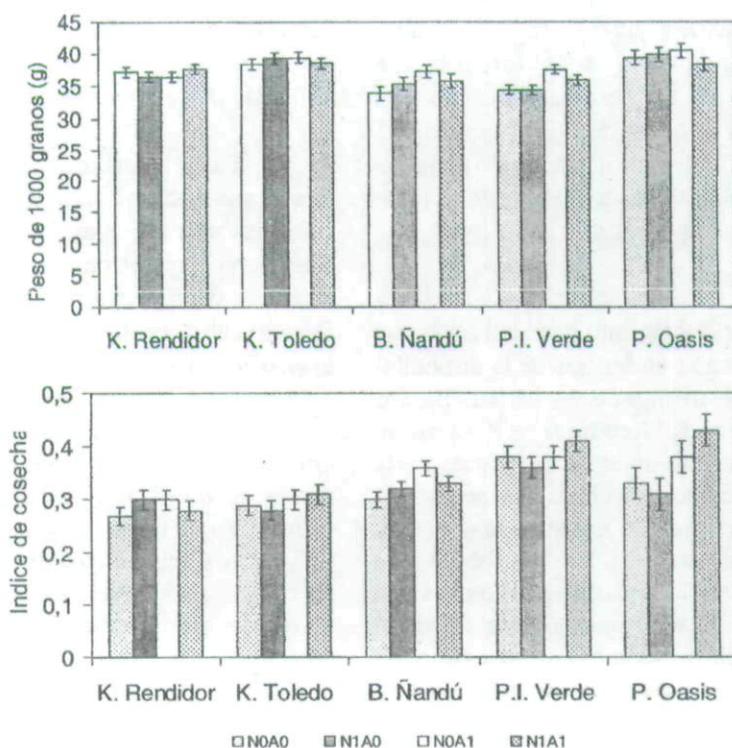


Figura 3. Parámetros de crecimiento y rendimiento de 5 cultivares de trigo que crecieron bajo diferentes niveles de disponibilidad hídrica y de nitrógeno. Parcelas: N0A0, no regadas y no fertilizadas; N1A0, fertilizadas y no regadas; N0A1, no fertilizadas y regadas; N1A1, fertilizadas y regadas. ( I ) indica  $\pm$  el error estándar.

El peso de los 1000 granos aumentó en las plantas que crecieron bajo riego, variando de 36 a 37 gramos ( $p < 0,05$ ). Por otra parte, hubo diferencia en el peso de los 1000 granos entre los cultivares dado que, P. I. Verde, B. Ñandú y K. Rendidor tuvieron un peso de grano de 35, 35 y 36 gramos respectivamente los cuales fueron estadísticamente iguales entre ellos y diferentes del peso de los granos de K. Toledo cuyo media fue 39 gramos y de P. I. Oasis de 39,5 gramos ( $p < 0,01$ ). El peso de los 1000 granos no fue afectado por la disponibilidad de nitrógeno y ninguna interacción fue significativa.

La altura a la madurez de las plantas fue diferente ( $p < 0,01$ ) entre los cultivares, siendo B. Ñandú, P. Oasis y P. I. Verde de un valor similar, 71, 72 y 75 cm respectivamente, los cuales fueron diferentes ( $p < 0,01$ ) de K. Toledo, 93 cm y K. Rendidor, 100 cm. Con respecto al efecto del riego y el nitrógeno la interacción de ambos factores fue significativa ( $p < 0,05$ ), dado que el riego redujo la altura de las plantas no fertilizadas, en cambio las plantas fertilizadas tanto regadas como no regadas tuvieron una altura similar. La altura media de las plantas N0A0 fue de 83 cm mientras que las de N1A0 fue de 85

cm, de manera que el incremento en altura en respuesta a la fertilización nitrogenada fue del 2%. En cambio, en N0A1 la altura fue de 78 cm pasando a 85 cm en N1A1, habiendo ocurrido un incremento del 8%, siendo la altura de las plantas N1A0 igual a las de N1A1.

La respuesta de la biomasa aérea a la fertilización nitrogenada varió entre los cultivares en función de la disponibilidad de nitrógeno e hídrica. En los cultivares K. Rendidor y P. Oasis la biomasa aérea aumentó en respuesta a la fertilización nitrogenada independientemente del nivel de disponibilidad hídrica, mientras que en P. I. Verde, se observó un aumento de la biomasa aérea en respuesta a la fertilización nitrogenada sólo bajo condición de secano. Por otra parte, K. Toledo y B. Ñandú, expresaron respuesta a la fertilización nitrogenada bajo condiciones de riego.

El índice de cosecha fue diferente entre los cultivares ( $p < 0,01$ ), no fue afectado por la disponibilidad de nitrógeno y aumentó ( $p < 0,01$ ) por efecto del riego, no habiéndose observado interacción entre los factores en estudio. Los cultivares más antiguos, K. Rendidor, K. Toledo y B. Ñandú tuvieron un IC de 0,29; 0,30 y 0,33, el cual fue igual entre ellos y diferente ( $p < 0,01$ ) de P. Oasis y P. I. Verde, los que mostraron un IC de 0,35 y 0,39 respectivamente. Por otra parte, el IC aumentó por efecto del riego siendo de 0,31 en las plantas no regadas y 0,34 en las plantas bajo riego pudiendo asociarse este incremento con el

aumento del peso de los granos bajo riego.

#### *Actividad de la Nitrato reductasa*

La ANR máxima *in vivo* foliar mostró una tendencia de aumentar en los cultivares más recientes, P. I. Verde y P. Oasis, en comparación con los antiguos (Tabla 2), sin embargo no se encontró diferencia entre genotipos en la ANR foliar *in vivo* (Tabla 3).

El comportamiento de la ANR fue diferente según la disponibilidad de agua, de nitrógeno y el cultivar, siendo significativas las tres interacciones, N x A, N x cultivar, A x cultivar ( $p < 0,01$ ). Las plantas regadas tuvieron menor ANR que las no regadas y en condiciones de baja disponibilidad de nitrógeno la actividad se redujo un 83% por efecto del agua de riego, mientras que en condiciones de alta disponibilidad de nitrógeno la reducción fue del 50%. En las plantas regadas al ser fertilizadas hubo un incremento del 130% en la ANR, mientras que en las plantas sin riego no varió la ANR por efecto de la fertilización nitrogenada. La interacción entre los factores agua y cultivar surge debido a que en todos los cultivares se redujo la ANR en las plantas regadas, esta reducción fue del 70% en todos los cultivares a excepción de P. I. Verde el cual tuvo una reducción del 43%. Por otra parte la interacción de los factores N y cultivar surge porque en todos los cultivares la ANR no varió por efecto del nitrógeno excepto en B. Ñandú donde aumentó (Tabla 3).

**Tabla 2.** ANR máxima *in vivo* foliar en 5 cultivares de trigo, que crecieron a campo.

K. Rendidor	K. Toledo	B. Ñandú	P.I.Verde	P.Oasis
11,13	11,21	9,74	21,97	18,38

**Tabla 3.** Actividad de la nitrato reductasa foliar *in vivo* en 5 cultivares de trigo bajo diferente disponibilidad hídrica y de nitrógeno. Parcelas N0A0, no fertilizadas y no regadas; N1A0, fertilizadas y no regadas; N0A1, no fertilizadas y regadas; N1A1, fertilizadas y regadas. Entre paréntesis está indicado  $\pm$  el error estándar.

	K. Rendidor	K. Toledo	B. Ñandú	P.I.Verde	P. Oasis
N0A0	7,38 ( $\pm$ 0,51)	7,75 ( $\pm$ 0,4)	8,19 ( $\pm$ 0,57)	6,58 ( $\pm$ 0,8)	9,17 ( $\pm$ 0,68)
N1A0	5,67 ( $\pm$ 0,51)	5,98 ( $\pm$ 0,4)	8,96 ( $\pm$ 0,57)	4,39 ( $\pm$ 0,8)	4,84 ( $\pm$ 0,68)
N0A1	1,23 ( $\pm$ 0,51)	1,64 ( $\pm$ 0,4)	0,87 ( $\pm$ 0,57)	1,59 ( $\pm$ 0,8)	1,49 ( $\pm$ 0,68)
N1A1	2,31 ( $\pm$ 0,51)	1,78 ( $\pm$ 0,4)	3,75 ( $\pm$ 0,57)	4,64 ( $\pm$ 0,8)	3,02 ( $\pm$ 0,68)

## DISCUSIÓN

Nuestros resultados muestran una mejora en el índice de cosecha de los cultivares modernos respecto de los antiguos ( $R^2 = 0,71$ ) (Figura 2 E). Esta mejora en el índice de cosecha en nuestro estudio fue debido a una tendencia a disminuir la biomasa aérea en función del año de liberación de los cultivares y una tendencia a aumentar del rendimiento en grano de los cultivares en estudio. Siendo, estos resultados coincidentes con lo observado por Calderini *et al.* (1999), quien sugiere que el incremento del índice de cosecha debido a la mejora genética puede asociarse con el incremento del rendimiento de los cultivares y que esta mejora en el rendimiento en grano de los cultivares liberados en diferentes momentos no está asociada con la biomasa de los cultivares. Por lo que la mejora en el índice de cosecha está asociado a cambios en la partición de la materia seca, ocurriendo en los cultivares modernos una mayor asignación de los recursos a los granos.

El mayor rendimiento en grano y el índice de cosecha de los cultivares modernos respecto de los cultivares antiguos responde a un comportamiento esperado según lo sugerido por Slafer (1994). En efecto, bajo nuestras condicio-

nes experimentales, P. I. Verde fue el cultivar que mostró el mayor rendimiento en grano e índice de cosecha, y la mayor velocidad máxima de la ANR foliar sugiriendo una alta eficiencia de utilización del nitrógeno.

Eilrich & Hageman (1973), y Sairam & Singh (1989) observaron en trigo una correlación positiva y significativa entre la ANR y el rendimiento en grano. Sin embargo, aún no está determinada la relación entre ANR y eficiencia de utilización del N. Por otra parte, una mayor eficiencia de uso del nitrógeno ha sido observada en los cultivares modernos (Calderini *et al.*, 1999). Interesantemente, nuestros resultados muestran con claridad que la velocidad máxima de la enzima puede estar relacionada con el rendimiento. Así, aquél parámetro podría ser utilizado como indicador de la eficiencia de uso del nitrógeno.

*Triticum aestivum* es considerada una especie medianamente tolerante a la salinidad (Larcher, 1995). Kelman & Qualset (1991), observaron en trigo una disminución en el rendimiento en grano bajo estrés salino severo. Sin embargo, en nuestro experimento, donde la concentra-

ción salina del agua de riego resultó en una moderada salinidad del extracto de suelo a saturación no se observó disminución de la biomasa vegetativa y del rendimiento en grano. Sin embargo, fue claramente afectada la ANR foliar, poniendo en evidencia la diferente sensibilidad de los procesos.

La disminución de la ANR ha sido observada bajo estrés salino (Plaut 1974) y también bajo estrés hídrico (Huffaker *et al.*, 1970; Morilla *et al.*, 1973; Plaut, 1974; Talouze & Champigny, 1988; García Girou & Curvetto, 1989; Larsson *et al.*, 1989; Jonas *et al.*, 1990; 1992; Larsson, 1992; Golberg *et al.*, 1995).

Shaner & Boyer (1976) han sugerido que dicha disminución es debida a la reducción del flujo de nitrato por xilema desde la raíz a las hojas, por lo que podría esperarse que en condiciones de alta disponibilidad de nitrógeno ocurra una menor reducción de la ANR bajo condiciones de estrés. Esto podría explicar el hecho de que en nuestro experimento las plantas fertilizadas y regadas con agua salina tuvieron mayor ANR que las no fertilizadas y regadas con agua salina.

Esta respuesta es diferente de lo observado bajo estrés hídrico y fertilización dado que, Jonas *et al.* (1992) no encontraron diferencias en la ANR entre las plantas fertilizadas y no fertilizadas en condiciones de baja disponibilidad de agua. En este sentido y con respecto a lo ocurrido en nuestro experimento, el hecho de que no haya aumentado la ANR de las plantas N1A0 respecto de N0A0 (Tabla 2), podría deberse a la ocurrencia de estrés hídrico durante el mes de noviem-

bre cuando las precipitaciones fueron de 30 mm (Figura 1).

En nuestro experimento, fue puesto en evidencia que aunque el rendimiento no fue afectado por el riego con agua salina, la reducción de la ANR podría afectar la asimilación del nitrógeno, puesto en evidencia ante la falta de respuesta a la fertilización de la biomasa y en el rendimiento en grano bajo riego con agua salina.

Por otra parte, la disminución de la ANR no pudo ser asociada con la respuesta de otro parámetro de crecimiento vegetativo o el rendimiento, por lo que, aunque la ANR fue afectada por el riego con agua salina no podría ser utilizada como un indicador de la tolerancia y/o la sensibilidad a la salinidad.

Nuestros resultados muestran que la respuesta del rendimiento en grano a la fertilización nitrogenada, en algunos genotipos, puede no manifestarse en condiciones de riego con agua de alto contenido de sales.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Bono, A.; J.C. Montoya & F.J. Babinec. 2000. Dosis y momento de fertilización en trigo en la Región Semiárida Pampeana. XVII C.A.C.S.
- Brunetti, N. & R. Hageman. 1976. Comparison of in vivo and in vitro assays of nitrate reductase in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Plant Physiol.* 58:583-587.
- Calderini, D.F.; M.P. Reynolds & G.A. Slafer. 1999. Genetic gains in wheat yield and associated physiological changes during the

- twentieth century in wheat: Ecology and physiology of yield determinations. (E. H. Satorre & G.A. Slafer. eds. New York: Food products Press.
- Casagrande, G.A. 1998. Capítulo II. Caracterización Agroclimática para el cultivo de trigo en la Provincia de La Pampa. Actualización Técnica del cultivo de trigo en la provincia de La pampa. Boletín de divulgación Técnica N° 58 INTA.
- Cataldo, D.A.; M. Haroon; L.E. Schrader & V.L. Young. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 6:71-80.
- Eilrich, G.L. & R.H. Hageman. 1973. Nitrate reductase activity and its relationship to accumulation of vegetative and grain nitrogen in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Sci.* 13:59-66.
- García Girou, N.L. & N.R. Curvetto. 1989. Effects of water stress on foliar nitrate reductase activity and grain protein content in different wheat cultivars. *An. Edafol. Agrobiol.* 1653-1663.
- Golberg, A.D.; O.A. Jonas; M.C. Pereyra; C. Cabeza & J.F. Ledent. 1995. Nitrate reductase activity in nitrogen and water-stressed plants of bread wheat. *Cer. Rer. Commun.* 23:433-439.
- Huffaker, R.C.; T. Radin, G.E. Kleinkopf & E.L. Cox. 1970. Effects of mild water stress on enzymes of nitrate assimilation and of the carboxylative phase of photosynthesis in barley. *Crop Sci.* 10:471-473.
- Jonas, O.A.; M.C. Pereyra; C. Cabeza; A.D. Golberg & J.F. Ledent. 1990. Activity of nitrate reductase and acid phosphatase in leaves of wheat, after a period of cessation of watering. *Cer. Rer. Commun.* 18:299-305.
- Jonas, O.A.; M.C. Pereyra; C. Cabeza; A.D. Golberg & J.F. Ledent. 1992. Recovery of nitrate reductase activity in wheat leaves after a period of severe water stress. *Cer. Res. Commun.* 20:13-18.
- Kaiser, W.M.; H. Weiner & S.C. Huber. 1999. Nitrate reductase in higher plants: a case study for transduction of environmental stimuli into control of catalytic activity. *Physiol. Plant.* 105:385-390.
- Kelman, W.M. & C.O. Qualset. 1991. Breeding for salinity-stressed environments: recombinant inbred wheat lines under saline irrigation. *Crop Sci.* 31:1436-1442.
- Larcher, W. 1995. *Physiological plant ecology.* Third edition. Springer. pp: 506.
- Larsson, M.; C.M. Larsson; P.N. Whitford & D.T.T. Clarkson. 1989. Influence of osmotic stress on grain nitrate reductase activity in wheat (*Triticum aestivum* L.) and the role of abscisic acid. *J. Exp. Bot.* 40: 1265-1271.
- Larsson, M. 1992. Translocation of nitrogen in osmotically stressed wheat seedlings. *Plant, Cell Environ.* 15:447-453.
- Maas, E.V. & C.M. Grieve. 1990. Spike and leaf development in salt-stressed wheat. *Crop Sci.* 30:1309-1313.
- Maas, E.V.; S.M. Lesch; L.E. Francois & C.M. Grieve. 1996. Contribution of individual culms to yield of salt-stressed wheat. *Crop Sci.* 36:142-149.
- Mc Master, G.S.; W.W. Wilhelm & P.N.S. Bartling. 1994. Irrigation and culm contribution to yield and yield components of winter wheat. *Agron. J.* 86:1123-1127.
- Morilla, C.A.; J.S. Boyer & R.H. Hageman. 1973. Nitrate reductase activity and polyribosomal content of corn (*Zea mays* L.) having low water potentials. *Ibid.* 51: 817-824.

- Plaut, Z. 1974. Nitrate reductase activity of wheat seedlings during exposure to and recovery from water stress and salinity. *Physiol. Plant.* 30:212-217.
- Reinaudi, N.B.; R.M.D. Troiani & T.M. Sánchez. 1994. Principales iones de interés ganadero presentes en aguas subterráneas del departamento capital de la Provincia de La Pampa. XV Congreso Nacional del agua. La Plata.
- Reinaudi, N.B.; R.M.D. Troiani & T.M. Sánchez. 1996. Principales iones de interés ganadero presentes en aguas subterráneas del departamento Toay, La Pampa. XVI Congreso Nacional del Agua.
- Rodríguez, N.M. 2000. Calidad de agua y agroquímicos. INTA. Boletín de divulgación técnica Nº 68. EEA Anguil. Ing. agr. Guillermo Covas.
- Richards, L.A. (ed.) Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. 1977. Editorial Limusa.
- Sairam, R.K. & S.S. Singh. 1989. Screening of barley and wheat genotypes efficient in nitrogen uptake and conversion. *Indian J. Plant Physiol.* 32: 244.
- Shaner, D.L. & J.S. Boyer. 1976. Nitrate reductase activity in maize (*Zea mays* L.) leaves. *Plant Physiol.* 58:505-509.
- Sinclair, T.R. 1998. Historical changes in harvest index and crop nitrogen accumulation. *Crop Sci.* 38:638-643.
- Slafer, G.A. 1994. Genetic improvement of field crops. Marcel Dekker INC. 470 p.
- Talouzi, A. & M.L. Champigny. 1988. Response of wheat seedlings to short - term drought stress with particular respect to nitrate utilization. *Plant, Cell Environ.* 11:149-155