

## MANEJO DEL FÓSFORO Y EL AZUFRE EN UNA SECUENCIA DE CULTIVOS DEL CENTRO DE SANTA FE.

*Hugo S. Vivas<sup>1</sup>, Ricardo Albrecht<sup>1</sup> y José. L. Hotián<sup>2</sup>.*

(1) INTA EEA Rafaela, (2) Cooperativa Bernardo de Irigoyen.

[hvivas@rafaela.inta.gov.ar](mailto:hvivas@rafaela.inta.gov.ar)

### Introducción

La investigación iniciada en el año 2000 en la Unidad Demostrativa Agrícola (UDA) de Bernardo de Irigoyen con variantes de fertilización con fósforo (P) y azufre (S) en la secuencia Trigo/Soja<sup>2°</sup>-Soja<sup>1°</sup>-Maíz<sup>1°</sup>, demostró que la aplicación única de los nutrientes produjo aumentos significativos de rendimientos en todos los cultivos y efectos residuales decrecientes (Fontanetto et al., 2003; Vivas, 2003). El nitrógeno (N) fue suministrado mediante la aplicación de una única dosis en las gramíneas.

La absorción total de P y S en las cuatro cosechas del ciclo iniciado en el año 2000 fue de 77 kg y 71 kg, respectivamente. Un segundo ciclo de la secuencia iniciado en el 2003, tuvo una ligera modificación en el orden de los cultivos, alternando gramíneas y leguminosas: Trigo/Soja<sup>2°</sup>-Maíz<sup>1°</sup>-Soja<sup>1°</sup>. En esta ocasión, la estrategia consistió en realizar la fertilización compuesta P×S en el primero y en el tercer cultivo. El objeto de la experiencia consistió en evaluar diferentes dosis de P y S y sus efectos residuales en la producción de cultivos de una secuencia.

### Metodología

En la rotación trigo/soja<sup>2°</sup>-maíz<sup>1°</sup>-soja<sup>1°</sup>, las necesidades de N para las gramíneas fueron satisfechas en cada ocasión y en plenitud para no constituir un factor de variación. El P y el S se aplicaron en el trigo y en el maíz para tener beneficios residuales en la soja.

Los tratamientos fueron una combinación 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, donde el P constituyó la parcela principal y el S las subparcelas. La unidad experimental fue de 4,2 m 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, respectivamente, de N como urea (N= 46%).

El contenido inicial de P extractable fue de 6 ppm, de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de 7 ppm y S-SO<sub>4</sub><sup>-</sup> de 6 ppm. 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 variedad de soja 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 (0-15 cm) para determinar el P extractable residual.

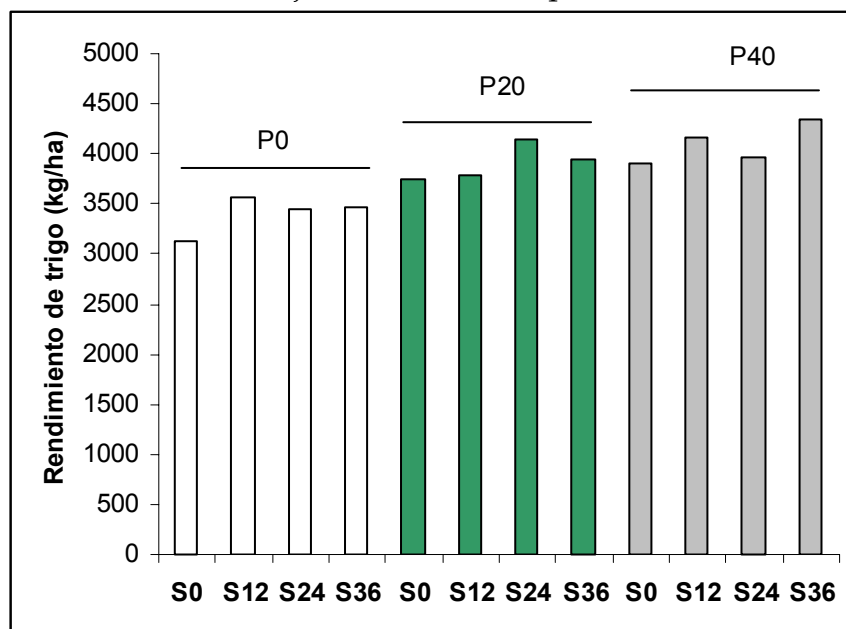
Antes de instalar el tercer cultivo de la secuencia (maíz) se aplicaron nuevamente los tratamientos con P y S con el propósito de satisfacer de nutrientes

al maíz y a la posterior soja de 1°. El maíz utilizado fue Rusticana 201, sembrado el 5 de setiembre de 2004 y cosechado el 15 de febrero de 2005. En noviembre de 2005 se sembrará la soja de 1°.

## Resultados

### Producción de Trigo

Las precipitaciones durante marzo (102 mm), abril (243 mm) y mayo (83 mm) 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 precipitaciones ocurridas durante el período vegetativo particularmente en julio (35 mm) y agosto (67 mm), 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 (55 mm) y, en consecuencia, la incidencia de enfermedades foliares fue baja. Los resultados pueden verse en la Figura 1.



**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.

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. El coeficiente de variación fue 6,6%. Las diferencias productivas encontradas 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 y la sanidad.

La interacción P x S no fue significativa ( $Pr > F = 0,2550$ ). El P tuvo un efecto positivo sobre la producción ( $Pr > F = 0,0008$ ) al igual que el S ( $Pr > F = 0,0199$ ). Los promedios de rendimiento debido al P fueron: 3405, 3907 y 4091 kg/ha para las

dosis P0, P20 y P40 kg/ha, respectivamente, con incrementos de 502 kg/ha y 686 kg/ha por sobre el testigo. El P extractable inicial del suelo (6 ppm) fue muy deficiente para la magnitud de los rendimientos alcanzados.

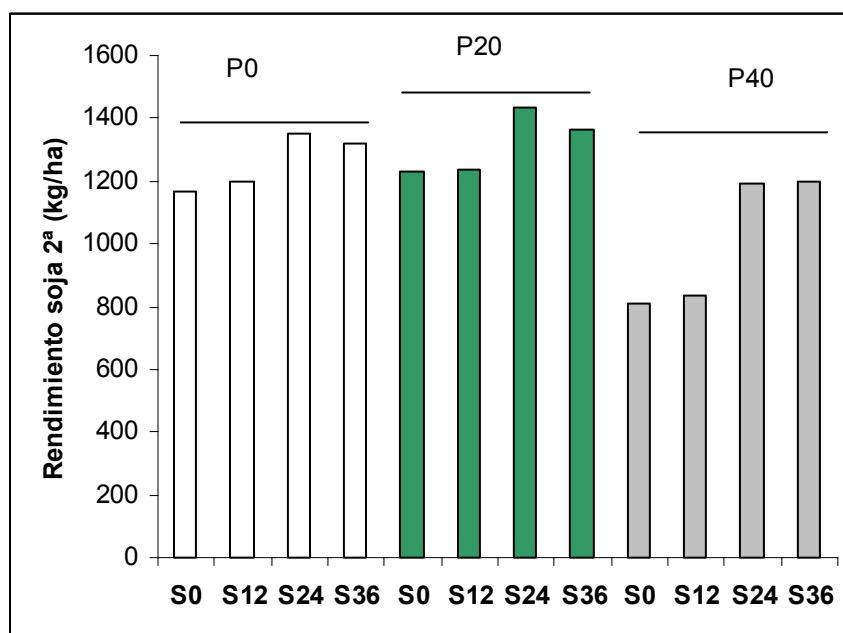
Con el nivel P0, las diferentes dosis de S tuvieron un comportamiento similar, con P20, la mayor respuesta se dio con las dosis S24 y S36, mientras que con P40 hubo aumentos con S12 y también con S36 (Figura 1). Este comportamiento estuvo relacionado con la magnitud de producción. El factor S fue significativo y lineal ( $Pr>F= 0,0047$ ). Los aumentos con S12, S24 y S36, respecto de S0 fueron 242 kg, 255 kg y 327 kg, respectivamente.

### Producción de Soja de 2º

La soja de 2º se caracterizó por tener una deficiencia hídrica extrema que alteró la expresión de los rendimientos y la respuesta a los fertilizantes. Para noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, las precipitaciones fueron de 38, 85, 85, 30 y 82 mm, respectivamente. Recién en abril se recibió una precipitación importante (165 mm), pero no incidió sobre los rendimientos finales. Los resultados pueden verse en la Figura 2.

En los tratamientos donde la producción de trigo fue mayor, se obtuvieron los menores rendimientos de la soja y viceversa. Los beneficios residuales, que generalmente son altos en la soja de 2º (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 P x S no fue significativa ( $Pr>F= 0,89$ ). Tampoco lo fue el factor P ( $Pr>F= 0,103$ ), aunque la tendencia fue a disminuir los rendimientos con las dosis mayores: 1259, 1317 y 1010 kg/ha para P0, P20 y P40, respectivamente.

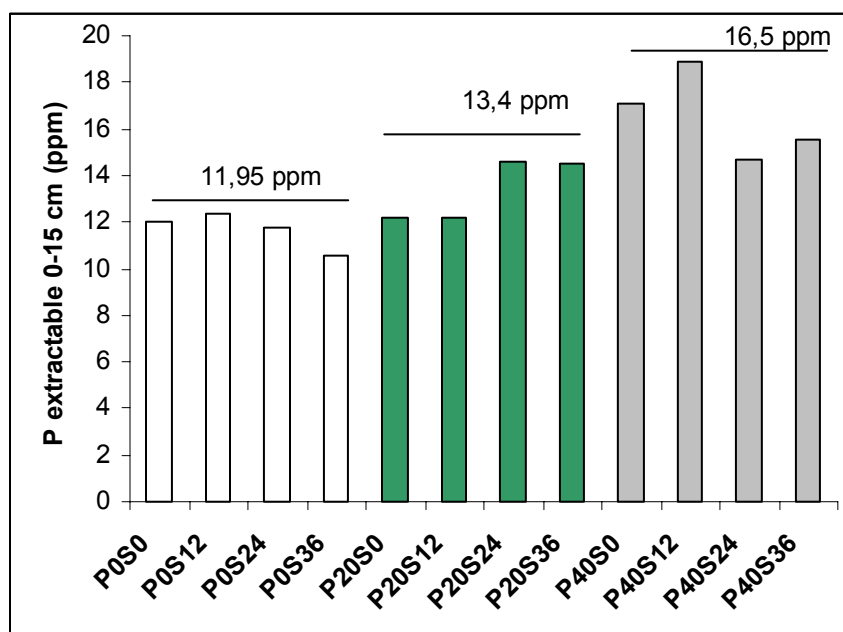


**Figura 2.** Producción de Soja de 2º con dosis residuales de P y de S en una rotación. Bernardo de Irigoyen. 2004.

Las diferencias producidas por el S fueron significativas ( $Pr > F = 0,024$ ) y a diferencia del P, las dosis mayores produjeron más: 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 residual en el suelo (0-15 cm) posterior al doble cultivo. Para el nivel P0, el valor medio fue 11,95 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, el único conjunto con suficiencia fue el tratamiento con P40. La baja producción de soja permitió que el tratamiento P0 recuperara por incubación natural los valores de P extractable.

En el nivel P0 y a través de los niveles de S, el P extractable tendió a disminuir y se explicaría porque con azufre el trigo y la soja rindieron más. Por lo tanto, debió haber más consumo nativo del P edáfico. 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.



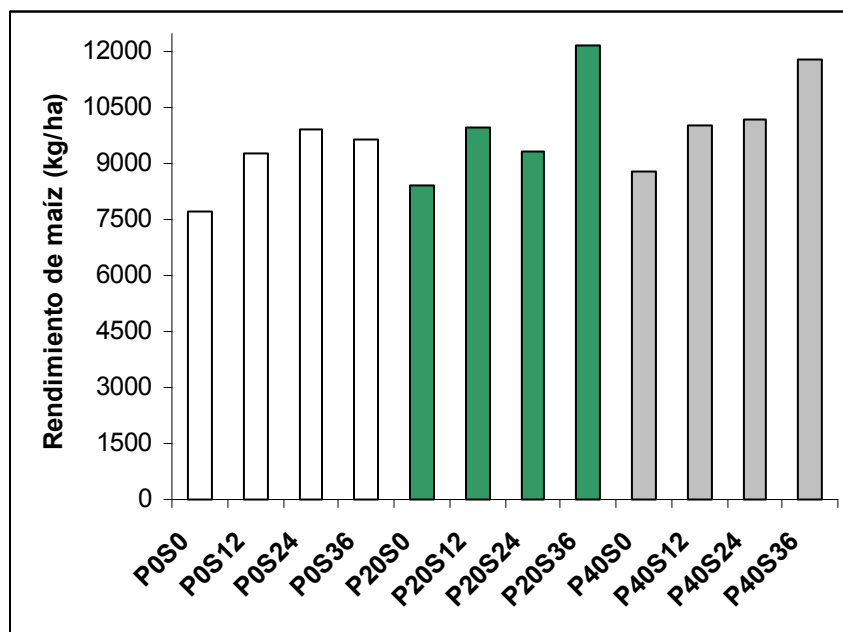
**Figura 3.** Fósforo extractable (0-15 cm) luego del doble cultivo trigo-soja. Bernardo de Irigoyen. 2004.

### Producción de Maíz de 1º

Las precipitaciones en el período de interés para el cultivo fueron las siguientes: setiembre (16 mm), octubre (74 mm), noviembre (105 mm), diciembre

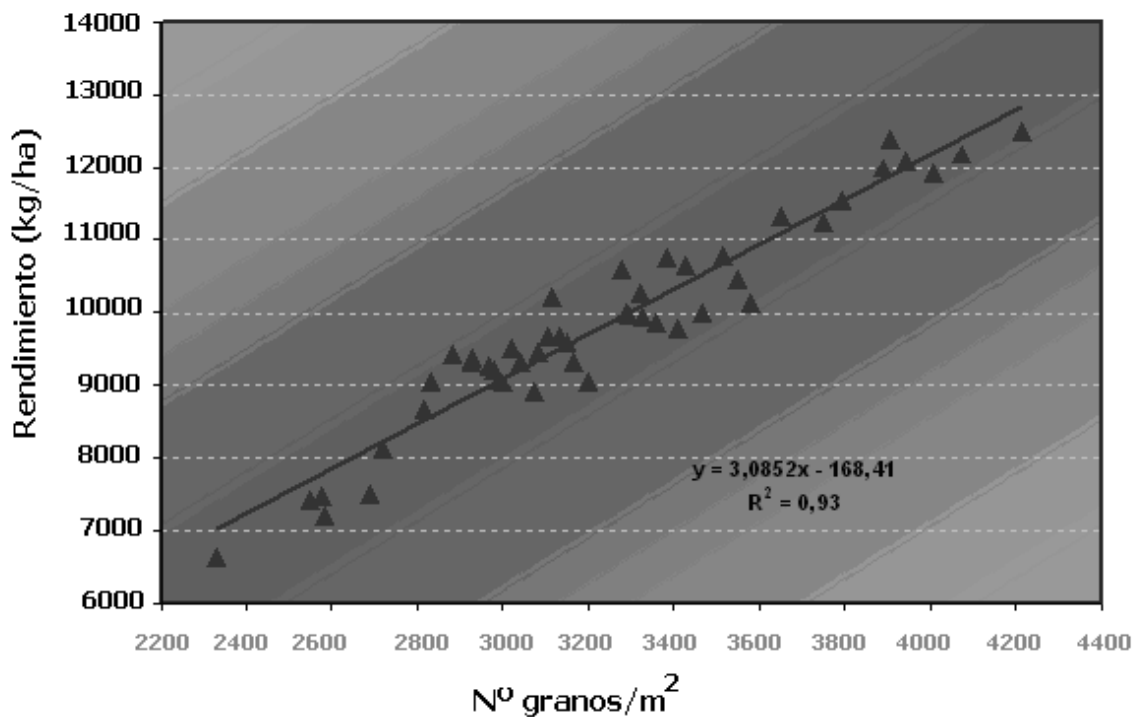
(176 mm), enero (97 mm) y febrero (43 mm). El período crítico (noviembre y diciembre), fue bien cubierto en la distribución de agua.

Se encontraron respuestas significativas entre los tratamientos ( $Pr>F= 0,0001$ ) con un coeficiente de variación de 7,8% y un ajuste  $R^2= 0,83$ . Las diferencias por los factores P y S fueron significativas,  $Pr>F= 0,0137$  y  $Pr>F= 0,0001$ , respectivamente. Fue muy evidente la respuesta al P, pero más notable fueron los aumentos debido al S. Hubo interacción significativa  $P \times S$  ( $Pr>F= 0,025$ ), por lo tanto las variaciones se aprecian mejor en la Figura 4.



**Figura 4.** Producción de maíz Rusticana 201 con fertilización combinada de P y S. Bernardo de Irigoyen. 2004-05.

En todos los niveles de P se apreció un incremento de producción debido a la dosificación con S pero los aumentos más notables y con tendencia lineal fueron con los niveles P20 y P40. Con el nivel P0, los incrementos fueron importantes pero con una tendencia cuadrática más que lineal. De este modo se puede interpretar la interacción detectada. Fue notable la manifestación del S que logra producir aumentos de rendimientos aún con niveles bajos de P. Los rendimientos de maíz se asociaron a la producción de granos/m<sup>2</sup> y la misma se puede ver en la Figura 5.



**Figura 5.** Producción de maíz Rusticana 201 y el número de granos/m<sup>2</sup>. Bernardo de Irigoyen 2004-05.

### Consideraciones Generales

- ❖ Los resultados demostraron la importancia de las precipitaciones bajo condiciones de secano y, en particular, durante el eslabón trigo-soja.
- ❖ Con suficiencia de agua, muy baja presencia de enfermedades fúngicas y una adecuada fertilización N-P-S, se pudieron alcanzar óptimos rendimientos de trigo.
- ❖ 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).
- ❖ La fertilización al momento de la siembra de maíz produjo aumentos productivos de importancia debido al P y al S y la residualidad será evaluada posteriormente en el cultivo soja de 1º.

### Referencias

- 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.
- 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.; 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.