

Efectos de diferentes estrategias de fertilización sobre los rendimientos, el balance de nutrientes y su disponibilidad en los suelos en el largo plazo

G.N. Ferraris^{1*}, M. Toribio², R. Falconi³ y F. Moriones²

Introducción

A nivel productivo, las deficiencias de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) no ocurren de manera aislada sino que se combinan de diversas maneras, por lo que es necesario evaluar integralmente la respuesta a la fertilización y conocer su efecto sobre la fertilidad de los suelos. 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 NPS en la secuencia maíz-soja-trigo/soja-cebada/soja (Mz-Sj-Tr/Sj-Ce/Sj). El proyecto se inició en la campaña 2006/07, con maíz como el primer cultivo, llegando a dos ciclos completos de la rotación en la campaña 2013/14. En este escrito se reporta el efecto de las diferentes estrategias de fertilización NPS sobre: 1) el rendimiento de Trigo/Soja 2013/14; 2) los rendimientos acumulados, el balance de nutrientes y su nivel final en el suelo luego de ocho años (2006/07-2013/14); 3) la eficiencia de recuperación de P; y 4) la rentabilidad.

Materiales y métodos

El ensayo fue conducido en la localidad de Arribeños, partido de General Arenales, provincia de Buenos Aires, Argentina. Se planteó en un diseño en bloques al azar, con cuatro repeticiones, integrando una rotación de seis cultivos en cuatro años (Mz-Sj-Tr/Sj-Ce/Sj). Cabe aclarar que en el segundo ciclo de la rotación se cambió Trigo/Soja por Cebada/Soja. Los tratamientos implicaron cinco manejos diferentes de fertilización, donde los fertilizantes fueron agregados en cobertura total al momento de la siembra (**Tabla 1**).

En la campaña 2013/14, los fertilizantes fosforados y azufrados se aplicaron al voleo al momento de la siembra del cultivo de trigo. Como fuentes de nutrientes se utilizaron superfosfato triple de calcio [0-46 (20 P)-0], superfosfato simple de calcio [0-20 (9 P)-0-12S] y urea granulada (46-0-0).

Determinaciones realizadas

En el suelo

Previo a la siembra de trigo se obtuvieron muestras de suelo de 0 a 20 cm. De cada parcela, en cada uno de los bloques, se extrajo una muestra compuesta, que se usó para determinar pH y los contenidos de materia orgánica (MO), P extractable (Bray I), N total, N-nitrato y S-sulfato.

En el cultivo

A cosecha se evaluaron el rendimiento de los cultivos y sus componentes, número y peso de los granos. En una muestra de grano de cada parcela se cuantificó el contenido de N, P y S. Con los datos de rendimiento, concentración de nutrientes en grano y dosis aplicada de los mismos se realizó un balance de nutrientes.

Resultados y discusión

A. Efectos sobre los rendimientos anuales

Se determinaron diferencias significativas entre los rendimientos de todos los tratamientos entre 2006/07 y 2013/14 (**Figura 1**). En el maíz de 2006/07, los rendimientos máximos se alcanzaron en T4 y T5, los que a su vez superaron a T3, este a T2, y este a T1, respectivamente (**Figura 1a**). En 2007/08, los rendimientos máximos fueron en T5, superando a T2, T3 y T4, y estos a T1 (**Figura 1b**). En el ciclo siguiente, los cultivos estuvieron afectados por una fuerte sequía. En trigo, todos los tratamientos superaron al testigo, con el rendimiento máximo en T5. Los tratamientos de mayor fertilización permitieron leves mejoras en la concentración de proteína en grano. En la soja de segunda subsiguiente, T4 y T5 superaron a los tratamientos T1 y T2 (**Figura 1c**). En el ciclo 2009/10 no se determinaron diferencias significativas en los rendimientos de cebada ($P > 0.10$), pero sí en soja de segunda, con el tratamientos T4 por encima de T2 y T5. A su vez, T4 y T3 superaron a T1 (**Figura 1d**). El comienzo de un nuevo ciclo de rotación en 2010/11 trajo rendimientos de maíz máximos en T3, T4 y T5, estos a su vez superaron a T2, y éstos a T1 (**Figura 1e**). Un resultado similar se determinó en 2011/12, donde todos los tratamientos superaron a T1 (**Figura 1f**). En la cebada de la campaña 2012/13, nuevamente todos los tratamientos superaron a T1, sin cambios significativos en el porcentaje de proteína. Las diferencias fueron más marcadas en soja de segunda, donde T3, T4 y T5 alcanzaron rendimientos significativamente superiores a T2, y éstos a los de T1 (**Figura 1g**). Finalmente, el Trigo de 2013/14 mostró rendimientos superiores en T5 vs T3, en T4 y T5 vs T2, y en T3, T4 y T5 vs T1, con una significativa ganancia de proteína. En soja de segunda, T3, T4 y T5 superaron a T1 (**Figura 1h**).

¹ Desarrollo Rural INTA Pergamino

² Profertil S.A. Investigación y Desarrollo

³ El Ceibo Cereales S.A.

* Autor de contacto. Correo electrónico: ferraris.gustavo@inta.gob.ar

Tabla 1. Tratamientos y dosis (kg ha⁻¹) de N, P y S aplicados en promedio en los cultivos de Trigo/Soja – Maíz – Soja. En trigo y cebada se incluyen las demandas del doble cultivo, pero los fertilizantes fueron aplicados en su totalidad al primero. Estrategias de fertilización en una secuencia de cultivos, Arribeños, General Arenales. Campañas 2006/07 a 2013/14, ocho años de ensayos.

Tratamiento	Criterio de fertilización	Maíz	Soja	Trigo	Soja 2da	Cebada	Soja 2da
Nitrógeno (N)							
T1	Testigo sin fertilización	0	0	0	0	0	0
T2	Tecnología uso actual	46	0	46	0	46	0
T3	Reposición PS Rendimiento objetivo medio	94	0	83	0	83	0
T4	Reposición PS Rendimiento objetivo alto	114	0	113	0	113	0
T5	Reposición S Reconstrucción P Rendimiento objetivo alto	114	0	113	0	113	0
Fósforo (P)							
T1	Testigo sin fertilización	0	0	0	0	0	0
T2	Tecnología uso actual	16	16	16	0	16	0
T3	Reposición PS Rendimiento objetivo medio	30	22	16	15	16	15
T4	Reposición PS Rendimiento objetivo alto	30	26	20	22	20	22
T5	Reposición S Reconstrucción P Rendimiento objetivo alto	46	42	36	22	36	22
Azufre (S)							
T1	Testigo sin fertilización	0	0	0	0	0	0
T2	Tecnología uso actual	0	0	0	0	0	0
T3	Reposición PS Rendimiento objetivo medio	18	12	7	8	7	8
T4	Reposición PS Rendimiento objetivo alto	22	15	9	11	9	11
T5	Reposición S Reconstrucción P Rendimiento objetivo alto	22	15	9	11	9	11

B. Efectos sobre los rendimientos acumulados, el balance de nutrientes y su nivel final en el suelo luego de ocho años: 2006/07 a 2013/14

La productividad acumulada de la secuencia –doce cultivos en ocho campañas– mantuvo su tendencia coherente en ampliar la diferencia entre tratamientos con el paso del tiempo. Así, mientras el testigo acumuló 36 924 kg grano ha⁻¹, el tratamiento T5 de reconstrucción llegó a 57 952 kg ha⁻¹, siendo la brecha de rendimiento de 57% (**Figura 2**). Esta brecha es superior a la observada por Correndo et al. (2015) en un ensayo de 14 campañas sobre un sitio de buena fertilidad en la secuencia maíz – soja – trigo/soja. Sin embargo, es

inferior a la que estos mismos autores determinaron en un ambiente de menor fertilidad inicial, cultivado con la secuencia maíz – trigo/soja.

Con los datos de concentración de nutrientes en grano, los rendimientos y la dosis aplicada de cada uno de ellos es posible estimar el balance para cada tratamiento (**Tabla 2**). El balance de N fue negativo para todas las estrategias, incluso considerando el aporte por fijación biológica (FBN). Aun ponderando los ingresos vía este mecanismo, los balances variaron desde -288 a -562 kg N ha⁻¹. Aunque el balance de N en los cultivos de gramíneas tiende a ser neutro o positivo (datos no mostrados), el cultivo de soja –al no fertilizarse con N– genera los mayores balances negativos, dado que la

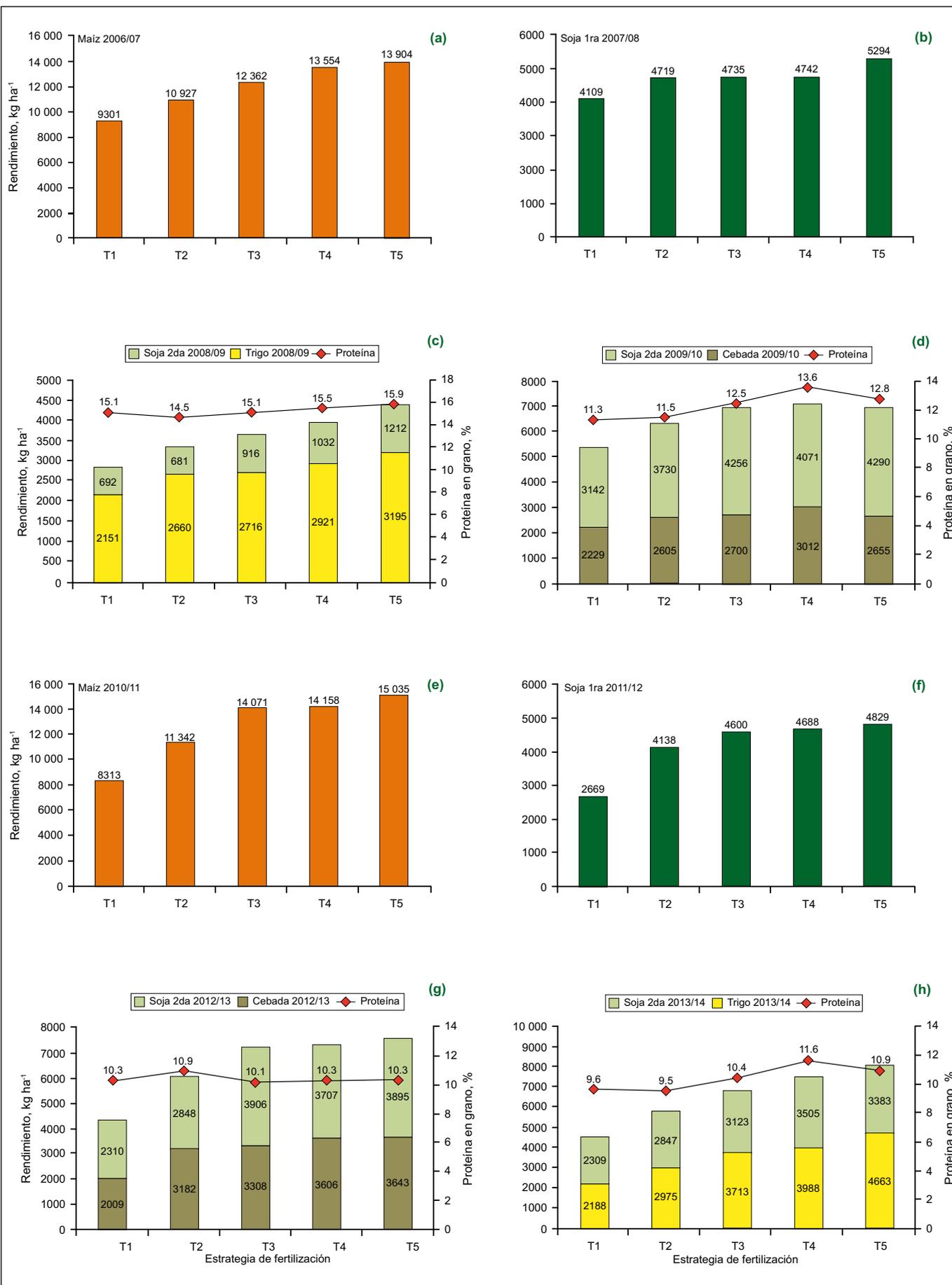


Figura 1. Rendimiento anualizado de diferentes estrategias de fertilización. Dentro de cada cultivo, letras distintas sobre las columnas indican diferencias significativas entre tratamientos. Las barras verticales representan la desviación estándar de la media. Para los cultivos de trigo y cebada, se indican las concentraciones de proteína en grano. Ensayo de estrategias de fertilización en una secuencia de cultivos. Arribeños, General Arenales. Campañas 2006/07 a 2014/15.

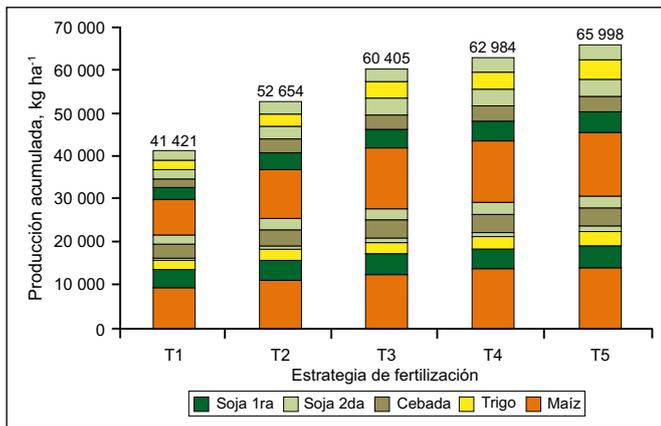


Figura 2. Producción por cultivo (kg ha⁻¹) de diferentes estrategias de fertilización acumulada en una secuencia maíz – soja – trigo/soja – cebada/soja – maíz – soja – cebada/soja – trigo/soja. Arribeños, General Arenales. Campañas 2006/07 a 2013/14.

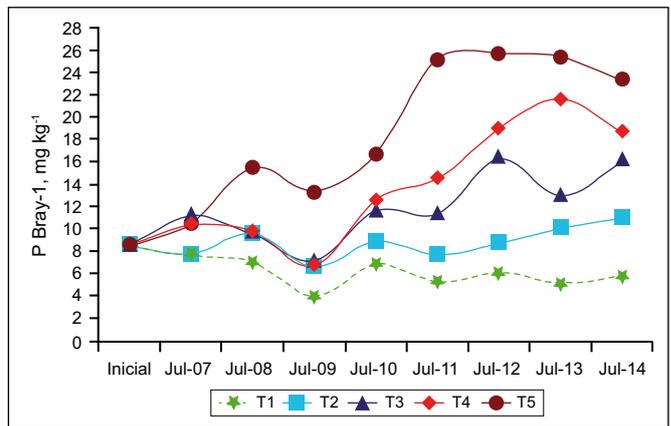


Figura 3. Evolución del P extractable en suelo (Bray-1, 0-20 cm) según estrategia de fertilización, luego de ocho campañas y doce cultivos. Los valores presentados son promedio de cuatro repeticiones.

FBN cubre aproximadamente la mitad de la demanda del cultivo (Collino et al., 2015).

En P y S, los tratamientos testigo y de tecnología de uso actual (T1, T2) reflejaron un balance negativo, mientras que en aquellos de reposición se sobreestimó la extracción del nutriente dando como resultado un balance positivo (T3, T4, T5) (Tabla 2). Esto estaría asociado a concentraciones en grano inferiores a las inicialmente estimadas. A modo de ejemplo, la concentración de P en grano de soja en nuestro experimento fue de 0.42%, frente al valor medio sugerido de 0.5% (IPNI, 2013). Concentraciones de P en grano inferiores a los valores tabulados, a partir de los cuales se diseñaron tratamientos de reposición, fueron observadas por Ventimiglia et al. (2012), quien bajo una secuencia de soja continua determinó una concentración de 0.29 a 0.35% de P en grano. Por su parte, Berardo (2003) propone concentraciones de P en grano de soja de 0.5% (0.4-0.6), similares a los máximos observados en nuestro experimento.

La evolución en el tiempo de la concentración de P Bray-1 en suelo (Figura 3) reflejó las tendencias observadas en los balances de Tabla 2. Incrementos muy notables en

el P Bray-1 como resultado de un balance positivo de P fueron documentados por Mallarino y Prater (2007), quienes postulan que la tasa de incremento de P en suelo es superior en el rango medio de disponibilidad, y que una vez alcanzado un nivel alto es necesario agregar mayores dosis de P para mantener/aumentar su concentración en el suelo, por el permanente pasaje de P en solución o adsorbido a fracciones más estables.

Los niveles de MO, N total y el pH no manifestaron cambios importantes, aunque el testigo fue el tratamiento con menores niveles finales de MO más bajo y pH más alto, de acuerdo con su menor aporte de residuos, menor exportación de bases y la ausencia de efecto acidificante de los fertilizantes (Tabla 3). Es probable que los plazos abarcados por esta experiencia sean todavía breves para reflejar efectos de mayor magnitud. Apoyando estos resultados, el promedio de cinco sitios de una red conducida por los grupos CREA en el sur de Santa Fe mostró luego de 13 años una caída de MO de 3.1 a 2.7%, y un incremento en el pH de 5.7 a 6.1 en el tratamiento testigo, en comparación con la fertilización permanente con NPS (Boxler et al., 2013).

Tabla 2. Balance de nitrógeno, fósforo y azufre (kg ha⁻¹) para los diferentes tratamientos durante la secuencia 2006/07 a 2013/14. Los datos de rendimiento y extracción de nutrientes en grano fueron ajustados a 13% de humedad. Cuando se pondera el N aportado por fijación biológica de N (FBN), se considera que el 50% en leguminosas proviene de esa fuente.

Tratamiento	Agregado				Extracción			Balance			
	N (Fertilizante)	N (FBN)	P	S	N	P	S	N (Fertilizante)	N (FBN)	P	S
kg ha ⁻¹											
T1	0	509	0	0	1071	111	41	-1071	-562	-111	-41
T2	276	616	128	0	1323	152	49	-1047	-431	-24	-49
T3	454	662	230	120	1488	169	62	-1034	-372	61	58
T4	599	698	291	154	1585	179	63	-986	-288	112	91
T5	599	694	419	154	1639	196	68	-1040	-346	223	86

Tabla 3. Análisis de suelo (0-20 cm) luego de ocho campañas, y su comparación con el nivel al inicio del experimento. Los datos son promedio de cuatro repeticiones.

Tratamiento	MO %	pH	N total %	N-NO ₃ ⁻ 0-40 cm kg ha ⁻¹	P Bray-1 mg kg ⁻¹	S-SO ₄ ⁻² mg kg ⁻¹
Inicial	2.38	5.6	0.119	17.8	8.5	13.8
T1	2.62	5.60	0.131	20.0	5.8	8.2
T2	2.67	5.45	0.133	18.3	11.0	8.2
T3	2.55	5.45	0.127	20.4	16.1	9.5
T4	2.62	5.40	0.131	20.6	18.6	8.4
T5	2.64	5.45	0.132	22.6	23.2	8.5

La relación entre el balance de P (**Tabla 2**) y el P Bray-1 determinado en el suelo al final de la cosecha (**Figura 3**, **Tabla 3**) permite estimar la tasa de cambio en función de la extracción o reposición del nutriente. En la **Figura 4**, la inversa de la pendiente que relaciona estos parámetros indica la dosis de P o balance negativo necesario para variar en 1 mg kg⁻¹ el nivel del análisis de P Bray-1 en el suelo. De acuerdo con este análisis, por cada 5.4 kg P ha⁻¹ por sobre o debajo de lo extraído por cosecha, el nivel de P en suelo cambiaría en una unidad. Esta tasa de cambio ha bajado en los últimos años, luego de alcanzar un máximo en 2009, luego del tercer año de ensayo. Es probable que la acumulación de fracciones lábiles de P sature cargas positivas y disminuya así la adsorción del P aportado mediante fertilización, permitiendo ganancias de P marcadas en las estrategias ubicadas en el lado positivo del balance. En otros experimentos fue observado un rango de variación relativamente estable a lo largo del tiempo

(Messiga et al., 2010). La pendiente de la relación entre nivel final de P y balance es más consistente y presenta mayor ajuste en el rango de balance negativo en comparación con el lado positivo, donde se observa una mayor variabilidad de datos (**Figura 4**). En algunos casos, particularmente provenientes de los años 2012, 2013 y en menor medida 2014, pareciera dividirse la pendiente, siendo de menor magnitud en los procesos de ganancia de P que en los de pérdida. Este comportamiento dual fue observado por Ciampitti (2009), a partir de ensayos conducidos en el sur de Santa Fe, sobre suelos similares a los de este sitio experimental. Sin embargo, si en el presente ensayo se dividiese la pendiente de la relación en dos tramos (de balance de P negativo y positivo), no diferirían de una pendiente única, por lo que se decidió mantener esta última ($P > 0.10$).

Eficiencia de recuperación de P según cultivo y estrategia de fertilización

En función de la dosis de P aplicada, los rendimientos y la concentración de P en grano se calculó la eficiencia de recuperación del fertilizante aplicado. La absorción de P en planta entera se estimó a partir de los valores de P en grano y los índices de cosecha de P propuestos por IPNI (2013).

La eficiencia de recuperación de P en planta entera osciló entre 0.24 y 0.36, siendo menor en la medida en que aumentó la dosis aplicada (**Figura 5**). Estos valores se encuentran dentro del rango de 0.10 a 0.35 propuesto por diferentes autores (Ciampitti, 2009; Johnston y Syers, 2009; Rubio et al., 2008). Los cultivos mostraron una capacidad variable de recuperación del fertilizante aplicado (**Figura 6**). El comportamiento general muestra una mayor eficiencia en cultivos de verano con relación a los de invierno, entre los de primera siembra. En campañas climáticamente similares, el maíz del quinto año asimiló mayor proporción de fertilizante que el del primero, probablemente a causa de la acumulación de fracciones lábiles de P con las sucesivas fertilizaciones. En cambio, la soja absorbió en planta una proporción similar entre la campaña 2007/08 y 2011/12, aunque

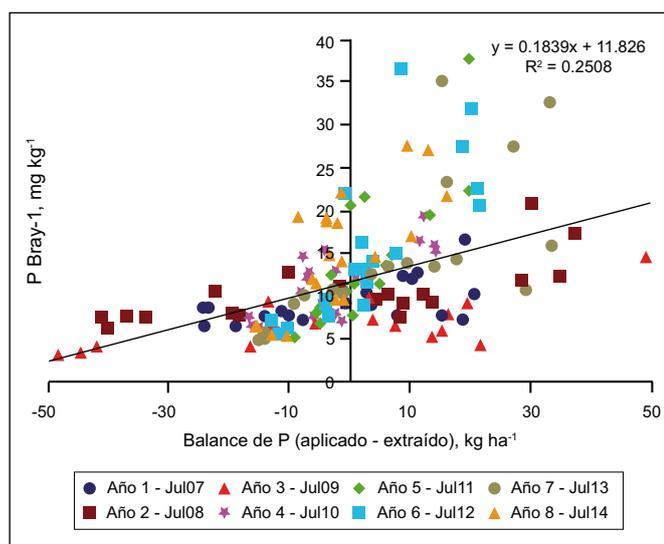


Figura 4. Relación entre el nivel de P extractable en suelo a cosecha (0-20 cm, mg kg⁻¹) luego de ocho años y el balance de P (aplicado-extraído en kg ha⁻¹) determinado en cada tratamiento. Campañas 2006/07 a 2013/14. La inversa de la pendiente indica la cantidad de P que es necesario agregar (o retirar) para variar la concentración de P en suelo en 1 mg kg⁻¹.

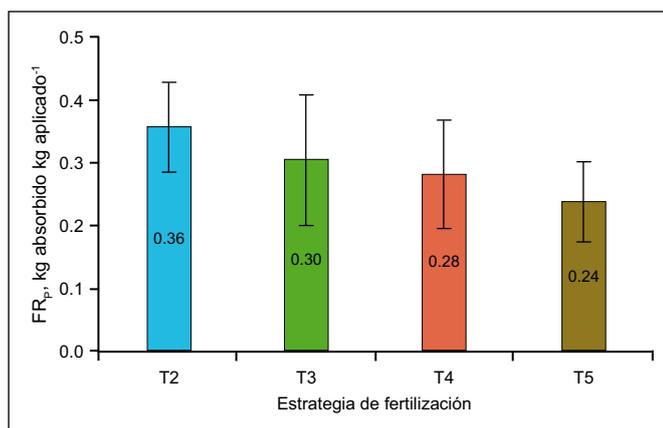


Figura 5. Fracción de fósforo recuperada en planta entera según estrategia de fertilización. Las barras verticales representan la desviación estándar de la media. Ensayo de larga duración, Arribeños, General Arenales. Campañas 2006/07 a 2013/14.

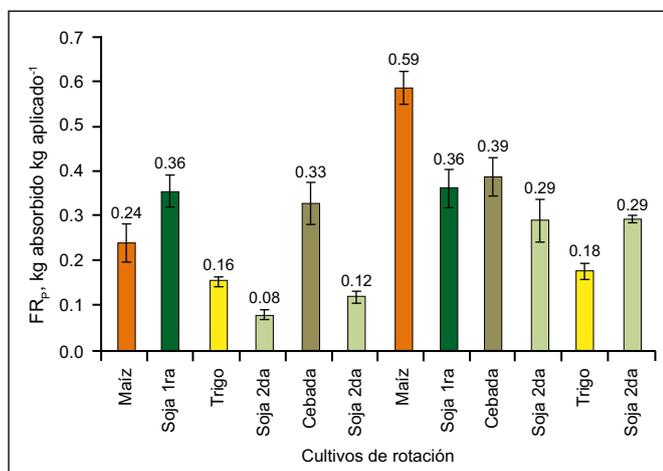


Figura 6. Fracción de fósforo recuperada en planta entera según cultivo. Las barras verticales representan la desviación estándar de la media. Ensayo de larga duración, Arribeños, General Arenales. Campañas 2006/07 a 2013/14.

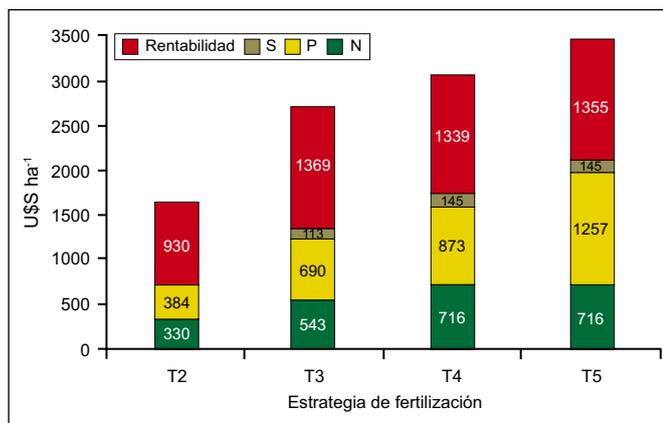


Figura 7. Ingreso adicional de las estrategias de fertilización y su distribución en inversión en fertilizantes nitrogenados, fosforados, azufrados y la rentabilidad de la fertilización. Valores expresados en US\$ con precios de insumos, cereal y gastos de comercialización actualizados a noviembre de 2014.

esta última fue notoriamente más seca que la primera. La soja de segunda fue el cultivo con menor eficiencia de captura del P agregado en la secuencia –fue aplicado antes del cultivo de invierno– afectado por la mayor capacidad de la gramínea para absorber nutrientes, su siembra en segundo lugar después de la fertilización, y los periodos secos que suele atravesar un cultivo de segunda sin barbecho previo. Por último, el trigo y la soja de la campaña seca 2008/09 recuperaron muy poco fertilizante en comparación con la cebada/soja de los ciclos húmedos 2009/10 y 2012/13, o la misma secuencia de trigo/soja en la campaña 2013/14 (**Figura 6**). El rango de valores de eficiencia de recuperación de los fertilizantes reportados por la bibliografía es muy amplio, y está influenciado por factores de suelo y cultivo tales como textura, nivel de P inicial, pH, presencia de Calcio (Ca) y carbonatos, precipitaciones, dosis aplicada y rendimiento del cultivo, entre otros factores.

Rentabilidad de la fertilización

En la **Figura 7** se muestra la distribución del ingreso entre inversión en fertilizantes y rentabilidad de la fertilización, acumulada luego de 8 años, actualizando los precios de cereal y fertilizantes a noviembre de 2014. La fertilización fue económicamente rentable. La estrategia de mínima o uso actual (TUA-T2) alcanzó menor rentabilidad que aquellas de reposición o reconstrucción. Estas últimas evidenciaron una rentabilidad similar entre sí. De este modo, el T3 (Reposición PS para rendimientos moderados) expresó mayor retorno a la inversión, pero el aporte adicional especialmente de P para reconstrucción significa una capitalización, por el mayor nivel de P en suelo y los aportes de carbono (C) adicionales derivados de mayores rendimientos. Otros autores mencionan la conveniencia económica de la fertilización. En un análisis realizado para soja, el cultivo cuya respuesta es más ajustada, Miguez y Daverede (2015) destacan la conveniencia económica de fertilizar con P aun cuando sólo se pondere la respuesta del primer año. Correndo et al. (2015), sobre ensayos de la Red CREA sur de Santa Fe, destacan la conveniencia económica en el largo plazo de la reposición con NPS, aunque esta adquirió mayor dimensión en sitios con fuerte degradación inicial y secuencias intensivas de cultivo que aseguran una demanda permanente de nutrientes en el tiempo.

Consideraciones finales

- Las estrategias de fertilización impactaron en los rendimientos, modificaron el balance de nutrientes y este a su vez correlacionó fuertemente con los niveles finales de P en suelo.
- Las diferencias en producción de granos entre estrategias se amplían campaña tras campaña. Así, la diferencia entre los tratamientos T5 y T1 alcanza luego de 8 años y 12 cultivos un 59.3%.

- Para P y S, estrategias pensadas como de reposición finalmente resultaron ser de reconstrucción. Por este motivo, antes de evaluar la viabilidad técnica y económica de un esquema de fertilización, es importante cuantificar los niveles de entrada y salida de nutriente para un sistema productivo y ambiente en particular.
- Diferentes dosis de aplicación de nutrientes generaron cambios previsible de su disponibilidad en el suelo. Luego de ocho años de experimentación, la tasa de cambio fue de 1 mg kg⁻¹ de P Bray (0-20 cm) por cada 5.43 kg P ha⁻¹ de diferencia entre agregado y extracción. La relación cambia ligeramente año tras año, con una tendencia a disminuir evidenciando una acumulación de fracciones lábiles en el suelo. Sin embargo, la relación se tornó más robusta y no se verificaron cambios sustanciales desde el sexto año en adelante.
- La recuperación media de P en planta entera –estimando un índice de cosecha de referencia– alcanza alrededor de un 30% del P aplicado, en coincidencia con los valores mencionados en la bibliografía.
- La fertilización resultó económicamente rentable. Las estrategias de reposición y reconstrucción (T3, T4 y T5) resultaron con rentabilidades equivalentes, aun sin considerar la capitalización en nutrientes ante balances más positivos como consecuencia de las mayores dosis de aplicación en todos los nutrientes.

Bibliografía

Berardo, A. 2003. Manejo del fósforo en los sistemas de producción pampeanos. In Simposio “El fósforo en la agricultura Argentina”. INPOFOS. Rosario, 8 y 9 de mayo del 2003.

Boxler, M., F.O. García, A. Correndo, S. Gallo, R. Pozzi, M. Uranga, F. Bauschen, H. Rivero, N. Reussi Calvo, y A. Berardo. 2013. Red de Ensayos en Nutrición de Cultivos. Región CREA Sur de Santa Fe. Resultados de la campaña 2012/13: Maíz, 25 pp. Disponible on-line www.ipni.net/lacs

Ciampitti, I.A. 2009. Dinámica del fósforo del suelo en rotaciones agrícolas en ensayos de nutrición a largo plazo. M.Sc. thesis. FA-UBA. Buenos Aires, Argentina. XX p.

Collino, D., F. Salvagiotti, A. Peticari, C. Piccinetti, G. Ovando, S. Urquiaga, y R.W. Racca. 2015. Biological nitrogen fixation in soybean in Argentina: relationship with crop, soil, and meteorological factors. *Plant Soil*, April 2015. DOI: 10.1007/s11104-015-2459-8.

Correndo, A., M. Boxler, y F. García. 2015. Análisis económico del manejo de la fertilización con enfoque en el largo plazo. *Ciencia del Suelo* 33(2). En prensa.

Ferraris, G., M. Toribio, R. Falconi, y L. Couretot. 2012. Efectos de diferentes estrategias de fertilización sobre los rendimientos, el balance de nutrientes y su disponibilidad en los suelos en el largo plazo. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*. 6:2-6.

Ferraris, G., M. Toribio, R. Falconi, y L. Couretot. 2015. Efectos de diferentes estrategias de fertilización sobre los rendimientos, el balance de nutrientes y su disponibilidad en los suelos en el largo plazo. *Actas CD Simposio Fertilidad 2015*. pp. 137-142. “Nutriendo los suelos para las generaciones del futuro”. Rosario, 19-20 Mayo 2015. IPNI Cono Sur – Fertilizar AC.

IPNI. 2013. Cálculo de requerimientos nutricionales. Planilla de cálculo para estimar la absorción y extracción de nutrientes en cereales, oleaginosas, industriales y forrajeras. IPNI Programa Latinoamérica Cono Sur. Disponible on line <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1024>.

Johnston, A., y J.K. Syers. 2009. A new approach to assessing phosphorus use efficiency in agriculture. *Better Crops/Vol. 93* (2009, No 3).

Mallarino, A.P., y J. Prater. 2007. Corn and soybean grain yield, P removal, and soil-test responses to long-term phosphorus fertilization strategies. *Proceeding 19th Annual Integrated Crop Management Conference*, Ames, Iowa State University.

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.

Miguez, F., e I. Daverede. 2015. Análisis económico de rotaciones y fertilización en soja. pp. 155-158. *Actas del Simposio Fertilidad 2015. Sesión de Posters*. Cd-ROM.

Rubio, G., M.J. Cabello, F.H. Gutiérrez Boem, y E. Munaro. 2008. Estimating available soil P increases after P additions in Mollisols. *Soil Science Soc. Amer. J.* 72:1721-1727.

Ventimiglia, L., L. Torrens Baudrix, y M. Saks. 2012. Fósforo en la monocultura sojera: efecto de la dosis, forma y momento de aplicación sobre el balance nutricional. *Informaciones Agronómicas Hispanoamérica* 6:23-26.