INFORMACIONES AGRÓNOMICAS DEL CONO SUR #35

IPNI
INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

INSTITUTO INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN DE PLANTAS

WWW.IPNI.NET

PROGRAMA LATINOAMERICA - CONO SUR

SEPTIEMBRE 2007

CONTENIDO

- RECOMENDACIONES DE FERTILIZACIÓN PARA GIRASOL
- ¿CUANTO FÓSFORO HAY QUE APLICAR?
- RESIDUALIDAD DEL FÓSFORO Y DEL AZUFRE
- APLICACIONES DE FÓSFORO EN CULTIVOS DE MAÍZ
- RED CREA SUR DE SANTA FE: MAÍZ 2006/07.

RECOMENDACIONES DE FERTILIZACIÓN PARA GIRASOL EN LAS REGIONES SEMIÁRIDA Y SUBHÚMEDA PAMPEANAS

Alfredo Bono[1] y Roberto Alvarez[2]
[1] EEA Anguil INTA, CC 11 (6326) Anguil La Pampa, Argentina.
[2] Facultad de Agronomía, UBA. Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires, Argentina.
abono@anguil.inta.gov.ar

Introducción

Desde la década del `70 se han realizado numerosos estudios para determinar los efectos de la fertilización nitrogenada y fosforada sobre el cultivo de girasol, siendo la respuesta en general errática. En las Regiones Semiárida y Subhúmeda Pampeanas (sur de San Luis, sur de Córdoba, este de La Pampa y oeste de Buenos Aires) se han obtenido resultados positivos con la aplicación de fertilizantes a la siembra (Bono *et al.*, 1999). En estos trabajos se han descripto respuestas positivas a nitrógeno (N) y a fósforo (P) como resultado de tres años de experimentación, pero no ha sido posible desarrollar un método de recomendación de fertilización para el cultivo (Bono *et al.*, 2003). En el oeste de la Provincia de Buenos Aires, Díaz Zorita (1996) encontró respuestas positivas del rendimiento con dosis de 40 y 80 kg de N ha^{-1} aplicados en el estado V6. Se ha propuesto para la región utilizar la concentración de nitratos en la base de los pecíolos de las hojas jóvenes y el valor de medición de clorofila como indicadores para recomendar la fertilización nitrogenada (Díaz Zorita y Duarte, 1997). Con fertilización a la siembra se han descripto incrementos de rendimientos promedio de 400 kg ha^{-1}, y de 700 kg ha^{-1} con fertilización en 4-6 pares de hojas, aplicando dosis no mayores

Cultivo de girasol.

IPNI
International
Plant Nutrition
Institute

Director: Dr. Fernando O. García
Instituto Internacional de Nutrición de Plantas
Programa Latinoamerica - Cono Sur
Av. Santa Fe 910
(B1641ABO) Acassuso – Argentina
Tel/Fax (54) (011) 4798-9939
E-mail: fgarcia@ipni.net
Sitio Web: www.ipni.net

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.

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

Contenido:

Recomendaciones de fertilización para girasol en las regiones semiárida y subhúmeda pampeanas — 1

¿Cuanto fósforo hay que aplicar para alcanzar el umbral crítico de fósforo disponible en el suelo?
II. Cálculos para las zonas Sur y Norte de la Región Pampeana — 6

Residualidad del fósforo y del azufre
Estrategia de fertilización en una secuencia de cultivos — 11

Aplicaciones incorporadas y "al voleo" de fósforo en cultivos de maíz en la región de la pampa arenosa — 17

Red de Ensayos en Nutrición de Cultivos.
Región CREA Sur de Santa Fe.
Resultados de la campaña 2006/07: Maíz — 20

Congresos, Cursos y Simposios — 25

Publicaciones de Inpofos — 26

a 60 kg N ha^{-1} (Bono *et al.*, 2003). Por otro lado, González Montaner *et al.* (citado por Darwich, 1996), trabajando en el este de La Pampa y sur de Córdoba, mencionan respuestas entre 350 y 500 kg grano ha^{-1} por el agregado de dosis crecientes de urea de 50 a 150 kg ha^{-1}. Sin embargo, no existe actualmente una metodología disponible para estimar la respuesta del cultivo a la fertilización y poder hacer evaluaciones económicas de la conveniencia de realizar la práctica.

Se dispone de abundante información publicada (Bono *et al.*, 1999; Bono 2005; Bono *et al.*, 2003, Quiroga *et al.*, 2002) y no publicada sobre la respuesta del girasol a la fertilización que no ha sido integrada en una sola base de datos. Nuestro objetivo fue integrar esa información para generar recomendaciones de fertilización para el cultivo.

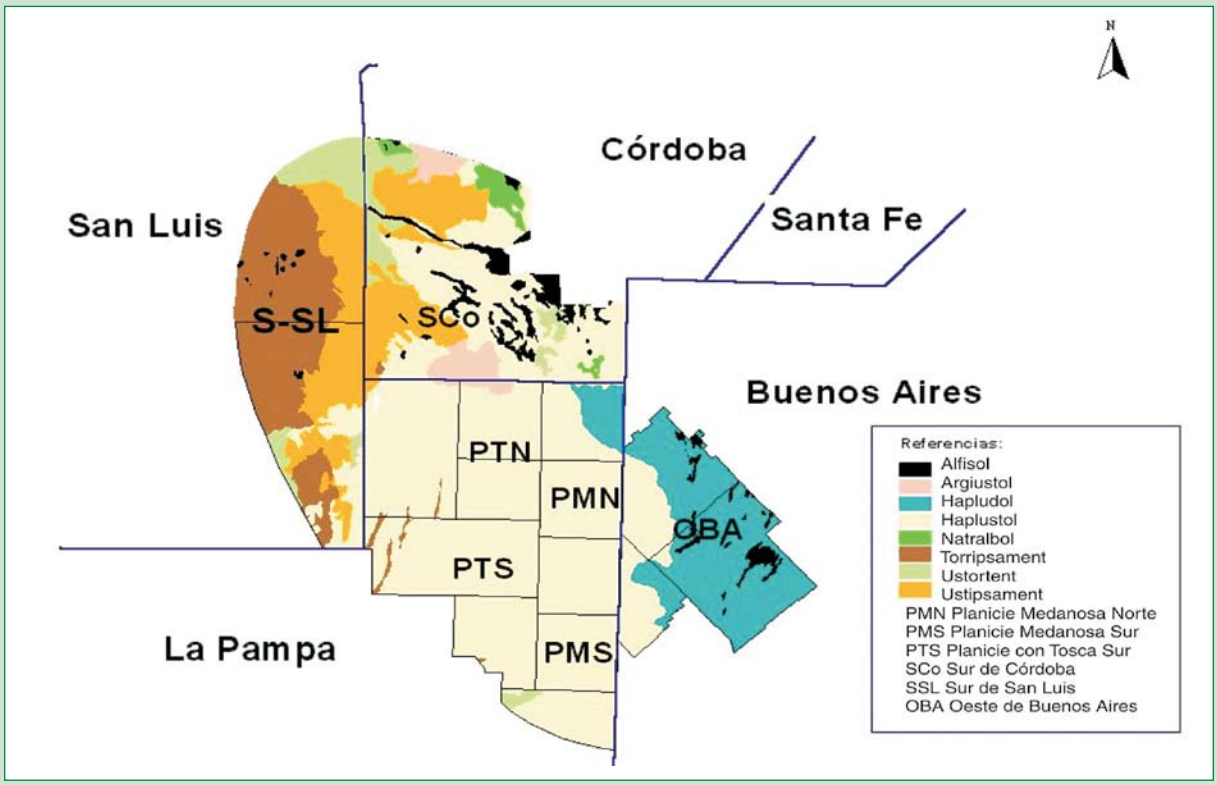


Figura 1. Área de trabajo y tipo de suelos donde se realizaron los experimentos.

Materiales y Métodos

Desde 1997 hasta el 2005 se realizaron 130 ensayos de fertilización en el cultivo de girasol en las Regiones Semiárida y Subhúmeda Pampeana (Fig. 1). Los mismos fueron instalados principalmente sobre suelos de ordenes Molisoles y Entisoles. Según los casos, se utilizaron dos sistemas de labranza, convencional de la zona donde el suelo se preparaba con rastras y discos (n = 87) y siembra directa (n = 45). Los cultivos antecesores fueron pastura y verdeos (n = 40), soja (n = 15), girasol (n = 11), maíz y sorgo (n = 44), trigo, cebada y centeno (n = 16) y barbecho largo (n = 4).

Se utilizaron distintos híbridos y se siguió el manejo adoptado por el productor en cada caso. En todos los sitios se determinó profundidad del suelo hasta la tosca cuando ésta estaba a menos de 200 cm de la superficie. En el estrato 0-20 cm se analizó a la siembra, materia orgánica (Walkey y Black), fósforo extractable (Bray 1) y pH. La densidad aparente se cuantificó con cilindros de acero de 250 cm^3 y el contenido de humedad del suelo en capas de 20 cm hasta los 200 cm de profundidad o hasta la tosca, por gravimetría. Se determinaron nitratos (ácido cromotrópico) en capas de 20 cm hasta los 60 cm de profundidad. La capacidad de campo y el punto de marchitez de cada suelo fueron también evaluados (olla de Richards), calculándose el agua útil a la siembra como la diferencia entre el contenido de agua del suelo y el punto de marchitez permanente. En el 50 % de los sitios se determinaron textura de 0 a 20 cm (método de Bouyucos) y las precipitaciones durante el ciclo del cultivo (Tabla 1).

Se realizaron distintos tipos de ensayos. En todos los casos se comparó un testigo sin fertilizante con tratamientos fertilizados con N, P o azufre (S), combinaciones de éstos, y a la vez, diferentes dosis, fuentes y momentos de aplicación de N (Tabla 2).

El diseño experimental fue variable estando los experimentos en general bloqueados con tres repeticiones asignadas al azar dentro de cada bloque. El tamaño de las parcelas fue de 10 x 10 m, determinándose en madurez el rendimiento del cultivo por cosecha manual (13.5 % de humedad). La respuesta a la fertilización se calculó como la diferencia de rendimiento entre los tratamientos fertilizados y los testigos y, la eficiencia agronómica como la respuesta por unidad de nutriente aplicada. Los resultados de la red de experimentos se analizaron por técnicas de regresión múltiple para buscar explicar el rendimiento o la respuesta a la fertilización con variables de sitio y manejo. Se probaron modelos de regresión polinómica testeando efectos lineales, cuadráticos e interacciones. Variables categóricas como antecesor y sistema de labranza se testearon en los modelos como variables "dummy". Para probar los efectos de los nutrientes, las fuentes y momentos de aplicación de N se compararon respuestas por un test de t apareado entre los promedios de los tratamientos para todos los experimentos donde se probaba cada efecto.

Tabla 1. Propiedades de los suelos de los sitos experimentales.

	Profundidad (cm)	Arcilla+limo (%)	C orgánico (%)	pH	Fósforo extractable (ppm)	N nitratos (kg/ha)	Precipitación (mm)
Media	171	36	1.07	6.1	28.7	74	471
Mínimo	40	13	0.25	5.5	3.4	22	242
Máximo	200	81	3.35	7.0	60.4	222	917

Tabla 2. Tipo de ensayos, tipo de fertilizante, dosis de N, P y S y momentos de aplicación de N usados en los 130 ensayos de girasol.

Tipo de ensayo	Número de ensayos	Tipo de Fertilizante	Dosis de N	Dosis de P	Dosis de S	Momentos de aplicación de N
			(kg/ha)			
Dosis y fuentes de N combinado con P	31	Urea, CAN, SFT, MAP	40 y 80	11, 20, 22, 33	0	Siembra, V6
Dosis y fuentes de N y S combinados con P	29	Urea, CAN, SA, SNA, SC, SFT	27, 40, 46, 54, 80	14, 20	30	Siembra
Dosis y momentos de N combinados con P	9	Urea y FDA	40, 80, 120	10	30	Dividida
Dosis de N	42	Urea	40, 60, 80	0	0	Siembra
Dosis y momentos de aplicación N	19	Urea	40, 60, 80	0	0	Siembra, V6

SFT: super fosfato triple, FDA: fosfato diámonico, MAP: fosfato monoánico, SA: sulfato de amonio, SNA: sulfonitrato de amonio, SC sulfato de calcio.

Resultados y Discusión

Hubo respuesta significativa del rendimiento a la fertilización nitrogenada y fosforada, pero no a la azufrada. Tampoco se detectó interacción entre N y P. No hubo efectos del momento de aplicación del N ni la fuente agregada sobre la magnitud de la respuesta del cultivo (Tabla 3). Los modelos de regresión logrados para explicar el rendimiento y la respuesta a la fertilización tuvieron bajo ajuste (aprox. R^2 = 0.30-0.40) y no fueron útiles para predecir el comportamiento del girasol ante el agregado de fertilizantes (resultados no presentados). En promedio se observó una respuesta de unos 300 kg grano ha^{-1} a la aplicación de N y de alrededor de 100 kg grano ha^{-1} a la aplicación de P.

Variables de sitio comunmente usadas para predecir la respuesta de los cultivos a la fertilización no permitieron estimar las respuestas del girasol (Fig. 2). La respuesta a N no dependió del nivel de nitratos del suelo y, el nivel de P extractable no estuvo relacionado a la respuesta a P. Otras variables de sitio como la profundidad del perfil, la textura, el contenido de agua a la siembra o las precipitaciones fueron igualmente de poca ayuda para predecir las respuestas.

En consecuencia, no fue posible generar ecuaciones predictivas que permitan estimar cómo va a responder el rendimiento del girasol al agregado de nutrientes según la fertilidad del sitio y sólo es posible presentar valores medios de respuesta y eficiencia. Para N la eficiencia de respuesta disminuyó al aumentar la dosis, pasando de aproximadamente de 6.5 a 4.5 kg grano kg N^{-1} cuando la dosis se incrementaba de 40 a 80 kg N ha^{-1} (Fig. 3).

Estimando un precio promedio histórico de girasol de 230 U$S ton^{-1}, gastos de cosecha, flete y comercialización del 20% y un precio medio de la urea de 300 U$S ton^{-1}, puede estimarse una relación de precios promedio de aproximadamente 4. Esto implica que es necesario producir al menos unos 4 kg grano kg N^{-1} agregado para pagar el fertilizante. Dosis bajas, de 40 kg N^{-1} o similares, resultan entonces generalmente económicas, mientras que dosis altas dejan de serlo. Para P, la eficiencia de respuesta media de la red experimental fue de 6 kg grano kg P^{-1} aplicado, para dosis de 20 kg P ha^{-1}. Considerando un precio medio del fosfato diamónico de 380 U$S ton^{-1} la relación de precios de indiferencia es de aproximadamente de 11. Esto indica que no es rentable económicamente la fertilización del girasol con este nutriente en la región de estudio. En el caso de P, es importante destacar que los sitios con niveles de P Bray menores de 12 ppm, considerados como críticos según algunos autores, representan solamente un 12 % de la población de sitios evaluados. El reducido número de

Tabla 3. Significancia de las respuestas a la fertilización

Efecto	Pares de datos	Respuesta	Significancia
		(kg grano/ha)	
Fertilización nitrogenada (N)	638	294	0.01
Fertilización fosforada (P)	176	115	0.05
Fertilización azufrada	60	-71	ns
Interaccción N x P	120	-	ns
Momento aplicación N	81	-	ns
Fuente N	101	-	ns

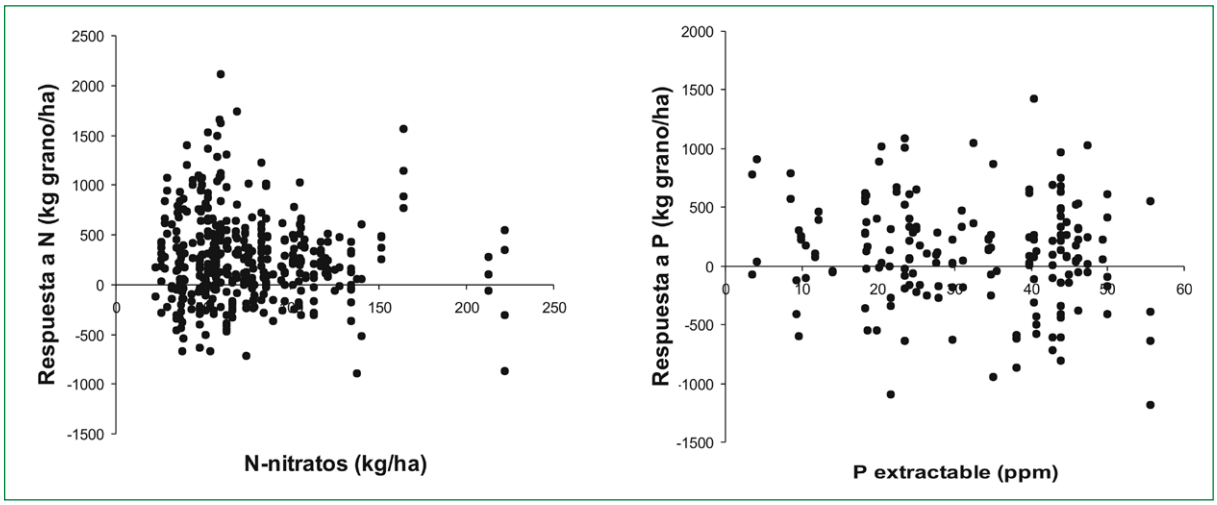


Figura 2. Relación entre la respuesta a N y a P con los contenidos de N de nitratos y P extractable de los suelos.

sitios con niveles de P Bray bajos podría explicar la baja respuesta a P.

Los resultados obtenidos indican que el girasol responde económicamente a dosis bajas de N aplicadas a la siembra o en forma diferida, y sin efecto de la fuente usada, en la Región Semiárida y Subhúmeda Pampeana. Por el contrario, la fertilización fosforada no es recomendable desde el punto de vista económico. La decisión de aplicar P a este cultivo en esta región puede pasar más por la intención de mantener el nivel de P extractable del suelo que por el retorno económico inmediato de la inversión.

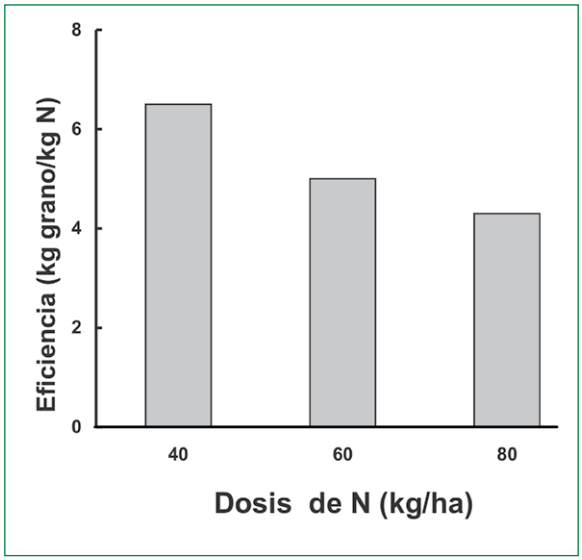


Figura 3. Eficiencia de respuesta de girasol a la fertilización con distintas dosis de N.

Referencias

Bono A. 2005. Dosis y momentos de aplicación de nitrógeno en girasol en la región semiárida pampeana. Publicación Técnica N° 61 EEA Anguil INTA pp 41-42.

Bono A., J.C. Montoya y F.J. Babinec. 1999. Fertilización en Girasol. Resultados obtenidos en tres años de estudio. Publicación Técnica N° 48. EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas" INTA. 28 pp.

Bono A., A. Quiroga y C. Scianca. 2003. Fertilización Nitrogenada en La Región Semiárida Pampeana. Boletín de Divulgación Técnica N° 77. pp 66-78.

Darwich N. 1996. Fertilidad de soja y girasol. En: Oleaginosa. Moreno SA, Curso de Actualización para profesionales "Fertilidad de suelos y uso de fertilizantes". Necochea, 18 pp.

Díaz Zorita M. 1996. Productividad de cultivos de girasol fertilizados con N en la región de la pampa arenosa. (Campaña 1995-1996). Convenio INTA-AACREA, Zona Oeste Arenoso.

Díaz Zorita M. y G. Duarte. 1997. Nitrógeno y producción de girasol en la región de la pampa arenosa. Actas del XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Carlos Paz, Córdoba. pp 115-116.

González Montaner J., M. Posborg, F. Dolorico y W. Wagner. 1996. Girasol. Diagnóstico de fertilización nitrogenada en el sudeste de Buenos Aires, Argentina. II. Convenio AACREA Zéneca-Zona Mar y Sierras.

Quiroga A., A. Bono y A. Corro Molas. 2002. Aspectos Nutricionales del Girasol en la Región Semiárida y Subhúmeda Pampeana. Idia XXI N° 3. pp 128-134.

Nueva publicación

Publicación con los trabajos presentados en el Simposio "Fertilidad 2007" recientemente organizado por IPNI Cono Sur y Fertilizar AC en la ciudad de Rosario. Entre los temas discutidos por los destacados profesionales nacionales y extranjeros se incluyen: ciclo del nitrógeno, calidad de fertilizantes, aplicaciones de fertilizantes, reportes de experimentación en manejo y fertilidad de suelos y fertilización de cultivos de los últimos años, eficiencia de uso del N en maíz, manejo de fertilización nitrogenada en dosis variables, la fertilización de pasturas y estrategias de fertilización en EE.UU. y Argentina.

- Costo de la publicación: $40 (cuarenta pesos argentinos)
- Costo de envío: $6 (seis pesos argentinos)
- La publicación puede ser adquirida contactando a: IPNI Cono Sur - At. Sra. Laura Pisauri - Tel/Fax (54) 011 4798 9939 - Lpisauri@ipni.net

¿Cuanto fósforo hay que aplicar para alcanzar el umbral crítico de fósforo disponible en el suelo?

II. Cálculos para las zonas Sur y Norte de la Región Pampeana

Gerardo Rubio, María J. Cabello y Flavio H. Gutiérrez Boem
Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Facultad de Agronomía, UBA. e IBYF CONICET-UBA.
Av. San Martín 4453, C1417DSE Buenos Aires.
rubio@agro.uba.ar

Introducción

El umbral crítico de un nutriente en el suelo es el valor de disponibilidad que separa el nivel de deficiencia del nivel de suficiencia. En los planteos agrícolas se suele recomendar la dosis de fertilizante fosforado en función de los umbrales críticos de respuesta de cada cultivo. Son esperables respuestas positivas al agregado de fertilizantes en aquellos suelos con valores menores al umbral crítico. Los umbrales suelen estar expresados en términos de concentración de fósforo (P) extractable en los primeros centímetros del perfil. En la Región Pampeana, el método de medición de fósforo extractable más extendido es el Bray 1. En la actualidad existen consistentes estimaciones de los umbrales críticos. Para el caso de soja y girasol, los umbrales críticos oscilan entre 9 y 13 (Bray 1) y para el caso de trigo y maíz entre 14 y 19 mg kg^{-1} (Barberis et al., 1987; Blanco et al., 2004; Echeverria et al., 2002; Echeverria y Garcia, 1998; Garcia, 2003; Ron y Loewy, 2000). Estos valores son similares a los umbrales utilizados como standard en el cinturón maicero de Estados Unidos (Mallarino y Blackmer, 1992; Dodd y Mallarino, 2005), lo cual no es sorprendente pues la mayor variación de los umbrales se da entre especies y no entre suelos.

Si bien constituyen la base de la recomendación de fertilización, los umbrales críticos son insuficientes para determinar la dosis de fertilizante a aplicar. La información sobre umbrales debe ser complementada con modelos que permitan predecir la dosis necesaria en cada suelo particular para alcanzar esos umbrales críticos. La mayoría de los trabajos internacionales que trataron de construir modelos de este tipo, lo han hecho en base a suelos que presentaban una alta variabilidad en las características del suelo que hacen a la dinámica del P (ej. cantidad y tipo de arcilla) e incluso suelos que pertenecían a diferentes órdenes (Cox, 1994; Wang et al., 2000). Por lo tanto esa información no es tan útil para nuestros suelos agrícolas pampeanos, que presentan una alta homogeneidad y en su mayoría pertenecen al orden Molisoles. Existen antecedentes de esta información para algunas áreas específicas de la Región Pampeana (Berardo y Grattone, 2000; Quintero et al., 2003; Suñer et al., 2004; Rubio et al., 2004), pero no existen modelos que abarquen una mayor amplitud geográfica.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar una metodología de aplicación regional que permita determinar la cantidad de P a aplicar para elevar el P extractable en el suelo desde un valor inicial hasta un determinado valor objetivo. La aproximación experimental consiste en relacionar el incremento en los niveles de P extractable en el suelo luego de la fertilización con parámetros edáficos considerados a priori como relevantes en la dinámica del P edáfico. Esta información nos permite elaborar modelos predictivos de la cantidad de P a agregar para alcanzar determinado nivel de disponibilidad de P. En la primera parte de este trabajo (Rubio et al. 2004), presentamos resultados correspondientes a suelos representativos del Norte de la Región Pampeana. En el presente, se adicionan los resultados correspondientes a situaciones del Sur de la Región Pampeana y nuevas variables para robustecer los modelos predictivos.

Materiales y Métodos

Se seleccionaron 71 suelos (orden Molisoles) representativos de la Región Pampeana que presentaban un rango de variabilidad en las propiedades edáficas. Las muestras provinieron de San Antonio de Areco, Carmen de Areco, Chivilcoy, Exaltación de la Cruz, Salto, 25 de Mayo, Colon, Carlos Tejedor, Lincoln, Alberti, Puan, Tandil, San Cayetano, Pila, Olavaria, Azul , Bahia Blanca, Tres Arroyos, Loberia y Benito Juárez (Buenos Aires); Canals y Adelia Maria (Córdoba), Cañada de Gomez, Juncal, Venado Tuerto y Oliveros (Santa Fe).

Los experimentos para evaluar el incremento en el P extractable ante dosis crecientes de fertilizante fosforado se llevaron a cabo en el predio de la Facultad de Agronomía (UBA). Se evaluaron 5 dosis: 0, 8, 16, 32 y 64 mg P kg^{-1} de suelo. La fuente de P fue una solución de $K(H_2PO_4)_2$. Los suelos se fertilizaron homogéneamente y se distribuyeron en contenedores plásticos, que se mantuvieron entre el 50 y el 90% de capacidad de campo durante el transcurso del experimento. Los contenedores se dispusieron al aire libre pero protegidos del sol, para que estén sometidas a las variaciones naturales de temperatura. El experimento comenzó en noviembre, de modo de simular las condiciones de temperatura durante el crecimiento de los cultivos de verano. Se evaluó la evolución del P extractable a los 45 días desde el

momento de fertilización. Luego de la incubación se determinó por duplicado el P extractable (Bray 1) en cada muestra. Se calculó para cada suelo el aumento en el P extractable para cada dosis de P agregado como la diferencia entre el P extractable de una muestra con el P extractable promedio de las dos muestras a las que no se le agregó P. Se utilizaron estas relaciones para calcular el incremento en el P del suelo ante el agregado de una unidad de fertilizante al suelo. El coeficiente b se ajustó para cada situación mediante el modelo lineal simple $y = bx$, donde y es el incremento en P extractable (diferencia entre el P extractable a los 45 días en cada dosis de fertilizante agregado y el P extractable del tratamiento sin agregado de P), b es la pendiente y x es la dosis agregada de P (Fig. 1). El coeficiente b queda definido entonces como el incremento en el P extractable en el suelo ante la adición de un mg P kg^{-1} en el suelo.

Se realizaron varias mediciones de propiedades del suelo: P extractable (Bray 1), carbono total, composición textural, pH, y dos índices de retención de P (Quintero et al., 1999 y Sims, 2000). Se obtuvo un conjunto de datos con la relación entre la evolución del P extractable, las dosis de fertilizante fosforado y las características químicas específicas de cada suelo.

La aplicación práctica de los coeficientes b obtenidos en el presente trabajo parte del supuesto que el fertilizante comercial posee un comportamiento semejante al fertilizante utilizado en nuestro estudio y que el cultivo tiene una respuesta similar al fertilizante aplicado a campo que al fertilizante aplicado homogéneamente en el seno del suelo. La distribución homogénea del fertilizante es un requisito para obtener valores b con baja variabilidad.

Modelos obtenidos

En la Tabla 1 se presentan los rangos de las características de los suelos analizados. El P extractable inicial y el pH fueron las variables con el mayor y menor coeficiente de variabilidad, respectivamente. Los rangos texturales variaron entre franco arenoso y arcilloso franco y los coeficientes b variaron entre 0.27 y 0.74, promediando 0.52. Una notable segregación espacial de los coeficientes b fue observada. Suelos localizados al Norte de la Pampa Deprimida presentaron coeficientes b más elevados que en el Sur ($F = 76.8$; $P < 0.001$). El promedio de b en el Norte fue 0. 58 (SE =0.013) y en el Sur 0.41 (SE =0.012). Esto indica que los suelos del Sur necesitarían mayor cantidad de P para elevar el componente extractable del suelo que los del Norte.

Actualmente se están haciendo los estudios correspondientes para tratar de indagar acerca de estas diferencias. En la presente versión de los modelos, se ha introducido una variable cualitativa binaria que tiene en cuenta el diferente comportamiento de los suelos del Sur y del Norte. Los valores para esta

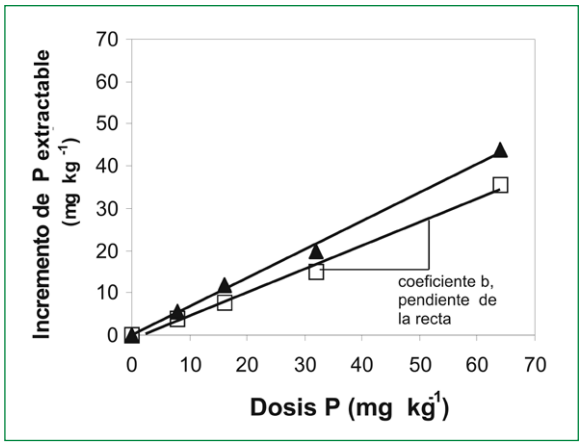


Figura 1. Relación entre el incremento en P extractable (diferencia entre el P extractable a los 45 días en cada dosis de fertilizante agregado y el P extractable del tratamiento sin agregado de P) y la dosis agregada de P para dos suelos. El coeficiente b es la pendiente de la recta y se calculó para cada una de las situaciones analizadas.

Tabla 1. Mínimos, máximos, promedios y coeficientes de variación de las propiedades de suelo analizadas. (n=71) y promedios de los suelos del Sur y del Norte (Fig. 2).

	Todos los Suelos†				Norte‡	Sur§	Valor P ‡‡
	Min	Max	Promedio	CV¶	Promedio	Promedio	
coeficiente b	0.27	0.74	0.52	22.5	0.58	0.41	***
Arcilla (%)	8.7	37.6	23.18	27.5	21.2	26.1	***
pH	5.3	7.5	6.1	6.1	6.1	6.4	***
Carbon Total (g kg^{-1})	11.5	38.6	21.8	32.8	18.34	27.3	***
P Bray (mg kg^{-1})	2.4	35.6	12.1	64.7	10.8	14.3	NS§§
Indice retención P I #	218.3	302.6	251.3	6.8	245.	260	***
Indice retención P II ††	242.2	418.2	310.2	12.6	288.8	341.2	***

*‡ Solo se incluyen suelos del Norte; § Solo se incluyen suelos del Sur: ¶ Coeficiente de variación; # Indice retención P I (Quintero et al., 1999); †† Indice retención P II (Sims, 2000); ‡‡ Valor P para el test t comparando Sur y Norte; §§ No significativo P > 0.05; *** Significativo P < 0.001.*

variable fueron 0 para suelos del Sur y 1 para los del Norte. Los dos suelos de la Pampa Deprimida fueron incorporados al grupo Sur ya que sus coeficientes b fueron más semejantes al promedio de este grupo (0.39, 0.42). El índice de retención de Sims fue el factor con el más alto valor predictivo sobre el coeficiente b (r^2= 0.45).

Se ajustaron modelos de regresión simple y múltiple para estimar el coeficiente b a partir de las propiedades edáficas utilizando los procedimientos stepwise y Mallows (Tabla 2). Los diferentes modelos presentados en esta tabla representan diferentes subgrupos de datos. Se presentan modelos con y sin la variable PRI (índice de retención de P) ya que ésta no es un análisis de rutina ofrecido por los laboratorios de suelo comerciales. El mejor modelo para el conjunto total de parámetros incluyó las variables P inicial, zona e índice de retención (r^2= 0.70). Excluyendo la variable PRI, el mejor modelo predictivo incluyó la variable P inicial, zona y contenido de arcilla.

Como quedo definido, el coeficiente b representa el incremento en P Bray ante el agregado de 1 ppm de P al suelo. Desde el punto de vista práctico, es de mayor utilidad el dato de la cantidad de P necesaria para incrementar el P Bray en una unidad que este coeficiente b. En tal sentido, la interpretación del modelo 5 indica que, para una zona determinada, a mayor contenido de arcilla y a menor contenido de P extractable del suelo es necesario agregar más P para elevar la disponibilidad en 1 ppm. En el anexo de este trabajo se brinda información para realizar la transformación y en la Figura 3 se brinda un ejemplo.

Los modelos desarrollados son de aplicación general a los suelos agrícolas de la Región Pampeana y pueden ser usados para decidir la dosis de fertilizante a agregar para elevar el contenido de P extractable del suelo a un determinado valor objetivo.

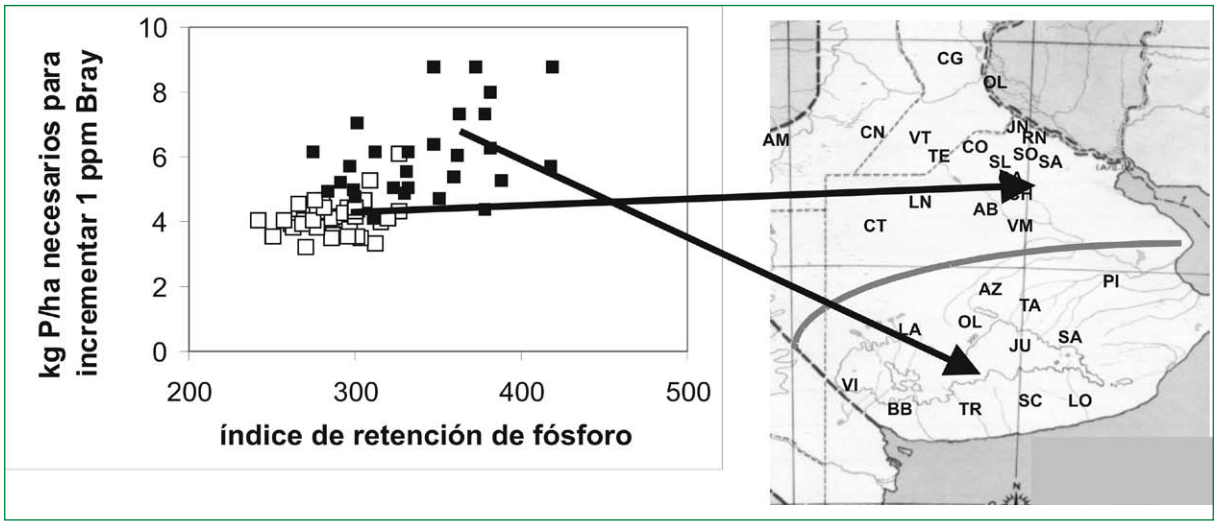


Figura 2. Cantidad de P de fertilizante necesaria para incrementar el nivel de P Bray del suelo en un ppm en función del índice de retención de P. En la figura: Suelos del Norte de la Región Pampeana símbolos llenos, suelos del Sur símbolos vacíos. En el mapa se muestran los sitios de muestreo.

Tabla 2. Modelos predictivos del coeficiente b. PRI I=índice retención P Quintero et al. (1999), PRI II=índice retención P Sims. C total: carbono total (g kg^{-1}). Z=variable binaria suelos al Sur de la Pampa Deprimida valor =0, al Norte valor 1.

	Ecuación del modelo	r^2 or R^2	P
Modelo 1: una sola variable	1.137 – 0.002 PRI II	0.44	<0.0001
Modelo 2: una sola variable, PRI excluidos	0.715-0.0091 Ctotal	0.31	<0.0001
Modelo 3: todas las variables	0.95049 + 0.00482 PBray + 0.1545 Z - 0.00233 PRI-I	0.70	<0.0001
Modelo 4: se excluye la variable binaria zona	1.4437 + 0.00410 PBray - 0.0555 pH - 0.00204 PRI-II	0.56	0.03
Modelo 5: PRI excluidos	0.45369 + 0.00356 PBray + 0.16245 Z - 0.00344 arcilla (%)	0.61	<0.0001

Agradecimientos

Este proyecto es financiado por, UBA, CONICET, ANPCYT e IPNI. Se agradece a O. Novello, F. Salvagiotti, F. García, G. Ferraris, P. Marasas, M. Silva Rossi, J. Gené, C. Alvarez, P. Prystupa, B. Romano, J. Gaona, H. Echeverria, M. Pazos, S. Mestelan, T. Loewy, P. Calviño, A. Sallies, J. Galantini, M. Fernández, M. Souilla, y F. Pacín por la provisión de muestras. Gerardo Rubio y Flavio Gutiérrez Boem son miembros del CONICET.

Referencias

Barberis L.A., G. Duarte, A. Sfeir, L. Marban y M. Vázquez. 1987. Respuesta de trigo a la fertilización fosforada en la Pampa Arenosa Húmeda y su predicción. Ciencia del Suelo 5: 166-174.

Berardo A. y D. Grattone. 2000. Fertilización fosfatada requerida para alcanzar niveles objetivos de fósforo Bray en un Argiudol. XVII Cong Arg Ciencia del Suelo, Mar del Plata.

Blanco H., M. Boxler, J. Minteguiaga, R. Houssay, G. Deza Marín, A. Berardo y F. García. 2004. Red nutrición Crea sur de Santa Fe. Informaciones Agronómicas 23: 9-14.

Cox F.R. 1994. Predicting increases in extractable phosphorus from fertilizing soils of varying clay content. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:1249-1253.

Dodd J.R. y A.P. Mallarino. 2005. Soil-test phosphorus and crop grain yield responses to long-term phosphorus fertilization for corn-soybean rotations. Soil Sci. Soc. Am. J. 69:1118-1128.

Echeverría E., G. Ferraris, G. Gerster, F.H. Gutierrez Boem y F. Salvagiotti. 2002. Fertilización en soja y trigo - soja: respuesta a la fertilización en la región pampeana resultados de la red de ensayos del Proyecto Fertilizar – INTA Campaña 2000/2001 y 2001/2002. EEA INTA Pergamino, 44 p.

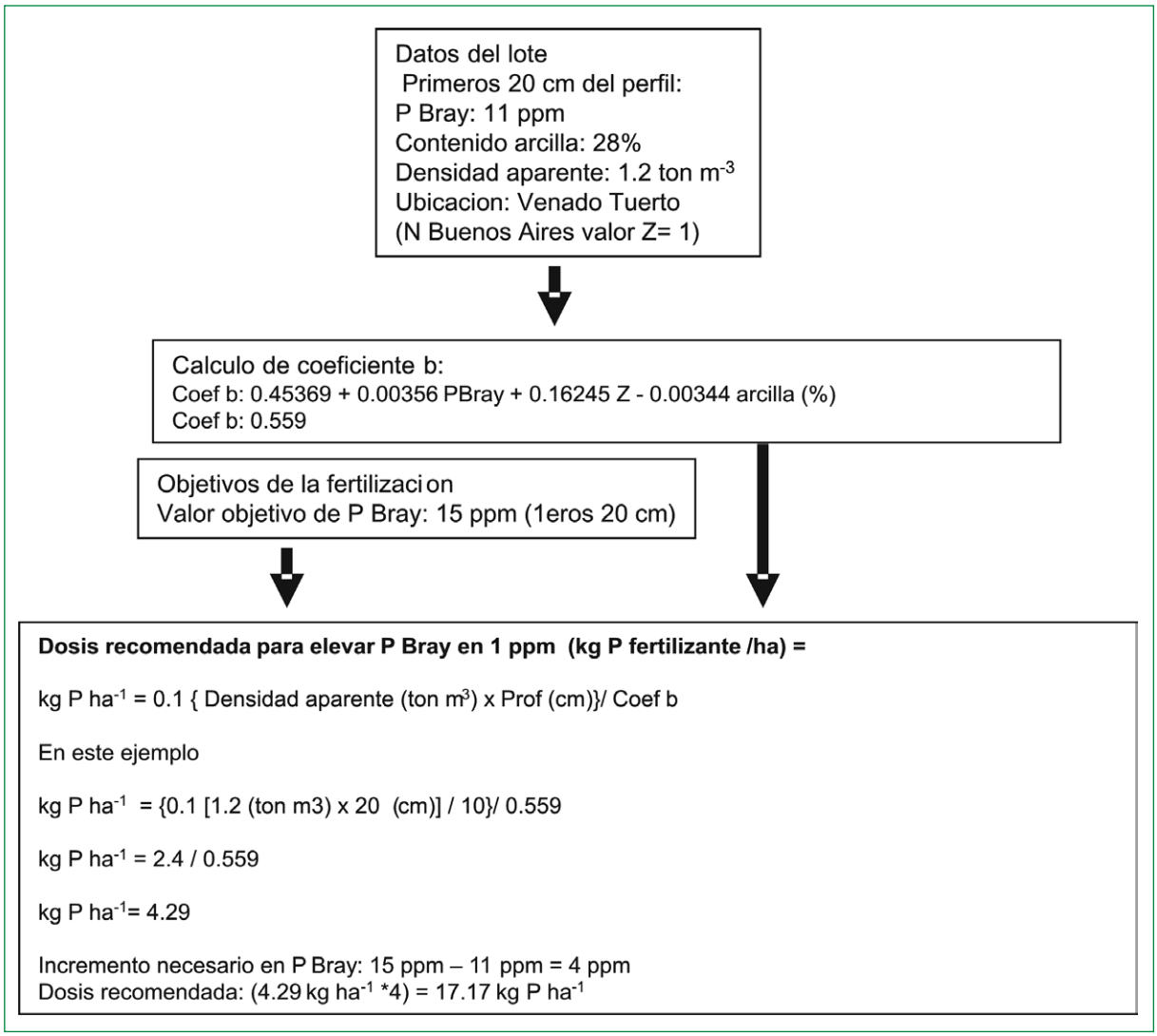


Figura 3. Aplicación práctica de los resultados obtenidos. Ejemplo de un lote agrícola de Venado Tuerto en el que se quiere incrementar el P extractable a 15 ppm P Bray. Resultado final expresado en kg P por hectárea, multiplicando este valor por 5 se obtiene la dosis en kg de superfosfato triple o fosfato diamónico.

Echeverría H.E. y F.O. García. 1998. Guía para la fertilización fosfatada de trigo, maíz, girasol y soja. Boletín técnico 149, INTA, EEA Balcarce.

García F.O. 2003. El manejo de fósforo en la producción de trigo y maíz. Simposio El fósforo en la agricultura argentina. INPOFOS, pág.55-61.

Mallarino A.P. y A.M. Blackmer. 1992. Comparision of methods for determining critical concentrations of soil test phosphorus for corn. Agron. J 84:850-856.

Quintero C.E., G.N. Boschetti y R.A. Benavidez. 1999 Phosphorus retention in some soils of the argentinean mesopotamia. Com Soil Sci Plant Anal: 30: 1449-1461.

Quintero C., G. Boschetti y R.A. Benavidez. 2003. Effect of soil buffer capacity on soil test phosphorus interpretation and fertilizer requirement. Comm Soil Sci Pl Anal, 34:1435-1450.

Ron M.M. y T. Loewy. 2000. Modelo de fertilización nitrogenada y fosforada para trigo en el Sudoeste Bonaerense, Argentina. Ciencia del Suelo 18: 44-49.

Rubio G., F.H. Gutiérrez Boem y M.J. Cabello. 2004. ¿Cuanto fósforo hay que aplicar para alcanzar el umbral crítico de fósforo disponible en el suelo? I. Cálculo a partir de propiedades básicas del suelo. Informaciones Agronomicas del Cono Sur 23: 5-8.

Sims J.T. 2000 A phosphorus Sorption Index. En G.M. Pierzynski Methods of P analysis for soils, sediments, residuals and waters. Pg 22-23. USDA. Southern Cooperative series.

Suñer L., J.A. Galantini y R.A. Rosel. 2004. Fertilización con fósforo en suelos de la Región Pampeana cultivados con trigo. Actas CD XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Paraná. AACS.

Wang X., J.M. Jackman, R.S. Yost y B.A. Linquist. 2000. Predicting soil phosphorus buffer coefficients using potential sorption site density and soil aggregation. Soil Sci. Soc. Amer. J. 64:240-246.

ANEXO

Aplicación práctica de los resultados obtenidos

Como ya fue definido mas arriba, el coeficiente b representa el incremento en el P extractable del suelo (medido en mg de P Bray por kg de suelo – ppm) al agregar una cantidad de fertilizante equivalente a un mg de P del fertilizante por kg de suelo. Para convertir esta cantidad de fertilizante en dosis de P por hectárea, es necesario definir dos variables: la profundidad del suelo en el cual se realiza la determinación del contenido inicial de P extractable del suelo y la densidad aparente del mismo. La profundidad de muestreo debe coincidir con la profundidad en la cual se trabajó en el método de determinación del umbral crítico a utilizarse. En la mayoría de los métodos de recomendación de fertilización fosforada realizados en el Norte de la Región Pampeana esa profundidad es 0-20 cm. La densidad aparente es una propiedad variable del suelo. Un valor representativo para suelos de la Región es 1.2 ton m^{-3}, aunque es recomendable ajustarlo para cada caso particular, en caso de ser posible. Definidas estas dos variables, es posible convertir el coeficiente b en un parámetro de directa utilización para determinar la dosis de fertilizante a agregar.

Una vez calculado el coeficiente b de acuerdo a los modelos de la Tabla 2 la ecuación a aplicar es: (*)

Utilizando una profundidad de 0-20 cm y una densidad aparente 1.2 ton m^{-3}, un simple cálculo matemático indica que una dosis de 1 mg de P por kg de suelo (standard en la determinación del coeficiente b) es equivalente a 2.4 kg ha^{-1}. Al dividir el valor b por 2.4 obtenemos el incremento en ppm de P extractable al agregar un kg de P por ha. Si, en cambio, dividimos 2.4 por el coeficiente b obtenemos el parámetro De, que es la dosis necesaria de P (kg ha^{-1}) para incrementar en una unidad (1 ppm) el P extractable. El coeficiente b promedio de todas las situaciones fue de 0.52, lo que significa que la dosis de fertilizante fosforado promedio necesaria para incrementar una unidad de P-Bray del suelo 45 días después de aplicado el fertilizante al suelo es 4.61 kg ha^{-1} (2.4/0.52), equivalente a 23 kg ha^{-1} de fosfato diamónico o superfosfato triple.

En la Figura 3 se ejemplifican los cálculos con un lote agrícola de Venado Tuerto al que se quiere llevar a una disponibilidad de P de 15 ppm. La dosis final recomendada se debe traducir en kg de fertilizante para lo cual debe ser considerada la concentración de P del mismo. Para el caso del fosfato diamónico y el superfosfato esa concentración es el 20%.

$$(*)\quad \text{Dosis P (kg P/ha) para elevar P Bray en 1 ppm:} \frac{0.1[\text{Densidad aparente (ton m}^{-3}\text{) x Prof (cm)}]}{\text{Coeficiente b}}$$

Residualidad del fósforo y del azufre
Estrategia de fertilización en una secuencia de cultivos

Hugo S. Vivas[1], R. Albrecht[1], J. L. Hotián[2] y L. Gastaldi[1].
[1] INTA EEA Rafaela, [2] Cooperativa Bernardo de Irigoyen.
hvivas@rafaela.inta.gov.ar

Introducción

Las propiedades residuales del fósforo (P) y del azufre (S) fueron demostradas en varias oportunidades por investigaciones realizadas en suelos del centro de la provincia de Santa Fe (Vivas, 1996; Martínez y Cordone, 1998; Albrecht et al., 2000; Vivas et al., 2001; Vivas, 2003; Fontanetto et al., 2003). De igual modo y principalmente para P, otros investigadores de la región pampeana y del mundo encontraron similares características residuales (Barrow, 1980; Berardo y Grattone, 2000).

La proyección de los beneficios nutritivos y económicos de dichos elementos para más de un cultivo posiciona a los mismos como una herramienta adecuada para su utilización en una secuencia o rotación. Kamprath (1967) demostró esta propiedad con el P, donde luego de fertilizar con una cantidad considerable de este nutriente, obtuvo buenos rendimientos en maíz durante varias cosechas. Con el S, por su gran movilidad, las posibilidades residuales podrían ser limitadas en suelos arenosos, en cambio en los franco limosos como los del centro de Santa Fe su comportamiento demostró ser efectivo como residual en varias cosechas (Vivas et al., 2001). Aunque las referencias bibliográficas catalogan como deficientes o marginales a valores de S-SO_4^{2-} inferiores a 10 ppm (Hoeft et al., 1973), hasta el presente no existe una técnica analítica confiable para diagnosticar su deficiencia para los cultivos.

Como la finalidad de cualquier proceso agronómico es conciliar la producción física con la sustentabilidad del recurso natural y el ambiente, no solo es importante conocer las deficiencias de los nutrientes necesarios para aumentar los rendimientos de los cultivos, sino también su correcta utilización en cantidad y forma. En la búsqueda de la sustentabilidad de los recursos naturales y el ambiente, una alternativa al monocultivo de soja la constituye la implementación de secuencias que incluyan gramíneas y leguminosas por los aportes de carbono a la materia orgánica del suelo, además de tecnologías como la siembra directa con rastrojos en superficie y la fertilización estratégica que permita alcanzar los rendimientos propuestos y mantener la capacidad productiva de los suelos.

El objeto del presente trabajo consistió en evaluar los efectos directos y residuales de diferentes dosis de P y S en la producción de cultivos de una secuencia como estrategia de fertilización cada dos cosechas.

Materiales y métodos

La rotación utilizada fue trigo/soja-maíz-soja en la localidad de Bernardo de Irigoyen y sobre un suelo serie Clason con más de 50 años de agricultura continua. Como en la investigación el N no constituyó una variable, el mismo fue aplicado con dosis de suficiencia tanto en trigo como en maíz. Para el P se contemplaron tres situaciones: un testigo (P0), una dosis intermedia (P20) y una para cubrir la extracción de dos cultivos (P40). Con el S, la variante de dosis también contempló cantidades menores pensando en las gramíneas y superiores para los requerimientos de la soja. Tanto el P como el S se aplicaron en dos oportunidades: en el trigo y en el maíz para tener beneficios residuales, en la soja de 2° y la soja de 1°, respectivamente. Para el doble cultivo trigo/soja se consideró el criterio propuesto por García et al. (2001) en cuanto al suministro de nutrientes para más de una cosecha, tal como ha sido demostrado por Salvagiotti et al. (2005).

Los tratamientos resultaron de una combinación factorial de P (0, 20 y 40 kg/ha) y de S (0, 12, 24 y 36 kg/ha) en un diseño de parcelas divididas en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El tratamiento de P constituyó la parcela principal y el de S las subparcelas. La unidad experimental fue de 4,2 x 12 m. El P se aplicó bajo la forma de superfosfato triple de calcio (P= 20%) y el S como yeso (S= 18%). En trigo y en maíz se utilizaron 60 y 100 kg/ha de N como urea (N= 46%), respectivamente.

El contenido inicial de P extractable en la capa superficial (0-20 cm) fue de 6 ppm, materia orgánica de 2,6%, N-NO_3^- de 7 ppm, S-SO_4^{2-} de 6 ppm y pH de 6. El fertilizante con P se incorporó con la sembradora, mientras que el N y el S se distribuyeron al voleo al momento de la siembra.

La variedad de trigo utilizada fue Klein Chajá que se sembró el 26-6-2003 y se cosechó el 21-11-2003. La soja de segunda fue RA 500 que se sembró el 21-11-2003 y se cosechó el 26-4-2004. Luego de evaluar la producción de trigo y soja de 2° se realizó un análisis del suelo superficial (0-20 cm) para determinar el P extractable residual.

Antes de instalar el tercer cultivo de la secuencia (maíz) se aplicaron nuevamente los tratamientos con P y S con el propósito de satisfacer de nutrientes al maíz y a la soja de 1°. El maíz utilizado fue Rusticana 201 sembrado el 5-9-2004 y cosechado el 15-2-2005. La soja de 1° fue RA 418 sembrada el 10-11-2005

y cosechada el 7-4-2006. Posterior a la cosecha del maíz y de la soja se evaluó el contenido superficial (0-20 cm) del P residual, S-SO_4^{2-} y materia orgánica.
Los resultados de rendimientos fueron analizados mediante análisis de la variancia y de regresión (al 5% de significancia).
Finalizada la secuencia se calculó el margen bruto (producción * precio de venta – costos directos) de la producción física acumulada para todos los tratamientos y cultivos. Se utilizaron los precios de insumos y productos correspondientes a setiembre de 2006.

Resultados

Producción de Trigo

Las precipitaciones durante marzo (102 mm), abril y mayo de 2003 fueron importantes, por lo que se logró una buena recarga de agua en el perfil de suelo, aspecto relevante en trigo (Villar, 2000). De igual modo las ocurridas durante el período vegetativo, particularmente en julio y agosto, que normalmente son meses deficientes. La etapa de encañazón y floración del trigo ocurrió en óptimas condiciones de humedad. En octubre, la precipitación fue moderada y, en consecuencia, la incidencia de enfermedades foliares fue baja.
La producción de trigo osciló entre 3137 kg/ha para el tratamiento testigo absoluto y 4340 kg/ha para el tratamiento P40S36, con un promedio del ensayo de 3801 kg/ha y un rango de 1203 kg/ha (Fig. 1). El coeficiente de variación fue 6,6%. Las diferencias productivas encontradas entre tratamientos no son frecuentes en trigo pero se debieron a la confluencia de altos niveles de fertilización y condiciones ambientales muy favorables tanto para la fase vegetativa como para el llenado del grano.
La interacción PxS no fue significativa (P>0,05). El P y el S tuvieron un efecto positivo sobre la producción (P<0,05). Los promedios de rendimiento fueron: 3405, 3907 y 4091 kg/ha para las dosis P0, P20 y P40 kg/ha, respectivamente, con incrementos de 502 kg/ha para P20 y 686 kg/ha para P40 por sobre el testigo P0. Los aumentos con S12, S24 y S36, respecto de S0, fueron 242 kg, 255 kg y 327 kg/ha, respectivamente.

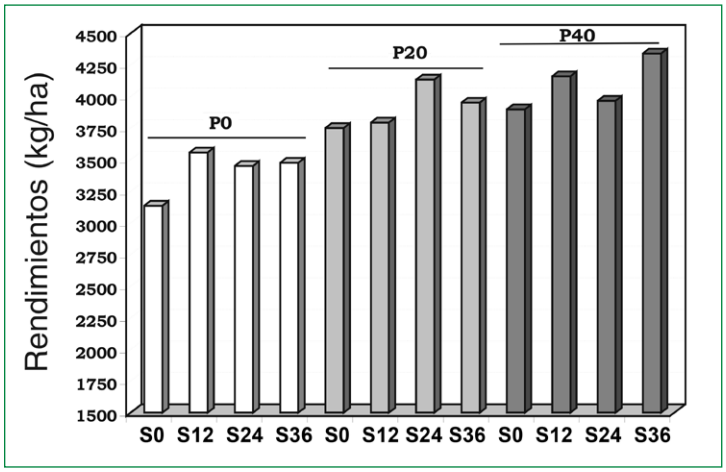


Figura 1. Producción de trigo con diferentes niveles de P y S dentro de la secuencia Tr/Sj-Mz1°-Sj1°. Unidad Demostrativa Agrícola Bernardo de Irigoyen, 2003.

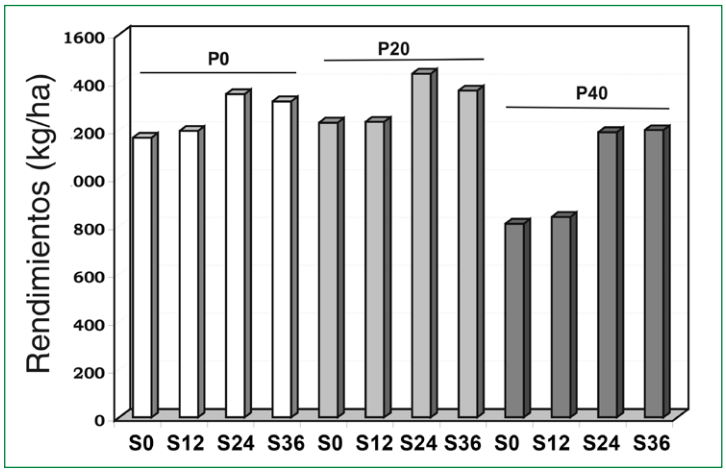


Figura 2. Producción de Soja de 2° con dosis residuales de P y S aplicados al trigo dentro de la secuencia Tr/Sj-Mz1°-Sj1°. Unidad Demostrativa Agrícola Bernardo de Irigoyen, 2004.

Producción de Soja de 2°

La soja de 2° se caracterizó por tener una deficiencia hídrica extrema que alteró la expresión de los rendimientos y la respuesta a los fertilizantes. Para noviembre, diciembre (2003), enero, febrero y marzo (2004), las precipitaciones fueron de 38, 85, 85, 30 y 82 mm, respectivamente. En abril se recibió una precipitación importante (165 mm), pero no incidió sobre la producción final.
En los tratamientos donde la producción de trigo fue mayor, se obtuvieron los menores rendimientos de soja y viceversa (Fig. 2). Los beneficios residuales, que generalmente son altos en la soja de 2° (Vivas et al., 2001), no se expresaron en esta ocasión debido al marcado déficit hídrico. El rendimiento medio del ensayo fue de 1196 kg/ha y el coeficiente de variación de 20,3%.
La interacción PxS no fue significativa (P>0,05). Tampoco lo fue el factor P (P>0,05). Las diferencias producidas por el S fueron significativas (P<0,05) y a di-

ferencia del P las dosis mayores tuvieron rendimientos más altos: 1070, 1090, 1327 y 1296 kg/ha, para S0, S12, S24 y S36, respectivamente.

En la Figura 3 se aprecia el contenido de P extractable en el suelo superficial (0-20 cm) posterior al doble cultivo trigo/soja. Para el nivel P0, el valor medio fue 11,9 ppm, para P20 de 13,4 ppm y para P40 de 16,5 ppm. Si consideramos a 15 ppm como nivel deseable para una secuencia trigo/soja (Hanway y Olson, 1980; Echeverría y García, 1998), el único tratamiento con suficiencia fue el de P40.

En el nivel P0 y a través de los niveles de S, el P extractable tendió a disminuir y se explicaría porque, con S, el trigo y la soja tuvieron mayor producción y, en consecuencia, mayor consumo del P nativo. Con P20, la tendencia fue aumentar los niveles de P extractable con los niveles de S, en cambio con P40 dicho nivel aumentó con S12 pero luego disminuyó con S24 y S36.

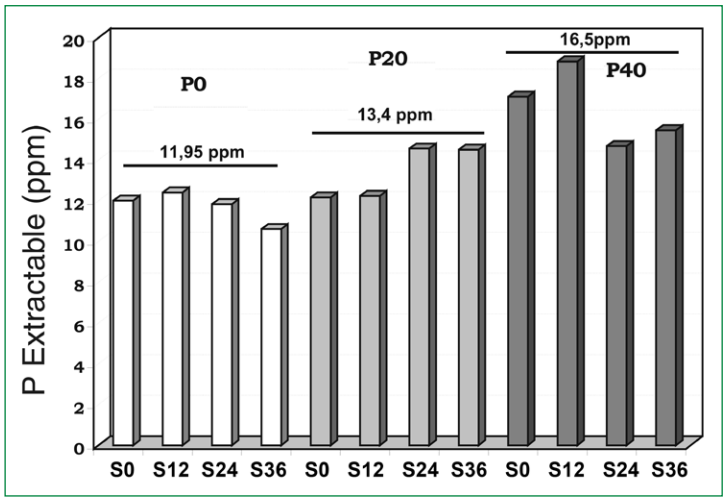


Figura 3. Fósforo extractable (0-20 cm) luego de producir trigo y soja en una rotación. Unidad Demostrativa Agrícola Bernardo de Irigoyen, 2004.

Producción de Maíz de 1°

Previo a la siembra del maíz se realizó la segunda fertilización con P y S de la secuencia, con los mismos tratamientos iniciales. El período crítico (noviembre y diciembre) fue bien cubierto en la distribución de agua. Se encontraron respuestas significativas entre los tratamientos ($P<0,05$), con un coeficiente de variación de 7,8% y un $R^2= 0,83$ (Fig. 4). Con el nivel P0+P0, los incrementos de rendimiento con S fueron importantes pero con una tendencia cuadrática, mientras que con P40+P40 la tendencia sería lineal. Con P20+P20, la respuesta a S fue errática. Fue notable la manifestación del S que logró producir aumentos de rendimientos aún con niveles muy bajos de P.

Luego de la cosecha del maíz de primera, el P extractable en la capa superficial (0-20 cm) para todos los tratamientos se puede observar en la Figura 5. Los niveles de P Bray se relacionaron directamente con las dosis de P aplicadas. Para P40+P40, las dosis menores de S presentaron mayores niveles de P Bray, probablemente por la menor extracción de P en granos de esos tratamientos con respecto a las dosis mayores de S.

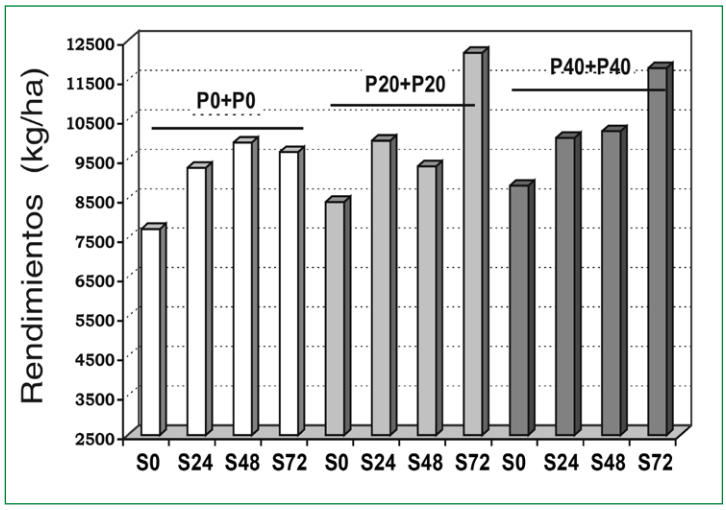


Figura 4. Variación de la producción de maíz por la fertilización combinada de P y S. Unidad Demostrativa Agrícola Bernardo de Irigoyen, 2005.

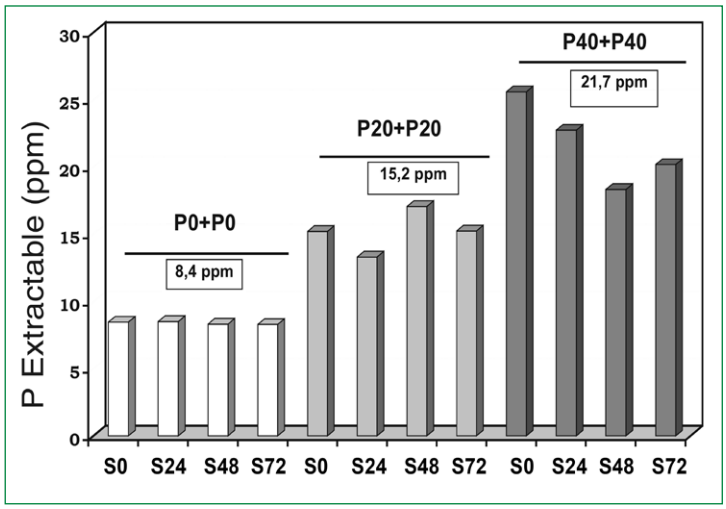


Figura 5. Contenido de P extractable luego de la cosecha de maíz. Unidad Demostrativa Agrícola Bernardo de Irigoyen, 2005.

Producción de Soja de 1°

Se registro una fuerte deficiencia hídrica en Diciembre que afecto los rendimientos de soja. La interacción PxS no fue significativa ($P<0,05$). Se observaron diferencias para el factor S ($P<0,05$) pero no para el factor P ($P>0,05$). El rendimiento promedio de la experiencia fue de 2915 kg/ha, con un $R^2= 0,61$ y un coeficiente de variación = 10,6%.

En la Figura 6 se puede apreciar que los rendimientos para los niveles P0+P0, P20+P20 y P40+P40 (2928, 2909 y 2908 kg/ha, respectivamente) fueron muy similares entre si. Estos rendimientos no se relacionaron con los datos iniciales de P extractable que se observan en la Figura 5, quizás por el estrés hídrico que soportó el cultivo particularmente durante el mes de enero.

Las diferencias por la aplicación de S fueron significativas ($P<0,05$) pero básicamente con diferencias entre el testigo y los otros niveles de S.

Como la interacción PxS no fue significativa, se realizó un análisis conjunto de los niveles de S para todo el ensayo, independientemente del factor P. En la Figura 7 se puede apreciar la variación de los rendimientos de soja en función de los niveles del S residual. La expresión fue: Rendimiento (kg/ha)= $2462,7 + 23,95\,S - 0,203\,S^2$; $R^2= 0,44$ alcanzando un máximo de producción de soja con 58,87 kg/ha de S y un rendimiento de 3168 kg/ha de soja.

El análisis de suelo al finalizar la secuencia mostró que la única estrategia de fertilización fosfatada capaz de mantener los niveles de P extractable por sobre el nivel deseable de 15 ppm, fue la correspondiente a la doble aplicación de P40+P40 (Fig. 8). Por lo tanto, la misma, en conjunto con las dosis de S, podrían constituir una adecuada estrategia de fertilización para mantener la fertilidad y productividad de los suelos de la región central de Santa Fe cuando se fertilizan 2 cultivos partiendo de niveles de P Bray de 6 ppm y con estos rendimientos.

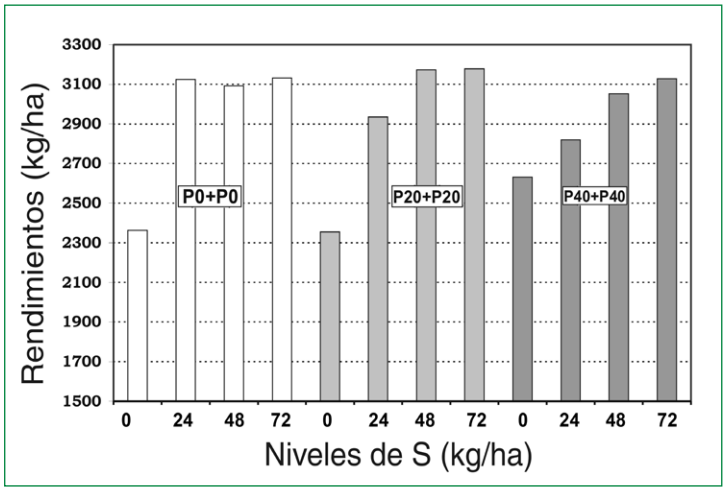


Figura 6. Rendimientos de soja de 1°, variedad RA 418. Efectos residuales de la fertilización con P y S. Unidad Demostrativa Agrícola Bernardo de Irigoyen, 2006.

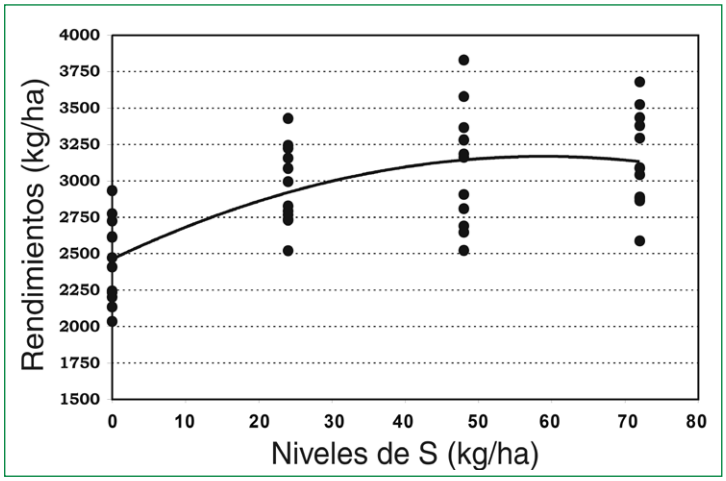


Figura 7. Rendimientos de soja RA 418 en función de los niveles de S residual. Unidad Demostrativa Agrícola Bernardo de Irigoyen, 2006.

El efecto del P fue significativo ($P<0,05$) y lineal, de la forma: P extractable (ppm)= $6,86 + 0,258\,P$ $R^2 = 0,71$. El P Bray aumento 0.26 ppm por kg de P aplicado o, de manera equivalente, se necesita aplicar 3.9 kg de P para aumentar el nivel de P Bray en 1 ppm. En función de la importancia de esta relación, se calculó la extracción de P por el grano de los cuatro cultivos utilizando los índices de cosecha descriptos por Echeverría y Sainz Rozas (2005), Gutiérrez Boem y Scheiner (2005) y García y Berardo (2005). El balance de P para todos los tratamientos se puede apreciar en la Figura 9.

Donde nunca se fertilizó con fósforo (P0+P0), la exportación del nutriente con el grano varió entre 58,3 y 72 kg/ha, extraído en su totalidad del suelo (balance negativo). Cuando la fertilización se realizó con la dosis intermedia (P20+P20), el balance osciló entre -22,9 y -41 kg/ha, con un aporte del fertilizante y una gran proporción extraída del suelo (balance negativo). En cambio, cuando se realizó la fertilización máxima (P40+P40), la totalidad de los tratamientos fueron satisfechos por el fertilizante aplicado, aportando al suelo entre 16,4 y 0,2 kg/ha (balance positivo).

Debido a que el tratamiento P40+P40 satisfizo la extracción de las cosechas (Fig. 9) y el residuo de P extractable del suelo superó los 15 ppm (Fig. 8) se podría definir al sistema como altamente sustentable. En cambio, los tratamientos restantes (P0+P0

y P20+P20), con extracción del grano superior a los aportes por fertilizante y con niveles de P extractable residual inferior a 15 ppm, se podrían considerar como no deseables.
El análisis estadístico de materia orgánica (MO) y del azufre de sulfatos (S-sulfatos) del suelo indico que no existieron diferencias significativas entre tratamientos (P>0,05). La MO promedió 2,5% y el S-sulfatos 5,2 ppm.

Margen Bruto

El margen bruto acumulado para los 4 cultivos fue notablemente afectado por los rendimientos decrecientes de la soja de segunda 2003-04, donde la producción fue inversamente proporcional a la magnitud de la fertilización PxS (Fig. 2).
En promedio, el margen bruto para P0+P0, P20+P20 y P40+P40 y sus combinaciones con S fueron de 2185, 2217 y 1993 $/ha (Fig. 10). El beneficio económico de haber utilizado S significó un aumento de 47%, 39% y 36% en las dosis de P0+P0, P20+P20 y P40+P40, respectivamente. En este punto caben destacar los aumentos debido a la fertilización azufrada, particularmente donde no se efectuó la aplicación de fósforo (P0+P0).
De la Figura 10 surgen varios márgenes factibles de ser utilizados en la combinación de fertilización PxS, pero es fundamental relacionar el beneficio económico con la condición del P extractable del suelo al finalizar la secuencia (Fig. 8) y con la exportación y balance del nutriente (Fig. 9). Al respecto se observó que con P0+P0, aunque los márgenes fueron destacables, el P extractable se mantuvo en 7,5 ppm y la totalidad del P extraído por el grano de los cultivos fue aportado por el suelo. Aunque con mayores aportes por el fertilizante y niveles de P residual de 10,2 ppm, similar consideración le cabe a la dosis P20+P20.
La dosis P40+P40 y sus combinaciones de S fue la única que permitió un residuo de P extractable superior a 15ppm, además de un margen bruto positivo y el sistema balanceado desde la perspectiva de los aportes de P. Por lo tanto, y desde un punto de vista sustentable, todas las alternativas P40+P40xS son promisorias, principalmente P40+P40-S72. Las combinaciones con P0+P0 y P20+P20 produjeron beneficios económicos pero no son deseables o sustentables porque no satisfacieron los requerimientos de P para un sistema de agricultura continua.

Consideraciones Generales

- En general, el P y el S tuvieron respuestas directas y residuales en todos los cultivos de la secuencia, con excepción en la soja de segunda después de trigo y en la soja de 1° en relación con P, por deficiencias hídricas durante el ciclo.
- Los resultados demostraron la importancia de las precipitaciones bajo condiciones de secano y, en particular, durante el eslabón trigo-soja.
- Las dosis de S incrementaron la producción de las cuatro cosechas, aún con niveles muy bajos de P extractable en el suelo (P0+P0).
- Los niveles de P extractable, luego del doble cultivo trigo-soja, demostraron la necesidad de volver a suplir con este nutrimento a los próximos cultivos de la secuencia (maíz-soja) con las dosis usadas de hasta P40+P40.

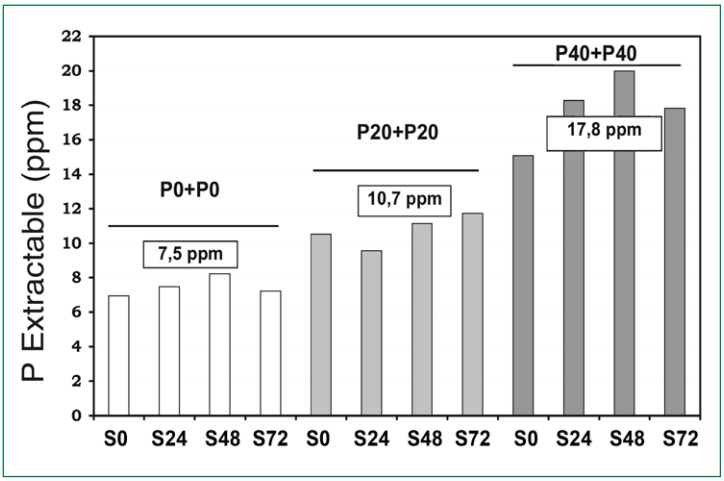


Figura 8. Contenido de P extractable (0-20 cm) al finalizar la secuencia trigo/soja-maíz-soja. Unidad Demostrativa Agrícola Bernardo de Irigoyen, 2003-2006.

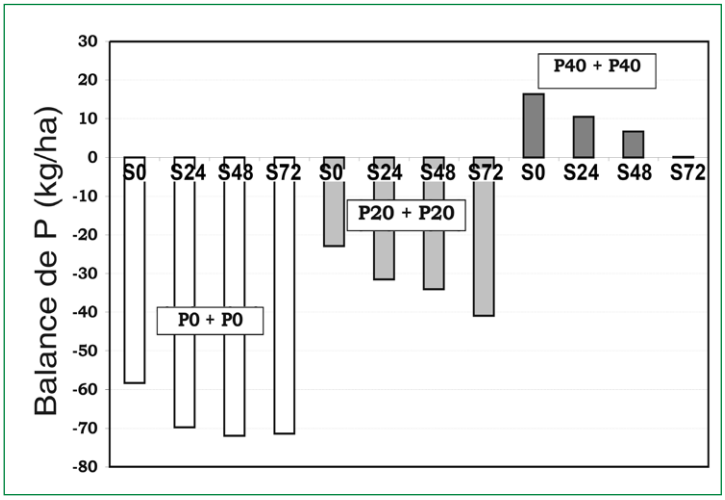


Figura 9. Balance de P por el grano de cuatro cosechas, trigo/soja-maíz-soja, fertilizadas con P y S. Unidad Demostrativa Agrícola Bernardo de Irigoyen, 2003-2006.

- Los niveles residuales del P extractable del suelo posterior a la cosecha de maíz no se asociaron con el efecto del mismo factor en los rendimientos de la soja, posiblemente por las deficiencias hídricas y ambientales durante el mes de enero.
- Los rendimientos de la soja de 1°, en cambio, se relacionaron favorablemente con el azufre residual proveniente de la fertilización en el cultivo de maíz.
- Luego de las cuatro cosechas, el mayor contenido de P residual del suelo correspondió a la dosis P40+P40. No se encontraron diferencias en el contenido de materia orgánica y en el azufre de sulfatos.
- La fertilización y refertilización con P40+P40, en conjunto con los niveles de S, fueron los únicos tratamientos que posibilitaron un residuo de P superior a 15 ppm, obtuvieron importantes beneficios económicos y proveyeron en forma adecuada los requerimientos nutricionales de la producción, aspecto fundamental para la sustentabilidad de un sistema bajo agricultura continua.
- La fertilización cada dos cosechas demostró ser eficiente para satisfacer los requerimientos de P y S de los cultivos.

Referencias

Albrecht R., H.S. Vivas y H. Fontanetto. 2000. Residualidad del fósforo y del azufre en soja sobre dos secuencias de cultivos. Campaña 1999/2000. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela; Centro Regional Santa Fe. Publicación Miscelánea N° 93, N° 6 : 1-5.

Barrow N. 1980. Evaluation and utilization of residual phosphorus in soils. p. 333-355. In: Khasawneh, F., E. Sample y E. Kamprath (eds.). The Role of Phosphorus in Agriculture. ASA-CSSA-SSSA. Madison, WI.

Berardo A y F. D. Grattone. 2000. Fertilización fosfatada requerida para alcanzar niveles objetivos de P-Bray en un argiudol. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, 17, Mar del Plata, 11-14 abril de 2000. AACS. Mar del Plata, Buenos Aires.

Echeverría H.E. y F. García. 1998. Guía para la fertilización fosfatada de trigo, maíz, girasol y soja. Boletín técnico 149, INTA, EEA Balcarce.

Echeverría H. y H. Sainz Rozas. 2005. Maíz. p 255-282. En. Echeverría, H. E. y F. O. García (eds). Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Ediciones INTA.

Fontanetto H.. H.S. Vivas, R. Albrecht y J. Hotian. 2003. La Fertilización con N, P y S y su residualidad en una secuencia agrícola de la región central de Santa Fe. Efecto sobre el rendimiento de granos. INPOFOS Cono Sur. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Simposio: El Fósforo en la Agricultura: 91-92.

García F.O. y A. Berardo. 2005. Trigo. p 233-253. En. Echeverría, H. E. y F. O. García (eds). Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Ediciones INTA.

García F.O., H. Fontanetto y H. Vivas. 2001. La fertilización del doble cultivo trigo-soja. Informaciones Agronómicas. INPOFOS. 10: 14-17.

Gutiérrez Boem F. y J. D. Scheiner. 2005. Soja. p 283-300. En. Echeverría, H. E. y F. O. García (eds). Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Ediciones INTA.

Hanway J.J. y R. A. Olson. 1980. Phosphate nutrition of corn, sorghum, soybeans, and small grains. p. 681-692. In: Khasawneh, F., E. Sample y E. Kamprath (eds.). The Role of Phosphorus in Agriculture. ASA-CSSA-SSSA. Madison, WI.

Hoeft R.G., L.M. Walsh y D.R. Keeney. 1973. Evaluation of various extractants for available soil sulfur. Soil Sci. Soc. Am., Proc. 37:401-404.

Kamprath E.J. 1967. Residual effect of large applications of phosphorus on high phosphorus fixing soils. Agron. J. 59:25.27.

Martínez F. y G. Cordone. 1998. Resultados de ensayos de fertilización azufrada en soja. Para mejorar la producción. INTA Oliveros.

Salvagiotti F., G. Gerster, S. Bacigaluppo, J. Castellarín, C. Galarza, N. González, V. Gudelj, O. Novello, H. Pedrol, y P. Vallone. 2005. Efectos residuales y directos de fósforo y azufre en el rendimiento de soja de segunda. Ciencia del Suelo 22(2):92-101.

Villar J. 2000. Economía del agua en el cultivo de trigo. Información Técnica de Trigo. Campaña 2000. INTA EEA Rafaela. Publicación Miscelánea N° 92.

Vivas H.S. 1996. Corrección del fósforo edáfico en una rotación agrícola del centro-este de la provincia de Santa Fe. II. Residualidad del fósforo en la producción de soja. Campaña 1995/96. INTA, EEA Rafaela. Información Técnica N° 202. 6 pp. Publicación Miscelánea N° 80.

Vivas H.S., H. Fontanetto, R. Albrecht, M.A. Vega y J.L. Hotian. 2001. Fertilización con P y S en el doble cultivo trigo-soja. Residualidad en soja. Respuesta física y económica. Información Técnica de Cultivos de Verano. Campaña 2001. INTA EEA Rafaela. Publicación Miscelánea N° 95. Anuario 2001 de la EEA Rafaela.

Vivas H.S. 2003. Fertilizando el Suelo: Residualidad de los fertilizantes en rotaciones de cultivos y pasturas. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. XI Congreso de AAPRESID, "Simposio de Fertilidad y Fertilización en Siembra Directa". Bolsa de Comercio de Rosario. 26 al 29 de agosto de 2003.

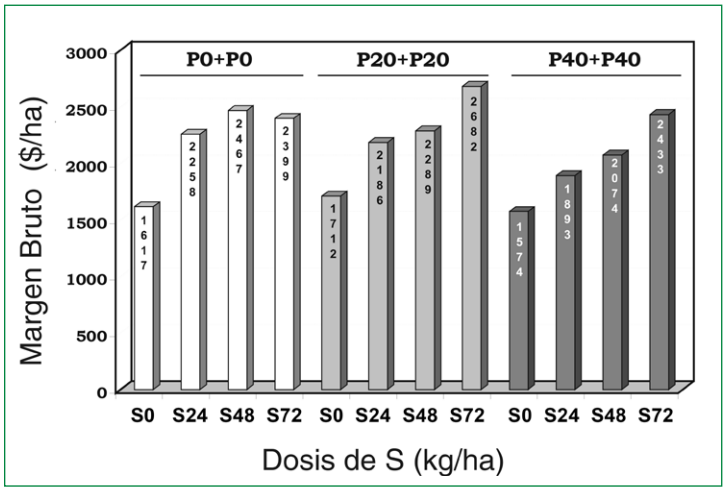


Figura 10. Margen bruto para la secuencia trigo/soja-maíz-soja con fertilización de P y S en el trigo y el maíz y sus efectos residuales en la leguminosa. Unidad Demostrativa Agrícola Bernardo de Irigoyen, 2003-2006.

Aplicaciones incorporadas y "al voleo" de fósforo en cultivos de maíz en la región de la pampa arenosa

Mirian Barraco [1], Martin Díaz- Zorita [2] y Cristian Álvarez [1]
[1] EEA INTA Gral. Villegas, CC 153, (6230) Drabble, Argentina. [2] CONICET- FAUBA y Nitragin Argentina
mbarraco@correo.inta.gov.ar

Presentado al XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (AACS) – Salta-Jujuy, Septiembre 2006

Introducción

En la región de la pampa arenosa es creciente la frecuencia de lotes con contenidos subóptimos de fósforo (P) para el logro de cultivos de maíz (*Zea mays L.*) de alta producción. Dada la baja movilidad del P en el suelo, las aplicaciones localizadas tendrían mayor eficiencia que aplicaciones en superficie ("al voleo"). Mallarino (1997) y Fariña Nuñez (1997) sugirieron que la respuesta a la fertilización en bandas probablemente es superior a la aplicación "al voleo" cuando los suelos son muy deficientes en P o presentan alta capacidad de fijación. Sin embargo, cuando la fertilización "al voleo" se anticipó varios meses al momento de la siembra, para suelos de Iowa (EE.UU.), ésta fue tan eficiente como la fertilización localizada (Mallarino, 1998). También se observó que a medida que el nivel de P del suelo aumenta, las diferencias entre aplicarlo "al voleo" o en bandas disminuyen o son nulas (Mallarino, 1997; Darwich, 1998). En igual sentido, en trigo (*Triticum aestivum L.*) Bordoli et al. (2004) no encontraron diferencias entre aplicaciones incorporadas y "al voleo" en lotes con niveles bajos de P y en sistemas de siembra directa del Uruguay. El éxito de la aplicación en superficie puede ser atribuida a un incremento de la actividad de las raíces en los primeros centímetros de suelo por una mayor fertilidad y humedad superficial en sistemas sin remoción de suelos, junto a precipitaciones adecuadas durante la estación de crecimiento de los cultivos que permitirían el ingreso del fertilizante en el suelo (Belcher y Reglan, 1972; Bordoli y Mallarino, 1998). Algunos estudios comparan aplicaciones "al voleo" anticipadas y fertilizaciones incorporadas al momento de la siembra pero no abundan las evaluaciones sobre sus efectos en relación con aplicaciones en superficie en el momento de la siembra de los cultivos. Nuestros objetivos fueron (i) evaluar el efecto de aplicaciones de P "al voleo" e incorporadas en el momento de la siembra de cultivos de maíz sobre su producción y eficiencia de uso del nutriente y (b) evaluar el efecto de aplicaciones anticipadas "al voleo" de 22 kg P ha^{-1}.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló entre las campañas 2002 y 2004 en 6 sitios de producción de maíz ubicados en el oeste de Buenos Aires y este de La Pampa en suelos con texturas superficiales franco-arenosas y con valores de P extractable (método de Bray Kurtz 1) inferiores a 17 mg kg^{-1} (Tabla 1). En cada uno se evaluaron 2 formas de aplicación de P en el momento de la siembra de los cultivos (i) en superficie ("al voleo") o (ii) incorporada por debajo de la línea de siembra y 3 niveles de P (11, 22 y 44 kg P ha^{-1}). También se evaluaron aplicaciones de 22 kg P ha^{-1} al voleo 60 días antes de la siembra de los cultivos. En todos los sitios, la fuente de P empleada fue fosfato monoamónico (9-52-0). El diseño de las parcelas fue en franjas de al menos 10 surcos de ancho y 10 m de longitud. La distancia entre hileras fue de 52 cm en los sitios 1 y 4 y de 70 cm en los sitios 2, 3, 5 y 6. En todos los sitios, el manejo del cultivo se

Tabla 1. Resumen de propiedades edáficas y de manejo en los sitios experimentales: HsE= Haplustol Entico, HT= H Típico, HE= Hapludol Entico. MO = materia orgánica (Walkley y Black), Pe = Fósforo extractable (Bray Kurtz 1).

Sitio	Localidad	Tipo de suelo	Dosis de P aplicada (kg ha^{-1})	MO (mg kg^{-1})	Pe (mg kg^{-1})	Ante-cesor	Hibrido	Labranza	Fecha de siembra
1	Colonia Barón (LP)	HsE	11-22-44	18,8	9,9	Girasol	DK 688	Directa	4/10/02
2	Drabble (BA)	HT	11-22-44	25,2	11,3	Pastura	AX 884	Conv.	25/9/03
3	Drabble (BA)	HT	11-22-44	23,8	12,7	Soja	AX 884	Directa	7/10/03
4	Gral. Villegas (BA)	HT	22	23,2	9,9	Soja	DK 752	Directa	7/9/04
5	Drabble (BA)	HT	11-22-44	23,5	7,3	Soja	Pucará	Directa	20/10/04
6	América (BA)	HE	22	27,6	16,9	Soja	NK 900	Directa	25/9/04

hizo según las prácticas tradicionales del productor detalladas en la Tabla 1. En el estadío de V6 de los cultivos se aplicó N en forma de urea (esparcida en superficie) para alcanzar una disponibilidad de N de 150 kg N ha^{-1} (N suelo + N fertilizante).

En madurez fisiológica se determinó la producción de granos de los cultivos por cosecha y trilla manual en áreas de muestreo de 5 m^2. En cada sitio se consideraron 4 áreas de evaluación apareadas entre tratamientos y distribuidas a lo largo de las franjas bajo evaluación. En cada sitio las submuestras de rendimiento en cada tratamiento fueron tratadas como pseudorréplicas (Hurlbert, 1984; Wester, 1992), empleándose para la comparación entre tratamientos la prueba T para muestras apareadas (Analytical Software 2000). Los análisis se realizaron para cada nivel de P agregado. Para cada sitio se calculó la eficiencia de uso P (EUP) como el cociente entre la respuesta a la fertilización (rendimiento con P – rendimiento sin P) y la dosis de P aplicada. También se evaluó la regresión lineal entre los rendimientos de cada tratamiento y el "indice ambiental" o rendimiento medio de cada sitio. Se recolectaron los datos de precipitaciones durante el ciclo de los cultivos en cada uno de los sitios experimentales.

Resultados y discusión

La producción de grano varió entre 4070 y 14620 kg ha^{-1} con diferencias entre sitios y tratamientos de fertilización. La respuesta al agregado de P al momento de la siembra varió significativamente según la dosis y forma de aplicación dependiendo de la dosis aplicada (Tabla 2). La aplicación de P en dosis de 11 kg P ha^{-1}, incorporada o al voleo, no resultó en diferencias significativas con respecto al Testigo. Para la dosis de 22 kg P ha^{-1}, la aplicación incorporada aumento el rendimiento en 1321 kg ha^{-1} con respecto al testigo sin fertilización fosfatada. Las aplicaciones "al voleo a la siembra", en dosis de 11 kg y de 22 kg P ha^{-1}, no difirieron del tratamiento control. En cambio, cuando se aplicaron 44 kg P ha^{-1} se observaron incrementos medios significativos para las 2 formas de aplicación de P evaluadas (Tabla 2), donde el agregado de P produjo incrementos medios de 2079 y 1830 kg ha^{-1} para las aplicaciones "al voleo" e incorporadas, respectivamente, sin diferencias significativas entre estas. Resultados similares fueron descriptos por Bianchini (2003) en lotes de maíz bajo sistemas de siembra directa y con aplicaciones de altas dosis de P.

La EUP mostró diferencias significativas según la dosis y estrategia de aplicación del fertilizante. En promedio, fue mayor en aplicaciones incorporadas que en aplicaciones "al voleo" en dosis bajas y medias de fertilización (11 y 22 kg P ha^{-1}), mientras que en dosis de P mayores (44 kg P ha^{-1}) no se observaron diferencias entre formas de aplicación ($p<0,74$) y fue en promedio de 44 kg de grano/kg de P agregado. No obstante, el coeficiente de variación de la EUP fue 66 y 29% para aplicaciones "al voleo" e incorporadas, respectivamente. En las aplicaciones incorporadas, la EUP promedio disminuyó en la medida que se incrementaron las dosis de P agregado, mientras que en aplicaciones "al voleo" se observó un comportamiento inverso, altas dosis de P resultaron en mayores EUP.

En promedio, en todo el rango de condiciones de producción evaluadas se observaron respuestas positivas a la aplicación incorporada de los fertilizantes fosfatados mientras que cuando esta se realizó en superficie la respuesta sobre el control sin fertilización fue creciente en ambientes de altos rendimientos (Fig. 1). En sitios con rendimientos medios superiores a los 10000 kg ha^{-1} la respuesta a la fertilización localizada o "al voleo" sería de similar magnitud. La información ambiental y de manejo de los sitios (propiedades de suelos, precipitaciones, etc.) no fue suficiente para explicar las diferencias en productividad entre sitios las que resultarían de la interacción compleja de otras variables no consideradas en este estudio.

En las condiciones de este estudio (suelos de textura franco-arenosa y entre 31 y 155 mm de

Tabla 2. Efecto del agregado de diferentes dosis y formas de aplicación de P en maíz sobre la producción de grano en 6 ambientes de la región de la pampa arenosa. Testigo = control sin P, VSbra = aplicación "al voleo a la siembra", I = aplicación incorporada, VAnt= "aplicación al voleo 60 días antes de la siembra". EUP = Eficiencia de uso del P. Valor T = probabilidad asociada a la prueba T de Student entre el tratamiento de fertilización y el Testigo.

Dosis P (kg ha^{-1})		Producción de grano (kg ha^{-1})				EUP (kg grano kg P^{-1})		
		Testigo	VSbra	I	VAnt	VSbra	I	VAnt
11	Promedio	7225	7275	8054		5	75	
	Valor T		0,90	0,15				
22	Promedio	8196	8842	9517	9003	29	60	37
	Valor T		0,23	0,003	0,02			
44	Promedio	7225	9304	9057		47	42	
	Valor T		0,04	0,02				

precipitaciones entre la aplicación anticipada del P y la siembra de los cultivos), la aplicación de 22 kg P ha^{-1} 60 días antes de la siembra de los cultivos, si bien indujo a aumentos de rendimiento con respecto a la misma dosis de P aplicada "al voleo" en el momento de la siembra (161 kg ha^{-1}), no resultó en diferencias significativas ($p<0,75$) y resultó inferior a la aplicación incorporada en la siembra ($p<0,02$).

Conclusiones

Los resultados de este estudio sugieren que para las condiciones ambientales predominantes en la región de la pampa arenosa, las correcciones de fertilización fosfatada en suelos potencialmente deficientes en P son de mayor eficiencia cuando se realizan localizadas en bandas incorporadas en el suelo debajo de la línea de siembra. La aplicación esparcida en superficie ("al voleo") en el momento de la siembra permite aumentar los rendimientos de maíz cuando se realiza en altas dosis (en este estudio, 44 kg ha^{-1} de P) y bajo condiciones de alta producción de los cultivos. Aplicaciones anticipadas de 22 kg/ha de P "al voleo" no permitieron aumentos significativos en rendimiento con respecto a la misma dosis aplicada "al voleo" en el momento de la siembra. Estudios futuros son requeridos para interpretar los factores ambientales y de manejo que justifican este comportamiento como así el mayor conocimiento del comportamiento de la práctica aplicada con anterioridad a la siembra del cultivo.

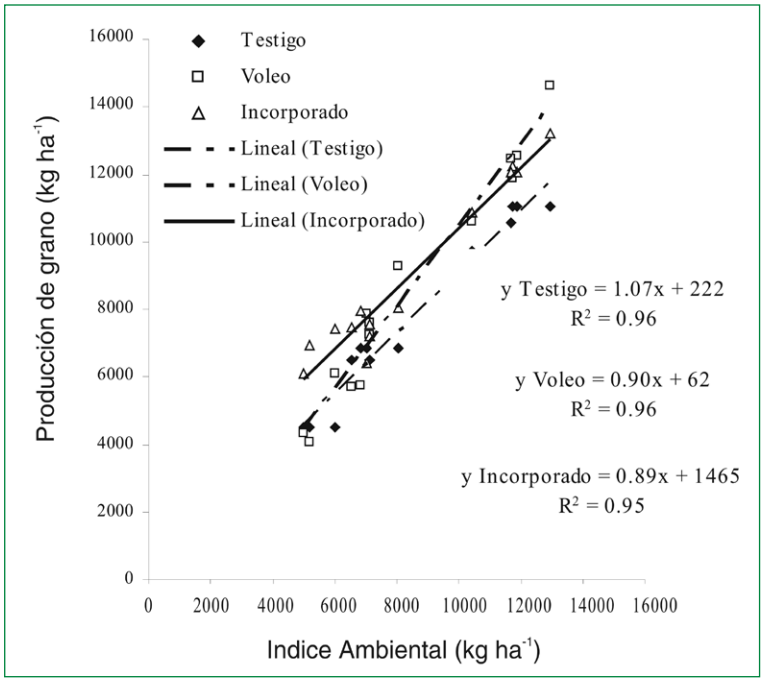


Figura 1. Relación entre rendimientos de cultivos de maíz según tratamientos de fertilización fosfatada y producción media de cada sitio experimental ("Indice Ambiental").

Referencias

Analytical Software. 2000. Statistic 7. User´s manual. Analytical Sotfware, Tallahasee, FL USA. 359 pp.

Bianchini A. 2003. Localización del fósforo en siembra directa. II Simposio en Fertilidad y Fertilización en Siembra Directa. XI Congreso Nacional de AAPRESID. Tomo 2. pp 309-314.

Belcher C.R. y Ragland J.L. 1972. Phosphorus absorption by sod- planted corn (Zea mays L) from surface applied phosphorus. Agron. J. 64: 754-757.

Bordoli J.M., Quinke A. y Marchesi A. 2004. Fertilización fosfatada en trigo en siembra directa. Actas XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Simposio Nacional sobre suelos vertisolicos. Paraná, ER. 22 al 25 de Julio. En CD.

Bordoli J.M. y Mallarino A. 1998. Deep and shallow Bandung phosphorus and potassium as alternative to broadcast fertilization for no-till corn. Agron. J. 90:27-33.

Darwich N. 1998. Fósforo un nutriente esencial para las plantas. *En*: Manual de fertilidad de suelos y uso de fertilizantes.p. 65-94. ISBN 950-43-9178-8. Mar del Plata, Argentina.

Fariña Núñez J.R. 1997. Soja, la importancia de la ubicación del fertilizante. Revista Fertilizar N° 8. p. 4-7

Mallarino A. 1997. Manejo de fósforo, potasio y starters para maíz y soja en siembra directa. 5° Congreso Nacional de AAPRESID. Mar del Plata. p. 11-19.

Mallarino A. 1998. Métodos de fertilización con fósforo y potasio para maíz y soja en siembra directa: Recientes avances en el cinturón del maíz. 6° Congreso Nacional de AAPRESID. Mar del Plata. p. 27-41.

Hulbert S.A. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. Ecological Monog. 54. p 187-211.

Wester D.B. 1982. Viewpoint: replication, randomization and statistics in range research. J Range Manage 45. p. 285-290.

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

Resultados de la campaña 2006/07: Maíz

Preparado por ***Fernando O. García*** *(IPNI Cono Sur),* ***Ignacio A. Ciampitti*** *(IPNI Cono Sur),* ***Miguel Boxler*** *(Coordinador Ensayos),* ***Jorge Minteguiaga*** *(Coordinador Zonal),* ***Ricardo Pozzi*** *(CREA San Jorge-Las Rosas),* ***Luis Firpo*** *(CREA Baldissera),* ***Germán Deza Marin*** *(Agroservicios Pampeanos) y* ***Angel Berardo*** *(Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce)*

Vea el informe completo en www.ipni.net/lasc

En la campaña 2006/07, la región Sur de Santa Fe del movimiento CREA, con la colaboración de IPNI Cono Sur y el auspicio de Agroservicios Pampeanos (ASP), continúo la Red de Ensayos de Nutrición de Cultivos iniciada en la campaña 2000/01. En este informe se reportan los resultados observados en nueve ensayos de maíz, de los cuales cuatro se encuentran en la rotación maíz-trigo/soja (M-T/S), y cinco en la rotación maíz-soja-trigo/soja (M-S-T/S). Para esta campaña 2006-07, los objetivos específicos incluyeron la 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 a V5-6 e índice de verdor en V5-6 y floración.
- La respuesta a la fertilización fosfatada (directa y residual) y del análisis de suelos en capa superficial en pre-siembra como método de diagnóstico.
- La respuesta a la fertilización azufrada (directa y residual) y del análisis de S-sulfatos en pre-siembra como método de diagnóstico.
- El rendimiento sin limitaciones nutricionales en cada uno de los sitios de experimentación.
- La evaluación de parámetros de suelo: P Bray 1, N-nitratos y S-sulfatos en tratamientos selectos.

El informe completo e información de años anteriores de la Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe se puede encontrar en García et al. (2006) y en los sitios de Internet www.aacrea.org.ar y www.ipni.net/lasc.

Materiales y Métodos

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 maíz en la campaña 2006/07 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.
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. 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). Al estado V5-6 se determinó la concentración de nitratos en jugo de base de tallos (JBT) utilizando un equipo Nitracheck en los tratamientos PS y NPS. En V5-6 y floración, se determinó el índice de verdor utilizando un Minolta SPAD 502 en los mismos tratamientos.
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.

Resultados

Análisis de suelo

La evolución de los niveles de P Bray y de contenidos de N-nitratos y S-sulfatos a lo largo de los seis años de ensayo indica que:

- En la rotación M-T/S, el nivel de P disminuyó 0.25 mg/kg por año en NS y aumentó 1.9 mg/kg por año en NPS. Para la rotación M-S-T/S, P Bray aumentó 2.6 mg/kg por año en NPS y disminuyó 1.0 mg/kg por año en NS (Fig. 1).
- La evolución de N-nitratos no muestra efectos residuales de la fertilización nitrogenada (comparación NPS vs. PS) en la rotación M-S-T/S, pero se observa una tendencia muy leve de residualidad, con mayor contenido de N-nitratos a la siembra en el tratamiento NPS vs. el PS, en los últimos años en la rotación M-T/S.
- La evolución del contenido de S-sulfatos muestra una tendencia de acumulación en el tratamiento NPS, con respecto al tratamiento NP, en los últimos dos años en las dos rotaciones.

Rendimientos y respuestas a la fertilización

Los rendimientos de maíz de la campaña 2006/07 fueron muy buenos, debido al régimen climático muy propicio para el desarrollo y crecimiento del cultivo,

lográndose rendimientos superiores a los 16000 kg/ha en el ensayo de La Blanca, record para esta Red de Nutrición (Fig. 2).

Las precipitaciones variaron de 619 a 908 mm entre Octubre y Febrero y, para el periodo Diciembre-Enero totalizaron de 269 a 450 mm. Las buenas precipitaciones se reflejaron en altos contenidos de agua en el suelo a floración. Considerando las precipitaciones registradas entre Octubre y Febrero, se estiman eficiencias de uso de agua (promedio para los nueve sitios) de 10.7, 13.3, 15.3, 17.3, 18.3 y 18.6 kg/ha por mm, para los tratamientos Testigo, PS, NS, NP, NPS y Completo, respectivamente.

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 3957, 2620, 1335 y 43 kg/ha para la rotación M-T/S y de 3378, 1820, 259 y 287 kg/ha para la rotación M-T/S, respectivamente (Fig. 2).

Las diferencias entre los tratamientos de fertilización se ampliaron en este ciclo de maíz respecto a los anteriores en ambas rotaciones (Fig. 2). Esta tendencia ha venido observándose a lo largo de los años de experimentación en la Red. La diferencia entre el tratamiento NPS y el Testigo fue del 81% y del 64% para las rotaciones M-T/S y M-S-T/S, respectivamente, en 2006/07; esta diferencia fue del 64% y 58%, respectivamente, en el maíz anterior de ambas rotaciones. Las diferencias relativas se han incrementado a partir del mayor rendimiento de los tratamientos fertilizados, que han sido más eficientes en aprovechar las buenas condiciones climáticas, ya que los rendimientos de los Testigo han sido estables a través de los años. La acumulación de fertilidad de los tratamientos fertilizados se refleja en la evolución de los niveles de P Bray y, en menor medida, de sulfatos. Otros factores (mayor cantidad de rastrojos, etc.) han contribuido a este efecto de acumulación de fertilidad generando cambios positivos en el ambiente edáfico (García et al., 2006).

El número de granos por m^2 y el peso de mil granos se relacionaron significativamente con el rendimiento (Fig. 3). El rendimiento no se relacionó significativamente con el número de granos por espiga (r^2=0.08) o el número de espigas por m^2 (r^2=0.0056). Por lo tanto, las respuestas en rendimiento a la fertilización se explican fundamentalmente por efectos sobre el número de granos por m^2 (r^2=0.79) y, en menor medida por el peso de mil granos (r^2=0.54).

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

A continuación, se discuten algunas relaciones significativas entre las variables de suelo y planta, y las respuestas a los nutrientes. Debe tenerse en cuenta que las respuestas aquí indicadas involucran el efecto directo de la fertilización de esta campaña más el efecto residual de las aplicaciones de 2000/01 (Maíz), 2001/02 (Trigo/Soja o Soja I), 2002/03 (Maíz o Trigo/Soja), 2003/04 (Trigo/Soja o Maíz), 2004/05 (Maíz o Soja I) y 2005/06 (Trigo/Soja). Asimismo, en todos los casos se evalúan las relaciones para las 5 campañas de información de maíz de la Red de Nutrición, incluyendo cinco sitios en el 2000/01 y 2002/03 y cuatro en el 2004/05 para M-T/S, y seis sitios en el 2000/01 y 2003/04 para M-S-T/S.

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 (Fig. 4). Si bien la variabilidad de la relación es alta, permitiría estimar necesidades de 140-150 kg/ha de N (suelo + fertilizante) para alcanzar 10000 kg/ha de rendimiento y de 200-220 kg/ha de N para lograr 11000 kg/ha de rendimiento. Estas estimaciones de necesidad de N en el suelo a la siembra para alcanzar determinados rendimientos coinciden con las observadas en otras experiencias zonales y permiten validarlas.

Si se considera una disponibilidad de N a la siembra (N-nitratos a 0-60 cm) de 110 kg/ha N (el promedio de los 31 sitios-año de maíz en esta Red), la aplicación de 50 kg de N resultaría en una respuesta de 1068 kg/ha o sea 21.4 kg de maíz por kg de N aplicado y la aplicación de 100 kg/ha de N en una respuesta de 1842 kg/ha o 18.4 kg de maíz por kg de N. Estas relaciones kg de maíz por kg de N, se pueden comparar con la relación de precios actual de 7-8 kg de maíz por kg de N.

La concentración de nitratos en jugo de base de tallos al estado de 5-6 hojas desarrolladas (V5-6) se relacionó con el rendimiento relativo de los tratamientos PS (Rendimiento PS/Rendimiento NPS). Esta relación presenta alta variabilidad y no alcanza niveles de Rendimiento Relativo superiores a 0.90 en el rango explorado por lo cual su utilidad es casi nula.

Los rendimientos se relacionaron con el índice de verdor (IV), determinado con el Minolta SPAD 502, al estado de floración. La relación indica que con niveles de índice de verdor superiores a 50 se alcanzarían rendimientos superiores a 10000 kg/ha y niveles superiores a 55 alcanzarían los 11000 kg/ha. El uso de valores relativos de IV, como el índice de suficiencia (ISN=IV PS/IS NPS), no mejoro el ajuste. La utilidad de esta relación es relativa ya que indicaría la posibilidad de alcanzar determinado rendimiento en un estado muy avanzado del cultivo cuando es muy difícil corregir la nutrición nitrogenada. La determinación al estado de V5-6 no se relacionó con los rendimientos o las respuestas a N.

Considerando los 31 sitios de las cinco campañas, el rendimiento relativo de maíz (Rendimiento NS/Rendimiento NPS) se relacionó significativamente con la concentración de P Bray en el suelo a la siembra (0-20 cm) (Fig. 5). El 73% de los sitios con

P Bray menor de 15 mg/kg presentaron rendimientos relativos menores del 95%, mientras que el 78% de los sitios con P Bray superior a 15 mg/kg presentó rendimientos relativos mayores del 95%.

Las respuestas a S, efectos directos de la fertilización del año y residuales de fertilizaciones de años anteriores, se relacionaron con la concentración de S-sulfatos a 0-20 cm en el muestreo de pre-siembra. La Figura 6 muestra que por debajo de 10 mg/kg de S-sulfatos las respuestas a S fueron de 300 kg/ha o superiores. De los 31 sitios-año evaluados, un 55% presentó niveles de S-sulfatos menores de 10 mg/kg y respuestas superiores a 300 kg/ha, 26% de los sitios-año presentaron niveles de S-sulfatos superiores a 10 mg/kg y respuestas menores de 300 kg/ha. Un 19% de los sitios-año no se ajusto a esta tendencia. Los rendimientos de maíz no se relacionaron con la disponibilidad de S-sulfatos a la siembra (S-sulfatos 0-60 cm + S aplicado).

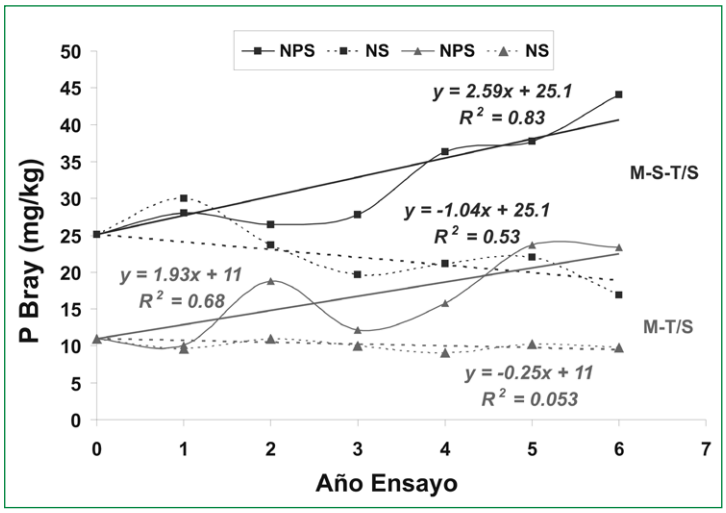


Figura 1. Evolución del nivel de P Bray (0-20 cm) en los tratamientos NS y NPS, promedios para cada rotación, en los siete años de ensayo. Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe.

Conclusiones

- Los análisis de suelos realizados en pre-siembra mostraron efectos residuales de fertilizaciones de campañas anteriores para P Bray, S-sulfatos y N-nitratos. El efecto residual es muy claro para P Bray y leve para S-sulfatos. Para N-nitratos, se observa solamente una tendencia en algunos sitios en los dos últimos años de evaluación, probablemente relacionada con las condiciones climáticas durante los períodos de barbecho.
- Los rendimientos de maíz en la campaña 2006/07 fueron excelentes, alcanzando niveles record para esta Red de Nutrición, debido a las excelentes condiciones climáticas registradas y la adecuada tecnología de producción.
- El número de granos por metro cuadrado

Tabla 1. Tratamientos establecidos en los nueve sitios experimentales.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Nombre	Testigo	PS	NS	NP	NPS	NPSMgK + Micros
	Fertilizante (kg/ha)					
FMA		182		182	182	182
Urea			380	341	341	341
Azufertil (19%)		126	126		126	126
Oxido de magnesio (36%)						35
Cloruro de potasio						40
B10						10
Zn 40						5
Cu25						8
Fertilizante total	0	308	506	523	649	747
	Nutrientes (kg/ha)					
N		18	175	175	175	175
P		40		40	40	40
K						20
Mg						12
S		24	24		24	24
B						1
Zn						2
Cu						2

y el peso de mil granos se relacionaron significativamente con el rendimiento.

- La respuesta a NPS fue significativa en dos sitios, a NP en seis sitios, a NS en tres sitios, a N y P en un sitio (Lambaré) y en un sitio a otros nutrientes (La Hansa).
- Considerando los 31 sitios de las cinco campañas de maíz evaluadas en la Red de Nutrición, se obtuvieron relaciones significativas entre el rendimiento y la disponibilidad de N en suelo a la siembra (N suelo + N fertilizante), el rendimiento relativo y la concentración de nitratos en jugo de base de tallos a V5-6, y el rendimiento y el índice de verdor (SPAD 502) a floración. Disponibilidades de N a la siembra (suelo + fertilizante) de 140-150 kg/ha y de 200-220 kg/ha de N permiten alcanzar rendimientos de 10000 kg/ha y 11000 kg/ha, respectivamente.
- 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 15 mg/kg de P Bray, la probabilidad de respuesta disminuye marcadamente.
- Las respuestas a la fertilización azufrada, efectos directos del año y residuales de años anteriores, se relacionaron con la disponibilidad de S-sulfatos a la siembra a 0-20 cm. Sitios con niveles de S-sulfatos menores de 10 mg/kg presentaron una alta frecuencia de respuestas mayores de 300 kg/ha. Sin embargo, los rendimientos de maíz no se relacionaron con la disponibilidad de S-sulfatos a la siembra (S-sulfatos suelo 0-60 cm + S aplicado)

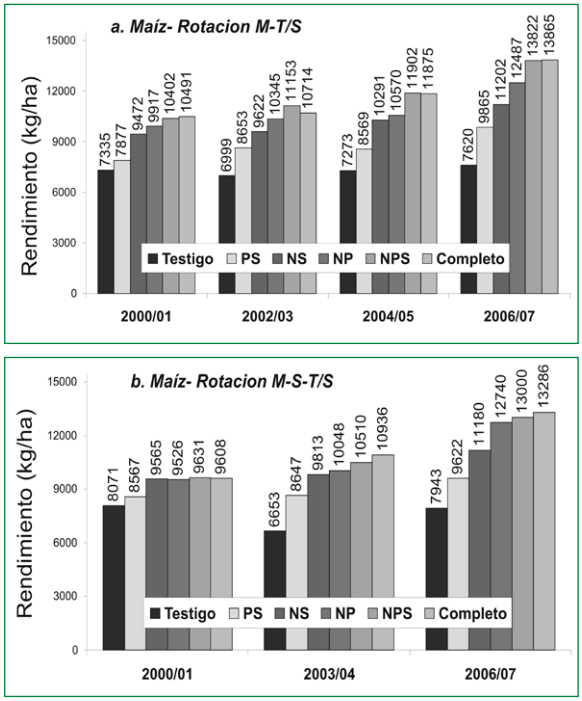


Figura 2. Rendimientos promedios de maíz para los seis tratamientos en las dos rotaciones, a)M-T/S y b) M-S-T/S, en los siete años de experimentación. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe 2006/07.

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.

Referencia

García F.O., M. Boxler, J. Minteguiaga, R. Pozzi, L. Firpo, G. Deza Marin y A. Berardo. 2006. La Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe – Resultados y Conclusiones de los primeros seis años 2000-2005. AACREA 2006.

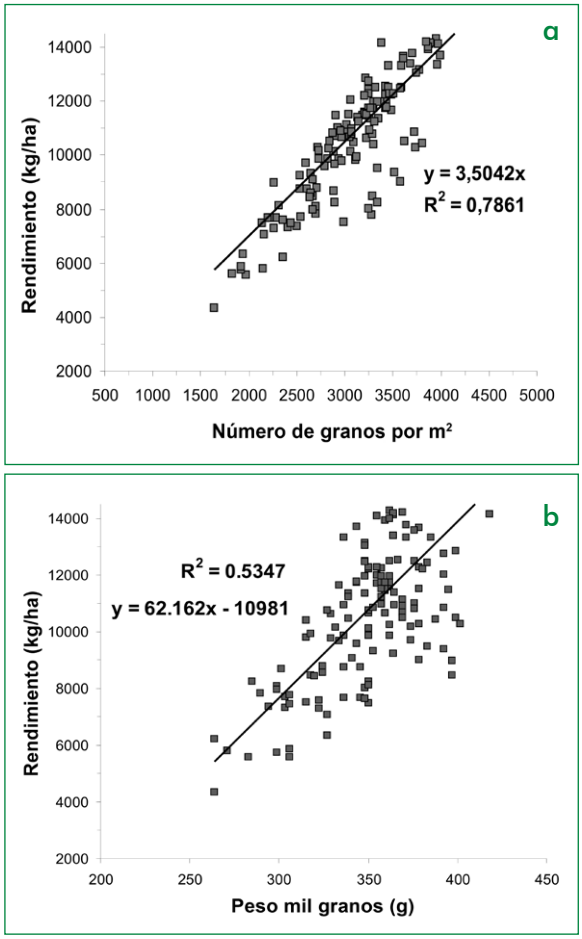


Figura 3. Relaciones entre el rendimiento y el número de granos por m² (a), y el peso de mil granos (b). Ensayos Zona CREA Sur de Santa Fe, maíz 2006/07.

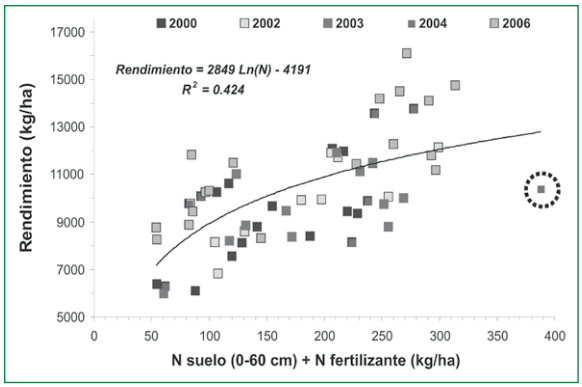


Figura 4. Rendimiento de maíz en función de la disponibilidad de N-nitratos en pre-siembra (0-60 cm) + N aplicado como fertilizante. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, 2000, 2002, 2003, 2004 y 2006. El punto con el círculo de puntos fue excluido del ajuste.

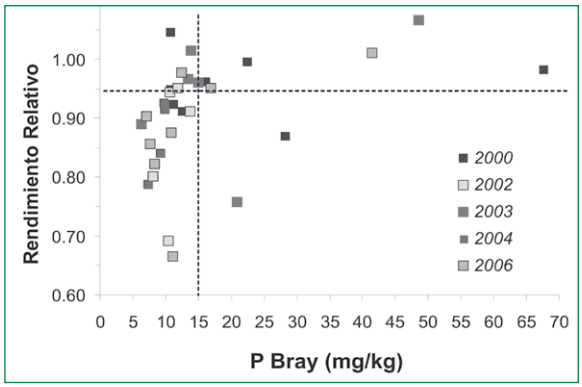


Figura 5. Rendimiento relativo de maíz (rendimiento NS/Rendimiento NPS) en función del nivel de P Bray a 0-20 cm de profundidad a la siembra. La línea horizontal indica rendimiento relativo del 95% y las verticales la concentración de P Bray de 15 mg/kg. Ensayos Región CREA Sur de Santa Fe, 2000, 2002, 2003, 2004 y 2006.

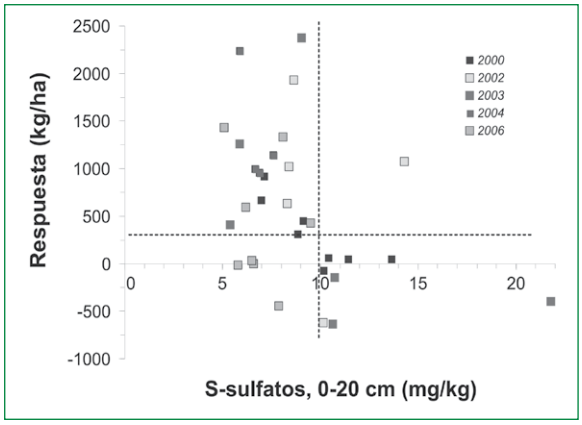


Figura 6. Respuesta a la fertilización azufrada en maíz en función del nivel de S-sulfatos a 0-20 cm de profundidad a la siembra. La respuesta incluye efectos residuales de fertilizaciones anteriores y directos de la fertilización del año. Ensayos Región CREA Sur de Santa Fe, 2000, 2002, 2003, 2004 y 2006.

VEA ESTE Y TODOS LOS ARTICULOS
DE INFORMACIONES AGRONOMICAS DEL CONO SUR EN:

WWW.IPNI.NET/LASC

Congresos, Cursos y Simposios

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

Simposio "Tecnología de la Fertilización" AACS-FAUBA

Lugar y fecha: Facultad de Agronomía (UBA), Buenos Aires (Argentina). 7 Septiembre 2007.
Información: http://www.agro.uba.ar/eventos/ferti.htm - tecnofer@agro.uba.ar

XVI Simposio Internacional del Centro Científico Internacional de Fertilizantes (CIEC)

Lugar y fecha: Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Coupure 653, Bélgica.
16-19 Septiembre 2007.
Información: Tel.: ++32 (0)92646053; Fax: ++32(0)92646247; Patrick.Dossche@UGent.be; www.soilman.ugent.be/ciec

XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo

Lugar y fecha: León, Guanajuato, México. 17-21 Septiembre 2007.
Información: www.slcs.org.mx - slcsorg@slcs.org.mx - cueto.jose@inifap.gob.mx

2007 World Fertilizer Conference

Lugar y fecha: Boston (EE.UU.). 17-20 Septiembre 2007.
Información: The Fertilizer Institute – www.tfi.org

4th Conferencia Internacional de Nitrógeno

Lugar y fecha: Costa do Sauipe- Brazil. 1-5 Octubre, 2007.
Información: INI martinelli@cena.usp.br www.nitrogen2007.com

3ª Jornada Nacional y 1° Congreso Internacional sobre el Cultivo de Pecán

Lugar y fecha: Salón de Actos Banco Nación-Casa Central, Rivadavia 325 1° Piso - Capital Federal-Bs As- Argentina.
22-23 de Noviembre, 2007.
Información: http://www.propecan.com.ar/

XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

Lugar y fecha: Potrero de los Funes, San Luis (Argentina). 13-16 Mayo 2008.
Información: www.fices.unsl.edu.ar/cacs2008/ - www.suelos.org.ar

Conferencia Internacional de Agricultura de Precisión

Lugar y fecha: Denver (Colorado, EE.UU.). 20-23 Julio 2008.
Información: www.icpaonline.org

V Simposio Internacional Interacciones de Minerales de Suelo con Componentes Orgánicos y Microorganismos

Lugar y fecha: Pucón, Chile. 26-30 Noviembre 2008.
Información: www.ismom2008ufro.cl , mariluz@ufro.cl

Suscripción

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

Nombre y Apellido: .....
Institución o Empresa: .....
Principal Actividad: .....
Calle: ..... Nro.: ..... C.Postal: .....
Localidad: ..... Provincia: .....
E-mail: ..... Teléfono: .....

¡MUCHAS GRACIAS!

Publicaciones de IPNI

Las siguientes publicaciones se encuentran disponibles con un costo nominal

Titulo de la Publicación *(Vea el catalogo completo de publicaciones de IPNI en www.ipni.net/lasc)*	Costo U$S	Costo $ argentinos
REIMPRESION Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Este libro, editado por INTA (Argentina) con la colaboración de IPNI, contiene los principios y conceptos fundamentales de la fertilidad de suelos y del manejo de fertilización para numerosos cultivos.	20	60
NUEVO Simposio Fertilidad 2007. Actas del Simposio organizado por IPNI y Fertilizar en Rosario en Mayo de 2007.	14	40
La Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe: Resultados y conclusiones de los primeros seis años 2000-2005. Resumen y discusión de los principales resultados obtenidos en la Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe (Argentina).	5	15
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.	15	45
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.	6	18
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.	8	24
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

Vea el catalogo completo de publicaciones de IPNI en www.ipni.net/lasc

Formas de pago de publicaciones

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 San Isidro, Buenos Aires, Argentina.
•Depósito Bancario en Citibank, Cta. Cte. Nº 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 IPNI 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 IPNI por Fax.: 011-4798-9939 o por mail a Lpisauri@ipni.net, el comprobante de pago.
3. Indicar si solicita Factura A ó B, a nombre de quien extenderla, dirección completa y CUIT.

Ante cualquier consulta enviar mail a: Lpisauri@ipni.net o llame al (54 - 011) 4798 9939

XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

del 13 al 16 de Mayo de 2008

en

Potrero de los Funes, San Luis

Mas información en

www.fices.unsl.edu.ar/cacs2008

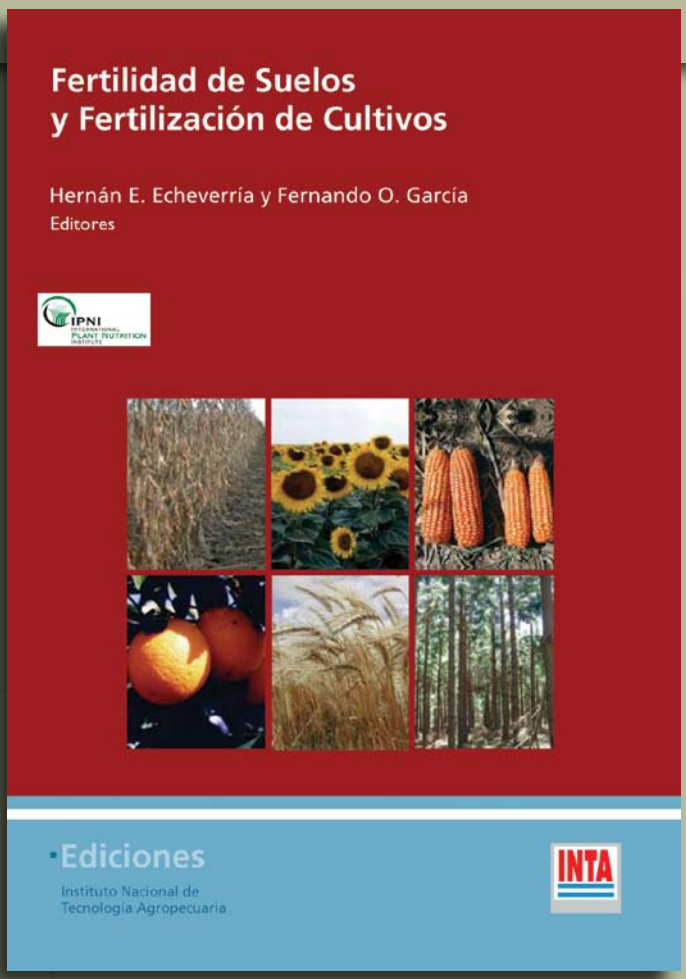
www.suelos.org.ar

AACS
ASOCIACION ARGENTINA
CIENCIA DEL SUELO

Reimpresión:

Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos

Hernán E. Echeverría y Fernando O. García (editores)



Este libro, editado por INTA con la colaboración de IPNI, contiene los principios y conceptos fundamentales de la fertilidad de suelos, así como de los métodos de diagnóstico de requerimiento de nutrientes para los cultivos de mayor relevancia en la región pampeana argentina y las economías regionales.

Contenidos

Parte 1: Los suelos y la nutrición de cultivos
- Propiedades del suelo relacionadas con la fertilidad
- Funciones de los nutrientes en el crecimiento vegetal
- Los nutrientes del suelo y la determinación del rendimiento de los cultivos de granos

Parte 2: Dinámica de nutrientes en el sistema suelo-planta
- Nitrógeno
- Fósforo
- Potasio
- Azufre
- Calcio y magnesio. Acidez y alcalinidad de suelos
- Micronutrientes y otros elementos traza
- Propiedades del suelo: efectos de las prácticas de manejo

Parte 3: Fertilización de cultivos
- Trigo
- Maíz
- Soja
- Girasol
- Cebada y avena
- Pasturas y pastizales naturales
- Papa
- Caña de azúcar
- Arroz
- Frutales de carozo y pepita
- Citrus
- Forestales
- Ajo y cebolla

Parte 4: El uso de fertilizantes y enmiendas
- Fuentes de fertilizantes y sistemas de aplicación
- El mercado de fertilizantes en la argentina y su relación con el sector agropecuario
- Los nutrientes y la calidad del ambiente

Anexo: Factores de conversión de equivalencias y unidades más usadas. Composición química (grado) de los fertilizantes más usados. Fuentes de micronutrientes. Extracción de nutrientes por diferentes productos pecuarios.

- Los autores de los distintos capítulos son reconocidos especialistas en la disciplina de Fertilidad de Suelos a nivel nacional y regional. Estos destacados científicos y profesionales son referentes insoslayables en las distintas temáticas abordadas.

- Costo de la publicación: $60 (sesenta pesos).
Gastos de envío nacional: $24 (veinticuatro pesos)

- El libro puede ser adquirido, contactando a:

- IPNI Cono Sur. At. Sra. Laura Pisauri.
Tel. (54) 011 4798 9939. Lpisauri@ipni.net
- Oficinas de INTA en Chile 460, Capital Federal y unidades de INTA del interior del país (www.inta.gov.ar).