



Proyecto Regional Agrícola Desarrollo Rural INTA PERGAMINO

FERTILIZACIÓN DE MAÍZ EN EL NORTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES Ensayos del Proyecto Regional Agrícola. Campaña 2003-04

Gustavo Ferraris (1)
Javier Elisei (2)
Lucrecia Couretot (1)

Introducción:

En la región pampeana, la disponibilidad de nitrógeno (N) y fósforo (P) aparecen como las principales limitantes nutricionales en los cultivos de cereales. En la pampa ondulada, ya desde principios de los '80 Senigagliesi et al. (1984) observaron respuestas a la fertilización fosforada en cultivos de maíz. Desde entonces, la disponibilidad de fósforo en los suelos de la región ha disminuido marcadamente, y como consecuencia en los últimos años aumentó el uso de fertilizantes fosforados (García, 2001).

A su vez, se ha incrementado la frecuencia de respuestas positivas al agregado de azufre en el norte de Buenos Aires, especialmente en suelos con muchos años de agricultura continua, que poseen bajos contenidos de materia orgánica o han sufrido erosión (Ferraris et al., 2004 c), aunque no se dispone aun de un método de diagnóstico para deficiencias de este nutriente en maíz o en otros cultivos de la región.

Por otra parte, hasta el momento no se han observado respuestas a la fertilización potásica en cultivos extensivos de la región pampeana. La continua extracción de nutrientes por los cultivos puede determinar que los nutrientes que históricamente han sido suficientes para la producción agrícola empiecen a ser deficientes, como ha sido el caso del azufre en la región. Por lo tanto, es necesario explorar periódicamente la aparición de situaciones de deficiencia de potasio en los cultivos de nuestra zona.

El objetivo de este trabajo es estudiar los efectos de la fertilización fosforada, azufrada, su interacción y los efectos de la fertilización potásica sobre el rendimiento del cultivo de maíz en el extremo sur de Santa Fe y el norte de Buenos Aires, área de influencia de la EEA INTA Pergamino.

Materiales y Métodos:

Se realizaron dos experimentos en el sur de Santa Fe y norte de Buenos Aires. Los detalles de los sitios experimentales se describen a continuación.

(1) Técnicos de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino

(2) Técnicos de AFA Centro Primario Pergamino

Tabla 1: Características más destacadas de los diferentes sitios.

Nº	Localidad	Dpto/Partido	Pcia	Sist. Labranza	Años Agricultura	Tipo de suelo	Serie de suelo
1	Wheelwright	General Lopez	S. Fe	SD	> 20	Argiudol típico	Hughes
2	Arroyo Dulce	Salto	Bs As	SD	> 20	Argiudol típico	Arroyo Dulce

Tabla 2: Manejo efectuado en los sitios experimentales.

Nº	Localidad	Cultivar	Fecha de siembra	Cultivo antecesor	Densidad de siembra	Distancia entre surcos	Fecha de Cosecha
1	Wheelwright	Dk 682 MG CL	10-oct	Soja 1ra	80000 pl/ha	0,70	3-mar
2	Arroyo Dulce	Ax 840	29-sep	Soja 1ra	80000 pl/ha	0,52	20-feb

Los tratamientos correspondieron a la aplicación a la siembra de diferentes combinaciones de P, S y K.

- T1: P30 S0 kg ha⁻¹
- T2: P30 S7,5 kg ha⁻¹
- T3: P30 S15 kg ha⁻¹
- T4: P30 S30 kg ha⁻¹
- T5: P0 S0 kg ha⁻¹
- T6: P0 S30 kg ha⁻¹
- T7: P30 S30 K100 kg ha⁻¹

Como fuentes fertilizantes se utilizó fosfato momoamónico (11-23-0), sulfato de calcio (0-0-0- 18S-22Ca) y cloruro de potasio (0-0-50-13Cl). Con el objeto de evitar que otros nutrientes limiten el rendimiento, todos los tratamientos fueron fertilizados con 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno. El diseño fue en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones, siendo el tamaño de parcela de 20 m por un ancho de sembradora. La cosecha se realizó en forma manual, y los rendimientos fueron ajustados a 13,5 % de humedad.

Sobre una muestra de suelo de 0-20 cm se determinó pH y los contenidos de nitratos, materia orgánica, fósforo disponible y sulfatos. En este intervalo de profundidad el contenido de sulfatos se determinó utilizando tres extractantes (acetato de amonio, cloruro de potasio y fosfato de potasio). De 20 a 40 cm y de 40 a 60 cm se determinó el contenido de sulfatos utilizando como extractante acetato de amonio. Se determinó humedad a la siembra, y se realizó un balance hídrico a partir de las precipitaciones locales y la evapotranspiración del ensayo calculada con el programa Yacu 1.1 (EEA INTA Pergamino).

Sobre el cultivo se midió intercepción de radiación desde 20 días preantesis hasta 20 días postantesis, así como materia seca total durante este período y a cosecha. El rendimiento se midió mediante cosecha manual y trilla estacionaria, ajustando a 13 % de humedad.

Resultados y discusión:

Los datos de los análisis químicos de suelo se detallan en la Tabla 3

Tabla 3: *Análisis de suelo a la siembra*

							S inicial		
	Prof. (cm)	MO (%)	P- Bray ppm	K- AcNH 4 ppm	PH	N- NO3	S-SO4 K2PO 4	S-SO4 AcNH 4	S-SO4 KCl 40C
Wheelwright	0-20	2,25	6,3	595	6,2	2,2	10,3	12,5	9,7
	20-40							11,9	
	40-60							7,3	
	0-60							10,6	
Arroyo Dulce	0-20	1,68	7,3	566	5,9	8,4	3,3	5,3	4,3
	20-40							1,6	
	40-60							1,6	
	0-60							2,8	

A su vez, en la Tabla 4 se presenta la humedad determinada previo a la siembra y en anthesis, y en la Tabla 5 las precipitaciones registradas en ambos ensayos, comparadas con las medias históricas. Como se destaca de este último cuadro, las precipitaciones fueron notablemente inferiores a la media histórica zonal, lo cual se reflejó en una reducción de la humedad acumulada en el perfil hacia la floración (Tabla 4), y en un marcado déficit hídrico durante buena parte del ciclo (Figura 1).

Tabla 4: *Lámina de agua (mm) determinada hasta 60 cm de profundidad al momento de la siembra y en floración plena.*

	Wheelwright		Arroyo Dulce	
Profundidad	Humedad siembra (mm)	Humedad floración (mm)	Humedad siembra (mm)	Humedad floración (mm)
0-10 cm	16,8	15,0	25,9	18,0
10-20 cm	27,0	15,3	26,3	15,8
20-30 cm	37,1	15,0	27,7	20,0
30-40 cm	32,4	20,0	30,0	17,1
40-50 cm	32,6	19,0	35,6	18,9
50-60 cm	30,5	20,3	36,0	18,8
Lámina de agua 0-60 cm (mm)	176,4	104,6	181,5	108,6

Tabla 5: *Precipitaciones para el período setiembre-marzo en los sitios experimentales, comparadas con las históricas. Las precipitaciones de Arroyo Dulce corresponden a la EEA INTA Pergamino, 10*

km al Noroeste del ensayo. Las precipitaciones de Wheelwright corresponden al establecimiento donde se realizó el ensayo.

Mes	Wheelwright		Arroyo Dulce	
	2003/04	Media 1977/2003	2002/03	Media 1910/2003
Septiembre	11	47	19	55
Octubre	18	105	38	106
Noviembre	107	105	82	105
Diciembre	156	118	108	117
Enero	60	111	113	115
Febrero	37	107	30	108
Marzo	85	127	126	112
Total Setiembre - Marzo	474	720	516	719

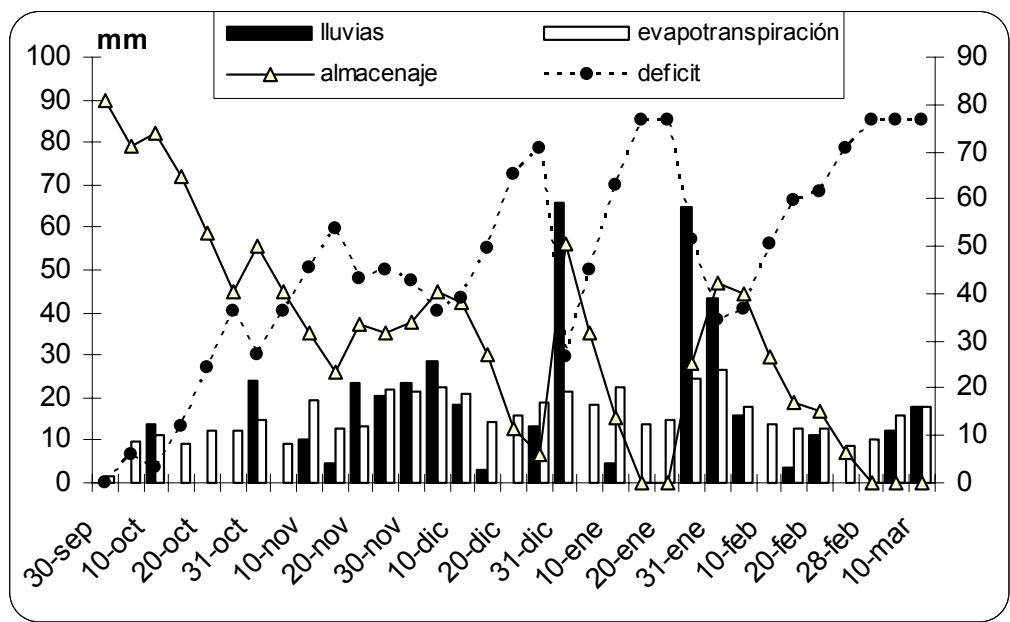


Figura 1.a

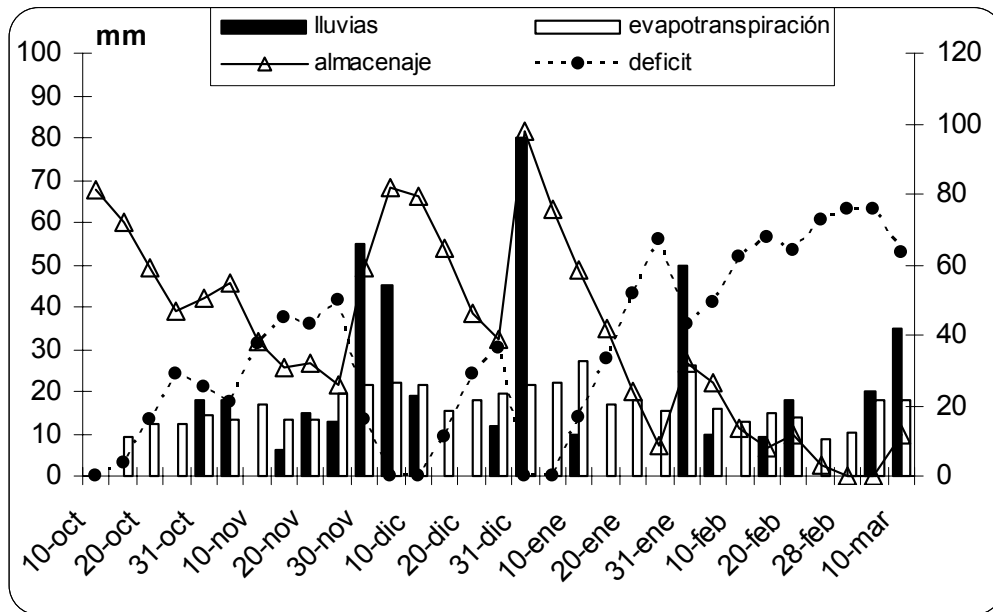


Figura 1.b

Figura 1: Balance hídrico para los ensayos Wheelwright (1.a) y Arroyo Dulce (1.b). Se consideró déficit hídrico cuando la disponibilidad de humedad cayó por debajo de 50 % de agua útil.

En las Figuras 2 y 3 se presenta la radiación interceptada y la materia seca acumulada alrededor del período crítico para un grupo seleccionado de tratamientos (T1, T5 y T6) de ambos ensayos.

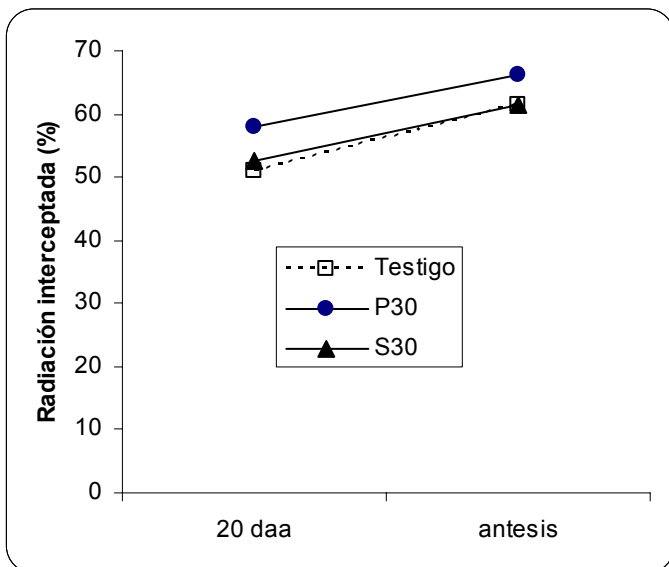


Figura 2.a

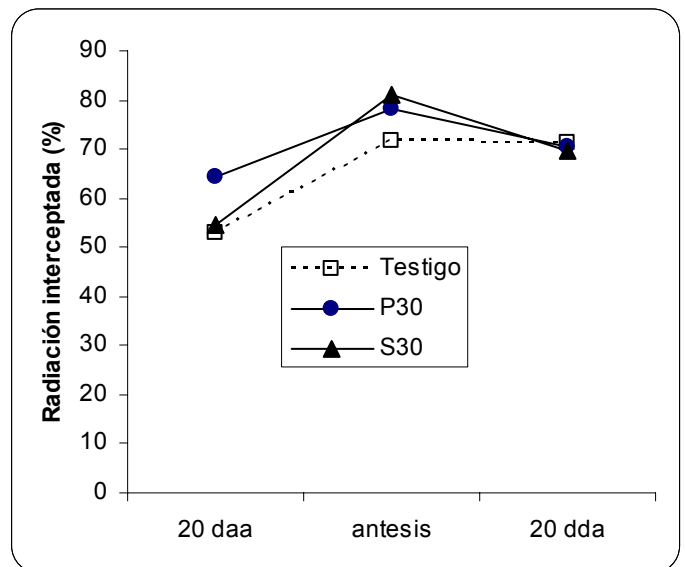


Figura 2.b

Figura 2: Radiación interceptada como porcentaje de la radiación máxima incidente para tratamientos testigo y fertilizados con P y S desde 20 días antes de antesis (20 dda) hasta 20 días después de antesis (dda). 3.a: Ensayo Wheelwright. 3.b: Ensayo Arroyo Dulce.

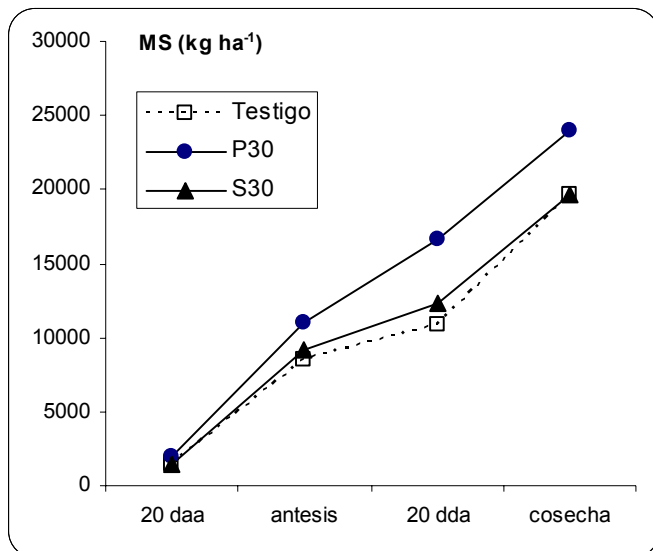


Figura 3.a

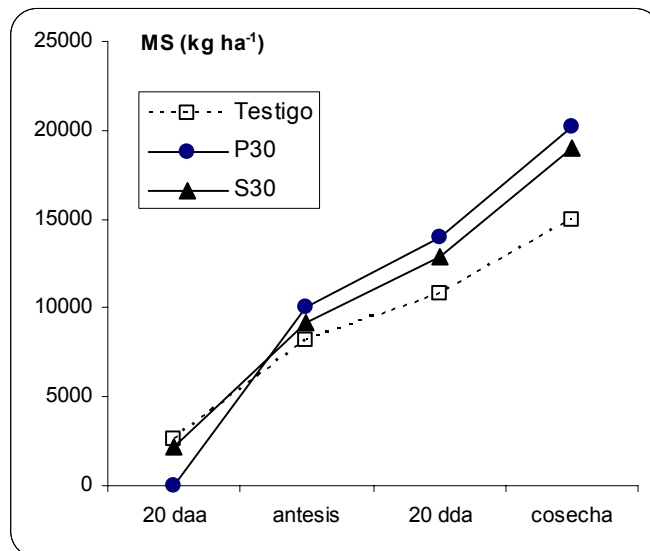


Figura 3.b

Figura 3: *Materia seca acumulada para tratamientos testigo y fertilizados con P y S desde 20 días antes de antesis (20 dda) hasta cosecha. 4.a: Ensayo Wheelwright. 4.b: Ensayo Arroyo Dulce.*

En el ensayo Wheelwright, el tratamiento T1 (P30) interceptó más radiación y acumuló mayor cantidad de materia seca durante todo en período de observación. En Arroyo Dulce en cambio, los dos tratamientos fertilizados, T1 (P30) y T6 (S30) en líneas generales lograron mayores niveles de interceptación y de crecimiento que el testigo absoluto (T5), con ligeras oscilaciones en las diferentes mediciones.

Si se consideran los tratamientos T5 (P0S0), T1 (P30 S0), T6 (P30 S30) y T4 (P1S1), se puede analizar la interacción PxS. Esta interacción no fue estadísticamente significativa ($P > 0,05$) en ambos ensayos. Si bien las situaciones de baja disponibilidad de fósforo y azufre pocas veces ocurren de manera aislada, hasta el presente no hay evidencias que muestren la interacción entre fósforo y azufre sobre el rendimiento del cultivo de maíz, tanto en la pampa ondulada como en otras regiones del mundo (Ferraris et al., 2004 b).

Tanto en el ensayo de Wheelwright como en Arroyo Dulce se observaron respuestas significativas a la aplicación de P ($P=0,006$ y $P=0,002$, respectivamente, Figura 4). La eficiencia media para ambos ensayos fue de 57 kg de grano por kg de P aplicado. Estos resultados están de acuerdo con los bajos valores de disponibilidad de P en el suelo (Tabla 3). Así, para el norte de Bs As Ferrari et al, (2000) informaron umbrales críticos de 13,5 ppm, mientras que Silva Rossi (citado por García, 2002) propone un umbral crítico de 19 a 20 ppm. En el sudeste de Bs As, diversas redes de ensayos sugieren valores umbrales debajo de los cuales es altamente probable obtener respuesta a la fertilización de 15 a 20 ppm (García et al., 1997; Berardo et al., 2001). Todos estos valores están muy por encima de los medidos en los presentes ensayos.

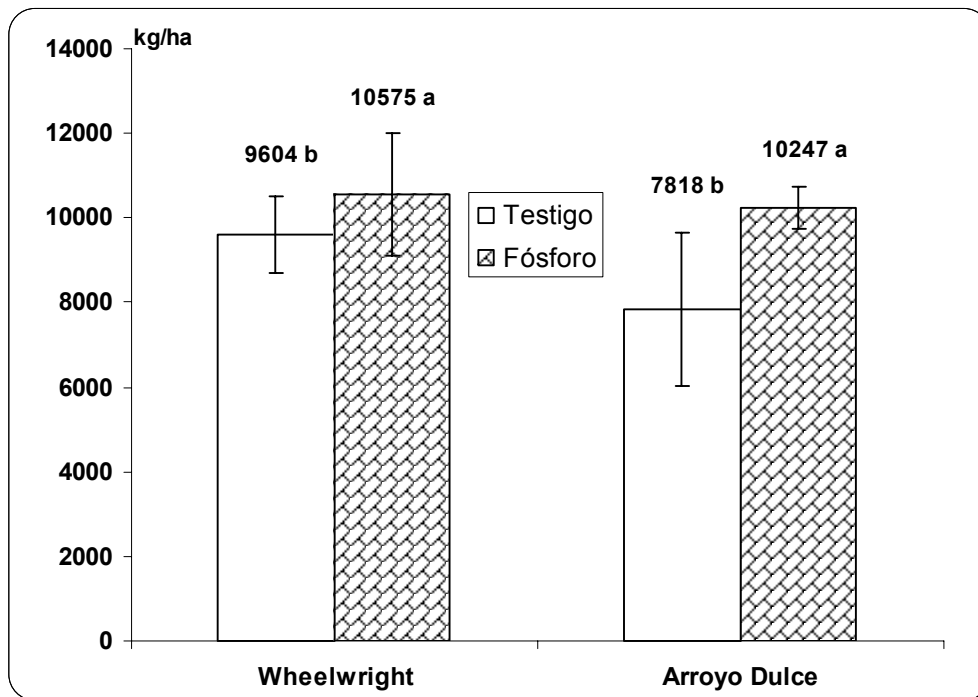


Figura 4: Respuesta a la aplicación de 30 kg P ha⁻¹ en Wheelwright y Arroyo Dulce. Las líneas verticales representan la desviación standard respecto de la media.

La respuesta a S varió entre ambos sitios (Figura 6). Mientras en Wheelwright se observó una respuesta lineal en todo el rango de dosis aplicado ($P=0,02$, Figura 5.a), en Arroyo Dulce no existieron diferencias significativas como resultado de aplicar S ($P=0,3$, Figura 5.b). De acuerdo con la larga historia agrícola y el bajo contenido de MO de ambos sitios, se esperaba respuesta a la fertilización azufrada en ambas localidades. Más aún, en el ensayo Wheelwright, con respuesta a S, el contenido de S-sulfatos era superior al de Arroyo Dulce en todas las profundidades, cualquiera sea el extractante considerado (Tabla 3). Esto es una evidencia más de la incertidumbre de este análisis como criterio de diagnóstico, y de las dificultades que aún existen para el desarrollo de un criterio de recomendación (Ferraris et al, 2004 a, 2004 c).

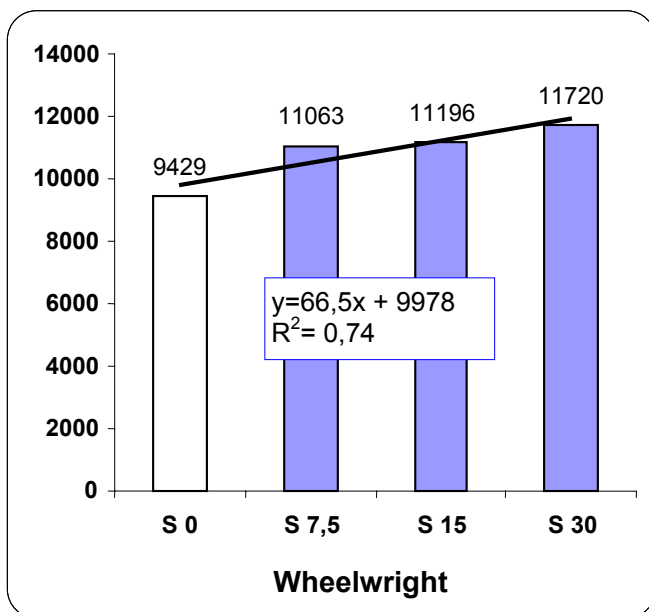


Figura 5.a

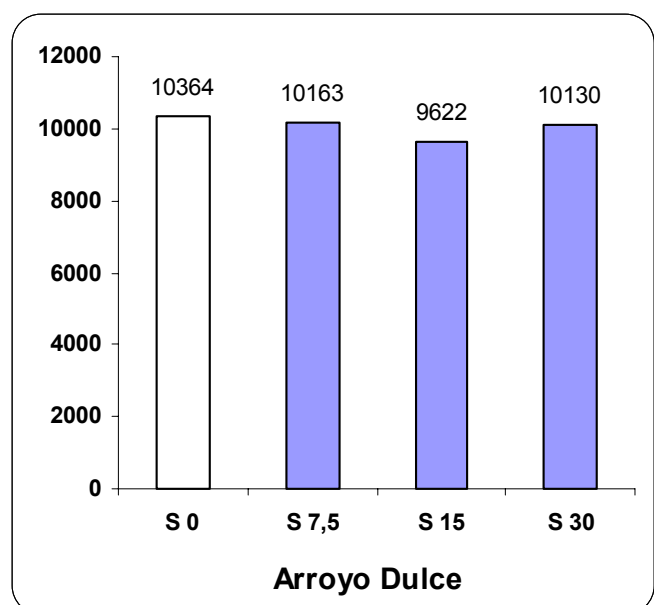


Figura 5.b

Figura 5: Respuesta a la aplicación de dosis crecientes de S a la siembra en Wheelwright (5.a) y Arroyo Dulce (5.b).

Finalmente, en ninguno de los ensayos se observó respuesta a la fertilización con K ($P > 0,05$; Figura 6). Esto es consistente con el valor elevado del nutriente en los sitios experimentales, de 595 y 566 ppm para Wheelwright y Arroyo Dulce, respectivamente. A modo de comparación, puede mencionarse que los umbrales para maíz mencionados en la literatura internacional varían entre 110 y 200 ppm (Haby et al., 1990). La tendencia no significativa a un incremento en los rendimientos en Arroyo Dulce, y que podía preverse a la luz de las diferencias visuales observada entre tratamientos fertilizados y sus testigos, puede atribuirse a la marcada erosión del sitio experimental, ya que la capa superior del suelo es la que contiene más K.

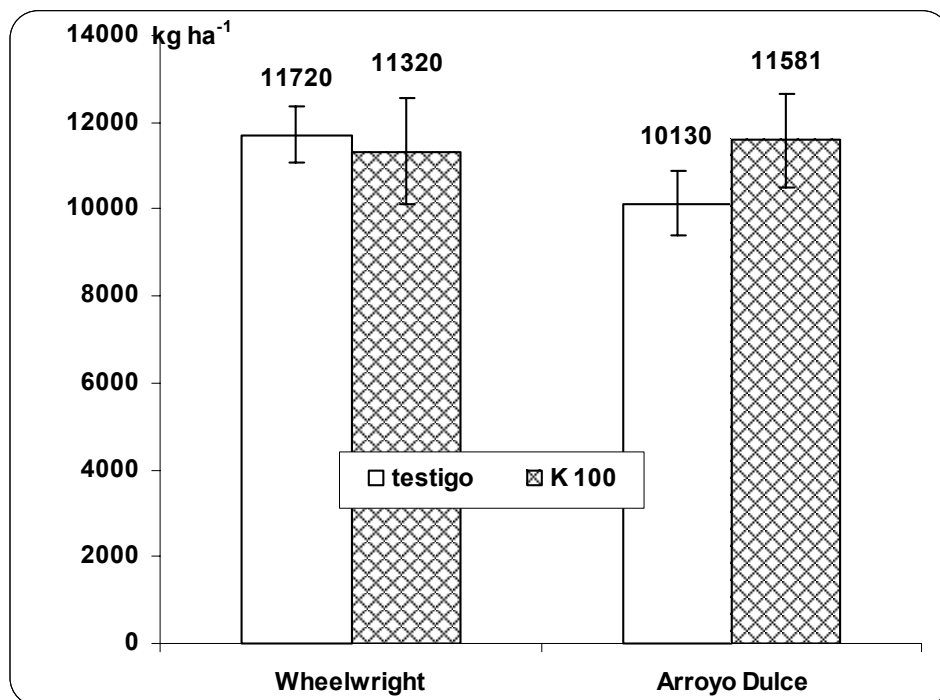


Figura 6: Respuesta a la aplicación de 100 kg K ha⁻¹ en Wheelwright y Arroyo Dulce. Las líneas verticales representan la desviación standard respecto de la media.

Conclusiones:

- ✓ Se observó respuesta a la aplicación de P en ambos sitios experimentales, obteniéndose una eficiencia media de 57 kg de grano por kg de P aplicado. Esta respuesta era previsible de acuerdo con el nivel del nutriente en el suelo.
- ✓ El sitio Wheelwright respondió de manera lineal al agregado de S, donde se obtuvieron incrementos de 66 kg de grano por kg de S aplicado. En cambio, no se observó respuesta a S en Arroyo Dulce, a pesar de tratarse de un sitio erosionado, con baja MO y S-sulfatos a la siembra.
- ✓ No se determinaron respuestas al agregado de K en ambos ensayos, registrándose solo una tendencia positiva en Arroyo Dulce, sitio muy erosionado. A pesar de que los niveles de disponibilidad de este nutriente en los suelos siguen siendo altos, debe monitorearse la aparición de posibles deficiencias en ambientes altamente degradados.

Literatura citada:

-Berardo, A., S. Ehrh, F. Grattone y F. García. 2001. Corn yield response to phosphorus fertilization in the southeastern Pampas. Better Crops International 15 (1):3-5.

-Ferrari, M., J. Ostojic, L. Ventimiglia, H. Carta, G. Ferraris, S. Rillo, M. Galetto y F. Rimatori. 2000. Fertilización de maíz: Buscando una mayor eficiencia en el manejo de nitrógeno y fósforo. Actas Jornadas de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilidad 2000". Rosario, 28 de Abril de 2000. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires.

-Ferraris, G., F. Gutiérrez Boem, P. Prystupa, F. Salvagiotti, L. Couretot y J. Elisei. 2004 a. Fertilización azufrada en maíz. Evaluación de la respuesta del cultivo y análisis de metodologías de diagnóstico de la fertilización azufrada. Informe del módulo de investigación de la Asociación Fertilizar, 15p.

-Ferraris, G., F. Gutiérrez Boem, P. Prystupa, F. Salvagiotti, J. Elisei y L. Couretot. 2004 b. Fertilización fosforada y azufrada en maíz. Evaluación de la formación del rendimiento y diagnóstico de la respuesta del cultivo. Informaciones agronómicas del Cono Sur. 24: (en prensa).

-Ferraris, G., F. Salvagiotti, P. Prystupa y F.H. Gutiérrez Boem. 2004 c. Disponibilidad de azufre y respuesta de la soja de primera a la fertilización. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo: 144.

-García F. 2001. Balance de fósforo en los suelos de la región pampeana. Informaciones Agronómicas 9:1-3.

-García, F. 2002. Criterios para el manejo de la fertilización fosfatada del cultivo de maíz. Web site www.elsitioagricola.com.ar.

-García, F., K. Fabrizzi, M. Ruffo y P. Scarabicchi. 1997. Fertilización nitrogenada y fosfatada de maíz en el sudeste de Buenos Aires. Actas VI Congreso Nacional de Maíz. AIANBA. Pergamino, Buenos Aires, Argentina.

-Haby, V.A., M.P. Ruselle y E.O. Skogley. 1990. Testing soils for potassium, calcium, and magnesium. En: R.L. Westerman (ed.) Soil testing and plant analysis. SSSA, Madison, pp. 181-227.

-Senigagliesi C., R. García y M. Galetto. 1984. Evaluación de la respuesta del maíz a la fertilización nitrogenada y fosforada en el área centro norte de Buenos Aires y sur de Santa Fe. III Congreso Nacional de Maíz: 238-244.

Agradecimientos:

A los productores Antonio Pupic y Jorge y Ricardo Defelice, en cuyos establecimientos se realizaron estos ensayos.