

Criterios y estrategias de fertilización que apunten a asegurar el suministro de fósforo en cultivos de soja de segunda

E.M. Hoffman Berasain*

Introducción

La expansión de la agricultura en Uruguay ha sido un factor relevante del dinamismo del sector agrícola en los últimos 10 años, generando grandes cambios en el entorno económico doméstico e importantes transformaciones en la base productiva. Bajo este contexto, el cultivo de soja pasa de ser un cultivo marginal a ser el principal cultivo en cuanto a área sembrada y uno de los principales productos de exportación, desplazando a otros cultivos tradicionales, expandiéndose por la región litoral oeste del país y extendiéndose rápidamente a otras áreas con menos historia agrícola como el centro, noreste y este del país (Arbeletche et al., 2010).

Por otro lado, el área de los cultivos de invierno en este mismo periodo se multiplica por 3, y para un área sembrada de cultivos de verano mayor al 1 100 000 ha (80% de la cual habría sido sembrada con soja en el verano 2011-12), nos ubica por encima de las 0.5 ha de cultivo de invierno por cada 1 ha sembrada con cultivos de verano (MGAP-DIEA, 2011). Esto lleva a que el componente cultivos de segunda sea muy elevado, aunque variable entre años. En particular, para el cultivo de soja, la relación del área de soja de primera/soja de segunda fue 40/60, 64/36 y 43/57%, para las zafas 2009-10, 2010-11 y 2011-12, respectivamente (MGAP-DIEA, 2011; MGAP-DIEA, 2012). Esta situación lleva a que el factor intensidad de cultivo oscile entre 1.4 a 1.5 cultivos por ha agrícola y por año.

El elevado nivel de extracción, dado además por la frecuencia de soja en el sistema, y los bajos niveles naturales de fósforo (P) en los suelos del Uruguay, determina que este nutriente seguirá siendo el primer factor nutricional en limitar el potencial de producción (Hernández et al., 1995), sobre todo si las cantidades de P agregado no contemplan el total de P extraído (Siri y Ernst, 2011).

En general, los cultivos de segunda han recibido tradicionalmente muy poca atención en relación a las necesidades de ajuste de la fertilización fosforada. Considerar la posibilidad de manejar la fertilización fosfatada para más de un componente de la secuencia, aplicando el P necesario para ambos cultivos, implicaría ventajas desde el punto de vista operativo al reducirse el número de aplicaciones y disminuir los tiempos operativos en el momento de la siembra de soja de segunda (García, 2004). Estos esquemas de fertilización

fosfatada parten de la base de que existe efecto residual de la fertilización de trigo sobre el cultivo de soja y conociendo la dinámica del P en el suelo se esperaría un incremento del mismo en el corto plazo, siempre y cuando el P aplicado exceda a la necesidad del cultivo de invierno previo (Díaz Zorita et al., 2002; Fontanetto et al., 2003; Salvagiotti et al., 2003; Vivas et al., 2007). Sin embargo que exista residualidad no es garantía de que el P disponible en suelo a la siembra de un cultivo de segunda asegure siempre niveles de suficiencia, aun cuando el P agregado al cultivo de invierno previo este por encima de sus necesidades y contemple a ambos cultivos (Hoffman y Ernst, 2007).

Si bien no existen trabajos contemporáneos en cuanto al manejo actual del P en cultivos de soja de segunda en Uruguay, es poco probable que la proporción del área de soja de segunda con muestreo de suelo y fertilización fosfatada sea elevada. Debido a la escasa información y a la incertidumbre existente sobre la respuesta a la fertilización fosfatada en el cultivo de soja de segunda, surge la necesidad de profundizar en las bases de respuesta al nutriente, que permitan diseñar estrategias que apunten a evitar cultivos deficientes en P.

Manejo de P en cultivos de invierno y P residual en suelo para el cultivo de segunda siguiente

Es abundante la información en la región que evidencia residualidad del manejo de P en cultivos de invierno sobre el cultivo de segunda siguiente (Díaz Zorita et al., 2002; Fontanetto et al., 2003; Salvagiotti et al., 2003; Salvagiotti et al., 2005; Hernández et al., 2009). Sin embargo, no es siempre seguro y sistemático que el agregado de P por encima de las necesidades del cultivo de invierno previo, aseguren un nivel de P suficiente en suelo para el cultivo de segunda posterior (**Figura 1**).

Según la información suministrada por 4 empresas del litoral sur del Uruguay en el departamento de Colonia, en tres zafas agrícolas consecutivas a partir del verano 2004-05, el P disponible en suelo para los cultivos de soja de segunda en el verano 2006, disminuyó respecto del muestreo de invierno pese a que el cultivo de invierno predecesor recibió fertilización fosfatada (**Figura 1**). En el 35, 40, 36 y 49% del área sembrada por las empresas 1, 2, 3 y 4 respectivamente, los niveles de P extractable en suelo fueron muy bajos (< 7 ppm), y a priori no esperables en base a los niveles de P previos y agregados a los cultivos de invierno anteriores, cuyos rendimientos fueron superiores a los 3500 kg ha⁻¹.

* Facultad de Agronomía, Universidad de la República Oriental del Uruguay. Departamento de Producción Vegetal. Correo electrónico: tato@fagro.edu.uy

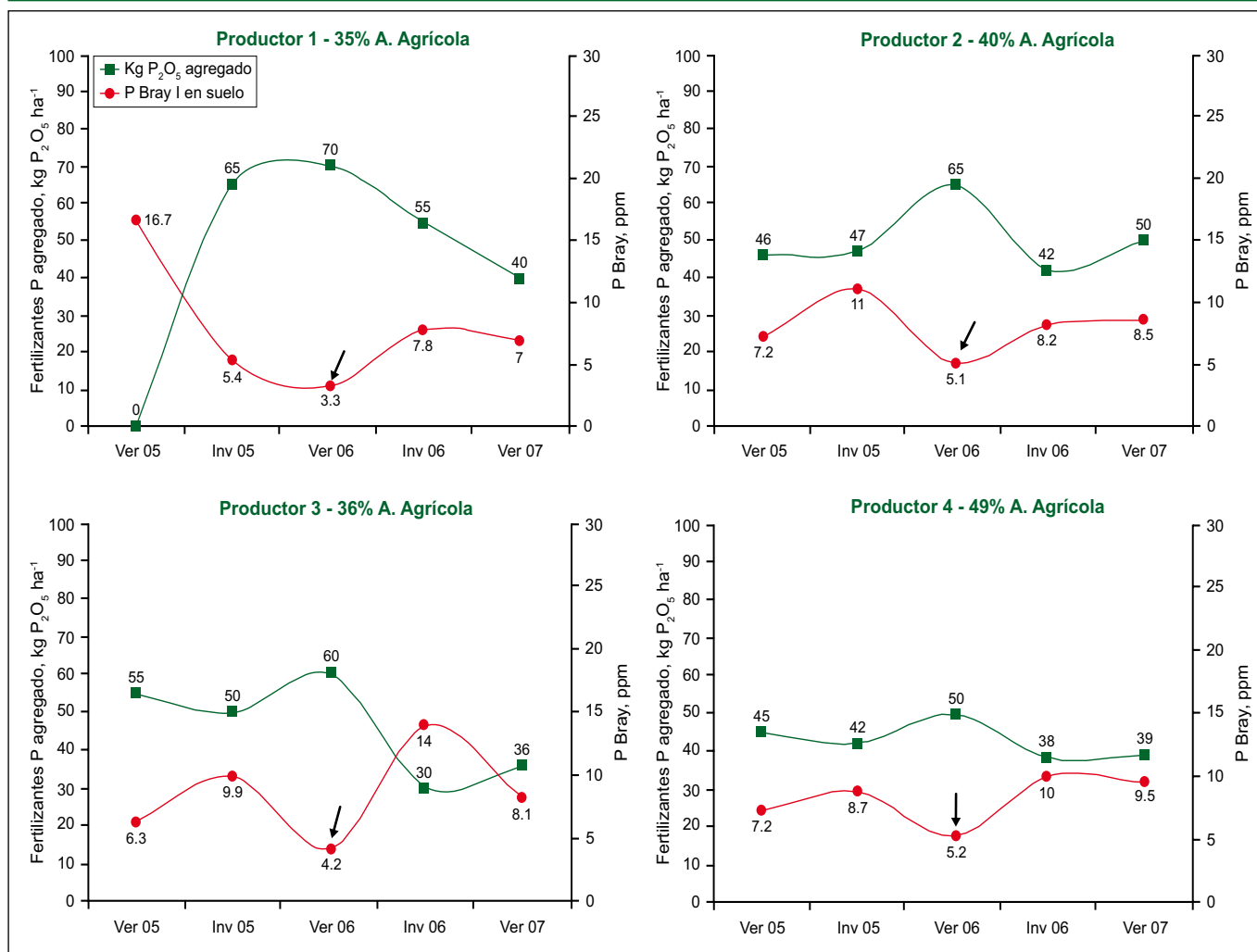


Figura 1. Evolución del P en suelo y el agregado como fertilizante en el sur del país, para todas las chacras de cada empresa cuyo valor de P en suelo a la siembra de los cultivos de segunda del segundo verano (2006), fue inferior al promedio para toda la zona (7 ppm) (Hoffman y Ernst, 2007).

Según Hoffman y Ernst (2007), si en base al concepto de “efecto residual de la fertilización realizada al cultivo de invierno previo”, la estrategia hubiese sido no fertilizar y por tanto no realizar el muestreo de P en suelo, más del 40% de la superficie se habría sembrado en situación de deficiencia de P.

Un primer aspecto a considerar en cuanto a la baja disponibilidad de P a la siembra de soja de segunda es la ocurrencia de balances no positivos o levemente positivos, es decir que las aplicaciones de P como fertilizante hayan sido cercanas a la extracción de P en grano del cultivo de invierno. Sin embargo, las causas de la baja disponibilidad de P en el suelo a la siembra de estos cultivos de verano de 2^{da}, también podrían estar asociadas a efectos climáticos y dinámica de la biomasa microbiana asociada (Abella y Nin, 2003) y dinámica del P asociado a la actividad del Fe⁺⁺ (Ferrando et al., 2002). Sin embargo, no es posible afirmar que estos cultivos estuvieron efectivamente creciendo en condiciones de deficiencia severa de P, o si éste fue un efecto temporario de corto plazo, como el determinado en trabajos en los que se cuantificaron cambios en la disponibilidad de P en el suelo durante el periodo de barbecho (Hoffman et

al., 2001; Abella y Nin, 2003; Farinha y Gauthier, 2006). En este verano y para esta región del litoral Uruguayo, la única variable asociada con el decremento del P en suelo, fueron las condiciones de déficit hídrico severo 30 días previos al muestreo de suelo a la siembra de los cultivos de segunda (precipitaciones en la primavera-verano 2005-06, inferiores a los 50 mm en octubre durante el llenado de grano de los cultivos de invierno previos). En los demás veranos y en la región Litoral N, en donde no fue registrada una caída del P extractable de la magnitud observada en el verano 2006 en el sur, las precipitaciones superaron los 100 mm (datos no mostrados).

En el verano 2010-11 se realizó un relevamiento a técnicos y empresas agrícolas del Uruguay, solicitando información en cuanto a manejo de P en cultivos de invierno y cultivos de soja de segunda siguientes. Solo suministraron información el 41% de los encuestados, lográndose información para 1092 chacras sembradas con soja de segunda. Del total de la superficie relevada (90 900 ha), solo el 30% disponía de análisis de P en suelo a la siembra de la soja de segunda y solamente el 17.8% (195 chacras), contaba con información

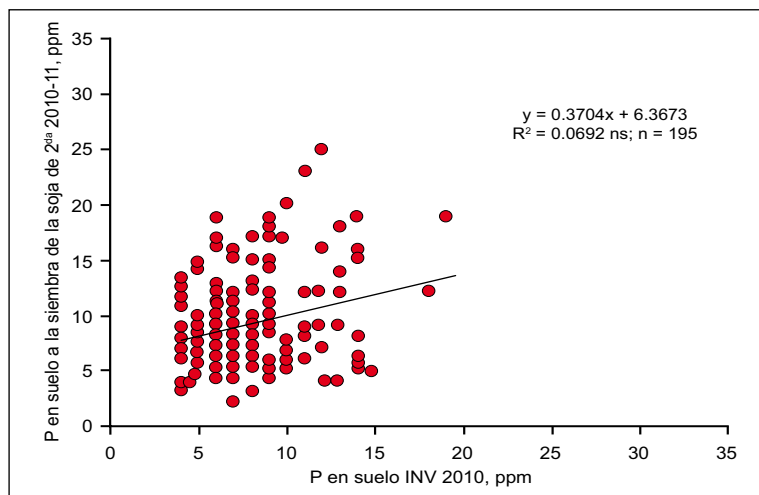


Figura 2. Relación entre el P extractable (Bray-I, 0-20 cm) a la siembra de la soja de segunda 2010-11, y el P extractable a la siembra de los cultivos de invierno 2010. Datos de 20 623 ha distribuidas en 195 chacras.

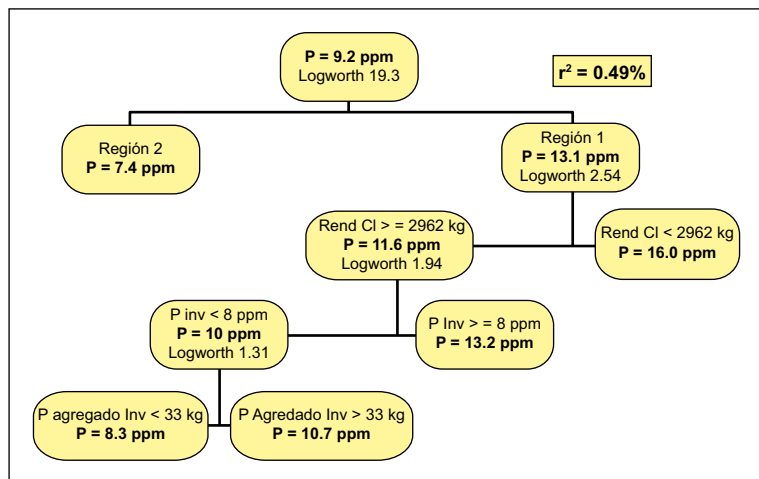


Figura 3. Árbol de clasificación y regresión de variables asociadas con el nivel de P en suelo a la siembra del cultivo de soja de segunda en el verano 2010-11, para 20 623 ha distribuidas en 195 chacras. Región 2 incluye a todos los departamentos del Uruguay, excluidos los cuatro departamentos de la región litoral oeste, incluidos en la Región 1.

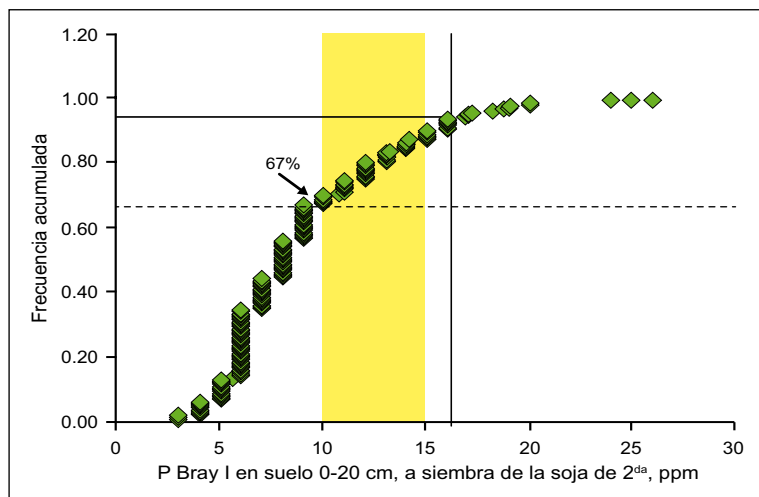


Figura 4. Frecuencia acumulada de P en el suelo a la siembra de soja de segunda 2010-11. Datos de 20 623 ha distribuidas en 195 chacras.

completa de P a la siembra, agregado de P y rendimiento del cultivo de invierno previo, y P en suelo a la siembra del cultivo de soja de segunda. De estos sitios, el 61% fue sembrado en los 4 departamentos del litoral agrícola (Paysandú, Río Negro, Soriano y Colonia), proporción menor a la reportada para la superficie en agricultura en estos mismos 4 departamentos por Arbeletche et al. (2010). A su vez, de estas 195 chacras, el 33.8% de ellas recibió agregado de P a la siembra del cultivo de soja de segunda, mientras que esta proporción disminuyó al 24% para el total de chacras relevadas (1092).

Para las 195 chacras analizadas, el promedio de P extractable a la siembra de los cultivos de invierno fue de 8 ppm, y el agregado de P, de 35 kg P_2O_5 ha⁻¹ (15 kg P ha⁻¹). Para un rendimiento promedio de trigo y cebada de 3460 kg ha⁻¹ de grano, la extracción de P en grano sería de 12 kg P ha⁻¹ (Ciampitti y García, 2007), y por tanto el balance positivo de 3 kg P ha⁻¹ resultaría en un nivel de P extractable a la cosecha de 9 ppm según estimaciones de Ciampitti et al. (2009) para suelos de la región pampeana central de Argentina.

Si bien los mayores niveles de P extractable en suelo a la siembra del cultivo de soja de segunda se alcanzaron cuando se partió de un nivel superior de P en suelo a la siembra del cultivo de invierno, la relación observada es baja (**Figura 2**). Contar con un nivel de P en suelo a la cosecha del cultivo de invierno suficiente para el cultivo de soja de segunda, claramente no dependió solo del nivel de P en suelo a la siembra del cultivo de invierno previo y de su fertilización.

Con el fin de conocer que factores y variables pudieron estar asociados con los niveles de P extractable a la siembra de la soja de segunda (más allá de error de muestreo probable), se confeccionó un árbol de clasificación y regresión mediante la rutina del SAS (SAS Institute, 2004). Las variables y factores que por estar completos pudieron ser incluidas en el análisis, fueron: región, zona, tipo de suelo, cultivo de invierno, P en suelo (a la siembra del cultivo de invierno y de la soja de segunda), agregado de P a siembra de cultivo de invierno, y rendimiento en grano del cultivo de invierno (**Figura 3**).

Casi el 50% de la variación del P extractable a la siembra del cultivo de soja de segunda (**Figura 3**), estuvo asociada a la región, el rendimiento de los cultivos de invierno previos, el P en suelo a la siembra y el agregado de P a la siembra de los cultivos de invierno. Independientemente de todas las variables estudiadas, las chacras localizadas en

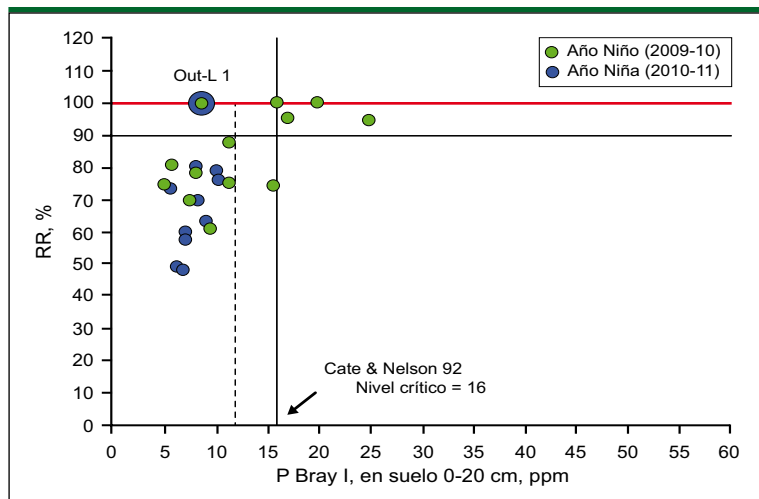


Figura 5. Rendimiento Relativo (RR) de soja de segunda en relación al contenido de P extractable (Bray-I, 0-20cm) para dos años climáticamente contrastantes, en la región litoral oeste del Uruguay. La línea punteada, en referencia a un RR de 90 %, es la referencia media para cultivos de primera.

la Región 2 (todo el resto del área sembrada excluida la región litoral oeste), mostraron un nivel muy bajo de P en suelo a la siembra de la soja de segunda, a pesar de que el nivel de P en suelo a la siembra de los cultivos de invierno no difirió entre regiones (7 y 8 ppm, para la Región 2 y 1, respectivamente).

En la Región 1, tradicionalmente agrícola del Uruguay (litoral oeste), los niveles medios observados a la siembra de los cultivos de soja de segunda, estarían cercanos a la suficiencia para un cultivo de soja de segunda (Díaz Zorita et al., 2002; Echeverría et al., 2002; García, 2004). Sin embargo, este valor medio varió desde 8 a 16 ppm en función, del rendimiento, del P en suelo a la siembra y agregado de P a los cultivos de invierno previos, respectivamente. En esta región, las chacras que presentaron un rendimiento de cultivo de invierno inferior a los 3000 kg ha⁻¹ de grano, habrían sido sembradas con niveles de suficiencia de P en suelo con soja de segunda. Sin embargo, cuando el rendimiento en grano fue superior a los 3000 kg ha⁻¹, el P extractable en suelo a la siembra del cultivo de los cultivos de segunda, varió según el P en suelo y el P agregado a los cultivos de invierno previos. En ésta situación, valores menores a 8 ppm de P en suelo y un bajo agregado de P al cultivo de invierno (< a 33 kg de P₂O₅ ha⁻¹) determinó un nivel de P en suelo deficiente a la siembra de los cultivos de soja de segunda, similar al registrado en promedio para la Región 2, como era esperable.

Fertilización fosfatada en cultivos de soja de segunda

El 67% de las chacras sembradas con soja de segunda en el verano 2010-11, se ubicaron por debajo de las 10 ppm de P extractable en los primeros 20 cm de suelo (Figura 4). De estas chacras solo el 44% recibió agregado de P siendo las dosis de 24 kg de P₂O₅ ha⁻¹, sin relación entre dosis agregada y nivel de P en suelo (R² = 0.053).

En el 33% restante de las chacras con valores ≥ 10 ppm, el 14% recibió una cantidad de P similar a las chacras con valores de P en suelo por debajo de 10 ppm. Por otro lado, un 20% de las 897 chacras sin información de P en suelo a la siembra de la soja de segunda (y que no fueron incluidas en el análisis anterior), recibieron en promedio la misma cantidad de P que las chacras por debajo de 10 ppm a la siembra de soja de segunda (24 kg de P₂O₅ ha⁻¹). En resumen, de las 90 900 ha relevadas de soja de segunda en total, solo el 22.5% recibió P a la siembra.

Dados los bajos valores de P en suelo tanto a la siembra de los cultivos de invierno, de P agregado y el P en suelo a la siembra de la soja de segunda, este cultivo fue sembrado (al menos en este verano), en un ambiente dominado por bajos contenidos de P en suelo.

La información en la región es muy abundante en cuanto a rangos críticos de referencia de P extractable a partir del cual la probabilidad de respuesta al agregado de P es baja. En general, y sin considerar algunos valores extremos, asociado a clima y texturas de suelos no dominantes en Uruguay, los rangos críticos más frecuentes se ubican entre las 11 y 15 ppm de P en los primeros 20 cm de suelo (Améndola, 1982; Melgar et al., 1995; Díaz Zorita et al., 2002; Salvagiotti et al., 2003; Fontanetto et al., 2003; Echeverría et al., 2002; García, 2004; Salvagiotti et al., 2005). Si bien son escasos los antecedentes específicos en cuanto a niveles o rangos críticos para cultivos de soja de segunda, no existe evidencia alguna de que deban ser diferentes a los estudiados para cultivos de primera.

En este sentido, en dos veranos consecutivos de régimen hídrico contrastante fueron instalados 23 experimentos en campo de productores en el litoral oeste de Uruguay en los departamentos de Río Negro y Soriano, sobre suelos franco-arcillo-limosos típicos de la región. La campaña 2009-10, fue un típico año Niño, muy lluvioso desde fin de la primavera y durante todo el verano (+ de 750 mm durante todo el ciclo de cultivo). En ese año fueron instalados y cosechados 10 sitios y en el verano 2010-11 con un régimen exactamente opuesto al anterior, se instalaron 13 sitios más.

Independientemente del año, y considerando que el P fue agregado al voleo en superficie sobre el rastrojo de los cultivos de invierno previos, existió una respuesta importante al agregado de P a la siembra. La respuesta fue superior en el año húmedo con mayor potencial promedio (2430 y 1850 kg ha⁻¹, para el año 2009-10 y 2011-11, respectivamente). En el verano 2009-10 no existieron sitios con P por encima de las 10 ppm. La Figura 5 muestra la relación encontrada entre el rendimiento relativo de soja (rendimiento sin fertilizar/

rendimiento fertilizado) y el nivel de P extractable a la siembra de la soja de segunda.

El nivel crítico para ambos años fue de 16 ppm, valor que podría ser considerado inclusive superior para cultivos de primera en suelos de texturas medias, más cercano a los niveles reportados para suelos francos sobre areniscas triásicas de Tacuarembó y Rivera (Améndola, 1982). Para ambos años (23 sitios), el incremento promedio de rendimiento de soja debido al agregado de P por debajo de 11 ppm fue de 610 kg grano ha⁻¹, promedio equivalente a un 25% para ambos años, en relación al testigo sin P.

Para Argentina, Salvagiotti et al. (2003) concluyen que la estrategia de uso del P en cuanto a la soja de segunda, no difirió entre aplicar todo el P al trigo y dividir entre trigo y soja, cada uno aplicado a la siembra. Sin embargo, Barrow (1980) y Hernández et al. (2009) concluyen que el efecto del P sobre la respuesta del cultivo de segunda es menor que el proveniente de aplicaciones directas a cada uno de los dos cultivos de la secuencia. En la situación estudiada, cuando se partió de bajos niveles iniciales de P extractable a la siembra de los cultivos de invierno, se requerirían dosis mayores de P a las utilizadas, para lograr niveles de P en suelo de suficiencia a la siembra de la soja de segunda.

Consideraciones finales

No existen diagnósticos actuales de cuál es la situación de manejo de P en el cultivo de soja de segunda en Uruguay. El relevamiento acerca del manejo del P en soja de segunda realizado en el verano 2010-11, podría ser una pista de lo que puede estar ocurriendo actualmente. La información muestra que menos de un 25% de la superficie fue fertilizada con P a la siembra de la soja de segunda en esta zafra, aunque los valores de P extractable para las chacras con información, fueron en promedio bajos (9 ppm). Para el 67% de las chacras con menores niveles de P extractable en suelo a la siembra de la soja de segunda (por debajo de las 10 ppm), el área sin fertilización fosfatada fue alrededor de un 56% del área sembrada.

En las chacras con información de P a la siembra de la soja de segunda (30%), más del 90% se ubicó por debajo de 16 ppm de P extractable. Considerando los niveles de P en suelo a la siembra por encima del cual no se obtuvo respuesta a la fertilización fosfatada en cultivos de soja de segunda (16 ppm), en la zafra 2010-11 para la mayor parte del área relevada, sin fertilización fosfatada, se podría pensar que los cultivos de soja crecieron en un ambiente deficiente en P. Estos ambientes se ubicaron en regiones con escasa historia agrícola, y en la zona tradicionalmente agrícola asociado al mayor rendimiento de los cultivos de invierno antecesores, sobre todo cuando el nivel de

P en suelo a la siembra del cultivo de invierno fue muy bajo (< 8 ppm) y cuando la fertilización fosfatada fue en promedio desajustada (< 33 kg P₂O₅ ha⁻¹).

No está en duda que en sistemas intensivos de agricultura el P debe ser manejado en función del sistema en su conjunto y la estrategia de balance debería ser la guía del manejo de la fertilización fosfatada. Poder contar con P suficiente en suelo a la siembra de un cultivo de segunda debería ir de la mano del concepto de residualidad, partir de valores P en suelo más el agregado de P vía fertilizante que aseguren al menos estar por encima de las necesidades reales de los cultivos de invierno previos.

Sin embargo, que exista residualidad depende del balance aplicado-extraído por el cultivo de invierno, sin embargo no es garantía de que el P en suelo a la siembra de un cultivo de segunda asegure siempre suficiencia, aun cuando el P agregado al cultivo de invierno previo este por encima de sus necesidades y contemple a ambos cultivos.

Para evitar cultivos de segunda creciendo en ambientes deficientes en P, se debería considerar disponer del valor de P extractable a la siembra de los cultivos de segunda (aun cuando lo esperable sean niveles de P residuales suficientes), como estrategia de ajuste que permita corregir los sesgos no previstos de P en suelo.

Bibliografía

- Abella, F.M., y A. Nin. 2003. Evolución en las formas y contenidos de fósforo del suelo bajo sistemas de rotaciones de pasturas y cultivos con laboreo convencional y siembra directa. Tesis de Ing. Agr. Facultad de Agronomía. UDELAR. Uruguay.
- Améndola, L.A. 1982. Fertilización en soja. Reunión Técnica de Cultivos de Verano. Tacuarembó. CIAAB-EEN.
- MGAP-DIEA. 2011. Encuesta Agrícola 2011. Dirección de Estadísticas Agropecuarias Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP). Uruguay. Serie Encuestas No. 301. 30 p.
- MGAP-DIEA. 2012. Resultados de la encuesta agrícola de primavera-verano 2012. Serie Encuestas. Dirección de Estadísticas Agropecuarias. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP).
- Arbeletche, P., O. Ernst, y E. Hoffman. 2010. Capítulo 1. La Agricultura en Uruguay y su Evolución. In García Prechac, F. 2010. Intensificación Agrícola: Oportunidades y amenazas para un país productivo y natural. pp. 13-27.
- Barrow, N.J. 1980. Evaluation and utilization of residual phosphorus in soils. In F.E. Khasawneh; E.C. Sample and E.J. Kamprath (Eds.). The role of phosphorus in agriculture. ASA-CSSA-SSA. Madison USA.

- Ciampitti, I.A, y F.O. García. 2007. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I Cereales oleaginosos e industriales. Archivo Agronómico No. 11. IPNI Cono Sur.
- Ciampitti, I., G. Rubio, L. Picone, y F. García. 2009. El fósforo en la agricultura: Mejores prácticas de manejo. In F. García e I. Ciampitti (ed.). Simposio Fertilidad 2009: Mejores prácticas de manejo para una mayor eficiencia en la nutrición de cultivos. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. pp. 35-51. ISBN 978-987-24977-1-2.
- Díaz-Zorita, M., F. García, y R. Melgar. 2002. Fertilización en soja y trigo-soja: Respuesta a la fertilización en la región pampeana. Boletín Proyecto Fertilizar. EEA INTA Pergamino. 44 p.
- Echeverría, H., G. Ferraris, G. Gerster, F. Gutiérrez-Boem, y F. Salvagiotti. 2002. Fertilización de soja y la secuencia trigo-soja en la región pampeana. Campañas 2000/01 y 2001/02. INTA – FERTILIZAR. EEA INTA Pergamino Buenos Aires.
- Farinha, P., y A. Gauthier. 2006. Efecto del manejo de barbecho sobre la disponibilidad de $N-NO_3^-$, agua y condición física del suelo e implantación de sorgo granífero sembrado sin laboreo sobre un verdeo de avena. Tesis de Ing. Agr. Facultad de Agronomía. UDELAR. Uruguay. 87 p.
- Ferrando, M., G. Mercado, y J. Hernández. 2002. Dinámica del hierro y disponibilidad de fósforo durante periodos cortos de anaerobiosis en los suelos. Agrociencia. Vol. VI No. 1. pp. 1-9.
- Fontanetto, H., H. Vivas, R. Albrecht, y J. Houtian. 2003. La fertilización con N, P y S y su residualidad en una secuencia agrícola de la región central de Santa Fe. Simposio "El fósforo en la agricultura argentina". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- García, F. 2004. Soil fertility management for soybean in Argentina VII World Research Soybean Conference. Foz do Iguassu, 1-5 March 2004. EMBRAPA CNPS. Brazil.
- Hernández, J., O. Otegui, y J.P. Zamalvide. 1995. Formas y contenidos de fósforo en algunos suelos del Uruguay. Montevideo, Facultad de Agronomía. Boletín de Investigaciones No. 43. 32 p.
- Hernández, C., F. Sosa, G. Sazano, M. Morandini, H. Rojas, y M. Devani. 2009. Efecto de distintas alternativas de fertilización fosfatada en la secuencia trigo-soja sobre el fósforo asimilable y los rendimientos en la Provincia de Tucumán, Argentina. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán. 86(2):31-36.
- Hoffman, E., E. Borghi, O. Ernst, C. Perdomo, y J. Hernández. 2001. Respuesta al agregado de P en cebada cervecera sembrada sin laboreo y su relación con la evolución del P en el suelo durante el periodo de barbecho. In XX I. Reunión anual de Pesquisa de Cevada. Guarapuava. Parana. RS. Brasil.
- Hoffman, E., y O. Ernst. 2007. Diagnóstico de la fertilización de cultivos de secano en Uruguay. In Seminario internacional de manejo de la fertilización de cultivos y pasturas. FAGRO- UdeLaR – IPNI Cono Sur. Paysandú. Uruguay.
- Melgar, R., E. Frutos, M. Galetto, y H. Vivas. 1995. El análisis de suelos como predictor de la respuesta de la soja a la fertilización fosfatada. 1^{er}. Congreso Nacional de Soja y 2^{da}. Reunión Nacional de Oleaginosas. AIANBA. Pergamino. Tomo 1, pp. 167-174.
- Salvagiotti, F., G. Gerster, S. Bacigaluppo, J. Castellarín, C. Galarza, N. González, V. Gudelj, O. Novello, H. Pedrol, y P. Vallone. 2005. Efectos residuales y directos de fósforo y azufre en el rendimiento de soja de segunda. Ciencia del Suelo 22(2):92-101.
- Salvagiotti, F., y G. Gerster. 2003. Residualidad y fertilización directa con fósforo y azufre en soja de segunda. En: <http://www.cuencarural.com/agricultura/46525-residualidad-y-fertilizacion-directa-con-fosforo-y-azufre-en-soja-de-segunda/>
- SAS Institute 2004. Statistical analysis system online documentation. SAS, Cary, North Carolina, EE.UU.
- Siri, G., y O. Ernst. 2011. Fertilización con fósforo ¿por balance o por suficiencia? In: Simposio Nacional de Agricultura (II, Paysandú, 2011). pp. 35-44.
- Vivas, H., R. Albrecht, J. Hotian, y O. Quaino. 2007. Relación del fósforo y del azufre asociada a la respuesta del doble cultivo trigo/soja en un suelo del centro de Santa Fe. INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información Técnica Cultivos de verano. Campaña 2007. <http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/miscelaneas/108/misc> *

