

# APLICACIONES INCORPORADAS Y “AL VOLEO” DE FÓSFORO EN CULTIVOS DE MAÍZ EN LA REGIÓN DE LA PAMPA ARENOSA

Mirian Barraco <sup>1</sup>, Martín Díaz- Zorita <sup>2</sup> y Cristian Álvarez <sup>1</sup>

<sup>1</sup> EEA INTA Gral. Villegas, CC 153, (6230) Drabble, Argentina. <sup>2</sup> 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 lowa (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<sup>-1</sup>.

## 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<sup>-1</sup> (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<sup>-1</sup>). También se evaluaron aplicaciones de 22 kg P ha<sup>-1</sup> 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 <sup>-1</sup> )	MO (mg kg <sup>-1</sup> )	Pe (mg kg <sup>-1</sup> )	Antecesor	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 estadio 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<sup>-1</sup> (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<sup>2</sup>. 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 “índice 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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>, incorporada o al voleo, no resultó en diferencias significativas con respecto al Testigo. Para la dosis de 22 kg P ha<sup>-1</sup>, la aplicación incorporada aumento el rendimiento en 1321 kg ha<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>, no difirieron del tratamiento control. En cambio, cuando se aplicaron 44 kg P ha<sup>-1</sup>

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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>), mientras que en dosis de P mayores (44 kg P ha<sup>-1</sup>) 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<sup>-1</sup> 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 <sup>-1</sup> )		Producción de grano (kg ha <sup>-1</sup> )				EUP (kg grano kg P <sup>-1</sup> )		
		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<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>), 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<sup>-1</sup> 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.

### Referencias

**Analytical Software.** 2000. Statistic 7. User's manual. Analytical Software, Tallahassee, 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 vertisólicos. 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.

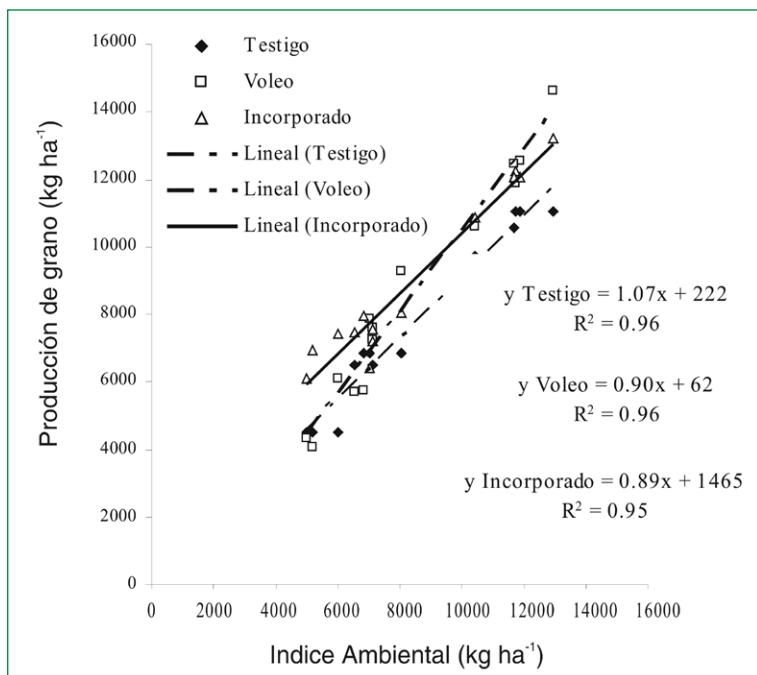
**Fariña Núñez J.R.** 1997. Soja, la importancia de la ubicación del fertilizante. Revista Fertilizar N° 8. p. 4-7

**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. ◀



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