

# NITRATOS EN EL SUELO A LA SIEMBRA O AL MACOLLAJE COMO DIAGNÓSTICO DE LA NUTRICIÓN NITROGENADA EN TRIGO EN EL SUDESTE BONAERENSE

PABLO BARBIERI; HERNÁN ECHEVERRÍA & HERNÁN SAINZ ROZAS<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Unidad Integrada (UIB) EEA INTA Balcarce - Fac. Ciencias Agrarias (UNMP). CC. 276 (7620), Balcarce, Argentina.

<sup>2</sup>CONICET - Correo electrónico: pbarbieri@balcarce.inta.gov.ar

Recibido: 31-07-08

Aceptado: 11-03-09

## RESUMEN

En el sudeste bonaerense, los requerimientos de nitrógeno (N) del cultivo de trigo son estimados mediante el muestreo de suelos en presiembra (0-60 cm), sin embargo, el muestreo en macollaje podría resultar una herramienta de diagnóstico más precisa debido a la ocurrencia de pérdidas de N al comienzo del ciclo del cultivo como consecuencia de excesos hídricos. El objetivo de este trabajo fue validar la metodología de diagnóstico para aplicaciones de N al momento de la siembra o al macollaje en diferentes sitios y años en el sudeste bonaerense, además de analizar la posibilidad de estimar el nivel de  $N-NO_3^-$  hasta los 60 cm usando como variable el contenido de 0-40 cm. En 6 de 10 sitios, la aplicación de N al macollaje produjo incrementos significativos de rendimiento respecto de la siembra. El rendimiento relativo (RR) en grano se relacionó con el contenido de N mineral (0-60 cm) al momento de la siembra ( $r^2=0,73$ ) o al macollaje ( $r^2=0,80$ ). Los umbrales de respuestas para el 95% del RR fueron de 152 kg N ha<sup>-1</sup> y 126 kg N ha<sup>-1</sup> para la fertilización al momento de la siembra y macollaje, respectivamente. Se determinó una estrecha asociación entre el contenido de  $N-NO_3^-$  hasta los 60 y 40 cm de profundidad para los muestreos al momento de la siembra ( $r^2=0,98$ ) y al macollaje ( $r^2=0,90$ ). El contenido de  $N-NO_3^-$  hasta los 60 cm para ambos momentos de muestreos puede ser estimado mediante el muestro de suelo hasta los 40 cm de profundidad.

**Palabras clave.** Trigo, diagnóstico de N, momento de muestreo, nitrato 0-40 cm.

## SOIL NITRATE AT PLANTING OR TILLERING AS A DIAGNOSTIC TOOL OF NITROGEN NUTRITION IN WHEAT IN SOUTHEASTERN BUENOS AIRES

### ABSTRACT

Nitrogen (N) wheat requirements in southeastern Buenos Aires province are determined by soil sampling at pre-planting (0-60 cm). Nevertheless, soil sampling at tillering could be a more precise tool for diagnosing N deficiencies due to N losses during initial stages of growing seasons as a consequence of excessive water in the soil profile. The objective of this study was to validate the methodology of N diagnostics and N application at planting or tillering at the different sites and years in southeastern Buenos Aires province. An additional objective was to analyze the possibility of estimating  $N-NO_3^-$  levels up to 60 cm soil depths using soil  $N-NO_3^-$  contents up to 40 cm. In 6 of 10 sites, applications of N at tillering increased grain yield significantly compared to fertilization at planting. Relative yield (RY) was related to mineral N content (0-60 cm) at planting ( $r^2=0,73$ ) or tillering ( $r^2=0,80$ ). Response thresholds for 95% of RY were 152 kg N ha<sup>-1</sup> and 126 kg N ha<sup>-1</sup> for fertilization at planting or tillering, respectively. Soil  $N-NO_3^-$  content up to a soil depth of 60 cm was highly associated with  $N-NO_3^-$  content to the 40 cm depth for both sampling moments ( $r^2=0,98$  and 0.90 for planting and tillering, respectively). Soil  $N-NO_3^-$  content from 0 to 60 cm can be estimated using soil  $N-NO_3^-$  content from 0 to 40 cm.

**Key words.** Wheat, soil N diagnostics, sampling moment, nitrate to 0-40 cm.

## INTRODUCCIÓN

En el sudeste bonaerense, el trigo es el cultivo de invierno que ocupa la mayor superficie. El uso más intenso del suelo en los últimos años ha resultado en una disminución del contenido de materia orgánica (MO) (Studdert *et al.*, 1997), y por consiguiente, se observa una respuesta generalizada al agregado de nitrógeno (N) en el culti-

vo, particularmente bajo siembra directa (Falotico *et al.*, 1999).

En la actualidad, el método de diagnóstico más difundido en la zona para determinar la necesidad de fertilización con N se basa en la medición del contenido de las formas minerales en el suelo al momento de la siembra (0-60 cm de profundidad) (González Montaner *et al.*,

1997; Calviño *et al.*, 2002). Para variedades tradicionales con antecesor soja bajo siembra directa y con rendimientos de aproximadamente  $5.000 \text{ kg ha}^{-1}$ , Calviño *et al.* (2002) determinaron un umbral de N mineral en el suelo de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  (0-60 cm), a partir del cual se calcula la dosis de N como la diferencia entre este valor objetivo y lo que tiene el suelo en dicha profundidad.

A diferencia de otras zonas trigueras de la Argentina, en el sudeste bonaerense es altamente probable que ocurran excesos hídricos al comienzo de la estación de crecimiento (Calviño & Sadras, 2002; Reussi Calvo & Echeverría, 2006), y es más frecuente que existan deficiencias hídricas hacia fines del ciclo del cultivo. Por lo tanto, cuando las aplicaciones de N son realizadas inmediatamente después de la siembra, se aumenta el tiempo de exposición de dicho nutriente a los mecanismos de pérdida, que pueden afectar la eficiencia de uso del N. La mayor humedad edáfica desde siembra hasta fines de macollaje junto con la presencia de elevadas concentraciones de nitratos, han determinado mayores tasas de desnitrificación al comienzo del ciclo del cultivo que desde encañazón en adelante (Picone *et al.*, 1997). Otro proceso que podría disminuir la disponibilidad de N para el cultivo sería el lavado de  $\text{NO}_3^-$ , el cual ocurre cuando existen elevadas concentraciones de nitratos en suelo y excesos hídricos (Barbieri *et al.*, 2008). Por otra parte, Videla *et al.* (2004) han reportado también que las aplicaciones de N al momento de la siembra resultan en una mayor inmovilización de dicho nutriente en formas orgánicas que las aplicaciones al macollaje. No obstante, la fertilización con N a la siembra del cultivo es una práctica frecuente, a pesar de que las deficiencias de N hasta el estadio de espiguilla terminal no afectan el rendimiento potencial del cultivo (Jeuffro & Bouchard, 1999). Considerando que la tasa máxima de absorción de N comienza en el estadio de un nudo (Baethgen & Alley, 1989), se plantea la hipótesis que la determinación del contenido de N mineral al macollaje y posterior fertilización, sería una herramienta de diagnóstico más confiable para realizar la determinación de las necesidades de N respecto de la siembra.

La recomendación de fertilización, independientemente del momento de aplicación del fertilizante, requiere la determinación del contenido de N mineral hasta los 60 cm de profundidad debido a la movilidad del  $\text{N-NO}_3^-$  en el perfil de suelo, y además, a que los modelos de regresión desarrollados entre el rendimiento del cultivo de trigo y la disponibilidad de N muestran el máximo coeficiente de correlación a los 60 cm de profundidad. Si bien una importante biomasa de raíces se desarrolla hasta el metro de profundidad (Jakson *et al.*, 1996), la mayor proporción de las mismas se encuentra en los horizontes superficiales. En la práctica, el muestreo hasta los 60 cm de profundidad no suele realizarse por cuestiones de tiempo, esfuer-

zo y económicas. Se plantea la hipótesis que es factible determinar el nivel de  $\text{N-NO}_3^-$  hasta los 60 cm usando como variable el contenido en el estrato de 0-40 cm. Esto permitiría facilitar el muestro de suelo y hacer un correcto uso de los métodos de diagnóstico.

En la actualidad las retenciones que sufren las exportaciones de cereales junto con el elevado costo del fertilizante nitrogenado, ha provocado que la relación insumo/producto se incremente, lo que determina la necesidad de desarrollar estrategias de manejo tendientes a mejorar la eficiencia de uso de N. Por lo tanto, los objetivos de este trabajo fueron: a) validar la metodología de diagnóstico para aplicaciones de N al momento de la siembra o al macollaje y b) evaluar si el contenido de  $\text{N-NO}_3^-$  a los 0-40 cm es un buen estimador de la disponibilidad de  $\text{N-NO}_3^-$  hasta los 60 cm.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante las campañas 2002, 2003, 2004 y 2005 se condujeron ensayos de fertilización con trigo en las localidades de Otamendi, Mar del Plata, Balcarce y Tandil. Los mismos se realizaron sobre suelos Argiudoles Típicos; algunas características edáficas y de manejo se presentan en la Tabla 1, en todos los sitios y años el fertilizante nitrogenado utilizado fue urea (46-0-0). El diseño experimental en 2002 y 2003 fue un arreglo factorial de los tratamientos  $3 \times 2$ , tres niveles objetivos de N disponible (suelo+fertilizante): 100, 150 y  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  y dos momentos de aplicación: siembra o macollaje (27 o 29, Zadoks *et al.*, 1974). Además, se adicionó un tratamiento testigo sin la aplicación de N. La cantidad de fertilizante resultó de la diferencia entre cada nivel de N disponible y el contenido de  $\text{N-NO}_3^-$  en el suelo en presiembra (0-60 cm de profundidad). En 2004 el diseño fue en bloques completos aleatorizados siendo los tratamientos la aplicación de una dosis fija de  $120 \text{ kg de N ha}^{-1}$  a la siembra o al macollaje más un tratamiento testigo sin la aplicación de N. En 2005 el diseño fue un arreglo factorial de los tratamientos  $2 \times 2$ , dos dosis fijas de N: 60 y  $120 \text{ kg de N ha}^{-1}$  y dos momentos de aplicación: siembra o macollaje, además se incorporó un tratamiento testigo sin la aplicación de N. En todos los sitios y años los ensayos presentaban 3 bloques de donde se extrajeron una muestra compuesta por 20 submuestras por bloque al momento de la siembra y una muestra compuesta por 10 submuestras en las parcelas testigo de cada bloque para las profundidades de 0-20, 20-40 y 40-60 cm. Se emplearon las técnicas de manejo usuales de los productores de cada área y los ensayos se condujeron sin deficiencias de P y S para ello al momento de la siembra se fertilizó con  $120 \text{ kg de superfosfato triple ha}^{-1}$  aplicados con la sembradora y  $80 \text{ kg de sulfato de calcio ha}^{-1}$  aplicados al voleo en cobertura total. En todos los sitios experimentales se realizó un adecuado control de malezas y se efectuaron aplicaciones preventivas de fungicida y además se monitoreó la presencia de plagas.

En cada sitio-año se realizó la determinación del contenido de  $\text{N-NO}_3^-$  hasta los 60 cm de profundidad en capas de 20 cm al momento de la siembra y al macollaje (Bremner & Keeney, 1966).

Tabla 1. Características edáficas y de manejo de los sitios experimentales.

Table 1. Soil characteristics and management practices at the experimental sites.

Sitios	2002							
	MO %	P mg kg <sup>-1</sup>	pH	Antecesor	Sistema de labranza	Cultivar	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Siembra	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Macollaje
							kg ha <sup>-1</sup>	
Mar del Plata	5,1	19,7	6,2	Girasol	Convencional	Buck Sureño	19,2	13,4
Tandil	5,3	20,3	6,0	Maíz	Convencional	Buck Sureño	10,7	28,2
Balcarce	5,7	14,3	6,0	Soja	Siembra Directa	Buck Sureño	20,7	44,1
2003								
Mar del Plata	5,1	19,7	6,2	Girasol	Convencional	Buck Sureño	26,2	52,3
Tandil	5,8	25,9	6,0	Maíz	Convencional	Buck Sureño	45,4	28,8
2004								
Mar del Plata	6,0	12,0	6,2	Maíz	Convencional	Buck Sureño	92,5	26,6
Tandil	5,7	11,0	5,1	Soja	Convencional	Buck Sureño	63,6	42,2
Balcarce	5,6	13,0	5,9	Maíz	Siembra Directa	Buck Sureño	67,8	23,1
2005								
Balcarce	5,3	8,2	6,0	Girasol	Siembra Directa	Baguette 21	52,2	27,7
Mar del Plata	5,9	13,8	5,6	Soja	Siembra Directa	Buck Sureño	35,8	36,5

MO= Materia orgánica

P= Fósforo extractable

N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = Nitrógeno de nitratos promedio hasta 60 cm

En las capas superficiales (0-20 cm) al momento de la siembra se realizó las determinaciones de materia orgánica (Walkley & Black, 1934), fósforo extractable (Bray & Kurtz I, 1945) y pH (1:2,5). En madurez fisiológica se determinó el rendimiento del cultivo al 14% de humedad. El rendimiento relativo (RR) se calculó como la relación entre el rendimiento de cada tratamiento y el rendimiento promedio de la dosis más elevada de N. Se chequeó la homogeneidad de varianza graficando los residuos de dicha relación. La dosis necesaria para el 95% del RR se obtuvo en base al ajuste de un modelo cuadrático utilizando la rutina NLIN del programa Statistical Analysis System (SAS, 1985). Los resultados fueron analizados utilizando las rutinas incluidas en dicho programa.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La disponibilidad hídrica no limitó el crecimiento del cultivo debido a que las precipitaciones registradas durante la estación de crecimiento fueron superiores a 380-400 mm, la excepción fue Tandil en 2004, donde las precipitaciones ocurridas fueron de 288 mm registrándose estrés hídrico durante el llenado de los granos.

El rendimiento en grano varió desde 1.600 a 7.900 kg ha<sup>-1</sup>, y en todos los sitios se incrementó significativamente por la aplicación de N, siendo la respuesta promedio (a

través de años y sitios) para la mayor dosis de N de 2.046 kg ha<sup>-1</sup>, lo que indica el severo déficit de este nutriente en los suelos evaluados. En 6 de 10 sitios, la aplicación de N al macollaje produjo incrementos significativos de rendimiento respecto de la aplicación a la siembra (Fig. 1), resultados que coinciden con los informados por Melaj *et al.* (2003) y Videla *et al.* (1996). Este incremento fue en promedio de 514 kg ha<sup>-1</sup>, lo que representa un 10,5% del rendimiento. Estos resultados indican que cuando el fertilizante es aplicado al macollaje sería absorbido con mayor eficiencia respecto de la aplicación a la siembra. Es de destacar que en ningún sitio la fertilización a la siembra superó en rendimiento a la realizada al macollaje (Fig. 1). El menor rendimiento asociado a las aplicaciones de N a la siembra podría ser principalmente explicado por la ocurrencia de mayores pérdidas de N por lavado y en menor medida por desnitrificación (Picone *et al.*, 1997; Barbieri *et al.*, 2008).

El RR se relacionó con el contenido de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> disponible (0-60 cm) de todos los ensayos, determinado al momento de la siembra o al macollaje (Fig. 2). Dicha relación permitió determinar un valor umbral para obtener el 95% del RR de 152 kg N ha<sup>-1</sup> (r<sup>2</sup>= 0,73) y 126 kg N ha<sup>-1</sup> (r<sup>2</sup>= 0,80) para la fertilización al momento de la siembra y macollaje, respectivamente, (Fig. 2). El menor

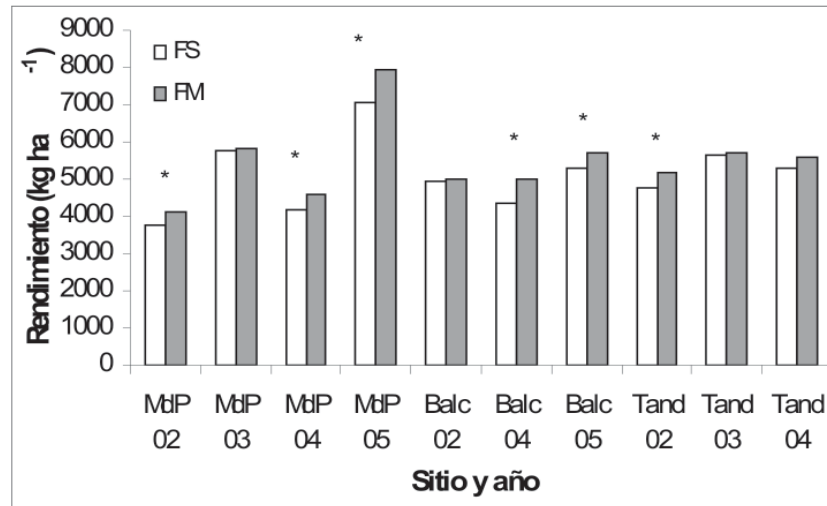


Figura 1. Rendimiento en grano en las campañas 2002, 2003, 2004 y 2005 en función del momento de aplicación de N. FS= fertilización a la siembra, FM= fertilización al macollaje. \* Sitios con respuesta a la aplicación de nitrógeno en macollaje ( $p < 0,05$ ).

Figure 1. Grain yield in 2002, 2003, 2004 y 2005 growing season as a function of N application time. FS= fertilization at planting, FM= fertilization at tillering. \* Sites with response to N fertilization at tillering ( $p < 0.05$ ).

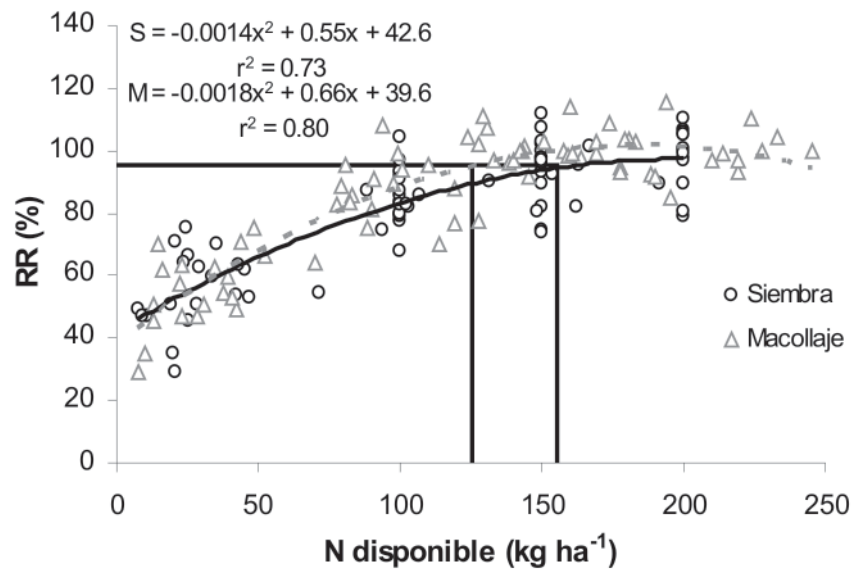


Figura 2. Relación entre el rendimiento relativo (RR) y la disponibilidad de N a la siembra o al macollaje (0-60 cm). Línea llena corresponde al ajuste de los datos para el momento de la siembra y la línea punteada al macollaje

Figure 2. Relationship between relative yield (RR) and available N at planting or tillering (0-60 cm). The full line represents the regression fit of the planting data and the dashed lines represent the regression fit to the tillering data.

valor de N disponible necesario para lograr el 95% del RR determinado al macollaje sería debido a la mayor eficiencia de absorción de N por el cultivo dado que dicho nutriente se encuentra disponible cuando comienza la mayor demanda por parte del cultivo. El valor umbral determinado para el momento de la siembra fue similar al informado por otros investigadores, para similar rendimiento objetivo (Calviño *et al.*, 2002). Por otra parte, es válido mencionar que la relación entre el RR y el N disponible para el muestreo realizado al macollaje presentó un mayor coeficiente de correlación ( $r=0,89$ ) indicando un mayor grado de ajuste respecto del muestreo a la siembra y por consiguiente mayor confiabilidad.

En los tratamientos sin la aplicación de N se determinó una estrecha asociación entre el contenido de  $N-NO_3^-$  hasta los 60 y 40 cm de profundidad, para los muestreos al momento de la siembra y al macollaje (Fig. 3). Similares resultados fueron informados por Álvarez *et al.* (2001) para la zona norte de la Pcia. de Buenos Aires y sur de Santa Fe quienes determinaron el contenido de  $N-NO_3^-$  hasta los 60 cm mediante la utilización del contenido de dicho nutriente en las capas superficiales del suelo. Las pendientes ajustadas difieren entre momentos de muestreo ( $p<0,05$ ), por lo tanto, no es posible usar un sólo modelo para estimar el contenido de  $N-NO_3^-$  hasta los 60 cm en función del contenido de  $N-NO_3^-$  hasta los 40 cm de profundidad. Según las pendientes de la Figura 3, el conte-

nido de  $N-NO_3^-$  hasta los 40 cm representa el 76 y 62% del contenido de  $N-NO_3^-$  hasta los 60 cm para la siembra y macollaje, respectivamente.

Para el muestreo realizado a la siembra, el contenido de  $N-NO_3^-$  decrece en promedio 45% desde los 0-20 a los 20-40 cm y 46% desde los 20-40 a los 40-60 cm de suelo (Fig. 4). Estos valores son similares (45 y 44%, respectivamente) a los reportados por Álvarez *et al.* (2001). Para el muestreo al momento del macollaje, el contenido de  $N-NO_3^-$  decrece en promedio 27% desde los 0-20 cm a los 20-40 cm y 12% desde los 20-40 cm a los 40-60 cm de suelo (Fig. 4), estos valores son muy inferiores a los reportados por Bono y Álvarez (2007) para suelos de la región semiárida y subhúmeda pampeana.

La disminución del contenido de  $N-NO_3^-$  en los 0-20 cm de suelo y el aumento en los 40-60 cm para el muestreo al momento del macollaje (Fig. 4) sería explicada en gran medida por la absorción de N del cultivo en el período siembra-macollaje y por el desplazamiento de nitratos a horizontes sub-superficiales. Estos cambios justifican el incremento en la pendiente para el muestreo al macollaje respecto de la siembra (Fig. 3). El movimiento de  $N-NO_3^-$  en profundidad desde las capas superficiales sería explicado por la ocurrencia de excesos hídricos durante los estadios iniciales del ciclo del cultivo, situación que es frecuente en el sudeste bonaerense (Calviño & Sadras, 2002; Reussi Calvo & Echeverría, 2006). Barbieri *et al*

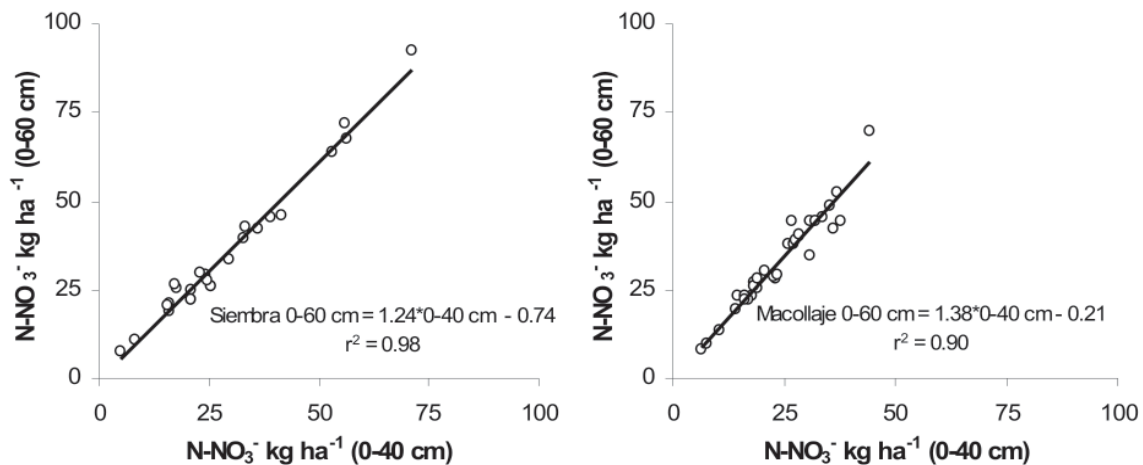


Figura 3. Relación entre el contenido de nitratos ( $N-NO_3^-$ ) hasta los 60 y los 40 cm de profundidad en los tratamientos sin aplicación de N.  $n=24$ .

Figure 3. Relationships between nitrate content ( $N-NO_3^-$ ) up to 60 and 40 cm soil depths in 0N treatments.  $n=24$

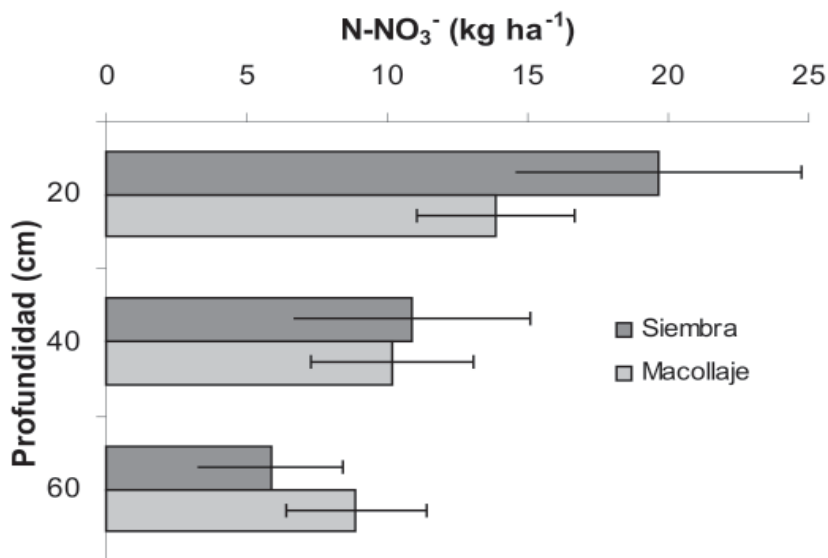


Figura 4. Concentración promedio de nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ ) cada 20 cm de profundidad al momento de la siembra y al macollaje, en los tratamientos sin aplicación de N. Líneas horizontales indican el desvío estándar.

Figure 4. Average soil nitrate concentration ( $\text{N-NO}_3^-$ ) for each 20 cm-deep segment at planting or tillering in 0N treatments. Horizontal lines indicate standard errors.

(2008) utilizando estos mismos datos estimaron mediante la utilización del modelo de simulación CERES-Trigo, que las pérdidas de  $\text{N-NO}_3^-$  a través de proceso de lavado oscilaron de 12 a 62 y de sólo 7 a 16  $\text{kg de N ha}^{-1}$  para la fertilización al momento de la siembra y macollaje, respectivamente. Indicando en consecuencia, que el lavado de  $\text{N-NO}_3^-$  sería un mecanismo relevante de pérdida de N del sistema.

Estos resultados enfatizan la necesidad de realizar el diagnóstico de requerimiento de N al estadio de macollaje como una estrategia apropiada para mejorar la eficiencia de utilización del N.

## CONCLUSIONES

Los resultados de esta experiencia muestran que para las condiciones edafoclimáticas del sudeste bonaerense existe una elevada respuesta en rendimiento a la aplicación de N y que la misma es superior con la fertilización al macollaje. El diagnóstico de requerimiento de N me-

dante análisis de suelo es más preciso y el umbral de respuesta es menor cuando el muestreo se realiza al macollaje. Por otra parte, tanto a la siembra como al macollaje el contenido de  $\text{N-NO}_3^-$  hasta los 60 cm puede ser estimado mediante el muestro de suelo hasta los 40 cm de profundidad.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Proyecto Específico INTA 5656, el AGR 261/08 de la UNMP y del Convenio INTA-PROFERTIL SA.

## BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, CR; R Álvarez & H Steinbach. 2001 Predictions of available nitrogen content in soil profile depth using available nitrogen concentration in surface layer. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 32: 759-769.

- Baethgen, WE & MM Alley. 1989. Optimizing soil and fertilizer nitrogen use by intensively managed winter wheat. I. Crop nitrogen uptake. *Agron. J.* 81: 116-120.
- Barbieri, PA; HR Sainz Rozas & HE Echeverría. 2008. Time of nitrogen application affects nitrogen use efficiency of wheat in the Humid Pampas of Argentina. *Can. J. Plant Sci.* 88: 849-857.
- Bono, A & R Álvarez. 2007. Estimación de nitratos en profundidad en suelos de la región semiárida y subhúmeda pampeana. IPNI. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 33: 25-26.
- Bray, RH & L Kurtz. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Bremner, J & D Keeney. 1966. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils: 3 exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by extraction-distillation methods. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30: 577-582.
- Calviño, PA; HE Echeverría & M Redolatti. 2002. Diagnóstico de nitrógeno en trigo con antecesor soja bajo siembra directa en el sudeste Bonaerense. *Ciencia del Suelo* 20: 36-42.
- Calviño, PA & VO Sadras. 2002. On-farm assesment of constraints to wheat in relation to different previous crops. *J. Agric. Sci. Cambridge.* 118: 157-163.
- Falotico, JL; GA Studdert & HE Echeverría. 1999. Nutrición nitrogenada del trigo bajo siembra directa y labranza convencional en condiciones de agricultura continua. *Ciencia del Suelo* 17: 15-27.
- González Montaner, JL; GA Maddoni & MR Di Napoli. 1997. Modeling grain yield and grain yield response to nitrogen in spring wheat crops in the Argentinean Southern Pampa. *Field Crop Research* 51: 241-252.
- Jakson, RB; J Candell; JR Ehleringer; HA Mooney; OE Sala & ED Schulze. 1996. A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia* 108: 396-411.
- Jeuffroy, MH & C Bouchard. 1999. Intensity and duration of nitrogen deficiency on wheat grain number. *Crop Sci.* 39: 1385-1393.
- Melaj, MA; HE Echeverría; SC López; G Studdert; FH Andrade & NO Bárbaro. 2003. Timing of nitrogen fertilization in wheat under conventional and no-tillage system. *Agron. J.* 95: 1525-1531.
- Picone, LI; CC Videla & FO García. 1997. Desnitrificación durante el cultivo de trigo en un Argiudol Típico bajo siembra directa y labranza convencional. *Ciencia del Suelo* 15: 53-58.
- Reussi Calvo, N & HE Echeverría. 2006. Estrategias de fertilización nitrogenada en trigo: balance hídrico para el sur bonaerense. *Ciencia del Suelo* 24(2): 115-122.
- SAS Institute Inc. 1985. User's guide. Statistics. Version 5. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Studdert, GA; HE Echeverría & EM Casanovas. 1997. Crop-pasture rotation for sustaining the quality and productivity of a Typic Argiudoll. *Soil Soc. Am. J.* 61: 1466-1472.
- Videla, CC; JL Ferrari; HE Echeverría & MI Travasso. 1996. Transformaciones del nitrógeno en el cultivo de trigo. *Ciencia del Suelo* 14: 1-6.
- Videla, CC; HE Echeverría; S López; M Melaj & NO Bárbaro. 2004. Recuperación del 15N-Urea aplicado a la siembra o al macollaje en trigo en un suelo somero. *Ciencia del Suelo* 22: 83-91.
- Walkley, A & IA Black. 1934 An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.
- Zadoks, JC; TT Chang; & CF Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-42.