Informaciones Agronómicas
del Cono Sur

INPOFOS
Investigación
Educación

Instituto de la Potasa y el Fósforo
Potash & Phosphate Institute
Potash & Phosphate Institute of Canada

En este número:

Pérdidas de potasio en ganadería
Nitrógeno y azufre en trigo
Estrategias para la fertilización azufrada de alfalfa
Respuesta a la fertilización nitrogenada en trigo
Aportes del INTA
Red CREA Sur de Santa Fe: Trigo 2005/06

Pérdidas de potasio en ganadería, ¿algo de qué preocuparse?

Marta Alfaro, Francisco Salazar y Nolberto Teuber
Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)
Centro Regional de Investigación Remehue, Osorno, Chile
malfaro@inia.cl

Introducción

Hasta hace poco tiempo el foco de atención mundial en relación a la contaminación de los cursos de agua era su contaminación directa, sin embargo en la actualidad existe una creciente preocupación por su contaminación difusa, que proviene principalmente de los predios agrícolas. En los países desarrollados, la producción agrícola es considerada como una de las principales actividades productivas responsables de la contaminación difusa de cursos de agua (Jarvis, 2002).

En Chile, los nuevos acuerdos comerciales logrados con la Unión Europea, Estados Unidos, México y otros países, representan un potencial de desarrollo para la ganadería, en especial para la Región de Los Lagos (39°

Vista parcial de la implementación de la metodología de lisímetros superficiales en terreno (Izquierda) y de la ubicación de las cápsulas cerámicas durante el pastoreo (Derecha).

INPOFOS
Investigación
Educación

Director: Dr. Fernando O. García
INPOFOS Cono Sur
Av. Santa Fe 910
(B1641ABO) Acassuso – Argentina
Tel/Fax (54) (011) 4798-9939
E-mail: fgarcia@ppi-ppic.org
Sitio Web: www.inpofos.org
www.ppi-ppic.org

Propietario: Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC)

ISSN 1666 - 7115
No. de Registro de Propiedad Intelectual 222581

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se cite la fuente y el autor.

Contenido:

Pérdidas de potasio en ganadería, ¿algo de qué preocuparse? ____ 1

Nitrógeno y azufre en trigo: ¿Rendimiento y proteína? ____ 6

Estrategias para la fertilización azufrada de alfalfa en un suelo del centro de Santa Fé ____ 12

Respuesta a la fertilización nitrogenada en trigo CREA Monte Buey-Inriville: Campañas 2004/05 y 2005/06 ____ 16

La fertilización en cultivos extensivos de la Región Pampeana Argentina: Aportes del INTA ____ 19

Red de Ensayos en Nutrición de Cultivos Región CREA Sur de Santa Fe Resultados de la campaña 2005/06: Trigo ____ 22

Publicaciones de Inpofos ____ 25

Congresos, Cursos y Simposios ____ 26

Diseño e Impresión: www.agroeditorial.com.ar
amatthiess@amatthiess.com.ar

a 43° lat. Sur y 71° a 74° long. Oeste), donde el número de cabezas alcanza a 2,4 millones, con una producción de carne que representa el 45% del total nacional (INE, 2001). La producción ganadera de esta región de Chile se basa en la utilización de las praderas permanentes, donde los sistemas pecuarios se han intensificado en la última década, en respuesta al mayor potencial económico de la actividad. Esto se ha traducido en la incorporación de mayor cantidad de fertilizantes por unidad de superficie, lo que ha incrementado la carga animal y ha mejorado la frecuencia de utilización de la pradera en pastoreo.

La pérdida de potasio (K) desde sistemas ganaderos ha sido poco estudiada a pesar de que las pérdidas de K por lixiviación o arrastre superficial pueden significar la reducción de los niveles disponibles en el suelo, con el consecuente incremento de los costos de fertilización a nivel predial. Por ello, el objetivo del presente estudio fue cuantificar el efecto de la carga animal sobre las pérdidas de K por arrastre superficial y lixiviación en praderas permanentes utilizadas en pastoreo con bovinos para producción de carne.

Materiales y métodos

1. Generalidades

Las pérdidas de K fueron evaluadas en un sistema cerrado de producción de carne implementado en el Centro Regional de Investigación Remehue, dependiente de INIA (40° 35' Lat. Sur, 73° 12' Long. Oeste) entre marzo y diciembre del año 2005.

El suelo en esta área corresponde a un andisol de origen volcánico de la serie Osorno, que en el sitio experimental presentó un adecuado nivel de fertilidad para el desarrollo de la actividad ganadera (Tabla 1).

Los tratamientos de carga animal evaluados fueron 3,5 y 5,0 terneros ha^{-1}, con un peso inicial promedio de 212 ± 9,9 kilos por animal. La rotación invernal de los sistemas de pastoreo fue de 45 días. La pradera fue utilizada en pastoreo directo, en un sistema rotativo en franjas diarias mediante el uso de cerco eléctrico. Se utilizaron terneros Frisón Chileno (50-75% Holstein Friesian), los que se mantuvieron en los distintos tratamientos hasta alcanzar un peso de 450 kg.

La fertilización inorgánica aplicada fue la misma en ambos tratamientos (45 kg N ha^{-1} en el otoño y 22,5 kg N ha^{-1} en primavera, ambos como salitre sódico; 40 kg P ha^{-1} en primavera, como superfosfato triple).

2. Cuantificación de las pérdidas

En cada tratamiento se instalaron lisímetros hidrológicamente aislados (5x5 m), utilizando la metodología de Scholefield y Stone (1995). En cada uno de ellos se recolectó el agua de arrastre superficial utilizando canaletas de desagüe y una vía de recolección (Foto 1a). Las muestras de arrastre superficial fueron recolectadas tres veces por semana entre el 1° de abril y el 15 de diciembre del 2005, manteniéndose entre 5 y

7°C hasta su análisis químico de K por espectroscopia de emisión atómica (EEA) (Clesceri *et al.*, 1998).

Para medir la lixiviación de K, en los lisímetros superficiales se instalaron cápsulas cerámicas porosas, técnica apropiada y ampliamente utilizada en suelos de drenaje libre (Webster *et al.*, 1993). La combinación de lisímetros superficiales y cápsulas cerámicas ha demostrado ser una técnica adecuada para evaluar la transferencia y pérdida de nutrientes en sistemas ganaderos del sur de Chile (Alfaro *et al.*, 2005). Se instalaron tres cápsulas por cada lisímetro (Foto 1b), protegidas de los animales por una jaula de exclusión.

El muestreo de las cápsulas fue cada 200 ml de drenaje, entre el 6 de mayo y el 31 de agosto del 2005, fechas determinadas como inicio y término, respectivamente, del drenaje subsuperficial de acuerdo a las observaciones obtenidas en los lisímetros. En cada fecha, la muestra de lixiviado fue colectada y congelada a -10°C hasta la determinación de K inorgánico por EEA (Clesceri *et al.*, 1998).

La cantidad total de K perdido fue calculado como el producto de las concentraciones medidas en las muestras de arrastre superficial y lixiviado y el volumen de drenaje registrado en cada fecha de recolección.

En todos los casos se realizó un análisis de varianza para la determinación de diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados para la concentración de K en los lixiviados y muestras de arrastre superficial y pérdidas totales del elemento durante la temporada de evaluación.

Resultados y discusión

La precipitación total registrada durante el periodo experimental (1 de abril al 15 de diciembre de 2005) fue de 1317 mm y el drenaje total recolectado alcanzó a 941 mm. La principal vía de movimiento del agua en el suelo la constituyó la lixiviación (Tabla 2). No se registró diferencias significativas (P>0,05; Tabla 2) entre la importancia relativa de las distintas vías de evacuación de agua entre tratamientos.

La concentración promedio de K en las muestras de arrastre superficial fue mayor que aquella de los lixiviados (Tabla 2), debido al efecto del arrastre de K de las manchas de orina en agua de lluvia movilizada sobre la superficie del suelo. La dinámica de la concentración de K en las muestras de arrastre superficial a través del tiempo no fue distinta entre tratamientos (Figura 1b), observándose una dilución de la concentración de K en las muestras en presencia de drenaje (Figura 1a,b).

Entre las fechas de muestreo 73 y 83 (correspondientes al mes de septiembre) se observó un incremento en las concentraciones de K de las muestras de arrastre superficial a pesar de no existir pastoreos, debido al incremento natural del K disponible en el suelo en esta época del año por el inicio de los procesos de mineralización de la materia orgánica y de aumento de la velocidad de descomposición de los residuos vegetales frescos existentes en superficie, lo que concuerda con resultados de Alfaro *et al.* (2003b).

Los valores promedio de la concentración de K en lixiviados fueron menores a 1 mg L^{-1} para ambos tratamientos, valor muy bajo para sistemas en pastoreo. Alfaro *et al.* (2003b) encontraron que en sectores con existencia de flujo preferencial manejados bajo pastoreo la concentración promedio de K en los lixiviados fue de 4 ± 0,22 mg L^{-1}, pudiendo alcanzar valores de 14 mg L^{-1}.

La principal vía de pérdida de K fue la lixiviación (94% en promedio). Las pérdidas por arrastre superficial fueron muy bajas, debido al escaso volumen de agua que se movilizó por esta vía (P≤0,05; Tabla 2). Esto está asociado a la alta infiltración y capacidad de retención de humedad del suelo (Besoaín, 1985).

Las pérdidas de K acumuladas en el período de evaluación fueron bajas, variando entre *c.* 3 y 5 kg ha^{-1} año^{-1}, sin que existieran diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 2). Estos valores son más bajos que los determinados por Alfaro *et al.* (2003a) en praderas de manejo mixto en Inglaterra (pastoreadas con animales de carne en invierno y manejadas bajo corte en primavera), en donde las pérdidas anuales alcanzaron a 9 kg K ha^{-1} año^{-1}, debido a que en este trabajo el suelo era delgado y los sistemas recibían 50 kg K ha^{-1} como fertilizante inorgánico, a diferencia del presente estudio.

Evaluaciones realizadas en Nueva Zelanda indican que las pérdidas por lixiviación de este elemento en suelos similares a los de la zona sur de Chile pueden variar entre 9 y 19 kg K ha^{-1}, estando asociadas a

Tabla 1. Análisis químico de suelo (0-20 cm) por tratamiento al inicio del periodo experimental. 28/02/2005 (n=2, ± eem).

Parámetro	3,5 anim ha^{-1}	5,0 anim ha^{-1}	Categoría
Fósforo (mg kg^{-1})	37 ± 11,6	28 ± 6,9	Alto
pH agua	5,8 ± 0,05	5,7 ± 0,02	Mod. ácido
Materia orgánica (%)	19 ± 3,5	15 ± 1,0	-
Potasio (cmol (+) kg^{-1})	1,3 ± 0,72	1,5 ± 0,38	Muy alto
Calcio (cmol (+) kg^{-1})	6,9 ± 1,47	6,7 ± 0,56	Medio
Suma de bases (cmol (+) kg^{-1})	10,1 ± 2,61	10,0 ± 1,17	Medio
Azufre (mg kg^{-1})	11 ± 0,4	12 ± 2,2	Medio
Saturación Aluminio (%)	1,5 ± 0,78	1,8 ± 0,34	Bajo

eem: error estándar de la media

características físicas del suelo como su facilidad para generar flujo preferencial (Williams *et al.,* 1990).

Resultados de estudios paralelos, indican que el movimiento de agua por flujo preferencial no representa una vía significativa para el movimiento del agua y de los nutrientes en profundidad (Alfaro *et al.*, 2005). Los resultados obtenidos en el presente estudio, son muy bajos en relación a los 38 kg K ha^{-1} estimados indirectamente por Muñoz (2002), lo que corrobora la necesidad de realizar estimaciones *in situ* del movimiento y pérdidas de los distintos nutrientes en los sistemas ganaderos.

Bajo las condiciones en que se desarrolló este estudio, el incremento de la carga animal no resultó en un incremento de las pérdidas de K en sistemas ganaderos de la Provincia de Osorno, debido probablemente a la variabilidad intrínseca de mediciones de esta índole realizadas en sistemas bajo pastoreo. Esto indica que estudios de esta naturaleza debieran evaluarse al menos durante dos temporadas consecutivas.

Si se estima el reciclaje de K en los sistemas estudiados, el monto de K disponible para la absorción de las plantas atribuibles a este proceso alcanza a 62 y 77 kg K ha^{-1} $año^{-1}$, para los sistemas con 3,5 y 5,0 terneros ha^{-1}, respectivamente, siendo las diferencias entre tratamientos el resultado de la distinta carga animal utilizada. Si además se considera el *input* de K en la zona por depositación húmeda (2,8 kg K ha^{-1} para el año 2005), las pérdidas de K no representan más del 5% del *input* total de K al suelo, lo que indicaría que no habría necesidad de realizar fertilizaciones con este elemento en áreas destinadas a pastoreo.

En praderas donde se alterna el pastoreo directo con la cosecha de forraje para conservación como ensilaje o heno, se deberá muestrear el suelo para evitar deficiencias de K en el tiempo, ya que la cosecha promedio en un corte para ensilaje en praderas fertilizadas en el área de estudio es de 3500 kg MS ha^{-1}. Este material contiene un 2,4% de K, lo que asegura una extracción mínima de 84 kg K ha^{-1} $año^{-1}$, cantidad superior al reciclaje de K estimado en este estudio.

Conclusiones

- En praderas de pastoreo desarrolladas en suelos volcánicos hay baja pérdida de K asociado al movimiento del agua (4 kg K ha^{-1} $año^{-1}$, en promedio).
- El 94% de las pérdidas de K ocurren por lixiviación.
- El incremento de la carga animal de 3,5 a 5 terneros ha^{-1}, no aumentó las pérdidas de K por arrastre superficial o lixiviación.

Referencias

Alfaro, M.A.; Jarvis, S.C. and Gregory, P.J. 2003a. Potassium budgets in grassland systems as affected by nitrogen and drainage. Soil Use and Management 19: 89-95.

Alfaro, M.A.; Jarvis, S.C. and Gregory, P.J. 2003b. The effect of grassland soil managements on soil potassium availability. Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal 3: 31-41.

Alfaro, M.; Salazar, F.; Iraira, S.; Teuber, N. and Ramírez, L. 2005. Nitrogen runoff and leaching losses under two different stocking rates on beef production systems of southern Chile. Gayana Botanica (Chile) 62: en prensa.

Besoaín, E. 1985. Los suelos. En: Suelos volcánicos de Chile. Tosso, J (ed). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile. pp: 25-106.

Tabla 2. Drenaje (% del total), concentración promedio de K en muestras de arrastre superficial y lixiviados (mg L^{-1}) y pérdidas totales (kg ha^{-1}) en potreros con distinta carga animal (± eem).

Tratamiento	3,5 anim ha^{-1}	5,0 anim ha^{-1}
Drenaje		
Arrastre superficial	1% a	1% a
Lixiviación (> 60 cm)	99% a	99% a
Concentración promedio de K en arrastre superficial y rango (mg L^{-1})		
K	22 ± 2,38 a (3 – 125)	23 ± 2,83 a (1 – 138)
Concentración promedio de nutrientes en lixiviados y rango (mg L^{-1})		
K	0,49 ± 0,04 a (0,05 – 1,47)	0,30 ± 0,02 b (0,10 – 0,89)
Pérdidas totales de K (kg ha^{-1})		
K en arrastre superficial	0,2 ± 0,009 a	0,2 ± 0,005 a
K en lixiviación	4,7 ± 1,47 a	2,8 ± 0,24 a
Total	4,9 a	3,0 a

Distintas letras en columnas indican diferencias significativas (P≤0,05)
Precipitación total del periodo: 1317 mm. Drenaje total colectado estimado para el periodo: 941 mm
eem: error estándar de la media

Clesceri, L.; Greenberg, A. and Eaton, A. (eds.). 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation. Washington, USA.

INE. 2001. Estudio de la ganadería bovina en las Provincias de Valdivia, Osorno y Llanquihue. 65 p. Instituto Nacional de Estadísticas, Santiago, Chile.

Jarvis, S.C. 2002. Environmental impacts of cattle housing and grazing. En: Kaske, M., Scholz, H. and Höltershinken, M. (eds). Recent developments and perspectives in bovine medicine. Keynotes lectures of the 22nd World Buiatrics Congress. Germany. pp: 10-23.

Muñoz, A. 2002. Dinámica del potasio en el sistema suelo-planta-animal en un andisol acidificado de la IX Región. 118p.Tesis Ing. Agrónomo, Universidad de La Frontera. Temuco, Chile.

Scholefield, D. and Stone, A.C. 1995. Nutrient losses in runoff water following application of different fertilisers to grassland cut for silage Agriculture, Ecosystems and Environment 55: 181-191.

Webster, C.P.; Shepherd, M.A.; Goulding, K.W.T. and Lord, E. 1993. Comparison of methods for measuring the leaching of mineral nitrogen from arable land. Journal of Soil Science 44: 49-62.

Williams, P.H.; Gregg, P.E.H. and Hedley, M.J. 1990. Mass balance modelling of potassium losses from grazed dairy pasture. New Zealand Journal of Agricultural Research 33: 661-668.

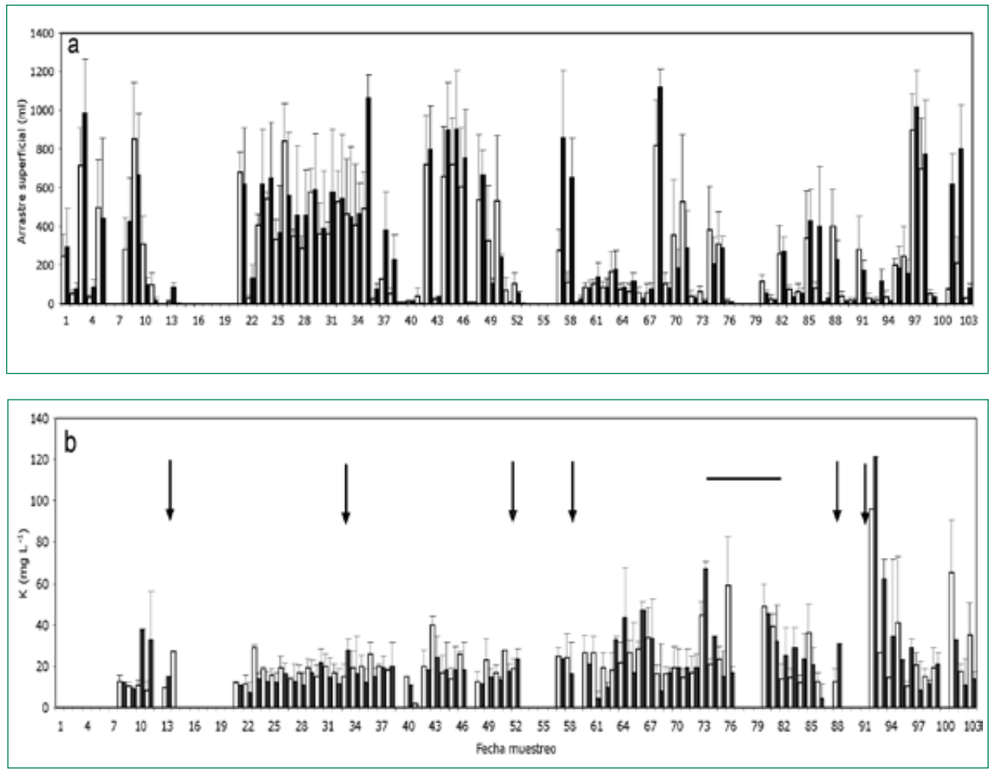

Figura 1. (a) Distribución del arrastre superficial (ml) y (b) distribución de la concentración de K (mg L-1) en muestras de arrastre superficial colectadas en sistemas de producción de carne con 3,5 (□) y 5,0 (▪) anim ha-1, en Osorno. Muestreos realizados tres veces por semana entre el 1/04/05 y el 15/12/05. ↓ indica fecha de pastoreos, — indica periodo primaveral de potencial mineralización.

Nitrógeno y azufre en trigo: ¿Rendimiento y proteína?

Nahuel Reussi Calvo[1], Hernán Echeverría[2], Pablo Barbieri[1] y Hernán Sainz Rozas[1,2]
[1]CONICET, [2]Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce
hecheverr@balcarce.inta.gov.ar

Presentado al XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo – Salta-Jujuy, 19-22 de Septiembre de 2006

Introducción

La calidad panadera del trigo se asocia frecuentemente con los niveles de proteína en grano, la cantidad y calidad de gluten y las propiedades reológicas de la masa. El nitrógeno (N) y el azufre (S) son los nutrientes que con mayor frecuencia condicionan la obtención de contenidos adecuados de gluten y de proteína en los granos de trigo. Se ha determinado que tanto el sistema de labranza como la fertilización con N afectan el rendimiento y el contenido de proteína del grano (Falotico *et al*, 1999). Algunos autores han determinado menores índices de calidad de la harina bajo siembra directa aún con la aplicación de N (Sempé & Chidichimo, 2004). La relación entre el rendimiento y el contenido de proteína en grano depende de la disponibilidad de N (Selles & Zentner, 1998) (Figura 1). En situaciones de baja disponibilidad de N, el rendimiento del cultivo aumenta por el agregado de este nutriente, mientras que los niveles de proteína en grano no se modifican o disminuyen (Quattrocchio *et al*., 2004); en situación de disponibilidad media, el agregado de N incrementa simultáneamente los rendimientos y la proteína; y frente a alta disponibilidad de N la fertilización con este nutriente provoca solamente un efecto sobre la concentración de proteína en grano.

Algunos autores han reportado que la aplicación foliar de N en los estadios avanzados del cultivo aumenta el contenido de proteína del grano (Echeverría & Studdert, 1998), el de gluten y reduce el % de panza blanca, lo cual es relevante cuando se buscan granos de trigos de calidad para la panificación. El fraccionamiento de la dosis de N tiene como beneficio adicional que permite una mayor eficiencia de uso del N y, por consiguiente, menor riesgo ambiental en zonas de inviernos lluviosos. Por lo tanto, las decisiones de manejo como el momento, la dosis y la fuente de N utilizada son importantes, ya que las mismas permiten obtener mayores niveles de proteína y de gluten en la harina.

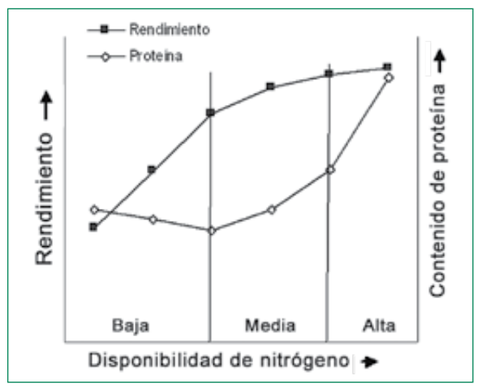

Figura 1. Relación entre la disponibilidad de N, el rendimiento y la concentración de proteína en grano.

Se han determinado respuestas en rendimiento al agregado de S en suelos con bajo contenido de materia orgánica y con prolongada e intensa historia agrícola (Martínez *et al*., 2001; Vivas *et al*., 2001). En situaciones de deficiencias de S también se han reportado respuestas en el contenido de proteína en grano y mejora en la calidad panadera de la harina con el agregado de este nutriente (Bailey, 1987; Moss *et al*., 1981).

En base a estos antecedentes y para cultivos de trigo realizados en la zona periserrana del sudeste bonaerense, se plantean como objetivos: a) determinar el efecto de la fertilización nitrogenada de base (macollaje) y en estadios avanzados del cultivo (hoja bandera) sobre el rendimiento del cultivo trigo y el contenido de proteína en grano. b) evaluar el efecto del agregado de S aplicado en macollaje sobre dichos parámetros.

Materiales y métodos

Durante las campañas 2004 y 2005 se condujeron ensayos de trigo bajo condiciones de secano en lotes con prolongada historia agrícola (más de 15 años) y suelos sin limitantes de tosca hasta los 70 cm de profundidad. En la campaña 2004, los ensayos se condujeron bajo labranza convencional (LC) en Gral. Pueyrredón y Balcarce, mientras que en la campaña 2005 se realizaron bajo SD en la localidad de Tandil y Balcarce (Tabla 1). Los cultivos se realizaron empleando las prácticas usuales de los productores de cada área y fueron conducidos sin deficiencias de P.

El diseño experimental utilizado en todos los sitios fue en bloques completos aleatorizados (DBCA) con un arreglo factorial 2*5 (dos dosis de S y 5 dosis de N). La dosis de N surgió de la suma entre el N mineral presente al momento de la siembra (0-60 cm) y el aportado por fertilización, mientras que la dosis de S utilizada fue de 15 y 10 kg ha^{-1} en la campaña 2004 y 2005, respectivamente (Tabla 2). El fertilizante azufrado fue aplicado en macollaje y la fuente utilizada fue tiosulfato de amonio (12% N y 26% S), mientras que el N se aplicó en macollaje como UAN (30-32% N) y en hoja bandera como urea líquida diluida (20% N).

El rendimiento se determinó mediante el corte de plantas a nivel del suelo de 6 surcos al azar de 1m de longitud (1,14m^2). Las espigas fueron desgranadas en una trilladora estacionaria y se midió el contenido de humedad. El rendimiento se expresó al 14% de humedad y se determinó la concentración de N y S en grano.

Se realizó análisis de la varianza utilizando el procedimiento GLM incluido en las rutinas del programa Statical Analysis System (SAS Institute, 1996). Cuando las diferencias entre tratamientos fueron significativas se empleó el test de la diferencia mínima significativa (LSD), con un nivel de probabilidad de 0,05 (SAS Institute, 1996).

Características de las campañas

La temperatura y la radiación registrada durante las campañas 2004 y 2005 fueron adecuadas para lograr un óptimo crecimiento del cultivo de trigo y no presentaron grandes diferencias con respecto a los valores históricos (datos no mostrados). Para la campaña 2004 se registraron un total de 452 mm, los que superan los requerimientos hídricos del cultivo. No obstante, se determinó un leve déficit hídrico durante floración y llenado de granos, lo cual podría haber limitado el rendimiento del cultivo en esta campaña (Figura 2). En la campaña 2005, durante el ciclo del cultivo de trigo se registraron un total de 368 mm para el sitio Balcarce, si bien este valor no supera los requerimientos hídricos necesarios para el desarrollo del mismo (aproximadamente 380-400 mm), la buena disponibilidad hídrica a la siembra del cultivo sumado a las precipitaciones permitió obtener un balance hídrico positivo. En Tandil, las precipitaciones registradas durante el ciclo del cultivo fueron de 323 mm a lo que se le suma la baja disponibilidad hídrica inicial, por lo tanto para este sitio experimental la disponibilidad hídrica podría haber limitado el rendimiento del cultivo de trigo (Figura 2).

Rendimiento

Los rendimientos determinados en la campaña 2004 en ambas localidades oscilaron entre los 2800 y los 5400 kg ha^{-1} para el tratamiento testigo y los fertilizados, respectivamente. Estos rendimientos fueron inferiores a los registrados en la campaña 2005 producto de la menor disponibilidad hídrica (Figura 2). En Gral. Pueyrredón, la gran cantidad de residuos de maíz produjo problemas de implantación del trigo lo cual se vio reflejado en un bajo stand de plantas logradas, lo que probablemente afectó los rendimientos. En Balcarce

Tabla 2. Dosis de nitrógeno y azufre aplicadas.

Dosis de nitrógeno	Dosis de azufre*
kg ha^{-1}	
0	0
0	15-10
120	0
120	15-10
120 + 25 (hoja bandera)	0
120 + 25 (hoja bandera)	15-10
160	0
160	15-10
160 + 25 (hoja bandera)	0
160 + 25 (hoja bandera)	15-10

**Dosis de S utilizada en la campañas 2004 y 2005.*

Tabla 1. Características relevantes de los sitios experimentales.

	Balcarce 2004	Gral. Pueyrredón 2004	Balcarce 2005	Tandil 2005
Sistema de labranza	Convencional	Convencional	Siembra directa	Siembra directa
Cultivo antecesor	Soja	Maíz	Soja	Maíz
Variedad	Buck Guapo	Buck Guapo	Buck Sureño	Buck Guapo
Fecha de siembra	20-06-2004	15-06-2004	10-07-2005	27-06-2005
MO (%) (0-20 cm)	5.7	6.2	5.7	5.8
pH (0-20 cm)	5.7	5.8	6.4	5.9
P (mg kg^{-1}) (0-20 cm)	11	15	18.2	24.1
N-NO_3^- (kg ha^{-1}) (0-60 cm)	68	92	56	34
S-$SO_4^=$ (mg kg^{-1}) (0-20 cm)	No determinado	No determinado	2.7	5.5

(campaña 2005), los rendimientos oscilaron entre 4853 kg y los 7000 kg ha^{-1}, mientras que en Tandil los rendimientos fueron inferiores y oscilaron entre los 3015 kg y 5724 kg ha^{-1}, producto de la menor disponibilidad hídrica (Figura 2). En todos los sitios experimentales, el rendimiento en grano fue afectado por la fertilización con N al macollaje, determinándose los rendimientos más elevados con la disponibilidad de 160 kg N ha^{-1} (Figuras 3 y 4). Estos resultados están en línea con los reportados por Calviño *et al.* (2002). La deficiencia generalizada de este nutriente en los suelos con prolongada historia agrícola justifica la práctica habitual de fertilización nitrogenada de base en trigo.

En Gral. Pueyrredón y Balcarce (2004) no se observó respuesta en rendimiento por el agregado de N en hoja bandera (Figura 3), producto de la adecuada disponibilidad de N a la siembra del trigo (Tabla 1), para los rendimientos obtenidos. No obstante, para la campaña 2005, la aplicación de N en hoja bandera incrementó en forma no significativa el rendimiento del cultivo trigo en Balcarce (Figura 4), mientras que en Tandil fue significativa la respuesta en rendimiento (Figura 4), lo cual se explica por la baja disponibilidad de N a la siembra del cultivo y por el antecesor maíz. La magnitud de esta respuesta fue de 380 y 266 kg ha^{-1}, para la disponibilidad de 120 y 160 kg de N, respectivamente. Estos resultados coinciden con lo reportado por Quattrocchio *et al.* (2004).

En Gral. Pueyrredón y Balcarce (2004) bajo LC y en Balcarce (2005) bajo SD, se determinaron diferencias significativas en rendimiento por el agregado de S en macollaje (Figura 3 y 4) siendo la magnitud de la misma de 262, 346, 360 kg ha^{-1}, respectivamente. Estos resultados coinciden con lo reportado bajo SD por Calviño *et al.* (2001), para suelos de similares características e historia agrícola. La falta de respuesta al agregado de S en Tandil, en donde se determinaron concentraciones de S-$SO_4^=$ en suelo inferiores al nivel crítico reportado en la literatura internacional (10 mg kg^{-1} de 0-20 cm), se explica por el aporte de S-$SO_4^=$ de los horizontes subsuperficiales el cual fue adecuado para satisfacer la demanda del cultivo (31 kg S-$SO_4^=$ ha^{-1} de 0-60 cm de profundidad).

Considerando que el incremento en el costo de la fertilización por el agregado de S es irrelevante, la respuesta en rendimiento por el agregado de este nutriente tiene un impacto altamente favorable sobre la rentabilidad de cultivo de trigo. Esto sugiere la necesidad de considerar la inclusión de este nutriente en la fórmula de fertilización de base empleada por los productores en lotes con prolongada historia agrícola.

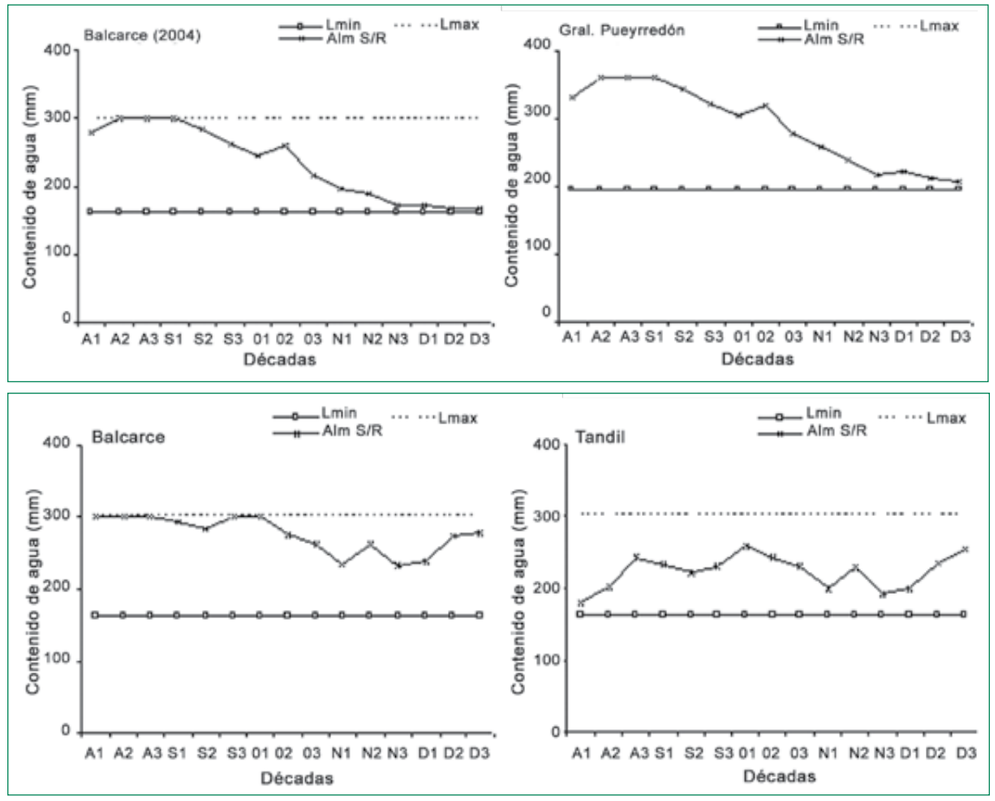

Figura 2. Balance decádico de agua para el cultivo de trigo durante los meses de agosto a diciembre. Lmin = Límite mínimo de almacenaje de agua, Lmax = Límite máximo de almacenaje de agua, Alm S/R = Almacenaje de agua.

Contenido de proteína en grano

Los contenidos promedio de proteína en grano oscilaron entre 11.3 y 12.5 %. El valor mas bajo de proteína se determinó en Tandil, lo que podría ser explicado por el antecesor maíz (Tabla 1), mientras que los mayores contenidos de proteína en grano se obtuvieron en Gral. Pueyrredón producto de los menores rendimientos determinados en esta localidad. Se determinó respuesta en el contenido de proteína en grano por el agregado de N de base en Tandil y en Balcarce para ambas campañas, los tratamientos testigo y 120N presentaron los menores valores de proteína en grano (Figura 5 y 6). La aplicación de N en hoja bandera incrementó significativamente el contenido de proteína en grano para Tandil y Balcarce (2005) para 120 y 160 kg N ha^{-1} (Figura 6), mientras que para Balcarce (2004) el incremento en dicho parámetro fue significativo solamente para la dosis de 120 kg N ha^{-1} (Figura 5). Los incrementos en el contenido de proteína por la aplicación de N foliar en hoja bandera fueron de 0.6-2 %, valores que se encuentran dentro del rango reportado en otros trabajos (Bergh *et al.*, 2004; Loewy *et al.*, 2005). En Gral. Pueyrredón no hubo respuesta en el contenido de proteína en grano por la aplicación de N en macollaje y hoja bandera, lo cual se explica por los bajos rendimientos y la alta disponibilidad de N determinada en ese sitio. Considerando que la respuesta a la aplicación de N foliar no es generalizada, se enfatiza la necesidad de utilizar los métodos de diagnóstico específicos para identificar los lotes con respuesta (Echeverría y Studdert, 2001; Bergh *et al.*, 2004).

La aplicación de S no produjo incrementos en el contenido de proteína en grano en ninguno de los sitios evaluados, sin embargo la composición de las proteínas podría modificarse y de esta forma mejorar la calidad del grano para la panificación (Moss *et al.*, 1981).

Consideraciones finales

Para las condiciones de nuestra experiencia se determinó respuesta en rendimiento por el agregado de N en macollaje en todos los sitios evaluados, lo que refleja la deficiencia generalizada de este nutriente en los suelos con prolongada historia agrícola. En situaciones con antecesor maíz bajo SD (Tandil), la aplicación de N foliar en hoja bandera incrementó el rendimiento. En tres de los cuatro experimentos la aplicación de N foliar incrementó la concentración de proteína en grano aún con alta dosis de N de base, lo que sugiere la necesidad de evaluar esta práctica de manejo cuando se busca mejorar la calidad de los granos.

La aplicación de S incrementó el rendimiento en grano del cultivo en tres de los cuatro sitios estudiados, no obstante en ninguno se determinó efecto de la aplicación de S sobre la concentración de proteína en grano. Estos resultados justifican el empleo de S en la fórmula de fertilización de base de lotes con prolongada historia agrícola.

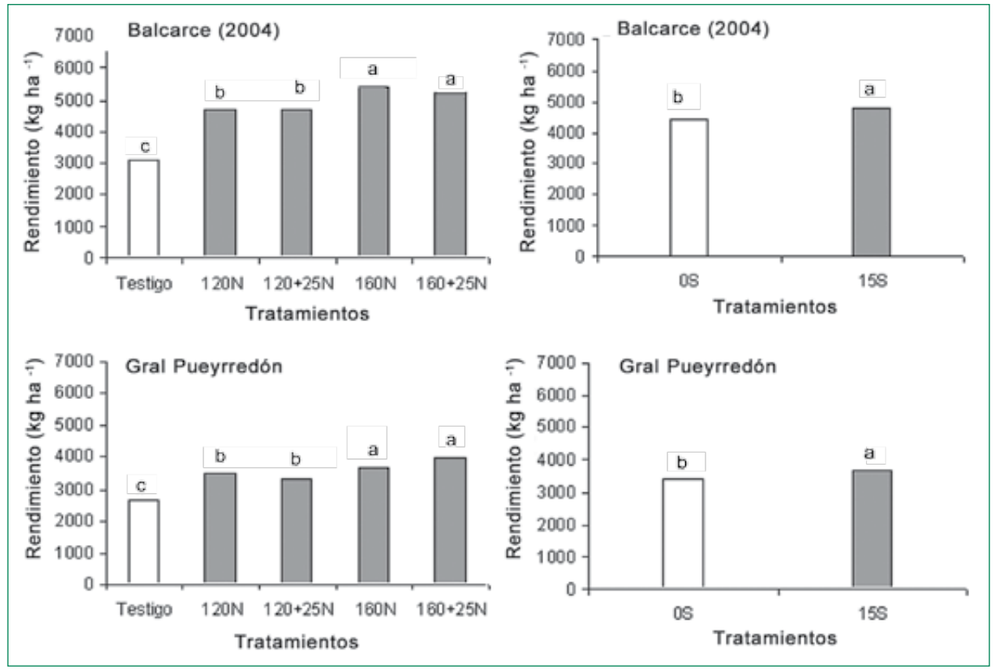

Figura 3. Rendimiento del cultivo de trigo para la campaña 2004 en función de la aplicación de N y S. Letras distintas indican la existencia de diferencia mínima significativa (LSD 0.05).

Agradecimientos

Trabajo financiado con fondos del proyecto de la UNMDP n° 15/A 163 y de la carta acuerdo INTA-PASA Petrobras.

Referencias

Bailey, L. 1987. Sulphur in plant nutrition. p. 14-17. *In* E. Berg (ed) Western Canada Sulphur Hnadbook. Western Canada Fertilizer Association. Calgary, AB, Canada.

Bergh, R.; Loewy, T.; Echeverría, H.E. 2004. Nitrógeno en trigo: rendimiento y calidad panadera. 3 . Aplicaciones de las lecturas del índice de verdor. VI Congreso Nacional de Trigo. Bahía Blanca. 20-22 de Octubre. Actas en CD 2 pág.

Calviño, P., Echeverria, H.E. y Redolatti, M. 2002. Diagnóstico de nitrógeno en trigo con antecesor soja bajo siembra directa en el sudeste bonaerense. Ciencia del Suelo 20:36-42.

Calviño P. A; Echeverría H. E; Sainz Rozas H. y Redolatti M. 2001 Influencia del cultivo antecesor sobre la respuesta en trigo a la fertilización con azufre. V Congreso Nacional de Trigo y III Simposio Nacional de cereales de siembra otoño-invernal. Carlos Paz.

Echeverría, H. y Studdert G. 1998. El contenido de nitrógeno en la hoja bandera de trigo como predictivo del incremento de proteína en grano por aplicaciones de nitrógeno en espigazón. Rev. Fac. Agron. La Plata. 103:27-36.

Echeverría, H. y Studdert, G.A. 2001. Predicción del contenido de proteína en grano de trigo (*Triticum aestivum* L) mediante el índice de verdor de la hoja bandera. Ciencia del Suelo 19:67-74.

Falotico, J; Studdert, G. y Echeverría, H. E. 1999. Nutrición nitrogenada del trigo bajo siembra directa y labranza convencional. Ciencia del Suelo. 17:9-20.

Martínez, F; Cordone, G. y Garcia, F. O. 2001. Azufre y otros nutrientes. En: Trigo. Cuaderno de actualización técnica N° 63. CREA. P 46-51.

MOSS, S. R; MACRITCHIE, C. W. y J. P. RANDALL. 1981. Sulphur and nitrogen fertilizer effects on wheat II. Influence on grain quality. Australian Journal of Agricultural Research 32, 213-226.

Loewy, T; Bergh, R. y Echeverría, H. 2005. Nitrogen fertilization and wheat quality in the south of Buenos Aires province (Argentina). Actas del VII Wheat Congress. Mar del plata. Argentina.

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 junio 2004. AACS. Paraná, Entre Ríos, Argentina.

SAS Institute INC.1996. SAS/STAT Users Guide. Version 6.03 Edition. Cary, NC.

Selles, F. y Zentner, R. 1998. Environmental factors affecting wheat protein. Pp. 139-150. *In* D. Fowler y col. (eds) Wheat Protein: Production and marketing. Univ. Ext. Press. Univ. of Saskatchewan. Saskatoon, SK. Canada.

Sempe, M y Chidichimo H. 2004. Efecto del sistema de labranza en la calidad industrial de trigo. Actas CD (2 páginas), VI Congreso Nacional de trigo. Bahia Blanca, Buenos Aires del 20 al 22 de octubre de 2004. 312-313.

Vivas, H; Fontanetto, H; Albrecht, A y Hotian, J. 2001. Fertilización con fósforo y azufre para la producción de trigo en el Departamento San Jerónimo (Santa Fe). Informaciones Agronómicas 10:1-4. INPOFOS Cono Sur, Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

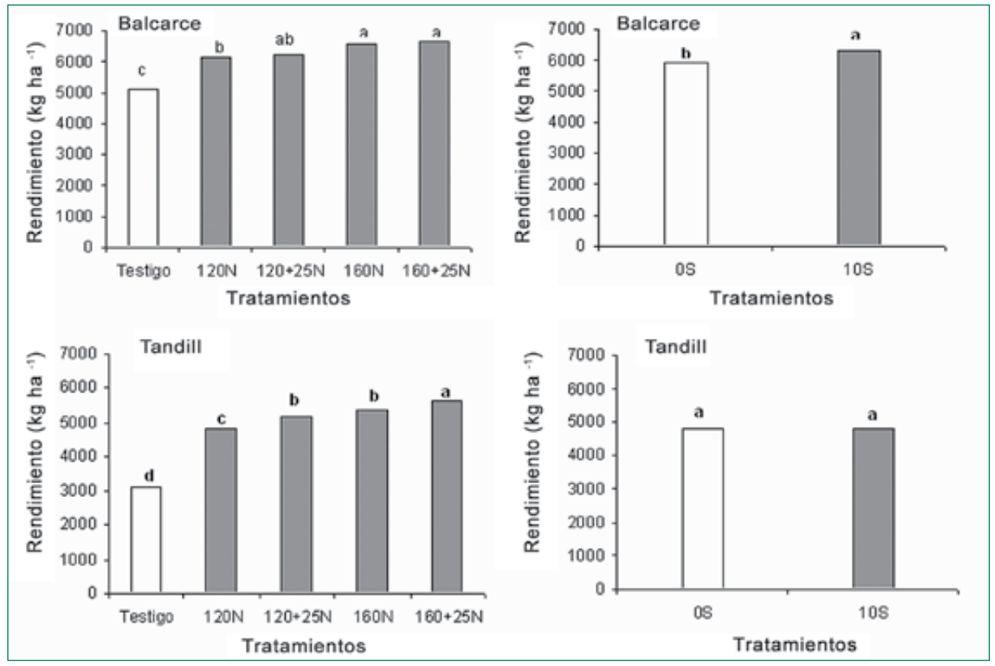

Figura 4. Rendimiento del cultivo de trigo para la campaña 2005 en función de la aplicación de N y S. Letras distintas indican la existencia de diferencia mínima significativa (LSD 0.05).

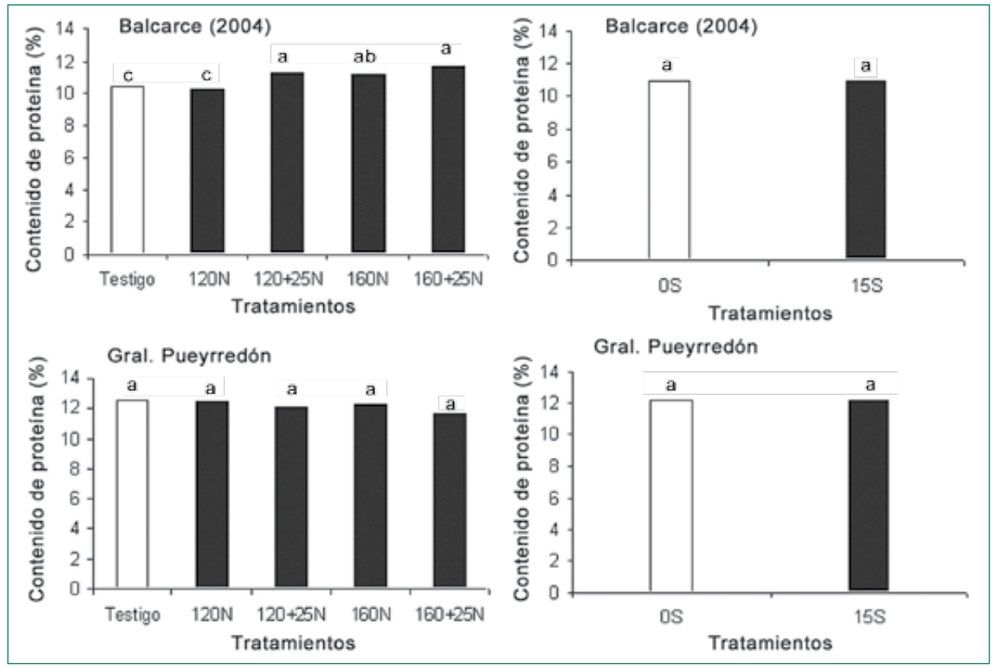

Figura 5. Contenido de proteína en grano de trigo para la campaña 2004 en función de la aplicación de N y S. Letras distintas indican la existencia de diferencia mínima significativa (LSD 0.05).

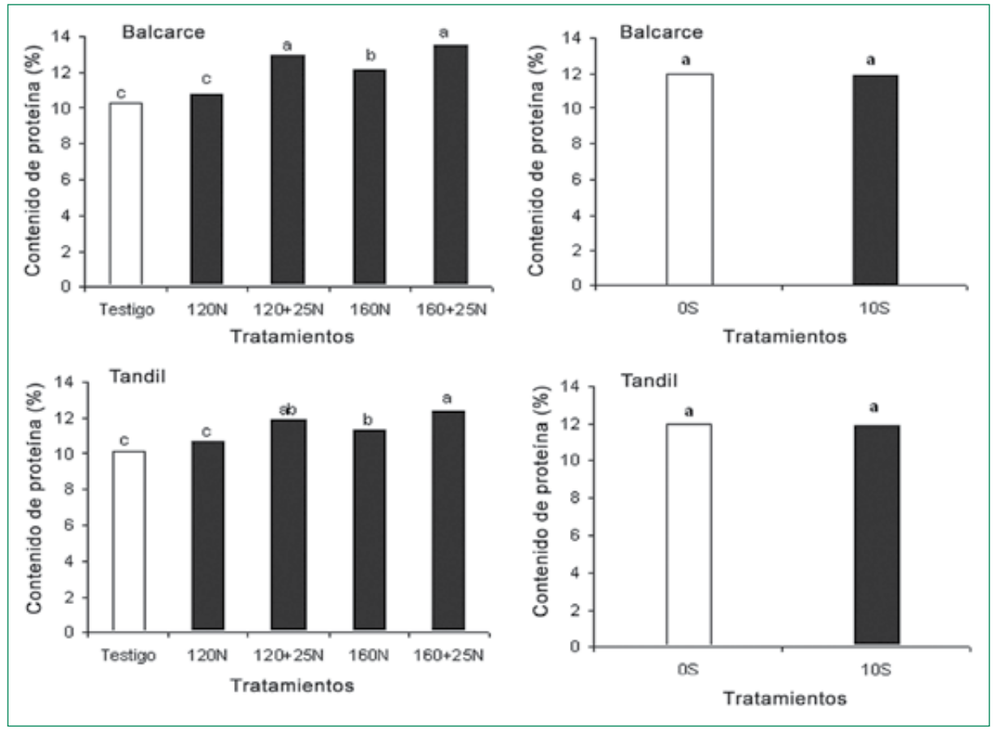

Figura 6. Contenido de proteína en grano de trigo para la campaña 2005 en función de la aplicación de N y S. Letras distintas indican la existencia de diferencia mínima significativa (LSD 0.05).

Estrategias para la fertilización azufrada de alfalfa en un suelo del centro de Santa Fé

Ing. Agr. (M.Sc.) Hugo S. Vivas.
Área de Investigación en Producción Vegetal INTA EEA Rafaela
Rafaela, Provincia de Santa Fé, Argentina.
hvivas@rafaela.inta.gov.ar

Introducción

La región central de Santa Fe forma parte de la cuenca lechera más importante del país y el nivel de producción láctea guarda una relación estrecha con la de pasturas de alfalfa y su utilización por pastoreo directo o como reservas. Los suelos asociados al sistema de producción no son uniformes y los correspondientes al sector centro-este, al cual se refiere este informe, se caracterizan por tener importantes deficiencias nutricionales, entre ellas de nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S) y calcio (Ca). Otros nutrientes como el magnesio (Mg), el boro (B) y los micronutrientes todavía necesitan mayor información e investigación.

La alfalfa es una especie de altos requerimientos nutricionales y el N ocupa el primer lugar. Por el momento, la solución consiste en optimizar la inoculación de la semilla para de ese modo, vía fijación biológica del nitrógeno (FBN), alcanzar aportes del 64% sobre el total demandado (Lanyon y Griffith, 1988). En la región pampeana argentina, estudios conducidos por Racca et al., (2001) demostraron que, en condiciones no limitantes, la FBN podría alcanzar el 60,8% y, con limitaciones ambientales, solo el 42,7% del N total demandado. La solución a través de la fertilización nitrogenada no fue positiva en tres ensayos conducidos por Vivas (1996) en tres ambientes y localidades del centro de Santa Fe, indicando que la fuente de abastecimiento preferida por la leguminosa es la FBN o la proveniente de la materia orgánica del suelo.

El P es el elemento con mayor contraste en los suelos de la región y para la producción de alfalfa los niveles de suficiencia de P extractable oscilan alrededor de 25-30 ppm en los primeros 15 cm de profundidad (Berardo, 1998; Vivas et al., 1999; Racca et al., 2001). En este informe tanto el factor P como el Ca se utilizarán como base de la investigación y no constituirán variables.

El factor motivo de estudio y análisis en este trabajo lo constituye el S, cuya primera referencia en el centro este de Santa Fe mostrando los beneficios productivos en la producción de alfalfa data de la campaña 1998/99 (Vivas, 2001). Es un nutriente muy requerido por la leguminosa y así lo demostraron, entre otros, Caldwell et al., (1972) citado por Hoeft y Fox (1986). Aunque no tan preciso el nivel de S-SO_4 suficiente en el suelo superficial debería ser alrededor de 10 ppm.

En el centro este de Santa Fe estudios conducidos por Vivas (2004) demostraron ausencia de interacción significativa entre el P y el S en la producción de materia seca (MS) de alfalfa, indicando un comportamiento independiente pero aditivo de este último.

Actualmente, la necesidad de fertilizar una pastura es un hecho indiscutible y son varias las alternativas que se presentan. La fertilización previa a la siembra es recomendable para lograr una pastura vigorosa y con buen número de plantas, pero otra alternativa frecuentemente es la necesidad de fertilizar pasturas de un año que tienen buen número de plantas pero que no fueron fertilizadas al inicio. En este caso, los fertilizantes se deben aplicar al voleo. El Ca y el S tienen la facilidad de diluirse e incorporarse fácilmente con las precipitaciones, en cambio, el P puede diluirse pero tiene poca movilidad en profundidad. No obstante, la alfalfa demostró que lo puede absorber sin inconvenientes.

Dada la relevancia del S en la producción de alfalfa, el objeto de la presente investigación consistió en estudiar diferentes estrategias de fertilización y refertilización para distintas fuentes y niveles de S utilizando como fertilización básica el P y el Ca.

Materiales y Métodos

Las experiencias se condujeron en la localidad de Esperanza, Departamento Las Colonias, sobre una serie de suelo del mismo nombre, deficiente en P y S. Las alternativas o ensayos fueron: **a)** fertilización inicial incorporada y posterior refertilización con P y S (14 cortes) y **b)** fertilización sobre una pastura de un año y posterior refertilización con P y S (15 cortes).

Las fuentes azufradas fueron: Azufre Elemental (AE=80% de S), Sulfato de Amonio (SA=24% de S), Yeso (Y=18% de S) y Kieserita (KIE=20% de S), que se combinaron con cuatro niveles de S (0, 12, 24 y 36 kg/ha). Todos los tratamientos tuvieron una aplicación base de 370 kg/ha de Ca proveniente de una calcita micronizada y aperdigonada (37% de Ca) y fueron fertilizados con 40 kg/ha de P con dosis variables y crecientes de S. Para la alternativa **a)** la fertilización inicial fue incorporada y la refertilización al voleo. En cambio para la alternativa **b)** tanto la fertilización inicial como la refertilización fueron al voleo. En la refertilización se aplicaron 20 unidades de P/ha y, con respecto al S, se repitieron las dosis iniciales. El Ca no se modificó.

En cada ensayo se utilizó un diseño de parcelas divididas en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La gran parcela fueron las fuentes de azufre y las subparcelas las dosis de S. Para el procesamiento de los datos se utilizó el análisis de la variancia.

Resultados

a) Fertilización inicial incorporada y posterior refertilización con P y S

En este ensayo se realizaron catorce cortes, con la refertilización luego del 10° corte. El suelo se caracterizó por los siguientes contenidos nutricionales: P extractable= 8,1ppm, S-SO_4^- = 7,5ppm; MO= 2,58%, pH= 5,7, Ca= 6,5 meq/100, Mg= 1,4meq/100, Na= 0,2meq/100, K= 0,6meq/100 y el valor T= 10,6meq/100.

Los resultados pueden verse en la Figura 1. En la misma figura un tratamiento TTotal, que aunque no formó parte del diseño, representó la producción de alfalfa sin ningún tipo de fertilización. Su valor fue de 13532 kg/ha de MS. El promedio del ensayo con fertilización inicial incorporada (Ca+P+S) fue de 19488 kg/ha de MS y cuando se refertilizó con P+S, el promedio acumulado fue de 24002 kg/ha de MS. La diferencia respecto del testigo absoluto (TTotal) con respecto a las situaciones de la fertilización fue de 5956 kg/ha de MS (44%) y de la refertilización de 10470 kg/ha de MS (77%). La comparación es indicativa de los márgenes factibles de alcanzar mediante las técnicas de fertilización disponibles.

Cuando la comparación se realizó con los mejores tratamientos de cada fuente azufrada los aumentos y las magnitudes en porcentaje se pueden apreciar en la Tabla 1.

Del análisis de la variancia surgió que cuando las fuentes se incorporaron a la siembra, la diferencia entre las mismas fue significativa (P<0,05), principalmente respecto del azufre elemental (AE). Esto indicaría que, en condiciones de incorporación a la siembra, las fuentes SA, KIE e Y, pudieron ser más efectivas que las provenientes del AE. Por el contrario, cuando se fertilizó y refertilizó al voleo, aunque las magnitudes de MS fueron superiores, las diferencias entre fuentes no fueron importantes (P>0,05) (Figura 2). Esto podría deberse al mayor tiempo transcurrido que permitió liberar mas sulfatos por oxidación del AE.

Independientemente de las fuentes azufradas, tanto cuando se fertilizó como cuando se fertilizó y refertilizó, el aumento de MS por las dosis crecientes de S fue significativo con un efecto cuadrático importante (P<0,05) (Figura 3).

Para la fertilización, los incrementos con S12, S24 y S36 respecto de S0 fueron de 7542, 9963 y 11018 kg/ha de MS, respectivamente. Cuando a la fertilización se le adicionó la refertilización, los aumentos para S24, S48 y S70, respecto de S0 fueron de 4711, 6167 y 6849 kg/ha de MS, respectivamente. Aunque la producción total fue mayor, las diferencias fueron menores pero crecientes.

b) Fertilización inicial en superficie y posterior refertilización al voleo con P y S

En este ensayo se realizaron quince cortes, con la refertilización luego del 9° corte. La característica del suelo fue: P extractable = 7,2ppm, S-SO_4^- = 6,6ppm y Ca= de 8,9 meq/100 y pH = 5,9. El stand de plantas de alfalfa fue de 60/m^2.

Los tratamientos con fuentes y dosis de S fueron iguales al ensayo anterior. La diferencia fue que en todas las ocasiones los fertilizantes se aplicaron al voleo

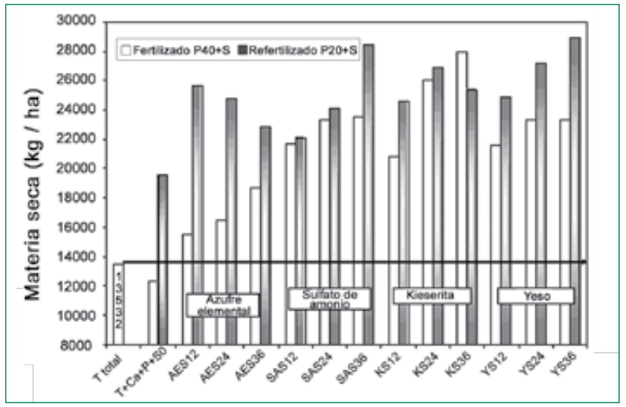

Figura 1. Producción de alfalfa con fertilización inicial incorporada y posterior refertilización: Eficiencia de diferentes fuentes de azufre. TTotal= testigo total; T+Ca+P+S0= testigo del ensayo. Las fuentes de S tuvieron una base de P y Ca. Esperanza, Santa Fe. Refertilización luego del 10° corte. Total= 14 cortes.

Tabla 1. Aumentos de materia seca (MS) de alfalfa por diferentes fuentes y las mejores dosis de fertilizantes que incluyeron Ca, P y S. Se utilizó como referencia el testigo total (TTotal) = 13532 kg/ha de MS (14 cortes). Los tratamientos de la Tabla 1, fueron extraídos de la Figura 1.

Fuentes de Azufre	Mejores Tratamientos (Ca+P+S)	Aumentos de MS (kg/ha)
Azufre Elemental (AE)	Ca 370+ (P40+P20) + (S12+S12)	12073 (89%)
Sulfato de Amonio (SA)	Ca 370+ (P40+P20) + (S36+S36)	14938 (110%)
Kieserita (KIE)	Ca 370+ (P40+P0) + (S36+S0)	14387 (106%)
Yeso (Y)	Ca 370+ (P40+P40) + (S36+S36)	15431 (114%)

sobre una pastura ya instalada.

En esta experiencia la refertilización con P20 y similares dosis de S que los iniciales se realizaron luego del noveno corte. Los resultados pueden verse en la Figura 4.

El tratamiento TTotal, que corresponde a la producción de alfalfa sin fertilizantes, fue de 15171 kg/ha de materia seca (MS). El promedio del ensayo cuando se fertilizó con Ca+P+S fue de 23414 kg/ha de MS y, cuando se refertilizó con P+S, la MS promedio acumulada fue de 25245 kg/ha de MS. La diferencia respecto del TTotal a favor de la fertilización fue de 8243 kg/ha de MS (54%) y de la refertilización de 10074 kg/ha de MS (66%). Cuando la comparación se realizó con los mejores tratamientos de cada fuente los aumentos y las magnitudes en porcentaje fueron mayores (Tabla 2).

Se encontraron diferencias significativas (P<0,05) dentro de los tratamientos fertilizados y refertilizados, respectivamente. La comparación de las fuentes de azufre a través de todos los niveles de S se pueden ver en la Figura 5.

En las dos condiciones, la fuente de S menos eficiente fue el AE (azufre elemental). A pesar de la alta concentración de S, no aportó suficiente SO_4^- para satisfacer la demanda de la alfalfa. Las fuentes que siempre tendieron a ser superiores fueron el SA (sulfato de amonio), la KIE (kieserita) y el Y (yeso), principalmente en el caso de la refertilización. Las últimas tres fuentes tuvieron buena solubilidad de SO_4^- y son recomendables.

En cuanto a los niveles de S las respuestas pueden verse en la Figura 6. En los dos casos, la respuesta del S fue significativa (P<0,05) y con tendencia lineal, principalmente en la refertilización, demostrando la gran incidencia del azufre como componente de la fertilización.

Cuando se fertilizó, los incrementos con S12, S24 y S36 respecto de S0 fueron de 988, 1659 y 3496 kg/ha de MS, respectivamente. Cuando a la fertilización se le adicionó la refertilización, los aumentos para S24, S48 y S70, respecto de S0 fueron de 2251, 4802 y 5339 kg/ha de MS, respectivamente.

Comparando las dos alternativas **a)** y **b)**, los aumentos de MS con la fertilización y refertilización azufrada en superficie siempre fueron importantes pero de menor magnitud que cuando el S fue incorporado al momento de la siembra de la pastura.

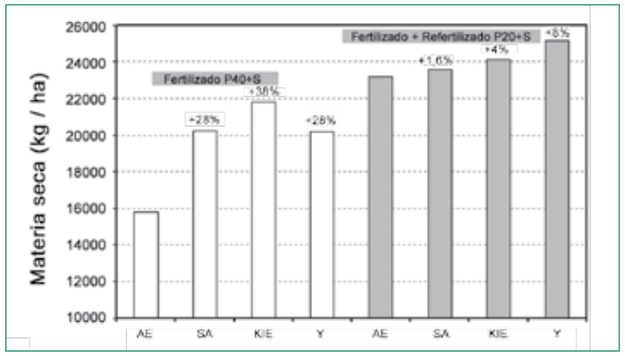

Figura 2. Producción de alfalfa con distintas fuentes de S incorporadas al momento de la siembra y posteriormente refertilizadas al voleo (luego del 10° corte). Esperanza, Santa Fe. Total= 14 cortes. (%)= aumentos respecto de AE.

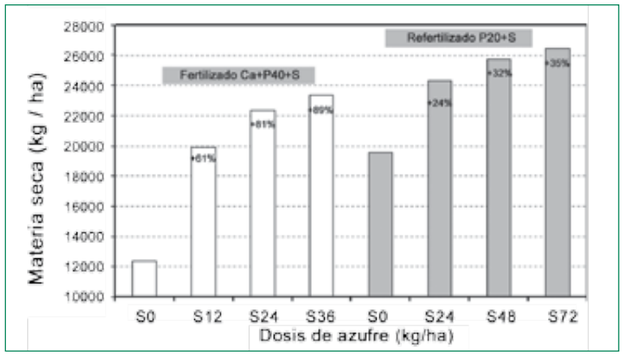

Figura 3. Producción de alfalfa con distintas dosis de S incorporadas al momento de la siembra y posteriormente refertilizada al voleo (luego del 10° corte). Esperanza, Santa Fe. Total= 14 cortes. (%)= aumentos respecto de S0.

Consideraciones generales

- La fertilización de alfalfa produjo aumentos de forraje, respecto de la situación sin fertilizantes, que oscilaron entre 42% y 114%, según la fuente y dosis de azufre utilizada.
- La fertilización inicial con P y Ca y la refertilización con P permitió corregir las deficiencias del suelo y satisfacer los requerimientos de la pastura.
- Las fuentes azufradas que reflejaron mayores producciones de materia seca fueron el sulfato de amonio (SA), la kieserita (KIE) y el yeso (Y).
- Satisfecha la necesidad de P, las respuestas del S fueron más notables cuando las fuentes tuvieron una incorporación inicial respecto a la situación de refertilización.
- La fertilización y refertilización sobre una pastura de un año constituyó una estrategia importante para lograr aumentos de MS y prolongar la vida útil de la misma.
- La fertilización básica con Ca y P y la posterior fertilización con S puso de manifiesto la necesidad y el gran aporte de este último sobre la producción de alfalfa.

Tabla 2. Aumentos de materia seca (MS) de alfalfa por diferentes fuentes y las mejores dosis de fertilizantes que incluyeron Ca, P y S. Se utilizó como referencia el testigo total (TTotal) = 15171 kg/ha de MS (15 cortes).

Fuentes de Azufre	Mejores Tratamientos (Ca+P+S)	Aumentos de MS (kg/ha)
Azufre Elemental (AE)	Ca 370+ (P40+P20) + (S36+S36)	6445 (42%)
Sulfato de Amonio (SA)	Ca 370+ (P40+P20) + (S24+S24)	15202 (100%)
Kieserita (KIE)	Ca 370+ (P40+P20) + (S36+S36)	14881 (98%)
Yeso (Y)	Ca 370+ (P40+P20) + (S36+S36)	13859 (91%)

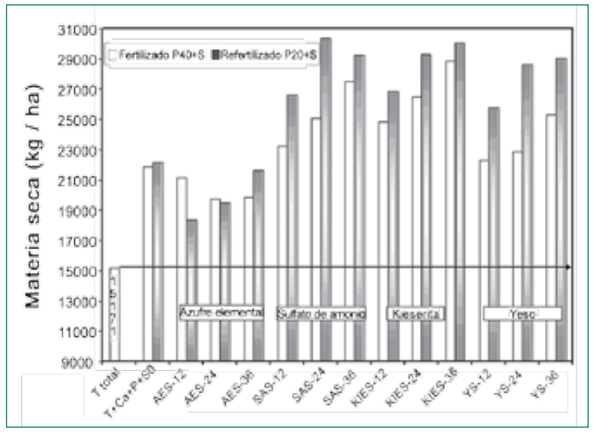

Figura 4. Producción de materia seca de una pastura de alfalfa con fertilización y refertilización de una pastura de un año. Eficiencia de diferentes fuentes de azufre. TTotal= testigo total ; T+Ca+P= testigo+Ca+P; las restantes fuentes y niveles de S tienen una base de Ca y de P. Esperanza, Santa Fe. 15 Cortes.

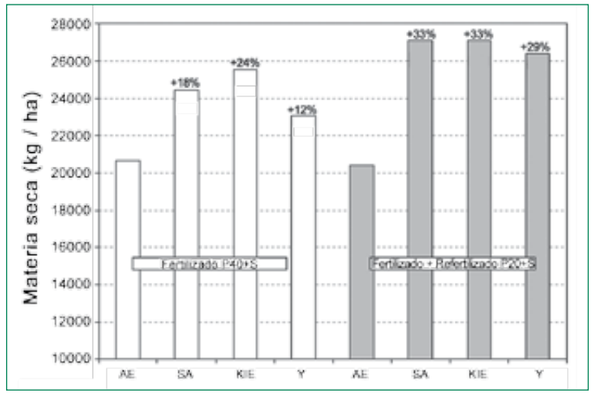

Figura 5. Producción de alfalfa con distintas fuentes de S aplicadas en superficie en condiciones de única fertilización y de refertilización. Esperanza, Santa Fe. 15 cortes. (%)= aumentos respecto de AE.

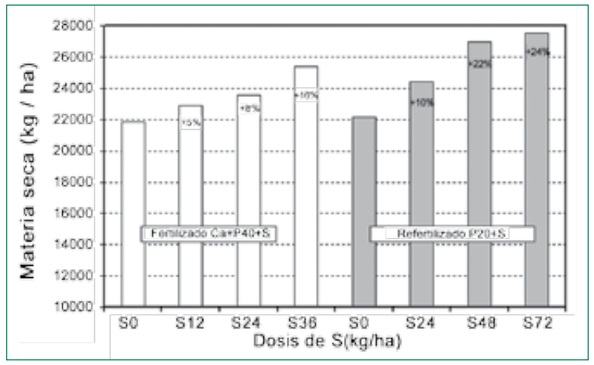

Figura 6. Producción de alfalfa con distintas dosis de S aplicadas en superficie en condiciones de única fertilización y de refertilización. Esperanza, Santa Fe. 15 cortes.

Referencias

Berardo, A. 1998. Fertilización de pasturas. En 5° Seminario de Actualización Técnica, CPIA-SRA. Buenos Aires.

Hoeft, R. G. and R. H. Fox. 1986. Plant response to sulfur in the Midwest and Northestern United States. In. Sulfur in Agriculture. Ed. M. A. Tabatabai. Agronomy N° 27. ASA. 1986.

Lanyon, L. E. and W. K. Griffith. 1988. Nutrition and Fertilizer Use. In. Alfalfa and Alfalfa Improvement. ASA-CSSA-SSA, Madison, Wisconsin. Agronomy Monograph 29. 333-372.

Racca, R; D. Pollino; J. Dardanelli ; D. Basigalup ; N. Gonzáliz ; E. Brenzoni; N. Hein y M. Balzarini. 2001. Contribución de la fijación biológica de nitrógeno a la nutrición nitrogenada de la alfalfa en la región pampeana. Proyecto Pronalfa. Ediciones INTA. 56 p.

Vivas, H. S. 1996. Fertilización de alfalfa en tres suelos representativos de la región central de Santa Fe. Información Técnica N° 193. INTA EEA Rafaela. 3p.

Vivas, H. S.; M. S. Guaita y O. Quaino. 1999. Fertilización fosfatada y encalado sobre la producción de alfalfa en el Departamento Las Colonias. INTA EEA Rafaela. Información Técnica N° 230. 6p.

Vivas, H. S. 2001. Fertilización de alfalfa con azufre y boro en el área centro este de Santa Fe. 24° Congreso Argentino de Producción Animal (AAPA). Rafaela, 19 al 21 de setiembre de 2001.

Vivas, H. S. 2004. Fertilización con fósforo y azufre para la producción de Alfalfa en el centro de Santa Fe. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná. 22 al 25 de junio de 2004.

Respuesta a la fertilización nitrogenada en trigo CREA Monte Buey-Inriville:

Campañas 2004/05 y 2005/06

Martín Sánchez y Luciano Ascheri
CREA Monte Buey-Inriville
msanchez@nodosud.com.ar – lucianoascheri@yahoo.com.ar

En los últimos años se registró un aumento de los rendimientos del cultivo de trigo en el CREA Monte Buey-Inriville (1740 kg/ha/año), a la vez que también se registró un incremento en el uso de fertilizantes. Los rendimientos, promedio del CREA, pasaron de 2110 kg/ha en la campaña 1996/97 a 3590 kg/ha en la campaña 2005/06, lo que representa un 69% de incremento (Figura 1). En ese mismo período, el aporte de nutrientes a partir de la fertilización aumento un 239%, pasando de 45 kg/ha de nutrientes en el 1995/96, a 107 kg/ha en el 2005/06 (Fig. 2) (M. Sánchez y L. Ascheri, Base de Datos Crea Monte Buey-Inriville).

Este incremento en la utilización de fertilizantes no solo ayudó a explorar mayores rendimientos para el cultivo de trigo, sino que con esta práctica de manejo se buscó mejorar el rendimiento de soja de segunda, a veces deprimida por deficiencias nutricionales inducidas por las altas productividades del trigo y una fertilización desbalanceada del cultivo antecesor (Cordone y Martínez, 1999). Datos de la Red de Nutrición del Crea Región Sur de Santa Fe muestran respuestas en trigo de 416 kg/ha y 2392 kg/ha para el tratamiento Completo (NPS Micronutrientes), con respecto al testigo en las campañas 2002/03 y 2003/04, respectivamente. Esta alta variabilidad en las respuestas a la fertilización está justificada por factores climáticos y edáficos que influyen sobre el rendimiento del trigo (régimen hídrico, condiciones climáticas, características edáficas). A su vez, de los datos de gestión de las empresas se observa que los costos de fertilización durante la campaña 2004/05 representaron en promedio el 47% de los gastos de implantación, siendo el principal rubro de gastos para la realización de este cultivo. Considerando de esta manera la importancia del tema por la variabilidad de respuestas y por el impacto en los costos, se llevó adelante en lotes del CREA Monte Buey – Inriville durante la campaña 2004/05 y 2005/06, una serie de ensayos con el objetivo de calibrar la respuesta a nitrógeno (N) en los planteos productivos del Sudeste de Córdoba.

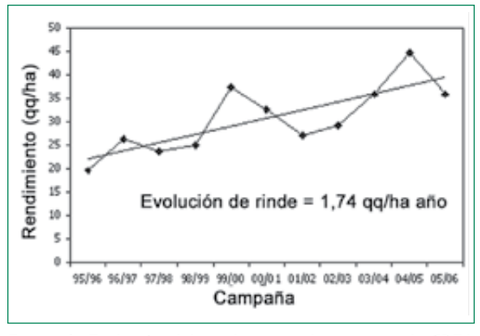

Figura 1. Evolución del rendimiento de trigo en el CREA Monte Buey- Inriville

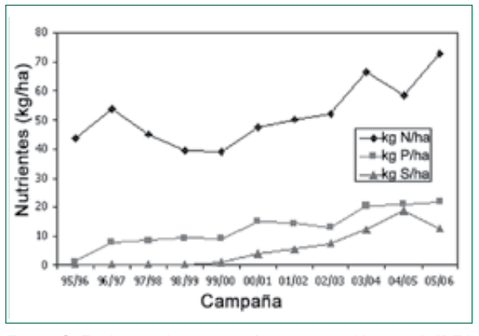

Figura 2. Evolución de aportes de nutrientes/ ha en el CREA Monte Buey-Inriville

Materiales y Métodos

Los sitios evaluados corresponden a las localidades de Monte Buey, Gral. Baldissera, Inriville, Monte Maíz y Ballesteros, todos ubicados en la zona sudeste de la provincia de Córdoba. Los ensayos se realizaron en 7 campos de producción, y fueron sembrados y cosechados con maquinaria propia o contratada. Los tratamientos evaluados fueron de 0, 40, 80, 120 kg N/ha, y se dispusieron en franjas de 8 a 16 m de ancho X 100 a 200 m de largo. La fuente de N utilizada fue UAN chorreado aplicado con el cultivo al estado de dos a tres hojas expandidas. La fertilización fosfatada fue la utilizada por el productor, fosfato monoamónico a la siembra incorporado con la semilla (Tabla 1). Las variedades utilizadas en los ensayos pertenecen a cultivares de ciclo corto, (del grupo 2 de calidad industrial) de muy buen comportamiento en la zona (DM Onix, Baguette Premium 13 y Prointa Gaucho). En todos los casos el sistema de siembra fue siembra directa y el antecesor soja de primera.

En la Tabla 2 se detallan los análisis de suelos de los diferentes sitios evaluados, con su respectiva serie y clase de capacidad de uso.

Resultados

Las condiciones climáticas de las dos últimas campañas fueron dispares. En el caso de las lluvias previas a la implantación del cultivo (Marzo-Mayo), fueron significativamente mayores el año 2004 con respecto al año 2005 y a la mediana histórica, y permitieron una mejor recarga del suelo para ese año (Figuras 3 y 4). Las lluvias durante el ciclo del cultivo fueron semejantes al valor de la mediana histórica (254 mm para el período 1911-2005 en INTA Marcos Juárez).

Otro factor de suma importancia es la incidencia de radiación solar, la cual esta relacionada linealmente con la tasa de crecimiento del cultivo. La tasa de crecimiento alrededor de floración es de suma importancia para la generación del número de granos por unidad de área, influyendo sobre la fertilidad de las flores. Se encontraron diferencias entre las dos últimas campañas en la radiación interceptada, medida en horas de sol, presentando el 2005 en promedio 1.6 horas de sol por día menos que el 2004 (Figura 5). Este factor puede haber afectado el número potencial de granos en el 2005 con respecto al 2004.

Las condiciones contrastantes en precipitaciones y radiación entre ambas campañas, fueron determinantes para marcar dos ambientes de producción distintos, presentando el 2004/05 condiciones mas adecuadas para la producción de trigo con respecto al 2005/06. Existe una brecha de aproximadamente 1500 kg/ha entre años, independiente de la oferta total de N (Figura 6).

Debido a que las condiciones climáticas alrededor de floración constituyen un factor determinante del potencial productivo del trigo, y al ser variable entre años, los rendimientos absolutos se transformaron en relativos con índice 100 para el tratamiento con mayor rendimiento, con el objetivo de encontrar un umbral de respuesta al agregado del N, por encima del cual el rendimiento de trigo no sigue aumentando (Figura 7). A estos datos se le ajustó un modelo de regresión lineal-plateau donde se encontró un umbral de 109 kg de N ofrecido total (R^2 = 0.727), oferta por encima del cual el trigo no responde al agregado de N. Las líneas inferiores y superiores graficadas corresponden a un intervalo de confianza para la predicción del 95%. Se puede esperar que el 95% de los rendimientos se encuentre dentro de esta área, para una oferta de N dada.

De acuerdo a este análisis es importante conocer la oferta de N del suelo a la siembra, para ajustar la oferta total con el N de fertilizante. En la Figura 8 se observa que

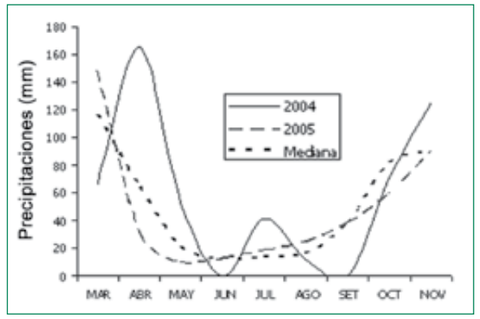

Figura 3. Lluvias durante el ciclo.

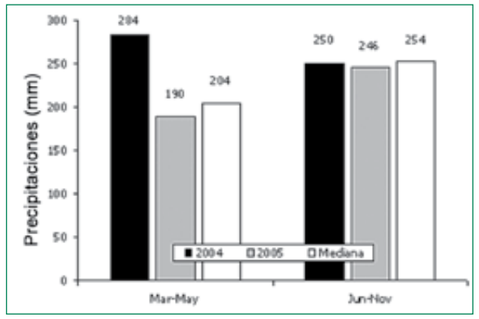

Figura 4. Lluvias por periodo.

Tabla 1. Variedad de trigo y fertilización fosfatada en los siete sitios de ensayo.

Campaña	Establecimiento	Variedad	Dosis de FMA	Dosis de P	Dosis de N
2004/05	La Bélgica	Gaucho	75	17	8
2004/05	La Sorpresa	Premium 13	100	23	11
2004/05	Los Algarrobos	Onix	50	12	6
2004/05	La Herradura	Gaucho	50	12	6
2004/05	Victor Giordana	Gaucho	60	14	7
2005/06	La Sorpresa	Premium 13	100	23	11
2005/06	Los Algarrobos	Onix	150	35	17

Tabla 2. Análisis de suelos de los diferentes sitios evaluados, con su respectiva serie y clase de capacidad de uso del suelo.

Campaña	Establecimiento	Localidad	Serie de suelo	Clase de Suelo	MO (%)	pH	P Bray (ppm)	$N\text{-}NO_3^-$ (kg/ha) 0-20 cm	$N\text{-}NO_3^-$ (kg/ha) 0-60 cm
2004/05	La Bélgica	Monte Maíz	La Bélgica	IIc	2,67	6,1	20	32,3	71,1
2004/05	La Sorpresa	Inriville	Monte Buey	IIc	2,31	6,37	7	17	40,5
2004/05	Los Algarrobos	Monte Buey	Monte Buey	IIc	2,42	6,1	12	19,4	44,1
2004/05	La Herradura	Ballesteros	Ballesteros	IIc	2,53	6,68	27	11,8	39,4
2004/05	Victor Giordana	Gral Baldissera	Gral Baldissera	IIc	2,58	6,08	15	16,5	43,5
2005/06	La Sorpresa	Inriville	Monte Buey	IIc	2,68	6,42	14	12,3	52,3
2005/06	Los Algarrobos	Monte Buey	Monte Buey	IIc	2,73	6,49	19	23,5	63,5

a mayor disponibilidad de N en el suelo a la siembra, disminuyó la respuesta en rendimiento de los tratamientos.

Por último, se analizó el nivel de proteína en grano como parámetro de calidad del trigo. La cantidad de proteína en el grano de trigo esta condicionada por el genotipo e influenciada por el suelo, el clima y las condiciones de manejo (Cuniberti, 1996). Cuando existe una deficiencia inicial de N, el rendimiento está fuertemente limitado por este y el cultivo es muy eficiente en la formación de destinos reproductivos por unidad de N. Al aumentar la oferta de este nutriente, el rendimiento aumenta con eficiencia decreciente. El N sobrante que no es destinado a rendimiento, aun dentro del rango de respuesta, se destina a la formación de proteína en grano (Savin, 2001). El porcentaje de proteína en grano aumentó en forma lineal a medida que la oferta total de N se incrementaba (Figura 9). Las líneas superiores e inferiores grafican el intervalo de confianza para la predicción del 95%.

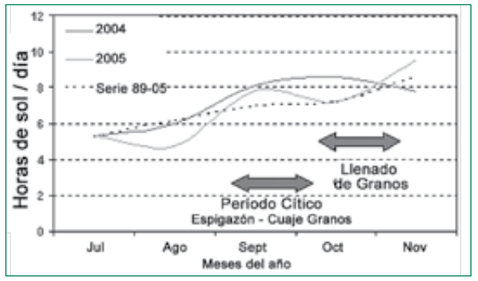

Figura 5. Horas de sol por día en función de los meses del año, relacionándolo con los períodos de determinación del rendimiento del cultivo de trigo.

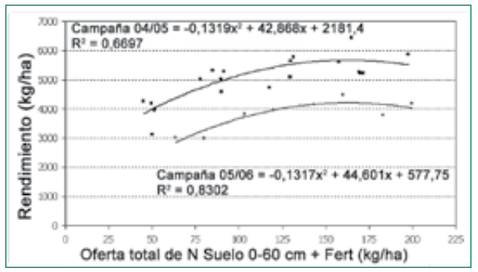

Figura 6. Rendimiento de trigo en función del Nitrógeno total ofrecido (N-nitratos suelo 0-60 cm + N fertilizante).

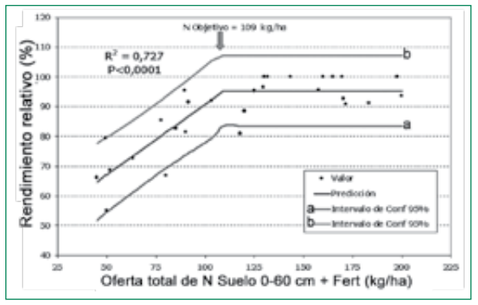

Figura 7. Rendimiento relativo de trigo en función del Nitrógeno total ofrecido (N-nitratos suelo 0-60 cm + N fertilizante).

Conclusiones

- Se diferenciaron distintos ambientes entre campañas para la producción de trigo, ligados a las condiciones climáticas durante el periodo crítico.
- Las respuestas encontradas para los ambientes son semejantes, de manera que la oferta de N apunta a captar la oferta ambiental, la cual varía entre años.
- Se encontraron respuestas significativas al agregado de N, hasta 109 kg de N ofrecido.
- Existió relación entre el N mineral en el suelo y la respuesta al agregado de este nutriente, siendo muy importante diagnosticar la oferta inicial a través del análisis de suelo.
- La proporción de proteína del grano fue aumentando en forma lineal a medida que la oferta de N se incrementó.

Agradecimientos

A las empresas del CREA Monte Buey – Inriville, por permitir la realización de este tipo de experiencias. Al Ing. Agr. MSc. Máximo Uranga de Petrobrás, por su colaboración en el ensayo. A Ferti-Buey Insumos de Monte Buey, por los servicios prestados. A Jorge Fraschina de INTA Marcos Juárez.

Bibliografía

Cordone G. y Martínez M. 1999. El azufre en el sistema productivo agrícola del Centro-Sur de Santa Fe. UEEA INTA Casilda.
Cuniberti, M.B. 1996.Fertilización nitrogenada, proteínas y calidad de trigo. INTA Marcos Juárez.
Savin, R. 2001. Calidad del grano de trigo. Capitulo 9. Cuaderno de Actualización Técnica N° 63. CREA.

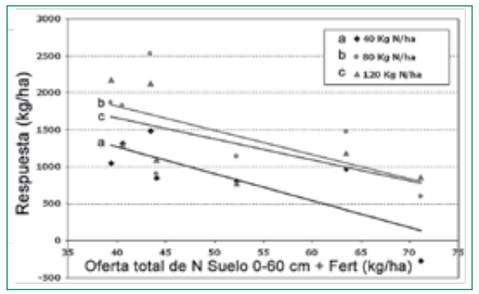

Figura 8. Respuesta en rendimiento por tratamiento de fertilización en función de la oferta Inicial de N-NO_3^- (kg/ha) en el suelo (0-60 cm).

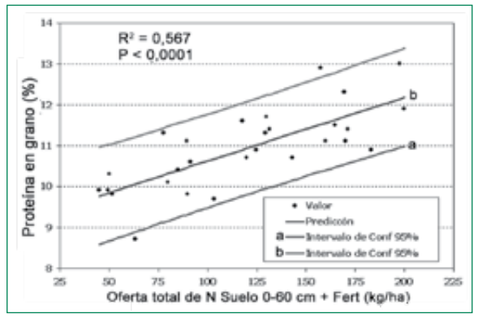

Figura 9. Porcentaje de proteína en grano en función del N total ofrecido (N suelo + N fertilizante).

La fertilización en cultivos extensivos de la Región Pampeana Argentina: Aportes del INTA

Elaborado por los Ings. Agrs. Vicente Gudelj, Carlos Galarza, Manuel Ferrari, Carlos Senigagliesi, Angel Berardo, Néstor Darwich y Hernán Echeverría

Antes de 1960

Consumo de Fertilizantes 1948/49: 15.000 toneladas

- Predominancia de un sistema mixto de producción, durante el período ganadero se recomponía la fertilidad física y química (nitrogenada), que unida a la fertilidad natural de los suelos permitían una adecuada nutrición de los cultivos.
- En 1959 se realiza la 1ª Reunión Argentina de Ciencia del Suelo, se propone la implementación de un plan de experimentación de fertilización en maíz y trigo, y en la Comisión de Fertilidad y Nutrición Vegetal se presentan dos trabajos sobre problemas de fertilidad y tres sobre nutrición vegetal.
- Se menciona la pérdida de nitrógeno edáfico como una de las causas del deterioro de suelo y se atribuye a la remoción de los cultivos como principal magnitud. Se realiza investigación básica en fertilidad para orientar el futuro trabajo experimental. Se observa que, en lotes pequeños donde no hay una adecuada rotación agrícola-ganadera existe una reacción del cultivo de trigo por el uso de fertilizantes nitrogenados, pero se consideran inaplicables económicamente, debido a su elevado precio.

Década de 1960

Consumo de Fertilizantes 1960/61: 16.241 toneladas

- A partir de su creación, el INTA comienza a experimentar con la práctica de fertilización en los cultivos de trigo y maíz. Entre 1962 y 1968 se realizan por lo menos 566 ensayos de fertilización en trigo y 339 en maíz. Comienzan las investigaciones para la calibración de métodos de diagnóstico.
- A mediados de la década se crean las **Redes de Laboratorios de Análisis de Suelos del INTA** y se amplían los grupos de investigación en fertilidad de suelo.
- Hacia fines de la década se establece un Programa Cooperativo de Experimentación y Transferencia: Tecnología en Nutrición y Fertilización en Trigo y Maíz entre el INTA, el CIMMYT y la Fundación Ford.

Década de 1970

Consumo de Fertilizantes 1970/71: 82.000 toneladas

- Comienza el **Proceso de Agriculturización**, el que se hace con un intenso laboreo y mínimo uso de fertilizantes. Se intensifican los trabajos del INTA para la elaboración de métodos de diagnóstico para la fertilización con nitrógeno y fósforo en los cultivos de maíz y trigo.
- El INTA y la FAO inician un programa de Cooperación en 1970 que permite estudiar más a fondo las deficiencias de fósforo en el Sudeste Bonaerense.

Década de 1980

Consumo de Fertilizantes 1980/81: 115.568 toneladas

- Se intensifica el **Proceso de Agriculturización** con excesivo laboreo de los suelos hasta la mitad de la década. Los niveles de materia orgánica ya han caído aproximadamente a la mitad del nivel original de los suelos.
- Con la participación de técnicos de suelo de todas las estaciones experimentales del **INTA** de la Región Pam-

peana, se realiza un Mapa de los Niveles de Fósforo Disponible en el área mencionada.

- En 1984, la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación implementa junto con el **INTA** y la Junta Nacional de Granos, el Subprograma de Fertilizantes, cuya finalidad fue de aumentar la productividad agrícola a través de un mayor empleo de fertilizantes; se implementan para tal fin los planes "CANJE" (cereales x fertilizantes).
- En 1986, el **INTA** pone en marcha el **Proyecto de Agricultura Conservacionista** (**PAC**), el cual hace una intensa difusión de tecnologías conservacionistas (reducción del laboreo, siembra directa, fertilización y sistematización en suelos con pendientes pronunciadas). Se pone en evidencia a través de la investigación en campos de productores, la importancia de la estrategia de Fertilización de Arranque cuando se implementa el sistema de Siembra Directa.
- A través del acuerdo de Cooperación Tecnológica entre los gobiernos de Italia y Argentina, nace en 1987 el **Proyecto de "Desarrollo de la Fertilización en la Argentina"**, que es implementado en forma conjunta por la **SAGyP** y el **INTA** con la asistencia técnica y económica del gobierno italiano. Aumenta el número de trabajos de investigación realizados por el **INTA** sobre el tema de Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Uno de los objetivos perseguidos hasta finales de la década era de encontrar la **Dosis Optima Económica**, que normalmente era bastante baja.

Década de 1990

Consumo de Fertilizantes 1990/91: 325.000 toneladas

- Se comienza a tener una visión de la práctica de fertilización, como un componente más del sistema de producción, para lograr un buen nivel de productividad. El **INTA** pone en marcha el **Proyecto de Intensificación de la Producción de Granos (IPG)**, a través del cual se intensifica la difusión de la fertilización en los diferentes cultivos agrícolas del área pampeana.
- El **INTA** pone en marcha el **Proyecto Fertilizar** que hace un aporte importante en la difusión a través de la **Revista Fertilizar**, Jornadas de Actualización y otros medios.
- A mediados de la década, el **INTA** a través de investigaciones realizadas en campo de productores, pone en evidencia la necesidad de la Fertilización Azufrada que hace un aporte singular en el logro de mejores rendimientos de los cultivos implantados en siembra directa.
- Sigue creciendo el número de trabajos de investigación en las universidades y el INTA, dedicados al tema de fertilidad de suelos y fertilización de cultivos.
- Durante este período ocurre un importante crecimiento del sector de comercialización y prestación de servicios de fertilizantes:
  - Aparicición de nuevas empresas, ampliación de la diversidad de fuentes, productos fertilizantes y ofertas de formulaciones líquidas.
  - Comercialización y distribución de productos sólidos a granel, preparación en planta de mezclas físicas "a medida".
  - Aparición en el mercado de **Prestación de Servicios de Fertilización Sólida y Líquida** todo lo cual contribuyó a impulsar la utilización y a mejorar la calidad de aplicación de fertilizantes.

Década de 2000

Consumo de Fertilizantes 2000/01: 1.800.000 toneladas

- Se empieza a manejar el concepto de **Reposición de Nutrientes** para mantener o mejorar la fertilidad natural.
- Comienza el desarrollo de la **Agricultura de Precisión,** iniciándose por parte del **INTA** y otras instituciones los estudios locales sobre el manejo sitio-especifico de la fertilidad del suelo y la fertilización de cultivos.
- Se produce una revalorización de la **fertilización biológica**. Se incrementa el interés y el empleo de la práctica de la inoculación de la semilla de soja con rizobios. Aparece la preinoculación y la combinación inoculación-tratamiento con fungicidas. Es de destacar el uso de bacterias solubizadoras de fósforo y de productos a base de Azospirillum. Se pone en marcha el **Proyecto Inocular** entre el **INTA** y las empresas proveedoras de inoculantes para mejorar la calidad y eficiencia del uso de los mismos.

- En el año 2005 empresas vinculadas a la producción y comercialización de fertilizantes crean la **Asociación Civil Fertilizar**, la que firma un convenio con el **INTA,** con el objetivo de intensificar la investigación en fertilización.
- A pesar del notable aumento en el consumo de fertilizantes, el desbalance de nutrientes sigue siendo importante. Se repone solamente el 37, 27 y el 10 % de fósforo, nitrogeno y azufre, respectivamente, del total que se llevan los granos con la cosecha de los cultivos.
- La mayoría de los productores han tomado conciencia de la necesidad de emplear fertilizantes en sus sistemas de producción. Paralelamente, desde el **INTA** se sigue trabajando sin pausa en la investigación y desarrollo de adecuados metodos de diagnosticos o ajustes de los existentes, estrategias de reposición de nutrientes y tecnologías de fertilización para que a través de su adopción se posibilite hacer un uso cada vez mas eficiente de los fertilizantes minimizando el impacto ambiental.

Año 2004/2005

Consumo de Fertilizantes 2004/05: 2.570.000 toneladas

Los 50 años del INTA

INPOFOS Cono Sur celebra los 50 jóvenes años de la exitosa y fructífera labor del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) en la Argentina.
Las investigaciones del INTA en todo el país han permitido generar tecnologías adecuadas para el manejo agronómico de cultivos, la producción animal y el desarrollo forestal del país.
El estrecho vínculo del personal del INTA con la producción, organizaciones agropecuarias e instituciones relacionadas al agro, aceleran la difusión de las tecnologías y contribuyen a alcanzar objetivos de productividad, económicos, sociales y ambientales.
Para INPOFOS Cono Sur es un honor interactuar con el INTA, como institución, y con todo su excelente personal técnico en el desarrollo y difusión de conocimientos en la búsqueda de una agricultura sustentable. El recurso suelo es patrimonio de la humanidad, nuestro y de las generaciones futuras, INTA brinda testimonio día a día de su compromiso con este legado.

¡Felices 50 primeros años!

Fernando O. García
Director Regional
INPOFOS Cono Sur

Red de Ensayos en Nutrición de Cultivos Región CREA Sur de Santa Fe

Resultados de la campaña 2005/06: Trigo

*Preparado por **Miguel Boxler** (Coordinador Ensayos), **Fernando O. García** (INPOFOS Cono Sur), **Jorge Minteguiaga** (Coordinador Zonal), **Luis Firpo** (CREA Baldissera), **Germán Deza Marin** (ASP), **Hugo Blanco** (Asesor CREA María Teresa) y **Angel Berardo** (Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce)*

Vea el Informe Completo en www.inpofos.org

En la campaña 2005/06, la región Sur de Santa Fe del movimiento CREA, con la colaboración de INPOFOS Cono Sur y el auspicio de Agroservicios Pampeanos (ASP), continúo la Red de Ensayos de Nutrición de Cultivos iniciada en la campaña 2000/01. Los objetivos generales de la Red son:

- Determinar respuestas (directas y residuales) de los cultivos dentro de la rotación a la aplicación de nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S) en diferentes ambientes de la región
- Evaluar algunas metodologías de diagnóstico de la fertilización nitrogenada, fosfatada y azufrada
- Evaluar deficiencias y respuestas potenciales a otros nutrientes: potasio (K), magnesio (Mg), boro (B), cobre (Cu) y zinc (Zn)

En este informe se reportan los resultados observados en nueve ensayos de trigo, de los cuales cuatro provenían de maíz (rotación maíz-trigo/soja) y cinco de soja de primera (rotación maíz-soja-trigo/soja). Los objetivos específicos para esta campaña fueron:

- Evaluación de la respuesta a la fertilización nitrogenada (directa y residual) y de métodos de diagnóstico. Los métodos de diagnóstico evaluados fueron: disponibilidad de N-nitratos en pre-siembra, concentración de N-nitratos en jugo de base de tallos al macollaje e índice de verdor al macollaje y antesis.
- Evaluación de la respuesta a la fertilización fosfatada (directa y residual) y del análisis de suelos en capa superficial en pre-siembra como método de diagnóstico.
- Evaluación de la respuesta a la fertilización azufrada (directa y residual) y del análisis de S-sulfatos en pre-siembra como método de diagnóstico.
- Evaluación del rendimiento sin limitaciones nutricionales en cada uno de los sitios de experimentación.

Materiales y Métodos

Los nueve ensayos que se reportan, se establecieron en lotes bajo siembra directa de varios años ubicados en establecimientos de los distintos grupos CREA de la región Sur de Santa Fe en las provincias de Santa Fe y Córdoba en la campaña 2000/01.

Los tratamientos de fertilización se realizan anualmente siempre sobre las mismas parcelas en todos los ensayos. La cantidad de nutrientes y los fertilizantes aplicados a la siembra del trigo en la campaña 2005/06 se indican en la Tabla 1. Los seis tratamientos establecidos fueron similares en los nueve sitios. En todos los sitios, los tratamientos se disponen en un diseño en bloques completos con tres repeticiones.

El manejo general del cultivo (control de malezas, fecha de siembra, etc.) fue similar al manejo del lote de producción, utilizándose maquinaria del productor en todos los casos.

En pre-siembra, se muestrearon tratamientos selectos en los tres bloques para determinar: P Bray en capa superficial (0-20 cm); y N-nitratos, y S-sulfatos a 0-20, 20-40 y 40-60 cm de profundidad. Antes de la siembra se evaluó la cantidad de rastrojo en superficie en los tratamientos Testigo y NPS.

Se determinó el contenido de agua del suelo a 0-100 cm de profundidad a la siembra, floración y madurez fisiológica en el tratamiento 5 (NPS).

En madurez fisiológica se determinó el número de espigas por m^2. A cosecha se determinó el rendimiento, la humedad de grano y el peso de mil granos. Los rendimientos reportados se han corregido al 14% de humedad. Con la información de espigas por m^2 y de peso de mil granos, se estimó el número de granos por espiga y por m^2. En todos los tratamientos se tomaron muestras de grano para evaluar la concentración de nutrientes (información no presentada).

Tabla 1. Tratamientos establecidos en los nueve sitios experimentales.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Nombre	Testigo	PS	NS	NP	NPS	NPSMgK Micros
	kg de nutrientes/ha					
N		20	120	120	120	120
P		46		46	46	46
Mg						12
S		24	24		24	24
B						1
Zn						2
Cu						2

Resultados

Efectos residuales y cantidad de rastrojo en superficie

Los efectos residuales de fertilizaciones anteriores con P se observaron en todos los casos. El mayor contenido de N-nitratos en algunos lotes estaría indicando un posible efecto residual de N aplicado en años anteriores. Este efecto residual de N no se observó en campañas previas en estos ensayos. De manera similar, los contenidos de S-sulfatos fueron superiores en el tratamiento NPS respecto del tratamiento NP en seis de los nueve lugares de realización de los ensayos, demostrando un efecto residual de aplicaciones anteriores de S. Estos efectos de residualidad de S habían sido observados en algunas situaciones en campañas anteriores.

La acumulación de rastrojos en superficie fue similar en los tratamientos Testigo de ambas rotaciones, pero fue significativamente mayor en los tratamientos NPS de la rotación M-T/S que de la rotación M-S-T/S (Figura 1).

Rendimientos y respuesta a la fertilización

En general, los rendimientos de trigo de la campaña 2005/06 fueron muy buenos, debido al régimen climático muy propicio para el desarrollo y crecimiento del cultivo, y a la muy baja incidencia de enfermedades de hoja o de espiga. Solamente en uno de los sitios experimentales, el cultivo fue muy afectado por las heladas registradas en Septiembre, lo que resultó en pérdidas de espigas y de granos por espiga; aunque el efecto de las bajas temperaturas también se observó en otros ambientes donde se desarrolló el cultivo.

La disponibilidad de agua a la siembra fue elevada en la mayoría de los sitios, y contribuyó al desarrollo adecuado del cultivo a pesar de las bajas precipitaciones de Junio-Agosto. Teniendo en cuenta el período de crecimiento del cultivo (Junio-Noviembre), las precipitaciones promediaron 307 mm para todos los sitios, con una mayor concentración en Octubre-Noviembre (promedio de 183 mm). Considerando las precipitaciones registradas entre Junio y Noviembre, se estiman eficiencias de uso de agua (promedio para los nueve sitios) de 8.3, 12.4, 10.6, 13.1, 14.3 y 14.8 kg/ha por mm, para los tratamientos Testigo, PS, NS, NP, NPS y Completo, respectivamente.

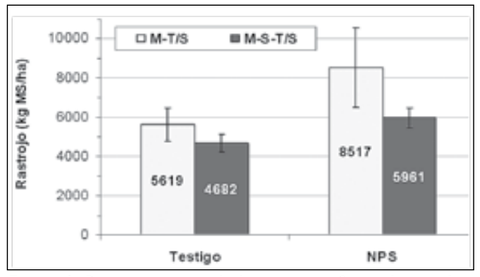

Figura 1. Rastrojos acumulados en superficie a la siembra de trigo en los tratamientos Testigo y NPS de las rotaciones maíz-trigo/soja (M-T/S) y maíz-soja-trigo/soja (M-S-T/S), promedios de 4 y 5 sitios, respectivamente. Ensayos Red CREA Sur de Santa Fe 2005/06.

Se observaron respuestas significativas a los tratamientos de fertilización en los nueve sitios. Las respuestas promedio a N, P, S y otros nutrientes fueron de 579, 1152, 378 y 129 kg/ha, respectivamente (Figura 2).

El número de granos por espiga y el número de granos por m^2 fueron los componentes mas relacionados con el rendimiento (Figura 3). El rendimiento no se relacionó significativamente con el peso de mil granos (r^2=-0.098) o el número de espigas por m^2 (r^2=0.238). Por lo tanto, las respuestas en rendimiento a la fertilización se explican fundamentalmente por efectos sobre el número de granos por m^2 y, en menor medida, en el número de granos por espiga. Los efectos de la fertilización sobre el peso de mil granos fueron significativos en 8 de los 9 sitios pero los mismos no fueron consistentes y no se asociaron con los efectos sobre los rendimientos.

Relaciones entre las variables de suelo y planta y los rendimientos y las respuestas a la fertilización

Excluyendo los seis sitios de la campaña 2002/03, muy afectada por enfermedades y condiciones climáticas adversas, y Santo Domingo 2005/06, muy afectado por heladas, se estimó una relación significativa entre la disponibilidad de N a la siembra (N-nitratos en el suelo a la siembra, 0-60 cm de profundidad, + N fertilizante) y los rendimientos (Figura 4). Si bien la variabilidad de la relación es alta, permitiría estimar necesidades de 100 kg/ha de N (suelo + fertilizante) para alcanzar 3600 kg/ha de rendimiento.

La relación entre el rendimiento relativo (rendimiento tratamiento NS/rendimiento tratamiento NPS) y la concentración de P Bray indica que el 93% de los sitios con P Bray menor de 15 mg/kg presentaron rendimientos relativos menores del 90%, de los 6 sitios con P Bray entre 15 y 20 mg/kg el 57% presentó rendimientos relativos menores del 90%, y por encima de 20 mg/kg solamente uno de los tres de los sitios presento un rendimiento relativo menor del 90% (Figura 5).

Las respuestas a S se relacionaron parcialmente con la concentración de S-sulfatos a 0-20 cm (Figura 6) En general, los niveles de S-sulfatos a la siembra fueron muy bajos, menores de 10 mg/kg a 0-20 cm, por lo que no se pudo manejar un rango adecuado

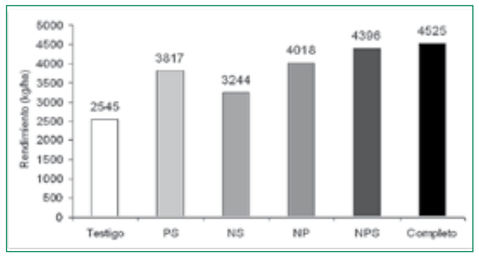

Figura 2. Rendimientos promedios de trigo para los seis tratamientos en los nueve sitios evaluados. Ensayos Red CREA Sur de Santa Fe 2005/06.

para explorar este tipo de relaciones. Tampoco se relacionaron los rendimientos con la disponibilidad de S-sulfatos a 0-60 cm.

Conclusiones

- Los análisis de suelos realizados en pre-siembra mostraron efectos residuales de fertilizaciones de campañas anteriores para N-nitratos, P Bray y S-sulfatos. En el caso de N-nitratos, esta es la primera campaña que se observan estos efectos residuales, probablemente relacionados con las condiciones climáticas durante el período de barbecho.
- Los rendimientos de trigo en la campaña 2005/06 fueron muy buenos y permitieron expresar el potencial de respuesta a los distintos nutrientes. En algunos sitios se observaron efectos de las heladas sobre los rendimientos pero, aun bajo estas condiciones, se observaron respuestas a la fertilización.
- El número de granos por espiga y el número de granos por m^2 se relacionaron significativamente con el rendimiento.

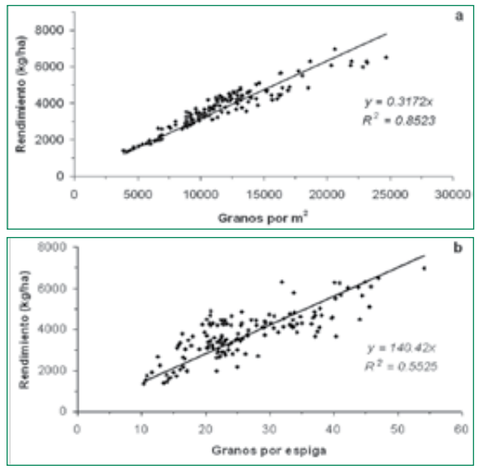

Figura 3. Relaciones entre el rendimiento y el número de granos por m2 (a), y el número de granos por espiga (b). Ensayos Red CREA Sur de Santa Fe 2005/06.

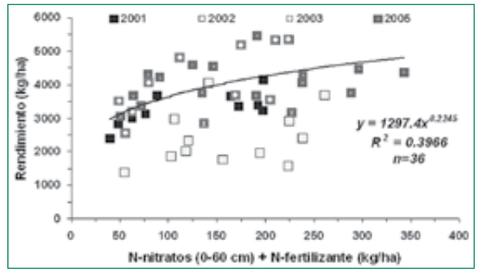

Figura 4. Rendimiento de trigo en función de la disponibilidad de N-nitratos en pre-siembra (0-60 cm) + N aplicado como fertilizante. El ajuste de la ecuación exponencial no incluye los datos de la campaña 2002/03 y Santo Domingo en 2005/06 (puntos verdes con asterisco). Ensayos Red CREA Sur de Santa Fe, 2001/02, 2002/03, 2003/04 y 2005/06.

- Se encontraron respuestas significativas a N en cuatro sitios, a P en ocho sitios, a S en tres sitios y a NPS en tres sitios. En ningún sitio fue significativa la respuesta a otros nutrientes.
- Considerando los 25 sitios de las cuatro campañas evaluadas en la Red de Nutrición, se observó que disponibilidades de N a la siembra (suelo + fertilizante) de 100 kg/ha permiten alcanzar rendimientos de 3600 kg/ha.
- Los sitios con niveles de P Bray menores de 15 mg/kg presentan respuestas altamente probables a la aplicación de P, mientras que por arriba de 20 mg/kg de P Bray, la probabilidad de respuesta disminuye marcadamente.
- Las respuestas a la fertilización azufrada se relacionaron parcialmente con la disponibilidad de S-sulfatos a la siembra a 0-20 cm de profundidad.

Agradecimientos

A todos los asesores, productores y personal de los establecimientos que implantaron los ensayos y participan en este proyecto.

A *Agroservicios Pampeanos (ASP)* por su continuo apoyo para la realización de esta Red.

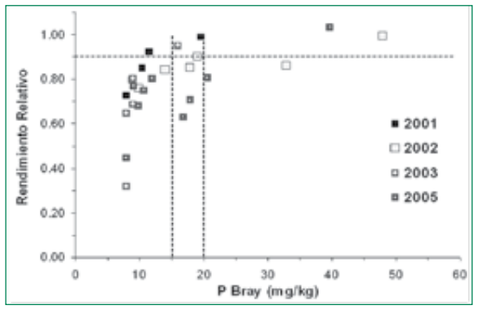

Figura 5. Rendimiento relativo de trigo (rendimiento NS/ Rendimiento NPS) en función del nivel de P Bray a 0-20 cm de profundidad a la siembra. La línea horizontal indica rendimiento relativo del 90% y las verticales la concentración de P Bray de 15 mg/kg y 20 mg/kg. Ensayos Red CREA Sur de Santa Fe, 2001/02, 2002/03, 2003/04 y 2005/06.

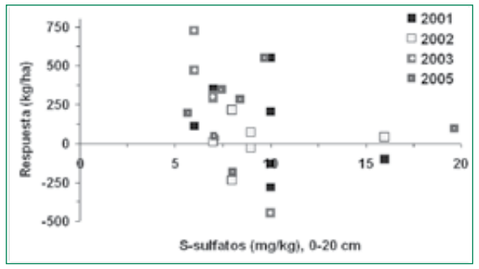

Figura 6. Respuesta a la fertilización azufrada en función del nivel de S-sulfatos a 0-20 cm de profundidad a la siembra. La respuesta incluye efectos residuales de fertilizaciones anteriores y directos de la fertilización del año, Ensayos Red CREA Sur de Santa Fe, 2001/02, 2002/03, 2003/04 y 2005/06.

Publicaciones de INPOFOS

Las siguientes publicaciones se encuentran disponibles con un costo nominal

Titulo de la Publicación	Costo U$S	Costo $ argentinos
NUEVO Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Este libro, editado por INTA (Argentina) con la colaboración de INPOFOS, contiene los principios y conceptos fundamentales de la fertilidad de suelos y del manejo de la fertilización para numerosos cultivos.	14	40
Nutrición y fertilización potásica en frutales y vides. Publicación de INIA La Platina (Chile) que discute los principales aspectos del manejo de potasio en frutales y vides, con énfasis en la situación del centro de Chile.	20	60
Fertilización de forrajes en la región pampeana. Una revisión de los avances en el manejo de la fertilización de pasturas, pastizales y verdeos en la región pampeana argentina. (Nueva edición en CD).	4	12
Simposio Fertilidad 2005. Nutrición, Producción y Ambiente. Actas del Simposio organizado por INPOFOS y Fertilizar en Rosario en Abril de 2005.	10	30
Síntomas de deficiencias nutricionales de trigo, maíz y soja. Set de tres posters que muestran y describen los síntomas de deficiencia de nutrientes en los tres cultivos.	5	15
Como se desarrolla una planta de soja. Edición en español de la guía fenológica y de manejo publicada por Iowa State University.	5	15
Como se desarrolla una planta de maíz. Edición en español de la guía fenológica y de manejo publicada por Iowa State University.	5	15
Simposio Fertilidad 2004. Fertilidad de Suelos para una Agricultura Sustentable. Actas del Simposio organizado por INPOFOS y Fertilizar en Rosario en Abril de 2004.	8	25
Simposio El Fósforo en la Agricultura Argentina. Actas del Simposio efectuado en Rosario en Mayo de 2003 (98 pág.)	5	15
Fertilidad 2002. Trabajos presentados en la Cuarta Jornada de Actualización Técnica para Profesionales realizada en Rosario (Argentina) en Mayo de 2002.	2.5	7.5
Fertilidad 2001. Trabajos presentados en la Tercera Jornada de Actualización Técnica para Profesionales realizada en Julio de 2001.	2.5	7.5
Fertilidad 2000. Trabajos presentados en la Jornada de Actualización Técnica para Profesionales realizada en Abril de 2000.	2.5	7.5
Manual de Fertilidad de Suelos. Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes.	20	60
Estadística en la investigación del uso de fertilizantes. Recopilación de conferencias presentadas en cursos de la especialidad por el Dr. Larry Nelson, publicada por la oficina de INPOFOS del Norte de Latinoamérica.	4	12
Fertilización del Algodón para Rendimientos Altos. Cubre en forma detallada los requerimientos nutricionales, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo.	5	15
Nutrición de la Caña de Azúcar. Guía completa para la identificación y corrección de desordenes y desbalances nutricionales de la caña de azúcar.	20	60
Manual de Nutrición y Fertilización del Café. Este manual presenta conceptos modernos del manejo de la nutrición y fertilización del cafeto como herramienta para lograr rendimientos altos sostenidos.	20	60
Balance para el éxito. Trifolios con información de manejo nutricional de cultivos. Disponibles: Alfalfa, Trigo, Maíz, Soja, Sorgo granífero, Algodón.	0.50 c/u	1.5 c/u
Nutri-Verdades. Trifolios que describen las necesidades de nutrientes y el manejo de la fertilización de cultivos. Disponibles: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre, Magnesio, Calcio/pH, Boro, Zinc, Manganeso, Cobre, Hierro, Otros micronutrientes.	0.50 c/u	1.5 c/u

Publicaciones de reciente aparición

Esta sección presenta información sobre publicaciones regionales de reciente aparición.

Materia orgánica: Valor agronómico y dinámica en suelos pampeanos
Coordinador: Roberto Alvarez. 2006.
Información: Editorial Facultad de Agronomía - UBA
Av. San Martín 4453 – (1417) Buenos Aires
efa@agro.uba.ar

Manual de Fertilidad de Suelos y Uso de Fertilizantes (2ª. Edición)
Autor: Dr. Néstor A. Darwich. 2005.
Información: Estudio Dr. Nestor A. Darwich y Asociados.
Avellaneda 3354, (7600) Mar del Plata, Argentina.
Tel./Fax 0223-4729813. E-mail: ndarwich@arnet.com.ar

Congresos, Cursos y Simposios

Esta sección presenta eventos futuros en el ámbito regional e internacional que pueden ser de interés de los lectores

IV Congreso Brasilero de Soja
Lugar y fecha: Londrina, Paraná, Brasil. 5-8 Junio 2006.
Información: EMBRAPA Soja. Tel. (43) 3371-6336
cbsoja4@cnpso.embrapa.br - www.cnpso.embrapa.br/cbsoja

9ª Jornada de Actualización Técnica en Soja "Para Rendir al Máximo"
Lugar y fecha: Club de Viajantes Pergamino, 14 Junio 2006.
Información: Semillero Don Mario
megonzalez@donmario.com

Seminario "Balances de nutrientes en sistemas de producción agrícolas, ganaderos y lecheros"
Lugar y fecha: INIA La Estanzuela, Ruta 50 km 11, Colonia, Uruguay. 21 Junio 2006.
Información: Srta. Karina Cabrera, INIA La Estanzuela. cabrera@le.inia.org.uy.
Tel: (0574) 8000, Fax (0574) 8012

Mundo Agro 2006
Lugar y fecha: Hotel Hilton, Buenos Aires, Argentina. 22 y 23 Junio 2006.
Información: SEMA. Tel/Fax: 54-11-4322-6210
sema@serviciosymarketing.com.ar

III Congreso de Soja del MERCOSUR – Mercosoja 2006
Lugar y fecha: Rosario, Argentina. 27-30 Junio 2006.
Información: ACSOJA
congresomercosoja@acsoja.org.ar - www.acsoja.org.ar

IV Simposio sobre Suelos Volcánicos Degradados
Lugar y fecha: Morelia, Estado de Tlaxcala, México. Del 1 al 8 de Julio 2006
Información: Dr. Christian Prat. Institut de Recherche pour le Développement - IRD Mexico, Calle Ciceron 609. Col. Los Morales. MDM POLANCO A.P. 297. 11550 MEXICO
Tel.:52-443-325-3173 o 3178 FAX: 52-435-352-3172
http://www.isvo06.org/index.html
information@isvo06.org

18°. Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo
Lugar y fecha: Filadelfia, Pensilvania, EE.UU. 9-15 Julio 2006
Información: 18wcss@soils.org - www.18wcss.org

6° Curso de Agricultura de Precisión "Hacia una agricultura Sustentable"
Lugar y fecha: INTA Manfredi, Ruta 9 km 636, Córdoba, Argentina. 25-27 Julio 2006.
Información: agprecision@correo.inta.gov.ar
Website: http://www.agriculturadeprecision.org

XIV Congreso Nacional de AAPRESID y V Simposio de Fertilidad y Fertilización en Siembra Directa
Lugar y fecha: Rosario, Santa Fe (Argentina). 8-11 Agosto 2006
Información: Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID)
www.aapresid.org.ar

2006 World Fertilizer Conference
Lugar y fecha: San Francisco, California, EE.UU. 10-12 Septiembre 2006
Información: www.tfi.org

Fertbio 2006
XXVII Reunión Brasilera de Fertilidad de Suelos y Nutrición de Plantas
XI Reunión Brasilera sobre Micorrizas
IX Simposio Brasilero de Microbiología de Suelos
VI Reunión Brasilera de Biología de Suelos
Lugar y fecha: Bonito, MS (Brasil). 17-22 Septiembre 2006
Información: www.cpao.embrapa.br/fertbio2006

XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo
Lugar y fecha: Salta-Jujuy, 18-22 Septiembre de 2006.
Información: www.suelossaljuy.org.ar - www.suelos.org.ar

Zinc Crops 2007
Lugar y fecha: Natalia, Turquía. Mayo 2007.
Información: mcook@iza.com; cakmak@sabanciuniv.edu

¡UNA OPORTUNIDAD PARA ACTUALIZARSE!

INPOFOS Cono Sur ofrece la siguiente combinación de publicaciones - Precio $70.

Jornada Fertilidad 2000

Jornada Fertilidad 2001

Jornada Fertilidad 2002

Simposio Fertilidad 2003

Simposio Fertilidad 2004

Simposio Fertilidad 2005

Formas de pago de publicaciones de Inpofos

Argentina
- Giro Postal o Telegráfico, a través de Correo Argentino o Envío de dinero a través de Western Union. Los datos para realizar su envío son los siguientes:
  DESTINATARIO: Sra. Laura Nélida Pisauri - DNI:17.278.707
  DIRECCION: Av. Santa Fe 910 (B1641ABO) Acassuso – Buenos Aires – Argentina
  AGENCIA DE CORREOS DE DESTINO: Sucursal Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- Depósito Bancario en Citibank, Cta. Cte. N° 0-516483-016 Sucursal Olivos a nombre de POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA
- Transferencia Bancaria o por Banelco a POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA, Banco Citibank, Cuenta Corriente 0-516483-016, CBU 0167777-1 0000516483016-0 CUIT 30-70175611-4
  Solicitamos nos haga saber por teléfono, fax o e-mail, la opción elegida y nos envíe los datos para acreditar su pago. (No. de giro y fecha, o datos de depósito o transferencia bancaria).

Otros Países
- Envío de dinero a través de Western Union, ver instrucciones para el envío más arriba.
- Cheque certificado en dólares estadounidenses a nombre de POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA.
- Tarjeta de crédito internacional (Mastercard, Visa, American Express).

Para adquirir las publicaciones de INPOFOS Cono Sur:
1. Además del costo de la/s publicaciones, deberá tener en cuenta los gastos de envío, que son variables de acuerdo al peso en gramos (g): hasta 100 g (equivale a 1 publicación) $ 3.00; entre 100 - 500 g (equivalen a 3/5 publicaciones) $ 5.00; y entre 500 - 1000 g $ 10.00.
2. Deberá enviarnos a nuestra oficina de INPOFOS por Fax.: 011-4798-9939 o por mail a lpisauri@ppi-ppic.org, el comprobante de pago.
3. Indicar si solicita Factura A ó B, a nombre de quien extenderla, dirección completa y CUIT.

Suscripción

Si Ud. desea recibir Informaciones Agronómicas para el Cono Sur, por favor complete el cupón y envíelo por correo, fax o correo electrónico a:
INPOFOS Cono Sur, Av. Santa Fe 910, (B1641ABO) Acassuso, Argentina
Tel./Fax: (54) 011-4798-9939 Correo Electrónico: lpisauri@inpofos.org

Nombre y Apellido: .....

Institución o Empresa: .....

Principal Actividad: .....

Calle: ..... Nro.: ..... C.Postal: .....

Localidad: ..... Provincia: .....

E-mail: ..... Teléfono: .....

¡MUCHAS GRACIAS!

XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

y Primera Reunión de Suelos de la Región Andina

Salta-Jujuy, 19-22 de Septiembre de 2006

La Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (AACS) y la Comisión Organizadora del "XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo" invitan a participar del mismo a socios, investigadores, profesionales, organismos oficiales y privados, empresas, productores y estudiantes de nuestro país y del extranjero comprometidos con el estudio y desarrollo del conocimiento del suelo.

Fecha de recepción de trabajos:

Hasta el 31 de mayo de 2006
El formato de presentación de los trabajos se encuentra en la web:
www.suelossaljuy.org.ar

Costos de inscripción:

	Socio Activo de la AACS(con cuota al día)	Adherente o No Socios	Oyentes, Estudiantes de grado(*)
Inscripción hasta el 31/05/06 ($)	150	300	50
Inscripción después del 31/05/06 ($)	200	400	70

(*) Con presentación de Libreta Universitaria

Más información en:

Fondo Especial del Tabaco . Pueyrredón 378, Salta.
Tel. (0387)-4220300
comision@suelossaljuy.org.ar
www.suelossaljuy.org.ar - www.suelos.org.ar

AACS
ASOCIACIÓN ARGENTINA CIENCIA DEL SUELO