



# FERTILIZACION FOSFORO-AZUFRADA EN SECUENCIAS DE SOJA CONTINUA, Y SU RESIDUALIDAD EN TRIGO – SOJA- MAIZ

## RESULTADOS DE NUEVE AÑOS DE EXPERIMENTACION CAMPAÑAS 2010/11 A 2018/19

*Gustavo N. Ferraris<sup>1</sup>, Pablo Traficante<sup>2</sup> y Alejandro Tortorielo<sup>3</sup>*

**Palabras clave:** Nutrición en el largo plazo, cobertura total, anticipación, residualidad.

Con el propósito de estudiar la evolución en el tiempo de los rendimientos, el balance de nutrientes y las propiedades químicas del suelo se diseñó un ensayo de estrategias de fertilización en una secuencia continua de soja. En la campaña 2010/11 se inició el proyecto, continuando en monocultivo de soja hasta la campaña 2016/17. Posteriormente, se evaluó la residualidad de los tratamientos en las dosis campañas subsiguientes, en los cultivos de trigo/soja 2017/18 y maíz 2018/19. La residualidad de los tratamientos anteriores afectó el rendimiento de trigo/soja 2da y maíz en una magnitud aun superior al efecto directo sobre soja de primera.

### INTRODUCCION

Los experimentos de larga duración son una herramienta invaluable en estudios de fertilidad. Su prolongación en el tiempo permite cuantificar los efectos acumulados en los rendimientos, así como también la modificación estructural en propiedades del suelo y cambios permanentes en los sistemas productivos (Messiga et al., 2010). Asimismo, la rentabilidad de una práctica es evaluada a través de diferentes campañas (Correndo et al., 2015; Ferraris et al., 2018), ponderando diferentes relaciones de precios y ambiente climático. Estos experimentos han sido ampliamente utilizados en el mundo para estudios de respuesta a fósforo (Bauke et al., 2018; Carver et al., 2017) y potasio (Mallarino et al., 2017).

En Argentina, no abundan los experimentos de larga duración dirigidos a comparar estrategias de fertilidad. La mayor parte han sido destinados a estudios de labranza o rotación de cultivos. Menos aún aquellos conducidos en campos de producción, que luego de mantener una serie de tratamientos a lo largo del tiempo, retornan a su manejo habitual permitiendo evaluar el impacto de los tratamientos anteriores. Con este fin, en 2010 se inició un experimento de largo plazo en el cultivo dominante en Región Pampeana –soja de primera- manteniendo este esquema durante siete

campañas, y evaluado la residualidad en las dos campañas subsiguientes.

El objetivo de esta experiencia fue cuantificar la producción de grano de soja según la dosis y el momento de la fertilización fosfatada en suelos francos de la Localidad de La Trinidad, partido de General Arenales, en el medio-oeste de la Provincia de Buenos Aires. Hipotetizamos que 1. Los cultivos responden en forma directa pero también residual a la fertilización fósforo-azufrada. 2. La eficiencia de uso de P y S no se modifica cuando se realizan aplicaciones anticipadas y/o combinando aplicaciones anticipadas y a la siembra, con respecto a la forma tradicional de aplicación de los fertilizantes a la siembra. 3. El incremento en la dosis total de fertilizante aplicado se traduce en aumentos en el rendimiento de los cultivos. 4. La inclusión de Zn mejora la performance del tratamiento 5. La dosis de P y S aplicados afectan la disponibilidad final del nutriente en el suelo, otorgando residualidad para los próximos cultivos de la secuencia.

### MATERIALES Y METODOS

El ensayo se condujo en la localidad de La Trinidad, en las inmediaciones de Ferré, partido de General Arenales, (Bs As), sobre un suelo serie Rojas, Argiudol típico, Clase de uso 1 (IP=100) de muy buena productividad. Se repitió como especie

1- INTA EEA Pergamino Av Frondizi km 4,5 (B2700WAA) Pergamino

2- Escuela Agrotécnica Salesiana “Concepción Gutiérrez de Unzué”. La Trinidad, General Arenales

3- Fertilizar Asociación Civil

\* [ferraris.gustavo@inta.gob.ar](mailto:ferraris.gustavo@inta.gob.ar)

**Tabla 1.** Tratamientos evaluados. Fuentes y localización de fertilizantes fosforados en Soja. La Trinidad, General Arenales, Bs As. Campañas 2010/11 a 2016/17.

Denominación	Criterio para P	Momento aplicación	Localización	Dosis S Siembra kg/ha	Dosis Zn kg/ha
T1	Testigo			SC 100	
T2	Reposición	anticipado Junio	voleo	SC 100	
T3	Suficiencia Arrancador	siembra Noviembre	localizado	SC 100	
T4	Reposición dividida	anticipado Junio siembra Noviembre	voleo localizado	SC 100	
T5	Reposición P	siembra Noviembre	localizado	SC 100	1,5 kg/ha suelo + 0,4 kg/ha Zn foliar
T6	Reposición sin S	siembra Noviembre	localizado	SC 0	

única a soja de primera, sin cultivo de cobertura como antecesor durante siete campañas. Luego, en las dos subsiguientes se evaluó el efecto residual de las diferentes estrategias en una secuencia trigo/soja - maíz. Se sembraron parcelas de 6 m de ancho y 9 m de longitud. Anualmente, la semilla fue inoculada para asegurar adecuada provisión de nitrógeno (N). Se realizaron tres aplicaciones de Glifosato durante cada ciclo de cultivo, así como tratamientos para el control de defoliadoras, chinches y enfermedades en forma manual. En las últimas secuencias se intensificó el uso de residuales, por la presencia cada vez mayor de malezas tolerantes a los herbicidas utilizados. Trigo y maíz recibieron un manejo habitual para la región. Se utiliza un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y seis tratamientos, los cuales se presentan en la Tabla 1.

Las fuentes de fertilizante utilizadas fueron Superfosfato Triple de calcio (Ca) (SPT, 0-20-0) Sulfato de Ca (SC, 0-0-0-S18) y Oxido de Zn (0-0-0 Zn75). Las dos últimas campañas se fertilizó el experimento de manera uniforme, determinando entonces sólo los efectos residuales de los anteriores tratamientos. El trigo fue fertilizado con MAP (11-23-0) y Urea (46-0-0) a las dosis de 50 y 150 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, sirviendo esta fertilización para la secuencia trigo/soja. Por su parte, el maíz subsiguiente fue fertilizado con iguales dosis a las del trigo precedente. La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza y comparaciones de medias. Sobre muestras de grano se evaluó la concentración de NPS, para poder realizar un balance del nutriente. Sobre cada una de las par-

celas se evaluó el contenido de MO, pH, P y S residual en el suelo (0-20 cm).

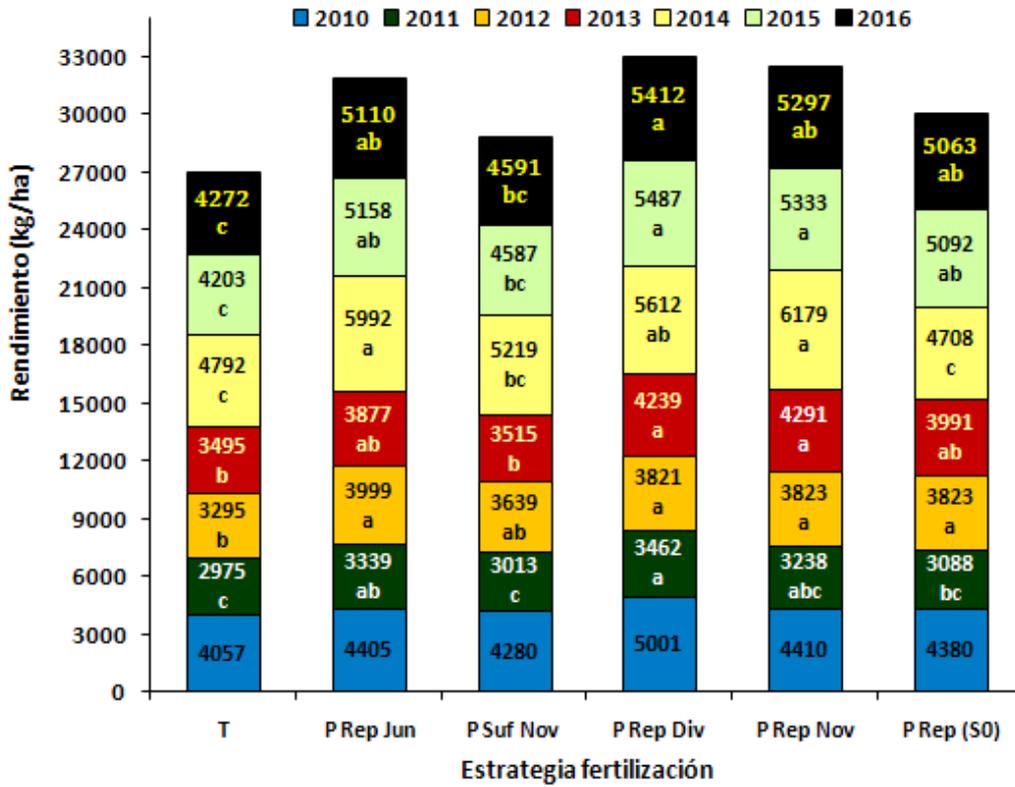
## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se presentan los resultados del experimento bajo monocultivo de soja, entre 2010 y 2016. Luego en las Figuras 2 y 3 se presenta la residualidad en trigo/soja y maíz.

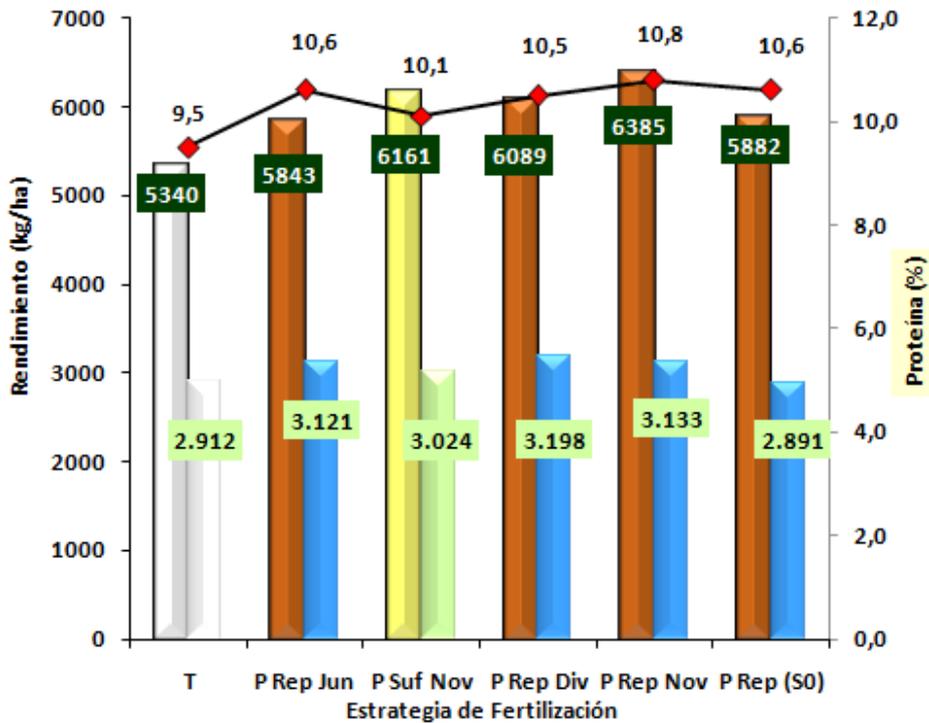
Los rendimientos durante los años que el experimento se mantuvo en soja fueron descriptos y analizados en informes anteriores. En líneas generales, se verificó una amplia respuesta a P y moderada a S (Figura 1). A pesar del buen nivel de P inicial, fue mayor el salto productivo de arrancador (T3) a reposición (T2 T4, T5) que del testigo (T1) al primero (T3), evidenciando un claro efecto de dosis a lo largo del tiempo. No se determinaron efectos significativos no relevantes por forma de aplicación de P, anticipado (T2), en línea a la siembra (T5) o una combinación de ambas (T4) (Figura 11).

Los cultivos subsiguientes presentaron un efecto residual de magnitud similar o aun mayor a los reportados en forma directa en soja. Especialmente trigo en rendimiento y calidad (Figura 2), y maíz en rendimiento (Figura 3), expresaron efectos sostenidos en su productividad. En particular maíz, aun dos años después, sólo alcanzó el máximo rendimiento cuando anteriormente se habían implementado estrategias de reposición de P (Figura 3)

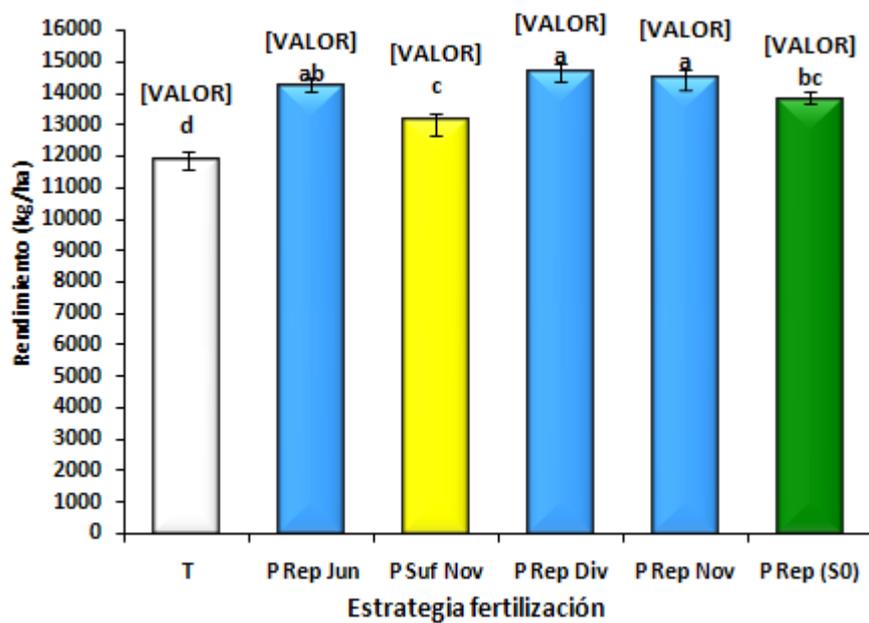
Finalmente, en la Tabla 2 se presenta el nivel final de PS luego de la cosecha de maíz. Los patrones de manejo de P se visualizan claramente, identificando con facilidad aquellas estrategias extractivas (testigo, sólo arrancador), de las de man-



**Figura 1.** Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) interanual como resultado de estrategias consistentes en diferentes dosis, momentos y formas de localización en Soja. Para un mismo año, letras distintas sobre las columnas indican diferencias significativas entre tratamientos (LSD  $\alpha=0,05$  o  $\alpha=0,10$ , según campaña). Las barras verticales representan la desviación Standard de la media. La Trinidad, General Arenales, Buenos Aires.



**Figura 2.** Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de trigo/soja y concentración de proteína en trigo como resultado de la residualidad de estrategias de fertilización en soja continuadas durante siete campañas. Ciclo 2017/18 La Trinidad, General Arenales, Buenos Aires.



**Figura 3.** Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de maíz como resultado de la residualidad de estrategias de fertilización en soja continuadas durante siete campañas. Ciclo 2018/19. La Trinidad, General Arenales, Buenos Aires.

**Tabla 2.** Nivel final de PS ( $\text{mg kg}^{-1}$  0-20 cm) determinado a la finalización del experimento, en Abril de 2019

Tratamiento	Tratamiento	P-Bray ( $\text{mg/kg}$ )	S-Sulfatos ( $\text{mg/kg}$ )
T1	Testigo	12,4	7,2
T2	Reposición	44,3	7,9
T3	Arrancador	18,1	7,5
T4	Reposición dividida	37,8	7,4
T5	Reposición P	43,1	8,0
T6	Reposición sin S	41,0	6,8

tenimiento. El deterioro de P se continuó notando en las dos últimas campañas, donde todos los tratamientos resultaron extractivos y la fertilización con MAP se realizó con el único propósito de no limitar los rendimientos.

## CONCLUSIONES

La respuesta en rendimiento se manifestó campaña tras campaña, estando reflejadas aun en los cultivos subsiguientes, a pesar de haber uniformado la fertilización. Por lo expuesto, la hipótesis 1 – los cultivos responden en forma directa y residual a la fertilización - es aceptada. Este concepto, válido para P a través de los años, del cuarto al noveno ciclo puede señalarse también para S.

Luego de siete años, las alternativas tecnológicas para la aplicación de nutrientes –anticipado al voleo, localizado a la siembra y una combinación

de ambas- no muestran diferencias significativas en los rendimientos ni una tendencia consistente en la evolución de PS en suelo. Tampoco se modifican los efectos residuales. Por este motivo la hipótesis 2 es aceptada.

La hipótesis 3 – existe respuesta a dosis de P- es aceptada, acentuando la diferencia entre tratamientos de reposición y suficiencia con relación a los primeros años de ensayo, tanto en términos de rendimientos absolutos como porcentuales.

La hipótesis 4 es aceptada, puesto que la performance de T5 mejoró desde que se comenzó a aplicar Zn, igualando o superando a T2 y T4 especialmente durante los años 3 y 4. Esto se visualizó como tendencia en la campaña 8va y ya no aparece en la 9na, donde se determinó residualidad de las prácticas antes implementadas.



La hipótesis 5 – la estrategia de fertilización afecta el nivel residual de los nutrientes en el suelo- es aceptada, A partir del tercer año se acentuaron los contrastes entre tratamientos, con caída en el testigo, ligero incremento mantenimiento en la estrategia de suficiencia, y un crecimiento en los niveles de P cuando se aplicara el concepto de reposición. La salida a próximos cultivos es muy diferente según estrategia. Se verifica que un alto nivel de P se puede consumir rápidamente si no se fertiliza correctamente los cultivos, más allá de su rendimiento o eficiencia productiva.

El resultado superior a las expectativas -ligero crecimiento con una estrategia de suficiencia, y marcado en las de reposición- tiene que ver con la baja eficiencia de recuperación por las plantas del P aplicado como fertilizante.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos especialmente a la Escuela Agrotécnica Salesiana “Concepción Gu-tierrez de Unzué”, por haber permitido la instala-ción de un experimento de Larga Duración –el de mayor duración en el tiempo de esta centenaria Escuela, ícono de la Región Pampeana Argenti-na-. A su personal por la colaboración prestada en la siembra, protección y cosecha del experimento.

### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

**Bauke, S. L., von Sperber, C., Tamburini, F., Gocke, M. I., Honermeier, B., Schweitzer, K., ... & Amelung, W.** 2018. Subsoil phosphorus is

affected by fertilization regime in long-term agri-cultural experimental trials. *European Journal of Soil Science*, 69(1), 103-112.

**Carver, R. E., Nelson, N. O., Abel, D. S., Roozeboom, K., Kluitenberg, G. J., Tomlinson, P. J., & Williams, J. R.** 2017. Impact of Cover Crops and Phosphorus Fertilizer Management on Nutrient Cycling in No-Tillage Corn-Soybean Rotation. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, 3(3), 5.

**Correndo, A., M. Boxler y F. García.** 2015. Re-posición de nutrientes en el largo plazo ¿Qué nos dicen los números? Pp 84-94. Actas del Simposio Fertilidad 2015. Cd-ROM.

**G.N. Ferraris, GN,M. Toribio, R. Falconi, R. Falcone, F. Moriones y M. C. Paolilli.** 2018. Diferentes estrategias de fertilización afectan los rendimientos, el balance de nutrientes, la fertilidad química y rentabilidad en el largo plazo. *Revista de Tecnología Agropecuaria, INTA EEA Pergami-no*. Vol 10 / N°38. 6 pp

**Mallarino, A., Oltmans, R. R., & Piekema, N.** 2017. Long-Term Potassium Fertilization Effects on Yield of Corn and Soybean in South Central Iowa. *Farm Progress Reports*, 2016(1), 186.

**Messiga, A.J., N. Ziadi, D. Plenet, L.E. Parent, y C. Morel.** 2010. Long-term changes in soil phosphorus status related to P budgets under maize monoculture and mineral P fertilization. *Soil Use and Management*, 26, 354–364.<<



DECARGAR ARTÍCULO