



Indicadores de la residualidad de la fertilización con fósforo (P) y azufre (S) en una secuencia agrícola

Biassoni, M. Micaela¹; Gutiérrez Boem, Flavio H.² y Vivas, H.³, Salvagiotti, Fernando¹

¹INTA Estación Experimental Agropecuaria Oliveros, Oliveros, Santa Fe, Argentina; ²Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina; ³Asesor independiente.



Palabras clave; residualidad, fertilización, fósforo, azufre.

Introducción

Los sistemas de producción agrícola que tienen un adecuado manejo de fertilizantes tendrán una mejora en la fertilidad de los suelos que se verá reflejado en el logro de mayor producción de los cultivos (Salvagiotti, 2017). En la zona pampeana, nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), son nutrientes que pueden presentar deficiencias en suelos con larga historia agrícola (Vivas, 2004).

A pesar del aumento del uso de fertilizantes en la región, el balance de nutrientes sigue siendo negativo. Sin embargo, se han encontrado marcados efectos residuales en suelos Argiudoles de la región pampeana para la fertilización fosforada (Fontanetto et al., 2003; Vivas et al., 2010) y azufrada (Albretch et al., 2000; Cordone y Martínez., 2002). Esto ocurre porque los cultivos no alcanzan a absorber todo el fertilizante aplicado y una parte del mismo permanece en el suelo después de la cosecha, pudiendo ser aprovechado por los cultivos siguientes.

La residualidad de la fertilización está ligada a la movilidad de los nutrientes en el suelo. En el caso de los nutrientes de baja movilidad como el P, la proporción del P aplicado como fertilizante que no es utilizado por el cultivo, queda retenida en el suelo de forma inorgánica u orgánica dependiendo de la cantidad de fertilizante aplicado, el rendimiento del cultivo y las características del suelo (Havlin et al., 1999). En el caso del S, la dinámica de su ciclo es distinta, centrándose en los compuestos orgánicos con una movilidad media, con lo cual, un estudio de

las fracciones orgánicas sería una vía para comprender el destino de las reservas del S en el suelo hacia las formas más solubles (Tabatabai, 2005).

Ante este escenario, es necesario contar con indicadores que estudien el impacto de la residualidad, la cual dependerá de la interacción de los iones con la matriz del suelo y de las fracciones de la materia orgánica.

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto acumulado de diez años de fertilización fosforada y azufrada sobre:

- El rendimiento en grano del cultivo de maíz;
- La capacidad del suelo de brindar P y S a través de la absorción de P y S de un cultivo prueba (maíz)
- Cambios en los contenidos de P y S en la materia orgánica particulada (MOP), como posible indicador de residualidad.



Materiales y métodos

Se analizaron muestras provenientes de un ensayo de larga duración que estudiaba la respuesta a la aplicación de diferentes dosis de P y S iniciado en el año 2000 y finalizado en 2011, sobre una rotación agrícola trigo/soja de segunda - maíz de primera - soja de primera. El experimento se estableció en un lote de producción en la localidad de Bernardo de Irigoyen (32°10'01"S 61°09'20"O) sobre un suelo Argiudol serie Clason con más de 50 años de agricultura continua. Los tratamientos consistieron en la combinación factorial de tres dosis de P (0, 20 y 40 kg de P ha⁻¹) y cuatro dosis de S (0, 12, 24 y 36 kg de S ha⁻¹) aplicados durante los 10 años que duró la experiencia al momento de la siembra de las gramíneas. En 2011 se sembró un cultivo de maíz que recibió solo fertilización nitrogenada y se usó para estudiar el efecto residual de P y S luego de diez años continuados de aplicación de fertilizantes en P y S.

Las muestras de suelo fueron extraídas a 20 cm de profundidad y se realizó el contenido de P Bray (Bray and Kurtz, 1945), S-sulfato por turbidimetría (Pandey, 2007), pH (relación suelo- agua 1:2,5), materia orgánica (MO) (Walkley and Black, 1934; Nelson and Sommers, 1982), P-MOP y S-MOP (Galantini et al., 1997).

La biodisponibilidad de P y S se cuantificó a través de la absorción de P y S del cultivo de maíz que sirvió como indicador. Para ello, en madurez fisiológica se realizó un muestreo de 1 m² de cada unidad experimental, separando granos del resto de las estructuras, las cuales fueron llevadas a estufa durante 72 hs a 70 °C y luego pesadas. Posteriormente, las muestras fueron molidas y se determinó el contenido de P y S por espectrometría de plasma.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante Analysis of variance o análisis de varación (ANOVA), y las medias de los tratamientos fueron comparadas mediante la prueba DMS (Diferencia Mínima Significativa) ($\alpha=0,05$). Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el software Infostat (Di Rienzo et al., 2017).

Resultados y discusión

Luego de 10 años de fertilización continua, previo a la siembra del cultivo de maíz, el contenido de P Bray en el tratamiento testigo fue de 12 ppm, incrementándose un 75 % y 175 % ($p<0,05$) para las aplicaciones de 20 y 40 kg P ha⁻¹, respectivamente. De la misma manera, el contenido de S-sulfato para el testigo fue de 3 ppm, incrementándose 33 %, 100 % y 133 % ($p<0,05$) para las dosis de 12, 24 y 36 kg S ha⁻¹, respectivamente (Figura 1).

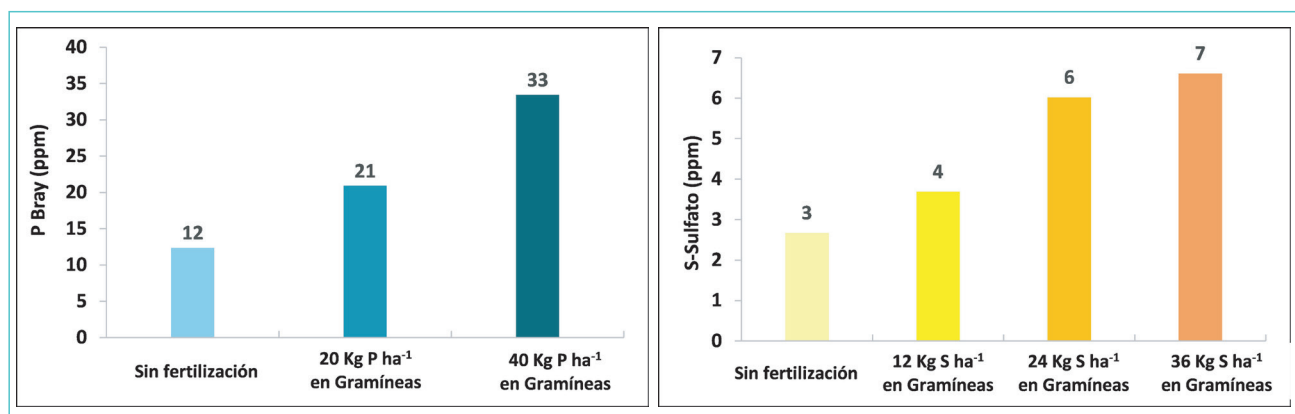


Figura 1. Contenido de P Bray y S-sulfato previo a la siembra del cultivo prueba, luego de diez años de fertilización continua con P y S según dosis anuales aplicadas a las gramíneas incluidas en la rotación.



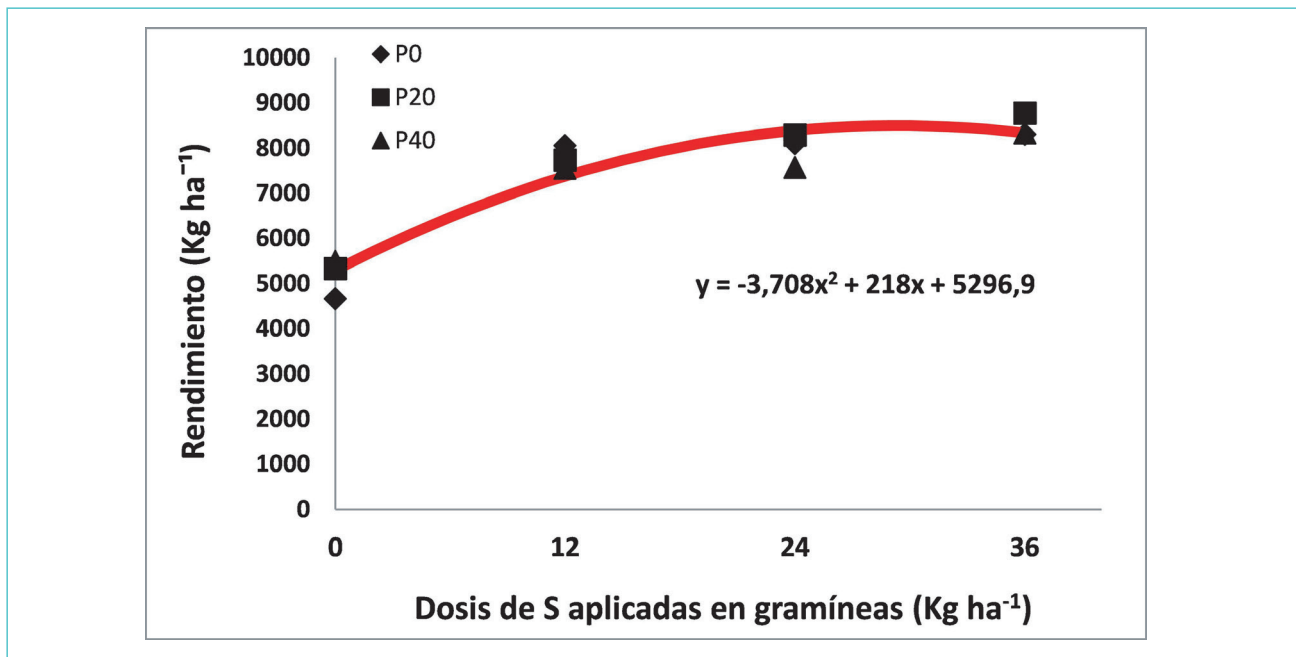


Figura 2: Efecto residual de los tratamientos de fertilización realizada en gramíneas durante 10 años con P y S sobre el rendimiento (Kg ha⁻¹) de un cultivo prueba de maíz.



El rendimiento de maíz se incrementó en un 56 % para los tratamientos de fertilización azufrada con respecto al testigo ($p < 0,05$); por el contrario, no hubo diferencias significativas en el caso de los tratamientos con fósforo ni interacción entre factores PxS ($p > 0,05$) (Figura 2).

Por otro lado, la capacidad del suelo de proveer P y S (evaluado con el P y S absorbido por el cultivo prueba) arrojaron diferencias significativas

($p < 0,01$) entre tratamientos, sin interacción PxS. El testigo para los tratamientos de P absorbió 52 kg P ha⁻¹, mientras que las dosis de 20 y 40 kg P ha⁻¹ absorbieron un 23% y 51% más de P respecto al testigo, respectivamente (Figura 3 A). En el caso del S, el testigo absorbió 10 kg S ha⁻¹, mientras que las dosis de 12 kg S ha⁻¹, 24 kg S ha⁻¹ y 36 kg S ha⁻¹, absorbieron un 90 %, 110 % y 140 % más de S respecto al testigo, respectivamente (Figura 3 B).

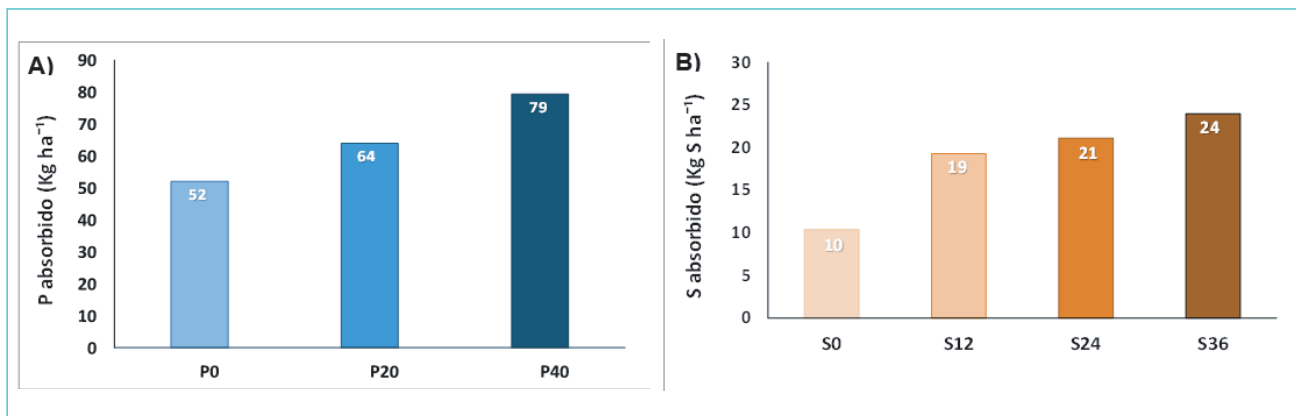


Figura 3: Efecto residual de la fertilización realizada en gramíneas durante 10 años con P (A) y S (B) sobre la absorción de P y S (Kg ha⁻¹) en un cultivo prueba de maíz.





Los contenidos de P y S-MOP entre los tratamientos de P y S no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$), arrojando un promedio de 0,99 mg P 100 g suelo⁻¹ y de 2,87 mg S 100 g suelo⁻¹ respectivamente. Tampoco se observó relación entre estos indicadores y la absorción de P y S en el cultivo prueba. Estos resultados coinciden con Vega et al., 2020, donde no se encontraron efectos de la fertilización a largo plazo sobre la distribución de los nutrientes en las fracciones orgánicas del suelo o sus proporciones estequiométricas.

No obstante, es importante tener en cuenta que tanto las fracciones orgánicas de P y S están íntimamente ligadas a las del carbono del suelo (Wyngaard et al., 2016), y dado que los tratamientos estudiados no tenían aportes diferenciales de C, era poco probable esperar que las fracciones orgánicas se modificaran. Por otra parte, estos efectos podrían estar enmascarados por la profundidad de muestreo realizada, ya que se esperaría que los cambios diferenciales se encuentren estratificados en los primeros centímetros del suelo debido a la descomposición y reciclaje de los residuos de cultivos, especialmente cuando la secuencia es conducida en siembra directa (Selles et al., 1995).

Conclusión

Estos resultados demuestran el efecto de la residualidad de la fertilización a largo plazo en la capacidad del suelo de brindar P y S, evaluada a través de la absorción de estos nutrientes por el cultivo para la fertilización con P y S. No obstante, el año en que se estudió solo a fertilización con S incrementó el rendimiento. En las condiciones estudiadas, el contenido de P y S en la MOP no sería un buen indicador de la residualidad de estos nutrientes.



Tabla 1: Contenido promedio y análisis de la varianza de P-MOP y S-MOP de los tratamientos de fertilización realizada en gramíneas al cabo 10 años con P y S.

	P-MOP	S-MOP
	(mg 100 g suelo ⁻¹)	
	0,99	2,87
	<i>p-value</i>	
Fertilización		
P	0,19	0,41
S	0,38	0,71
P x S	0,37	0,21



Bibliografía

- Albrecht, R.; H. S. Vivas y H. Fontanetto. 2000 b. Residualidad del fósforo y del azufre en soja sobre dos secuencias de cultivos. Campaña 1999/2000. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela; Centro Regional Santa Fe. Publicación Miscelánea N° 93, N° 6: 1-5.
- Cordone, G y Martínez. F. 2000. Fertilización azufrada en trigo-soja de segunda y en soja de primera en el centrosur de Santa Fe. AER INTA Casilda.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. (2017). InfoStat. Córdoba, Argentina. Grupo InfoStat.
- Fontanetto, H. ; H. S. Vivas; R. Albrecht y J. L. Hotián. 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. Simposio. El Fósforo en la Agricultura Argentina. Inpofos Cono Sur. Bolsa de Comercio de Rosario. 8 y 9 de mayo.
- Galantini, J.A., Rosell, R.A., 1997. Organic fractions, N, P and S changes in an Argentine Semiarid Haplustoll under different crop sequences. Soil and Tillage Research 42, 221-228.
- Havlin, J. L.; J. D. Beaton; S. L. Tisdale and W. L. Nelson. 1999. Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. Sixth Edition. Prentice Hall. Upper Saddle River. New Jersey. 499 p. (Havlin et al., 1999).
- Nelson D, Sommers L. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Methods of soil analysis. Part 2. 2nd Ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Pandey, R. N., & Girish, B. H. (2007). An improved turbidimetric method for the estimation of sulphur in soil extracts. Journal of the Indian Society of Soil Science, 55(1), 73-79.
- Salvagiotti, Fernando (2016). El rol de los fertilizantes en el aumento de la producción agropecuaria. Sustentabilidad de los agrosistemas y uso de fertilizantes. Orientación Gráfica Editora, 85-102.
- Selles F; CA Campbell; RP Zentner. 1995. Effect of Cropping and Fertilization on Plant and Soil Phosphorus. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:140-144.
- Tabatabai, M. 2005. Chemistry of Sulfur in Soils. p. 193-226. In M. Tabatabai, and D.L. Sparks (ed.) Chemical Processes in Soils. Soil Science Society of America, Soil Science Society of America.
- Vivas, H., Quintero, C., Boschetti, G., Albrecht, R., & Befani, N. (2004). Fertilización con P y S. Fracciones de P del suelo y rendimiento de soja y maíz. In Actas XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Paraná.
- Vivas, H. S., Candiotti, N., Albrecht, R., Martins, L., Quaino, O., & Hotián, J. L. (2010). Efecto aditivo de la fertilización con fósforo y azufre sobre trigo en una rotación. Publicación Miscelánea, (116).
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil science, 37(1), 29-38.
- Wyngaard N; ML Cabrera; KA Jarosch & EK Büne-mann. 2016. Phosphorus in the coarse soil fraction is related to soil organic phosphorus mineralization measured by isotopic dilution. Soil Biology & Biochemistry, 96, 107-118. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.01.022>

