Informaciones Agronómicas
de Hispanoamérica

En este número

- Fertilización en soja de segunda
- Relevamiento nutricional de soja en Uruguay
- Fertilización nitrogenada en maíz en el sudeste de Córdoba
- Cultivos de cobertura: Un puente para el N

IAH 11 - Septiembre 2013

Versión Cono Sur

Criterios y estrategias de fertilización que apunten a asegurar el suministro de fósforo en cultivos de soja de segunda 2

Relevamiento nutricional del cultivo de soja en Uruguay 8

Respuesta a la re-fertilización nitrogenada en maíz en el sudeste de Córdoba 16

Cultivos de cobertura: Un puente para el nitrógeno 20

Cursos y Simposios 26

Publicaciones Disponibles 27

Director: Dr. Fernando O. García
International Plant Nutrition Institute
Programa Cono Sur de Latinoamérica
Correo electrónico: fgarcia@ipni.net

Propietario: **International Plant Nutrition Institute (IPNI)**

CUIT: 30-70175611-4
ISSN 2222-0178

No. de Registro de Propiedad Intelectual: 5118852

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se citen la fuente y el autor.

Impresión: Grancharoff Impresores
Tapalqué 5864 - Capital Federal

http://www.ipni.net

Oficina para el Cono Sur de Latinoamérica • Av. Santa Fe 910 (B1641ABO) Acassuso • Buenos Aires - Argentina
Telf/Fax.: 54 11 4798 9939 • Correo electrónico: Lpisauri@ipni.net • http://Lacs.ipni.net

Oficina para el Norte de Latinoamérica • Casilla Postal 17 17 980 • Quito - Ecuador
Telf.: 593 2 2463 175 • Fax: 593 2 2464 104 • Correo electrónico: aormaza@ipni.net • http://nla.ipni.net

Oficina para México y Centroamérica • 3500 Parkway Lane, Suite 550 • Norcross, GA 30092 - EE.UU
Telf.: 1 770 825 8079 • Fax: 1 770 448 0439 • Correo electrónico: atasistro@ipni.net • http://mca.ipni.net

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 multiplico 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 zafras 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 zafras agrícolas consecutivas a partir del verano 2004-05, el P disponible en suelo para los cultivos de soja de segunda en el verano 2006, disminuyo 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**

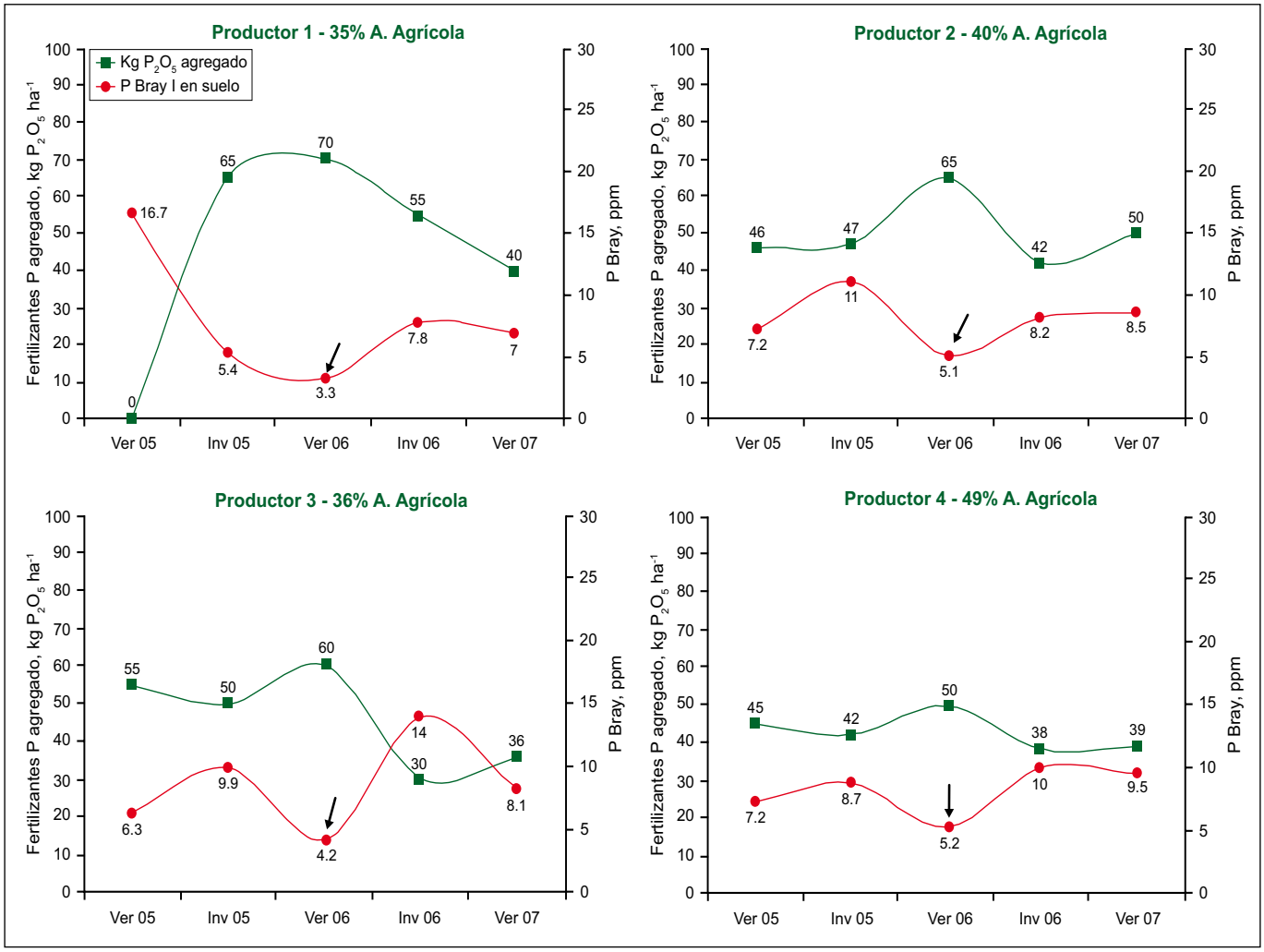


Figura 1. Evolución del P en suelo y el agregado como fertilizante en el sur del país, para todas las chacras de cada empresa cuyo valor de P en suelo a la siembra de los cultivos de segunda del segundo verano (2006), fue inferior al promedio para toda la zona (7 ppm) (Hoffman y Ernst, 2007).

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 2da, 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

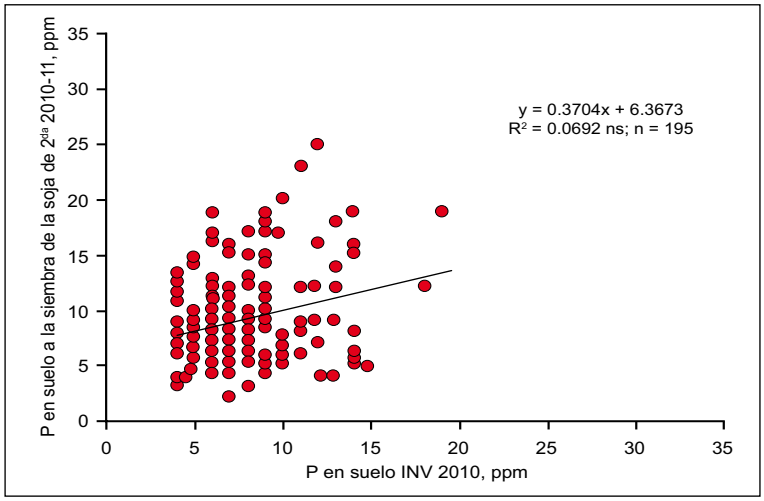


Figura 2. Relación entre el P extractable (Bray-I, 0-20 cm) a la siembra de la soja de segunda 2010-11, y el P extractable a la siembra de los cultivos de invierno 2010. Datos de 20 623 ha distribuidas en 195 chacras.

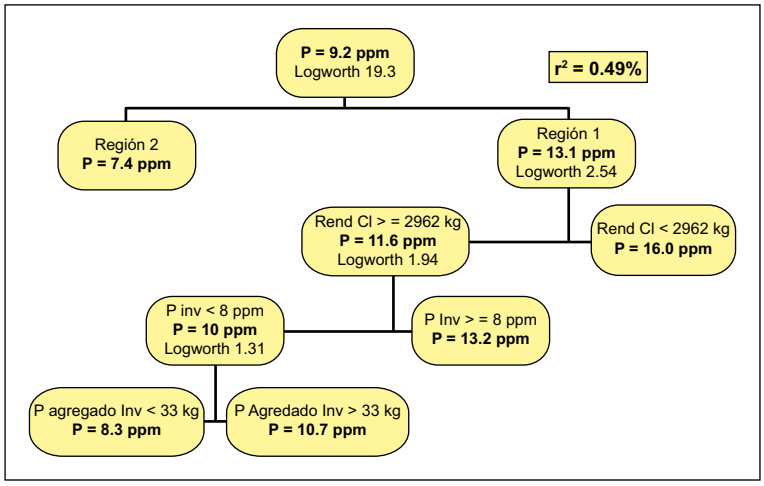


Figura 3. Árbol de clasificación y regresión de variables asociadas con el nivel de P en suelo a la siembra del cultivo de soja de segunda en el verano 2010-11, para 20 623 ha distribuidas en 195 chacras. Región 2 incluye a todos los departamentos del Uruguay, excluidos los cuatro departamentos de la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

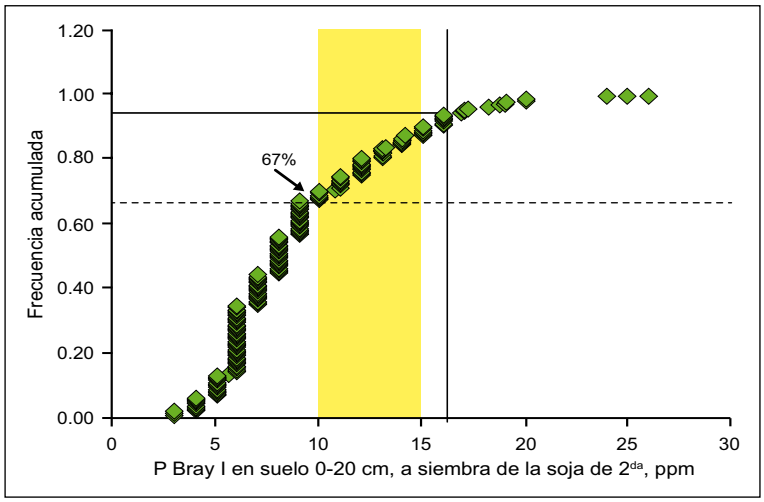


Figura 4. Frecuencia acumulada de P en el suelo a la siembra de soja de segunda 2010-11. Datos de 20 623 ha distribuidas en 195 chacras.

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 disminuyo 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 seria 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

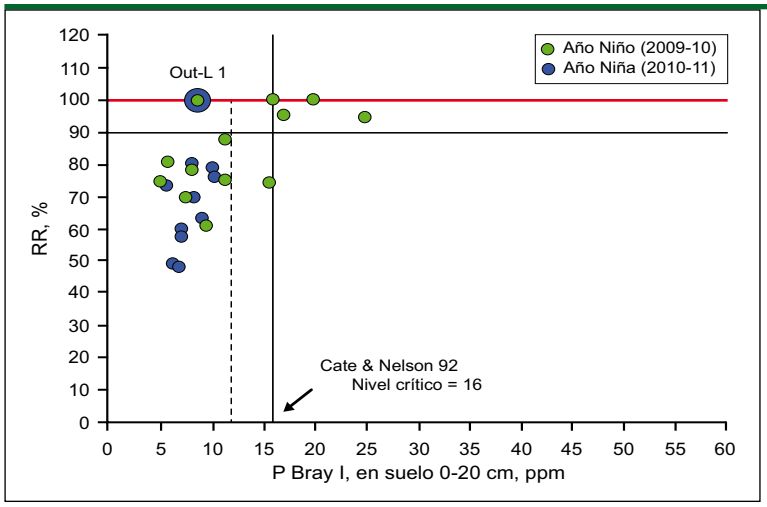


Figura 5. Rendimiento Relativo (RR) de soja de segunda en relación al contenido de P extractable (Bray-I, 0-20cm) para dos años climáticamente contrastantes, en la región litoral oeste del Uruguay. La línea punteada, en referencia a un RR de 90 %, es la referencia media para cultivos de primera.

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 P_2O_5 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 P_2O_5 ha^{-1}, sin relación entre dosis agregada y nivel de P en suelo (R^2 = 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 P_2O_5 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 P_2O_5 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 encuentra 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. Garcia 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. 1er. Congreso Nacional de Soja y 2da. 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.

Salvagliotti, 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

Relevamiento nutricional del cultivo de soja en Uruguay*

J.M. Bordoli[1], M.M. Barbazán[1], y L. Rocha[1]

Introducción

En los últimos años se ha producido un proceso de expansión e intensificación de la agricultura en Uruguay y en la región, cuyo denominador común ha sido la creciente y acelerada dominancia del cultivo de soja [*Glycine max* (L.) Merr.]. Mientras en el año 2001 el país sembraba unas 30 000 ha y exportaba casi 10 000 t de grano de soja, en 2011 esas cifras pasaron a ser de 1 500 000 ha y más de 1 000 000 de t de grano exportadas. Este gran incremento estuvo explicado principalmente por la expansión del área sembrada, producida tanto por el desplazamiento de áreas con otros cultivos como por la inclusión de áreas no tradicionales, con suelos que en muchos casos presentan restricciones para la agricultura de secano. Además, con la generalizada adopción de sistemas sin laboreo, se produjo también una gran intensificación del uso del suelo, propiciándose la realización de 1.5 cultivos por año (DIEA, 2010). Sin embargo, el rendimiento promedio del cultivo de soja se ha mantenido estable en 2000 kg ha^{-1}, siendo incluso más bajo que el promedio de países vecinos, si se considera solo el cultivo de soja como cultivo de primera.

Dados los precios del producto y las perspectivas del mercado, hoy el desafío del país es aumentar el volumen exportado en base a un incremento en la productividad del cultivo por superficie. El objetivo de este estudio fue identificar situaciones (áreas, tipos de suelo, prácticas de manejo del cultivo) donde ocurran o sean más probables de ocurrir desequilibrios nutricionales en especial para el cultivo de soja. La importancia de este estudio es la de orientar nuevos aspectos a investigar en este y en otros cultivos para superar las limitantes nutricionales que se pudieran encontrar.

Materiales y métodos

Durante las zafras de 2009/10 al 2011/12, se llevó a cabo un relevamiento nutricional de 214 cultivos comerciales de soja, distribuidos por todo el país (Zonas Centro, Este, Noreste, Noroeste, Sureste). Al estado de R1-R2 del cultivo y de un área uniforme de 0.2 ha, se tomaron muestras compuestas de planta (25-30 hojas con pecíolo, seleccionando la más reciente y completamente desarrollada).

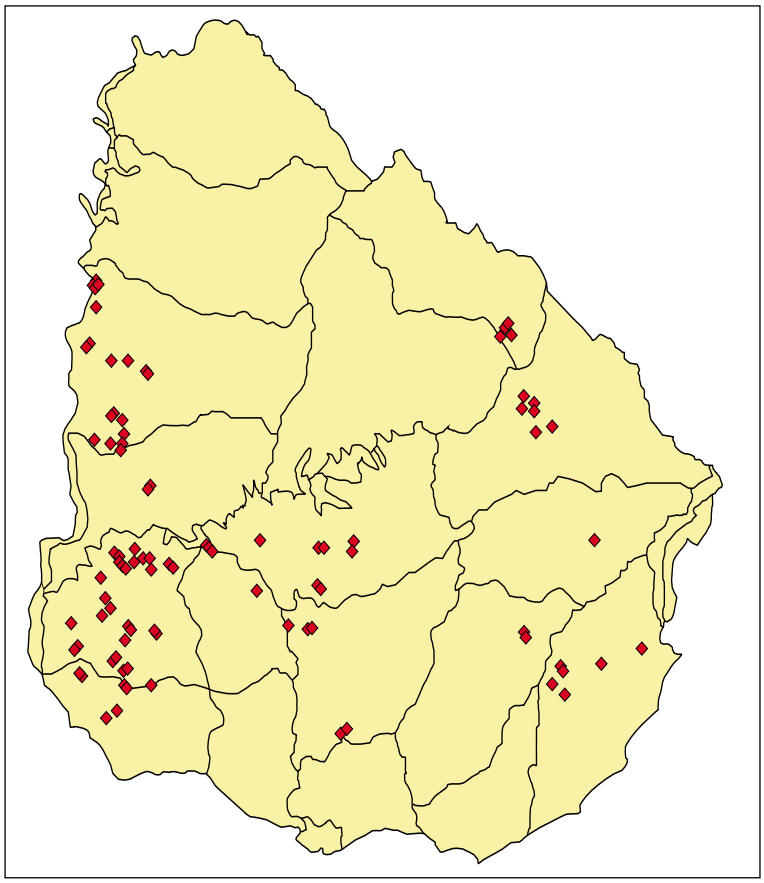


Figura 1. Ubicación de los cultivos de soja muestreados en Uruguay durante las zafras del año 2009 al 2012.

Estas muestras se secaron a 60 °C durante 48 hs y se molieron hasta un tamaño menor a 1 mm para su posterior análisis. La concentración de nitrógeno (N) total se determinó por el método Kjeldahl y la de fósforo (P) total de acuerdo a Murphy y Riley (1962).

Las concentraciones totales de calcio (Ca), cobre (Cu), hierro (Fe), magnesio (Mg), manganeso (Mn) y zinc (Zn) se determinaron mediante absorción atómica y las de potasio (K) y sodio (Na) por emisión (Isaac y Kerber, 1971), mientras que la concentración de azufre (S) total se determinó por combustión LECO.

De la misma área desde donde se tomaron las muestras de hoja, se tomaron muestras compuestas de suelo (15-20 tomas de 0-15 y de 15-30 cm de profundidad), que fueron secadas a 40 °C y molidas para determinar el pH en agua y en KCl por potenciometría, materia orgánica (MO) por el método de Walkley y Black, P extractable por el método Bray-I (Bray y Kurzt, 1945) y bases intercambiables extraídas con acetato de amonio 1 M por absorción atómica (Ca y Mg) y emisión (K y Na) (Isaac y Kerber, 1971). En cada zona de

[1] Departamento de Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía. Universidad de la República Oriental del Uruguay. Garzón 780. CP 12900. Montevideo Uruguay. Correo electrónico: jbordoli@fagro.edu.uy

* Trabajo presentado en el Simposio "Potasio en Sistemas Agrícolas de Uruguay". 28 de Mayo de 2013. Mercedes, Soriano - Uruguay.

Tabla 1. Valores promedios, mínimos y máximos de concentración de nutrientes en hojas de soja y rendimiento en grano de las zafras de 2009/10, 2010/11 y 2011/12 (Robinson y Reuter, 1997).

Nutrientes	N	P	K	S	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Rendimiento
	%						mg kg^{-1}				kg ha^{-1}
Total de muestras											
Promedio	4.31	0.26	1.93	0.31	1.17	0.38	9	84	68	31	2868
Mínimo	2.82	0.09	0.21	0.19	0.67	0.19	2	43	22	8	511
Máximo	6.23	0.48	3.30	1.76	2.05	1.12	18	435	455	62	6333
Soja de primera											
Promedio	4.31	0.26	2.00	0.29	1.15	0.36	9	79	64	30	3429
Mínimo	2.82	0.09	0.53	0.21	0.67	0.19	2	45	22	8	523
Máximo	5.89	0.48	3.22	0.51	2.05	1.12	17	307	455	62	6333
Soja de segunda											
Promedio	4.32	0.26	1.86	0.33	1.19	0.39	8	88	73	33	2335
Mínimo	2.82	0.11	0.21	0.19	0.73	0.22	3	43	23	21	511
Máximo	6.23	0.48	3.30	1.76	2.00	0.84	18	435	438	53	4498
Concentración crítica	3.5	0.24	1.76	0.20	-	0.20	-	-	-	-	-

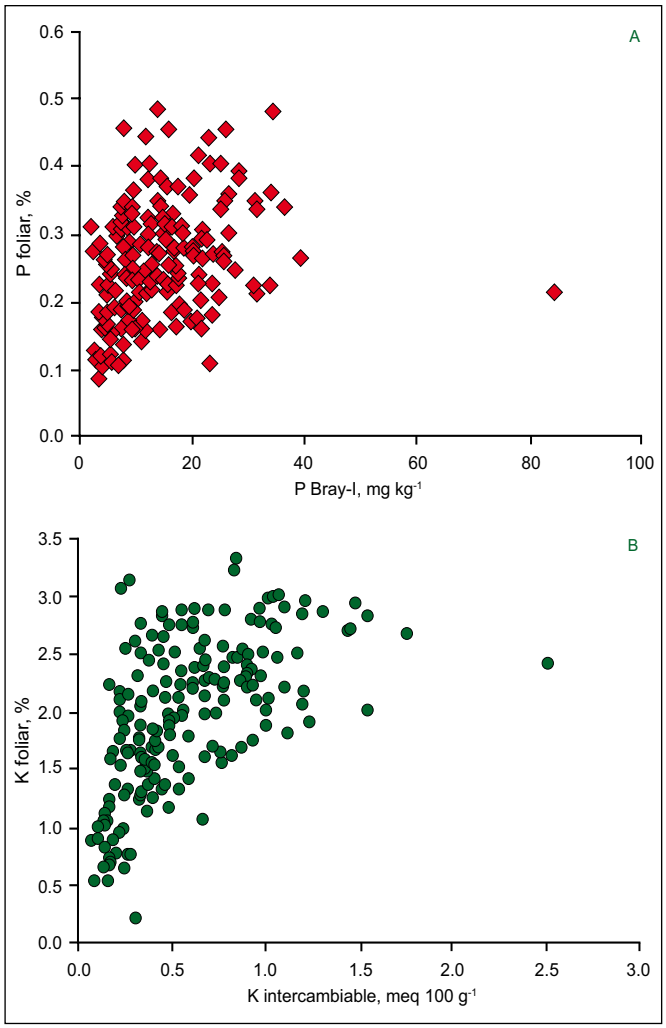


Figura 2. Relación entre concentraciones foliares de P (A) y K (B) y el nutriente en el suelo.

muestreo se estimó el rendimiento mediante cosecha manual o con el dato del monitor de rendimiento de la cosechadora. El peso de grano fue corregido a 13% de humedad. De cada cultivo muestreado se intentó contar con información adicional relacionada al manejo del cultivo e historia del sitio.

Los resultados obtenidos se compararon con los valores de referencia. Para las muestras de plantas se utilizó la concentración crítica más baja reportada por Robinson y Reuter (1997) para el cultivo de soja en el estado de crecimiento señalado **(Tabla 1)**.

El relevamiento abarcó las principales áreas sembradas de soja en los tres veranos entre 2009 y 2012 (**Figura 1**), buscando los suelos y situaciones más representativas del cultivo, completando un total de 214 puntos de muestreo.

Resultados y discusión

Rendimiento en grano y concentración de nutrientes en hojas

El rendimiento promedio en los cultivos de soja de primera fue de 3429 kg ha^{-1}, el cual resultó un 47% mayor que el rendimiento promedio del cultivo sembrado como de segunda (2335 kg ha^{-1}). Ambos valores fueron más altos que el promedio del rendimiento nacional situado en 2000 kg ha^{-1} (DIEA, 2010). El rango de cada cultivo fue muy amplio: de 523 a 6333 kg ha^{-1} para la soja de primera, y 511 a 4498 kg ha^{-1} para la de segunda **(Tabla 1)**.

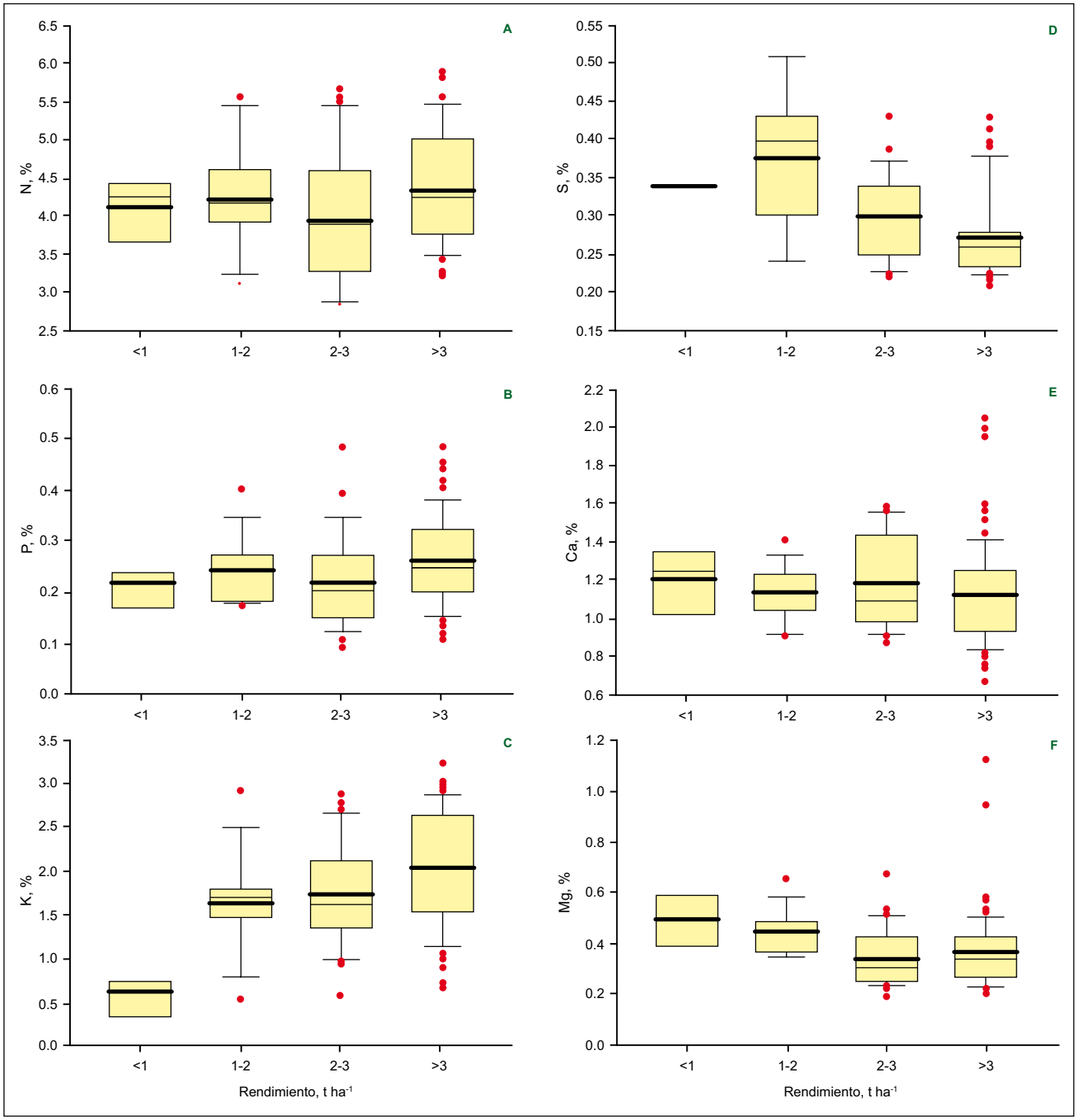


Figura 3. Concentración de macronutrientes y nutrientes secundarios en hoja y pecíolo al estado de crecimiento R1-R2 en función del rendimiento del cultivo de soja de primera. Media (línea gruesa), mediana (línea fina) y percentiles (10, 25, 75 y 90; círculos rojos).

El estado nutricional general del cultivo, evaluado a través del análisis foliar, muestra que hubo una gran variación en la concentración de nutrientes tanto para los cultivos de primera como de segunda **(Tabla 1)**. Los nutrientes que presentaron mayor cantidad de casos con concentraciones menores a los valores críticos fueron, en orden descendente: P> K> N. Para los otros nutrientes analizados, como S, Mg y Ca, y los micronutrientes Cu, Fe, Mn y Zn, los valores de concentraciones fueron iguales o mayores a las concentraciones críticas, por lo cual no se evidenciaron problemas de deficiencia de estos nutrientes a través del análisis foliar.

Se debe tener en cuenta, además, que en la comparación con valores de referencia se utilizó en todo los casos el valor de referencia más conservador, aunque existen autores que sugieren mayores concentraciones críticas.

La concentración promedio de P en hoja fue de 0.26%, con un rango de 0.09 a 0.48%, con un alto porcentaje de las muestras con concentraciones por debajo de las críticas de 0.24% (49% y 41% en soja de primera y segunda, respectivamente). La relación entre la concentración de P en hoja y el P Bray-I y entre P Bray-I y rendimiento fueron muy pobres, lo que indicaría que existieron otras restricciones que no fueron solo P **(Figura 2A)**.

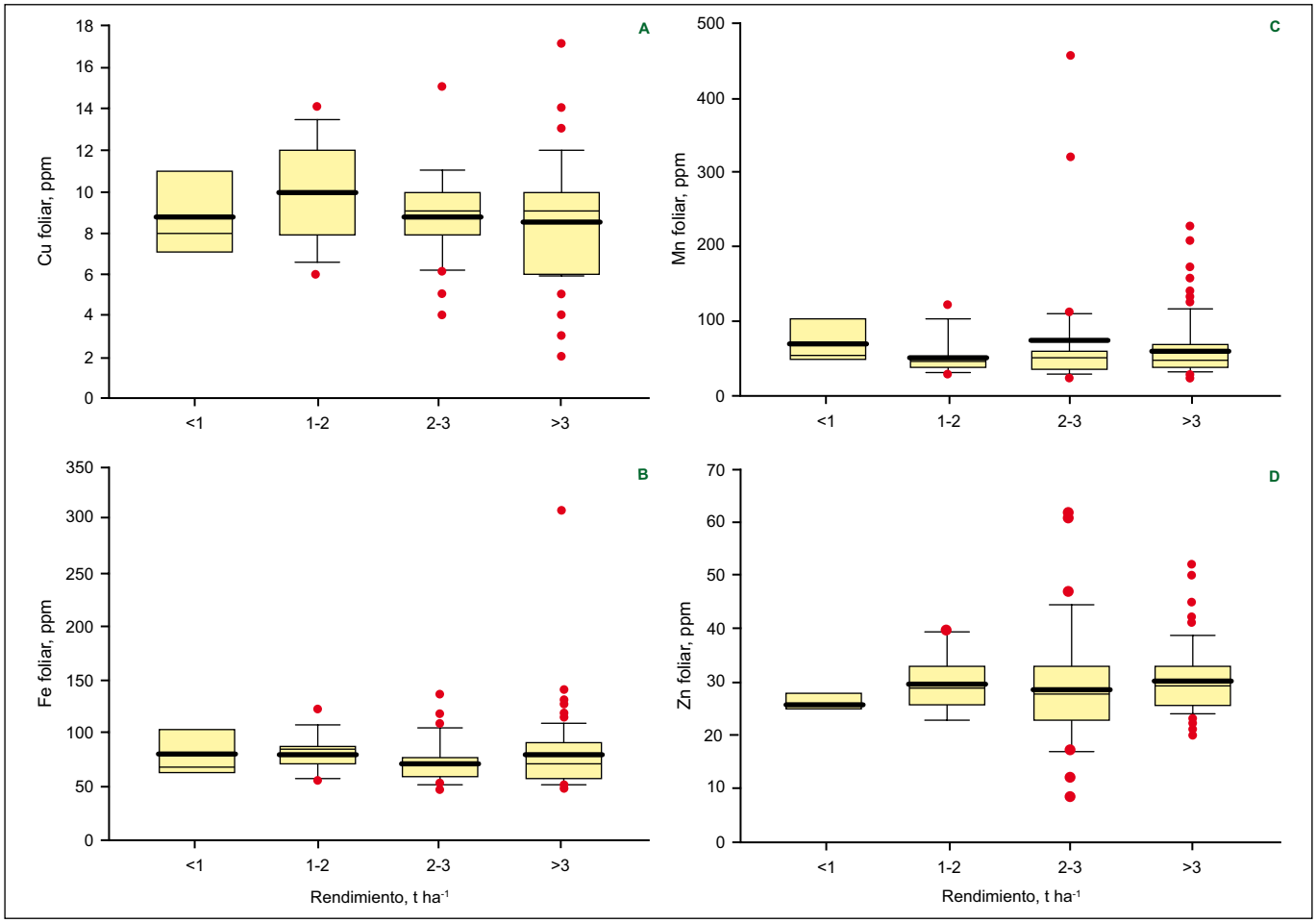


Figura 4. Concentración de micronutrientes en hoja y pecíolo al estado de crecimiento R1-R2 en función del rendimiento del cultivo para Cu, Fe, Mn y Zn de soja de primera. Media (línea gruesa), mediana (línea fina) y percentiles (10, 25, 75 y 90; círculos rojos).

Tabla 2. Valores promedios, mínimos y máximos de análisis de suelo en sitios muestreados con soja (n = 200) durante las zafras 2009/10, 2010/11 y 2011/12.

	MO	pH	Ac. Int.	Ca	Mg	K	Na	P
	%		---------- meq 100 g^{-1} ----------					mg kg^{-1}
Total de muestras								
Promedio	3.8	5.6	0.06	15.94	2.31	0.56	0.47	14
Mínimo	1.1	4.4	0.00	2.31	0.56	0.08	0.26	2
Máximo	6.2	7.6	1.16	46.4	9.80	2.50	1.35	84
Soja de primera								
Promedio	3.9	5.6	0.06	15.63	2.21	0.55	0.47	15
Mínimo	1.7	4.4	0.00	2.4	0.58	0.08	0.26	2
Máximo	6.0	7.6	1.16	46.4	7.15	1.55	1.03	84
Soja de segunda								
Promedio	3.8	5.6	0.08	16.26	2.42	0.57	0.46	13
Mínimo	1.1	4.5	0.00	2.31	0.56	0.10	0.26	3
Máximo	6.2	7.6	1.07	45.59	9.80	2.50	1.35	36

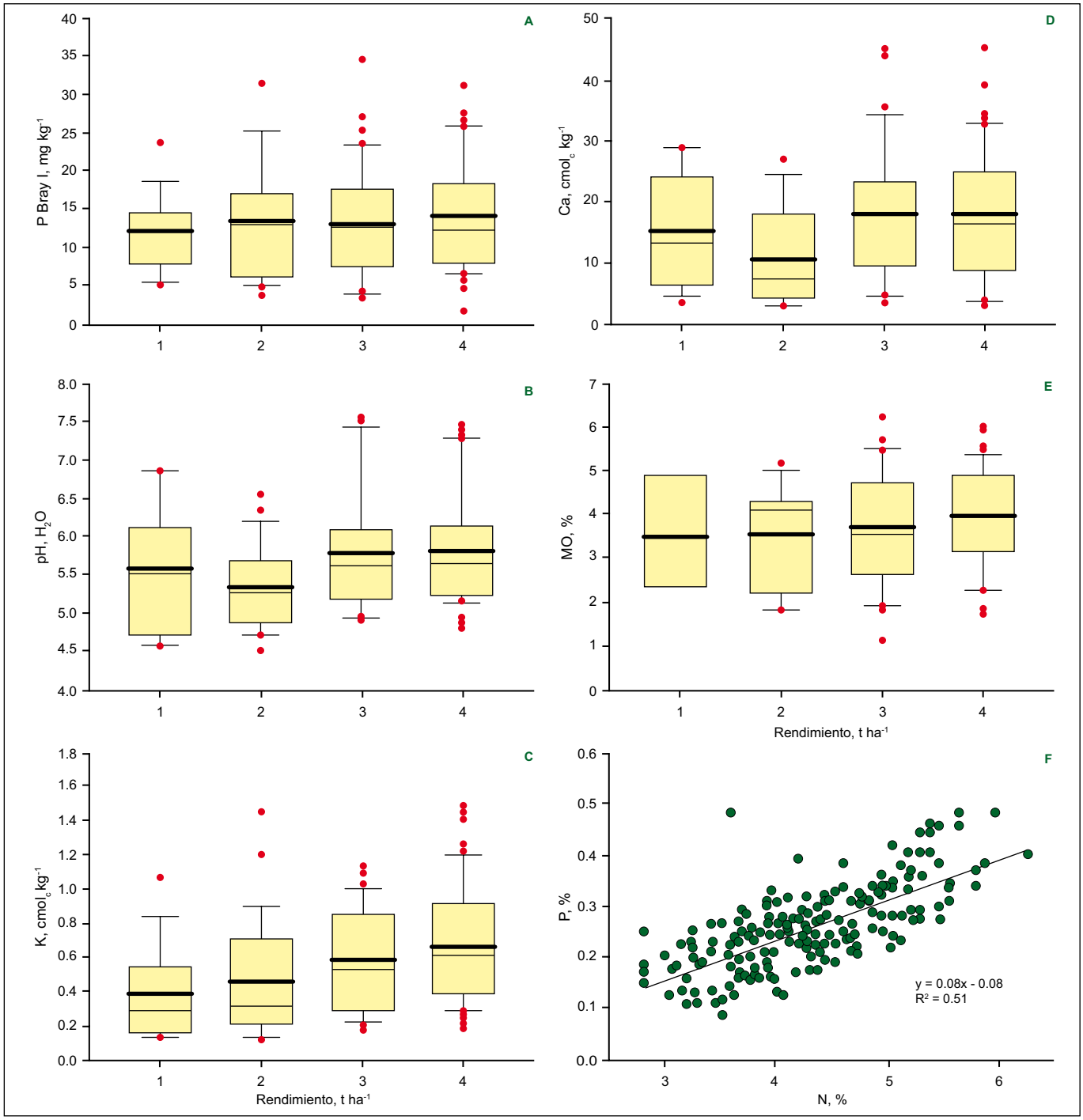


Figura 5. Media (línea gruesa), mediana (línea fina) y percentiles (10, 25, 75 y 90; círculos rojos) de P extractable (A), pH del suelo (B), K intercambiable (C), Ca intercambiable (D), y materia orgánica del suelo (E) para rendimientos de soja inferiores a 1000 kg ha^{-1} (1), entre 1000 y 2000 kg ha^{-1} (2), entre 2000 y 3000 kg ha^{-1} (3), y mayores a 3000 kg ha^{-1}. Relación entre P y N en hoja (F).

La concentración promedio de K en hoja fue de 1.93%, variando de 0.21 a 3.30%. El 33% de las muestras de soja de primera y el 41% de las de segunda estuvieron por debajo de los valores de referencia de 1.76%. La **Figura 2B** muestra la relación entre el contenido de K en hoja y el K intercambiable, en la cual se observa que con niveles relativamente bajos de K en el suelo se produjeron valores en planta altos, e inversamente, es decir, con valores altos en suelo se observan valores en hoja considerados bajos. Estos resultados se asociarían, entre otras causas, a problemas de absorción de K por las plantas, inducidos en sistemas de producción bajo siembra directa y relacionados a la humedad en los primeros centímetros del suelo (Bordoli, 2001).

Las concentraciones de N en hoja con pecíolo para el total de muestras variaron entre 2.8% y 6.2% **(Tabla 1)**, y fueron similares entre ambos tipos de cultivos (primera y segunda). El 13% de las muestras de soja de primera y el 10% de las de segunda presentaron concentraciones inferiores al valor crítico de 3.5%. La variación en la concentración de N observada podría explicarse por diferencias genéticas y en prácticas de manejo del nutriente, relacionadas al pH del suelo y P disponible,

Tabla 3. Análisis de suelos en sitios con soja (n = 178) para las zafras 2009/10 y 2010/11, según zona y cultivo.

Propiedades	Zona														
	-------- Centro --------			--------- Este ---------			------ Noreste ------			------- Noreste -------			------- Suroeste -------		
	Soja de primera														
	Media	Mín	Máx	Media	Mín	Máx	Media	Mín	Máx	Media	Mín	Máx	Media	Mín	Máx
P Bray - I	11	6	24	7	3	18	8	2	18	15	4	34	18	4	84
MO	3.7	2.5	4.8	2.9	1.1	6	4.6	3.5	5.2	4.4	2.6	5.7	3.8	1.7	6.2
pH(H_2O)	5.6	2.3	7.6	5.2	4.4	6.3	5.4	5.2	5.8	5.8	5.1	7.6	5.6	4.6	7.3
Ac. Int.	0.14	0.08	0.2	0.36	0.18	0.65	0.35	0.24	0.54	0.06	0.04	0.1	0.15	0.08	0.23
K	0.39	0.09	0.70	0.27	0.08	0.49	0.65	0.24	1.20	0.55	0.26	1.01	0.63	0.13	1.55
Na	0.4	0.2	0.5	0.6	0.3	1.4	0.4	0.3	0.6	0.4	0.3	0.8	0.5	0.3	1
Ca	17.2	2.4	39.2	6.3	2.4	16	12.4	4.9	22.6	19.8	4.2	46.4	16.7	2.4	45.5
Mg	2	0.7	3.3	2.1	0.7	5	3.2	1.6	6.2	1.9	0.6	2.9	2.3	0.6	5.2
	Soja de segunda														
P Bray - I	10	5	19	5	3	9	10	3	19	14	5	36	16	5	31
MO	3.6	2.3	5.2	2.5	1.1	3.9	4.4	2.9	6.2	4.6	1.8	5.6	3.5	1.6	5.9
pH(H_2O)	5.4	4.8	5.8	5.4	5.2	6.3	5.1	4.7	5.6	6	4.9	7.6	5.9	4.5	7.5
Ac. Int.	0.49	0.05	1.07	0.37	0.21	0.53	0.33	0.13	0.58	0.06	0.06	0.06	0.22	0.1	0.34
K	0.27	0.14	0.45	0.29	0.16	0.49	0.53	0.25	1.13	0.68	0.10	1.23	0.70	0.12	2.50
Na	0.4	0.3	0.6	0.7	0.4	1.4	0.4	0.3	0.5	0.3	0.3	0.6	0.5	0.3	0.8
Ca	10.5	3.3	22.1	6.7	3	16	9.1	2.3	17.9	19.5	2.4	45.6	18.5	2.5	44
Mg	2.5	1.0	4.4	2.6	1.2	5.0	3.3	0.7	9.8	1.5	0.8	2.0	2.2	0.6	5.2

P Bray-I: mg kg^{-1}; MO: %; K, Ca, Mg, Na, y acidez: meq 100 g^{-1}. Acidez intercambiable solo en suelos con pH (H_2O) < 5.3.

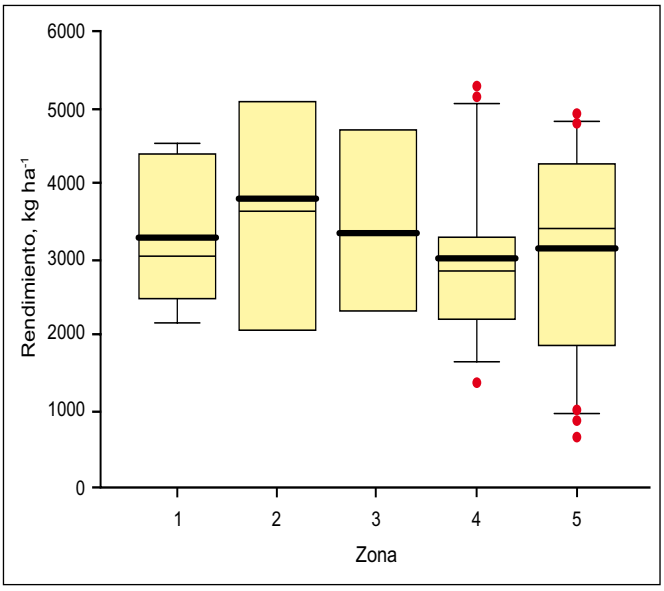


Figura 6. Media (línea gruesa), mediana (línea delgada), y percentiles (10, 25, 75 y 90; círculos rojos) para el rendimiento de soja de primera, zafras 2009/10 y 2010/11 y diferentes zonas: 1, Centro; 2, Este; 3, Noreste; 4, Noroeste; 5, Suroeste.

los cuales pueden limitar la fijación simbiótica del N, y, por lo tanto, disminuir la concentración de N en planta.

La baja correlación entre la concentración de N en hoja y las propiedades químicas del suelo analizadas (con valores de r de 0.20 a 0.40) evidencian la complejidad de este proceso. Sin embargo, hubo una clara relación entre las concentraciones de N y P en hoja **(Figura 5F)**.

Diferenciando por rendimiento, los cultivos con mayor rendimiento presentaron los mayores promedios de N, P, K y Zn en hojas, mientras registraron menores concentraciones de S, Mg y Mn, siendo similares las de Ca, Cu y Fe **(Figura 3 y 4)**.

Los rendimientos más altos se observaron en los suelos que presentaron los valores mayores de pH, MO, P extractable y bases intercambiables, especialmente K **(Figura 5)**. Sin embargo, las correlaciones entre estas variables y el rendimiento fueron pobres, indicando que otros factores, además de la nutrición, afectaron el rendimiento. Se destaca que durante la zafra de 2010

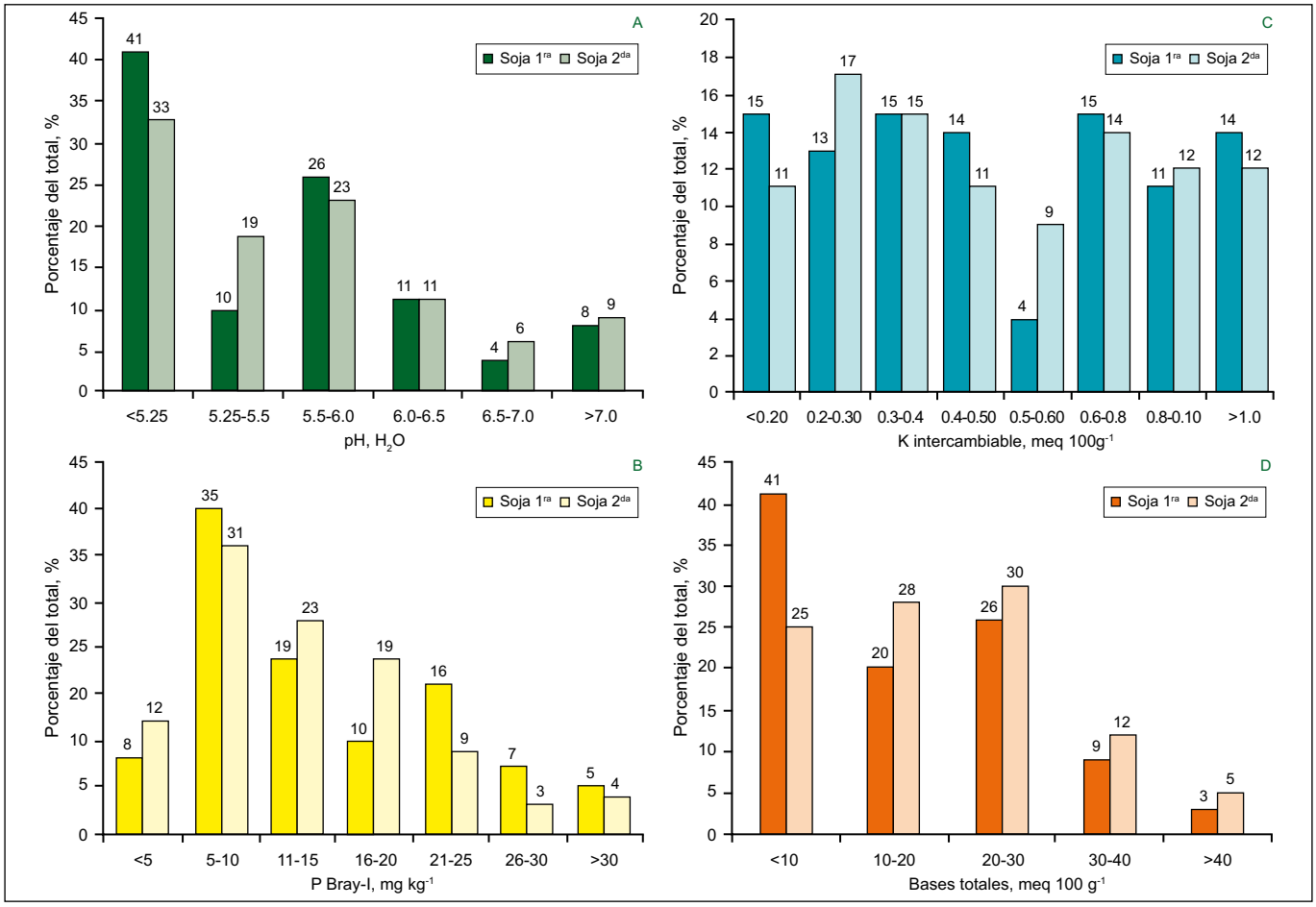


Figura 7. Distribución de frecuencias de pH del suelo (A), P extractable Bray-I (B), K intercambiable (C) y bases totales (D) de muestras de suelos a la profundidad 0-15 cm.

Tabla 4. Concentración de Hierro (Fe) y Zinc (Zn) en hoja y pecíolo según el pH (H_2O) del suelo.

pH	Fe Media	Fe Rango	Zn Media	Zn Rango
	mg kg^{-1}			
< 5.3	80	43 - 307	83	29 - 278
5.3 - 7.3	76	45 - 170	29	8 - 53
> 7.3	64	49 - 83	23	12 - 29

hubo un déficit hídrico importante durante los meses de crecimiento del cultivo.

La discriminación de rendimientos por zonas indicó una gran variación dentro de zonas pero con promedios similares **(Figura 6)**.

Propiedades químicas de los suelos

El contenido de MO del suelo varió desde 1.1 hasta 6.2% **(Tabla 2)**, siendo los de las zonas agrícolas del Noreste y Noroeste los que presentaron los valores más altos **(Tabla 3)**, y los suelos de texturas más livianas, ubicados en la Zona Este los valores más bajos, coincidiendo con las contenidos reportados por Durán (1991) para suelos de Uruguay en su estado natural.

El pH del suelo para el total de las muestras analizadas varió de 4.4 a 7.6, estando el 34% por debajo de 5.3 **(Figura 7A)**. En esos suelos con pH menores a 5.3, la acidez intercambiable promedio fue de 0.28 meq 100 g^{-1}, con un rango de 0.04 a 1.16 meq 100 g^{-1}, lo cual implica la existencia de aluminio (Al^{3+}) intercambiable. La mayoría de los sitios con pH inferior a 5.3 correspondió a suelos de textura más liviana en el Este, Centro y Suroeste del país, coincidiendo con los valores encontrados para estos suelos en su estado natural (Durán, 1991). No obstante, es posible que las procesos y prácticas de manejo de nutrientes tales como la mineralización de la MO y de los restos de cultivos, las aplicaciones frecuentes de fuentes amoniacales o la extracción continua de cationes por los cultivos podrían haber disminuido el pH del suelo. De acuerdo con esto, Morón y Quincke (2010) informaron que el pH de suelos bajo agricultura de la Zona Suroeste fue un 50% y un 31% inferior a los mismos suelos sin historia agrícola, a la profundidad de 0-7.5 y 7.5-15 cm, respectivamente.

Por otro lado, los suelos con pH mayor a 7.3 se situaron en las Zonas Noroeste y Suroeste, que corresponden a suelos desarrollados a partir de materiales cuaternarios con carbonatos de Ca (Durán, 1991) **(Tabla 3)**. A estos altos valores de pH en el suelo se asocian los síntomas de la deficiencia de Fe y Zn que se observan

frecuentemente en hojas jóvenes de las plantas, debido a la menor absorción de estos nutrientes al aumentar el pH del suelo. La **Tabla 4** muestra la relación negativa encontrada en este estudio entre la concentración de Fe y Zn en hojas de soja y el pH del suelo.

El valor promedio de P Bray-I de las muestras fue de 14 ppm, con un rango entre 2 y 84 ppm. Para el total de muestras de suelo, el 54% de las muestras presentó valores inferiores al rango crítico de 10 a 12 ppm sugerido por Oudri et al. (1976) y Morón (2005) para el cultivo de soja en Uruguay **(Figura 7B)**. En general, los suelos del país presentan un bajo contenido de P en su condición natural. Si bien los valores bajos se observaron en todas las zonas y en los dos tipos de cultivos de soja (primera y segunda), fueron más frecuentes en las nuevas zonas agrícolas (Centro, Este y Noreste), que son las que presentan una menor historia de fertilización fosfatada. Este resultado sugiere que hay necesidad de realizar un mejor manejo de la fertilización con P.

El promedio de K intercambiable en los suelos analizados varió entre 0.08 y 2.50 meq 100 g^{-1} **(Tabla 2)**, confirmando la gran variabilidad en la capacidad de aporte de los suelos de Uruguay encontrada por Hernández et al. (1988) para suelos sin historia de fertilización potásica. El 23% de las muestras presentaron valores por debajo de 0.30 meq 100 g^{-1}, considerando el nivel tentativo sugerido por Barbazán et al. (2011) **(Figura 7C)**, siendo en su mayoría suelos de textura liviana, ubicados en las Zonas Centro, Este y en algunos suelos de la Zona Suroeste **(Tabla 3)**. Las bases totales fueron menores de 10 meq 100 g-1 en el 41% y 25% de los sitios con soja de primera y de segunda, respectivamente **(Figura 7D)**.

Consideraciones finales

Los resultados muestran que la productividad de soja del país podría estar parcialmente afectada por deficiencias de nutrientes, lo que sugiere que debe considerarse la corrección de pH, P y/o K dentro del programa de manejo de nutrientes del sistema de producción de cultivos.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado con fondos del FPTA 257. Agradecemos a todos los técnicos y productores que nos permitieron realizar los muestreos y suministraron la información solicitada.

Bibliografía

Barbazán, M.M., C. Bautes, L. Beux, J.M. Bordoli, J. Cano, O. Ernst, A. García, F.O. García, y A. Quincke. 2011. Fertilización potásica en cultivos de secano sin laboreo en Uruguay: rendimiento según análisis de suelos. Agrociencia Uruguay Vol. 15(2):93-99.

Bordoli, J.M. 2001. Dinámica de nutrientes y fertilización en siembra directa. pp. 289-297. In Siembra Directa en el Cono Sur. Coordinador Roberto Díaz Rossello. Serie Documentos, PROCISUR, Montevideo, Uruguay.

Bray, R.H., y L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci.59:39-45.

DIEA – MGAP. 2010. Anuario estadístico agropecuario 2010. http://www.mgap.gub.uy/DIEA – MGAP. 2012. Anuario estadístico agropecuario 2012. http://www.mgap.gub.uy/

Durán, A. 1991. Los suelos del Uruguay. Editorial Hemisferio Sur. 398 p.

Hernández, J., O. Casanova, y J.P. Zamalvide. 1988. Capacidad de suministro de potasio en suelos del Uruguay. Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay. Boletín de Investigación No. 19. Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay. 20 p.

Isaac, R.A., y J.D. Kerber. 1971. Atomic absorption and flame photometry: techniques and uses in soil, plant and water analysis. *In* Instrumental Methods for Analysis of Soil and Plant Tissues: 17-37. Soil. Sci. Soc. Amer. Madison, Wisconsin, USA.

Morón, A. 2005. Informe de resultados de la red de ensayos de fertilización de soja. Jornada Técnica de Cultivos de Verano. Serie Actividades de Difusión No. 417. INIA. Uruguay.

Morón, A., y A. Quincke. 2010. Avances de resultados en el estudio de la calidad de los suelos en agricultura en el Departamento de Soriano. Serie Actividades de Difusión No. 605:5-8.

Murphy, J., y J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta 27:31-36.

Oudri, N., J.L. Castro, R. Doti, y A. Sedondi de Carbonell. 1976. Guía para fertilización de cultivos. Ministerio de Agricultra y Pesca, Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger". Dirección de Suelos y Fertilizantes.

Robinson, D. J., y J.B. Reuter. 1997. Plant analysis: an interpretation manual. CSIRO Publishing. Second edition. 450 p.

Respuesta a la re-fertilización nitrogenada en maíz en el Sudeste de Córdoba

S.J. Muñoz[1] y J.L. Zorzin[2]

Introducción

La fase climática ENSO (El Niño/Niña Southern Oscillation) produce una modificación en el patrón de lluvias en la región pampeana argentina (Penalba et al., 2005). Durante los años Niña, es mayor la probabilidad de obtener menores registros de lluvias durante el trimestre Octubre-Diciembre respecto a la mediana histórica, mientras que los años Niño dicha tendencia se revierte teniendo un efecto contrario (Penalba, 2007).

La fecha de siembra temprana de maíz en el sudeste de Córdoba oscila entre el 15 de Septiembre y el 15 de Octubre. La predominancia de aporte de nitrógeno (N) por fertilización a dicho cultivo generalmente se realiza a la siembra y en menor medida en V4-V6.

Una de las metodologías de diagnóstico y recomendación de fertilización nitrogenada más difundidas en la región para el cultivo de maíz, se basa en un balance simplificado donde la cantidad de N a aplicar como fertilizante (Nf) proviene de la diferencia entre la cantidad necesaria de N disponible a la siembra para lograr un rendimiento objetivo (nivel crítico, NC) y la disponibilidad del nutriente determinada en presiembra de 0 a 60 cm de profundidad del suelo (Ns). Otra aproximación similar, se basa en la diferencia respecto de un umbral crítico (UC) de N que indica la zona de quiebre a partir del cual el cultivo no responde más al agregado del nutriente (Salvagiotti et al., 2003).

La absorción de N del maíz es mínima durante la emergencia, crece lentamente hasta V4-V6, y a partir de allí se registran las mayores tasas de acumulación de N hasta 10-15 días post-floración (Andrade et al., 1996). Así, durante el periodo que va desde la siembra hasta V4-V6 del maíz existe la posibilidad de que, según la frecuencia e intensidad de las precipitaciones, exista lavado de N en formas de nitratos, hacia capas más profundas quedando no disponible en el futuro para el cultivo.

El objetivo de este trabajo consistió en evaluar la respuesta a la re-fertilización con N en maíz habiendo colocado todo el N a la siembra según la metodología de umbral crítico en distintos tipos de suelo predominantes del sudeste de Córdoba.

Materiales y métodos

Durante la campaña 2012/13, se llevaron a cabo 4 ensayos de re-fertilización nitrogenada en lotes de producción ubicados en el Sudeste de Córdoba. A partir de los ensayos se obtuvieron 24 situaciones de fertilidad nitrogenada que surgieron de la combinación de 4 sitios x 2 repeticiones x 3 niveles de N a la siembra (suelo+fertilizante) más la dosis de re-fertilización.

Los 4 sitios evaluados se ubican dentro de las proximidades de las localidades de Marcos Juárez, Noetinger y Etruria -2- **(Figura 1)**.

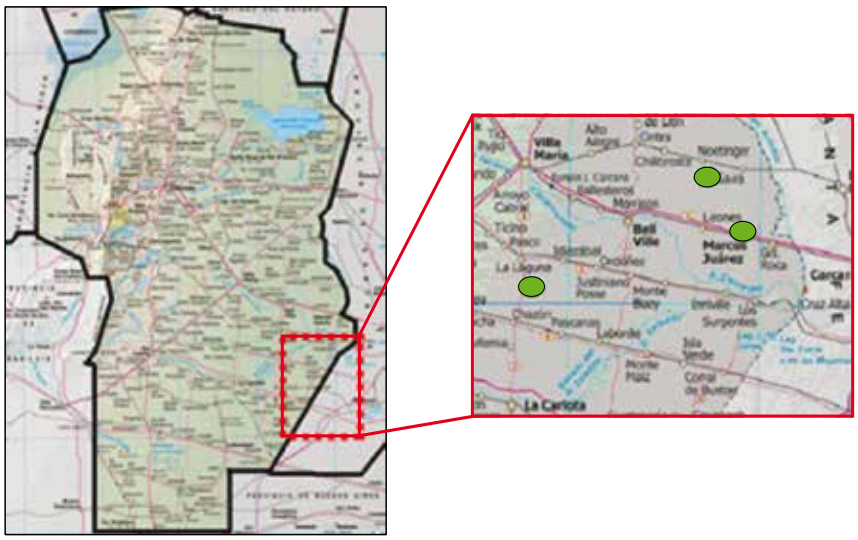


Figura 1. Mapa de la provincia de Córdoba. Ubicación geográfica de las localidades del Sudeste de Córdoba en las que se desarrollaron los experimentos.

Todos los lotes de producción evaluados presentan más de 10 años en siembra directa, una rotación agrícola estabilizada en trigo/soja de 2da – maíz de 1^{era} – soja de 1^{era}, y el antecesor común para todos los sitios evaluados fue soja de primera.

Los híbridos utilizados en los ensayos pertenecen a genotipos de buen comportamiento en la zona **(Tabla 1).** Los 4 lotes fueron implantados dentro de la segunda quincena de Septiembre y la fertilización nitrogenada dependió del potencial productivo del ambiente, siendo de 155 – Ns en la zona de Etruria, de 180 – Ns en la zona de Noetinger y 200 – Ns en la zona de Marcos Juárez.

[1] Estudio YGEO s.r.l. Correo electrónico: sebajm1980@gmail.com
[2] Estudio MAS Hectáreas. Correo electrónico: jluiszorzin@hotmail.com

Tabla 1. Características y análisis de suelo de cada uno de los sitios evaluados junto con la localidad, híbrido, fecha de siembra, el tipo y la clase de uso del lote de producción.

Localidad	Etruria		Noetinger	Marcos Juárez
Establecimiento	Sta. Magdalena		Sta. Poringa	El Recreo
Lote	SM 1	SM 2	SP 10	ER 15
Tipo de suelo	Haplustol éntico	Haplustol éntico	Argiudol típico	Argiudol típico
Clase de uso	IIIc	IIIc	Iic	I
Influencia de la Napa (Prof. < 2.5 m)	no	no	no	si
Híbrido	Ax 886 MG	Ax 887 MG	DK 692 MGRR2	DK 747 VTPro
Fecha de siembra	27 de Septiembre	27 de Septiembre	15 de Septiembre	25 de Septiembre
MO, %	2.6	2.4	2.7	2.6
Ns, kg ha^{-1} (0-60 cm)	58	49	40	55
Nf, kg ha^{-1}	103	103	142	142
Ns + Nf, kg N ha^{-1}	161	152	182	197

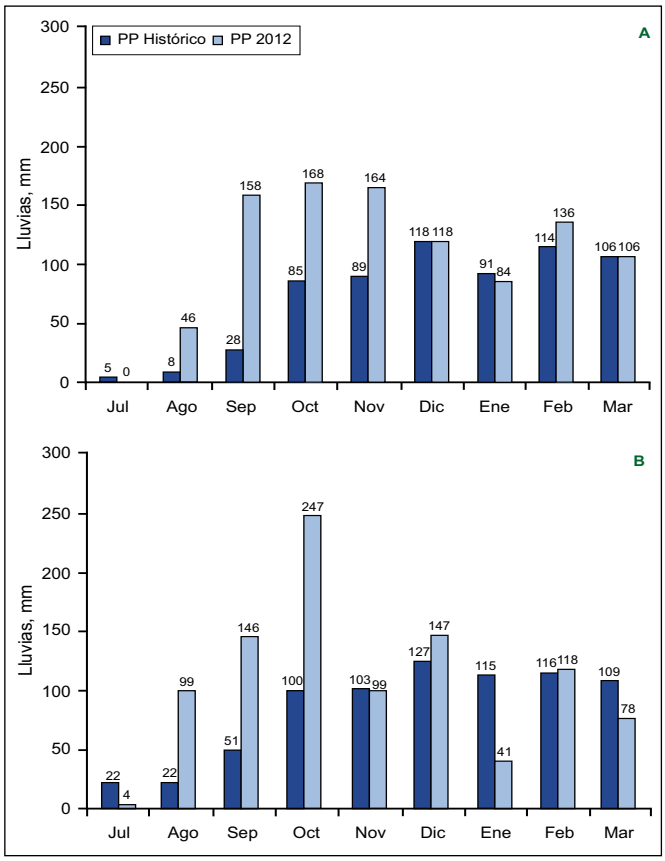


Figura 2. Niveles de precipitaciones mensuales de Etruria (A) y Noetinger-Marcos Juárez (B), comparando los registros de la campaña 2012/13 versus la media histórica de cada sitio.

El diseño utilizado fue en bloques completos al azar (DBCA) en parcelas en franjas de 25 a 28 m de ancho por 500 a 1000 m de largo, con 2 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos de re-fertilización evaluados fueron 0, 40 y 80 kg N ha^{-1} en Etruria, y 0, 28 y 56 kg N ha^{-1} en Marcos Juárez y Noetinger. La fuente de N utilizada para realizar las franjas de re-fertilización fue UAN (32-0-0) chorreado con caños de bajada entre V4 y V6.

Se realizaron análisis de N de nitratos (N-NO_3^-) a la siembra a dos profundidades (0-20 y 20-60 cm) y de materia orgánica (MO, %) a 0-20 cm de profundidad para estimar el abastecimiento de N edáfico en cada uno de los ensayos. En la **Tabla 1**, se presentan los resultados de análisis de suelo y manejo general del cultivo.

La fertilización fosfatada fue la utilizada normalmente por el productor, y fue realizada a la siembra incorporada junto con la semilla. En todos los casos se aseguró que el P no sea limitante. Se realizó un adecuado control de malezas y se efectuaron aplicaciones preventivas de fungicidas entre V14 y V18.

La cosecha se realizó en todos los ensayos en forma mecánica. Se determinó el rendimiento por tratamiento expresado en kg ha^{-1} y se lo corrigió a 14.5% de humedad.

Para el análisis estadístico de los datos se realizó un análisis de la variancia utilizando software INFOSTAT (Di Renzo et al., 2010). Cuando las diferencias entre tratamientos fueron significativas se empleó el test de diferencia de Duncan, con un nivel de probabilidad de 0.05 (Di Renzo et al., 2010). Para poder llevar a cabo una correcta interpretación de los datos y poder determinar si existió lavado de N entre la siembra y V4-V6 se registraron las precipitaciones y se hicieron análisis de suelo hasta 1 m de profundidad de los niveles de N-NO_3^-.

Resultados y discusión

La campaña 2012/13 se caracterizó por presentar una fase ENSO correspondiente a la clasificación Niño débil (SMN, 2012). La prevalencia de dicha fase durante

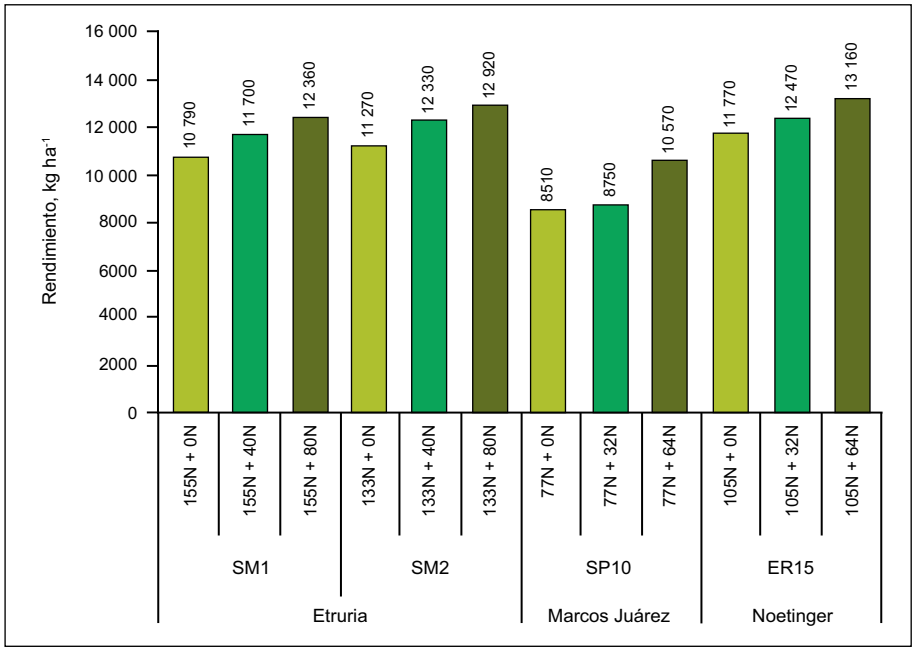


Figura 3. Rendimientos según nivel de N disponible kg N ha^{-1} a 0-100 cm de profundidad en V4-V6 y dosis de re-fertilización con N por ensayo durante la campaña 2012/13.

la primavera del 2012 hizo que durante los meses de siembra y estadíos vegetativos tempranos del maíz sembrado en la segunda quincena de Septiembre, las precipitaciones sean muy superiores a las medias históricas. En Etruria se registraron 490 mm acumulados desde Septiembre a Noviembre, siendo la media histórica para ese periodo trimestral de 201 mm **(Figura 2)**. En Noetinger y Marcos Juárez, se registraron 492 mm acumulados desde Septiembre hasta Noviembre siendo la media histórica de 254 mm **(Figura 2)**.

Durante el estadio vegetativo temprano del maíz (V4-V6) se realizaron muestreos de N-NO_3^- en suelo a 3 profundidades: 0-20, 20-60 y 60-100 cm. En los 4 sitios se observó que a la profundidad de 0-60 cm, los niveles de Ns+Nf en V4-V6 fueron menores a los niveles a la siembra. Los niveles iniciales eran de 161, 152, 182 y 197 kg N ha^{-1}, respectivamente, para los lotes SM 1, SM 2, SP 10 y ER 15 **(Tabla 1)**, mientras que en V4-V6, los resultados de análisis de suelo arrojaron que los nuevos niveles fueron de 87, 75, 59 y 42 kg N ha^{-1}, para los mismos lotes, respectivamente **(Tabla 2)**.

Las diferencias entre los dos momentos de muestreo fueron de 74, 77, 123 y 155 kg N ha^{-1} en los lotes SM1, SM2, SP10 y ER15, respectivamente. Si bien parte del N disponible a la siembra puede haber sido absorbido por el cultivo, las diferencias superan ampliamente las acumulaciones normales de N en maíz al estado V4-V6. Por otra parte, cuando se analizó el tercer estrato (60 a 100 cm), se observó que en el lote SM1 se encontraba el 92% (68/74 kg N ha^{-1}) que ya no se registraba del estrato 0-60 cm, mientras que en el lote SM2 se encontraba el 76% (58/77 kg N ha^{-1}) del mismo y en los lotes SP 10 y ER 15 se encontraba el 37% (46/123 kg N ha^{-1}) y el 22% (35/155 kg N ha^{-1}), respectivamente. Por lo tanto, una proporción importante de las diferencias en N disponible pueden atribuirse a pérdidas por lavado de nitratos en profundidad y/o desnitrificación.

Respecto a los resultados productivos de las franjas de re-fertilización en V4-V6 con UAN, las respuestas oscilaron entre 700 y 2160 kg ha^{-1} en la red de ensayos **(Figura 3)**. La mínima respuesta se obtuvo con el agregado de 32 kg N ha^{-1} en el sitio de Noetinger mientras que la máxima respuesta se obtuvo en Marcos Juárez con el agregado de 64 kg N ha^{-1} en V4-V6. En Etruria, las respuestas al agregado de 40 kg N ha^{-1} oscilaron entre 910 y 1060 kg ha^{-1}, mientras que las respuestas al agregado de 80 kg N ha^{-1} oscilaron entre 1570 y 1650 kg ha^{-1}. Por otra parte, la menor disponibilidad de N hasta el metro de profundidad en Marcos Juárez hizo que las respuestas al agregado de 32 y 64 kg N ha^{-1} sean mayores (1240 y 2060 kg ha^{-1}, respectivamente) a las que se obtuvieron en Noetinger (700 y 1390 kg ha^{-1}).

Considerando en conjunto los 4 sitios evaluados, en el sudeste de Córdoba durante la campaña 2012/13, las respuestas de maíz al agregado de entre 32 y 40 kg N ha^{-1} y 64 y 80 kg N ha^{-1} en V4-V6 fueron de 980 y 1670 kg ha^{-1}, respectivamente.

La decisión de re-fertilización en maíz debe tener un sustento económico para chequear que la respuesta del cultivo sea superior al costo del tratamiento con N. Por lo tanto, considerando un precio bruto de maíz de 195 U$S t^{-1} (MATBA, Noviembre 2012), un porcentaje de gastos de comercialización del 25% para el sudeste de Córdoba (incluye flete largo, paritarias, secada y comisión), un costo de UAN de 495 U$S t^{-1} (1.55 U$S kg^{-1} N) y un costo de 10 U$S ha^{-1} de aplicación, para la campaña 2012/13 todos los tratamientos fueron rentables económicamente **(Tabla 3)**.

La mínima ganancia fue de 43 U$S ha^{-1} con la aplicación de 32 kg N ha^{-1} en Noetinger mientras que la máxima ganancia fue de 192 U$S ha^{-1} con la aplicación de 64 kg N ha^{-1} en Marcos Juárez. Considerando en conjunto los 4 sitios evaluados, en el sudeste de Córdoba durante la campaña 2012/13, las respuestas en maíz al agregado entre 32 y 40 kg N ha^{-1} y 64 y 80 kg N ha^{-1} en V4-V6 fueron de 78 y 123 U$S ha^{-1} de ganancia, respectivamente.

Tabla 2. Resultado de análisis de suelo considerando los kg N ha^{-1} en 3 estratos (0-20, 20-60 y 60-100 cm) de suelo muestreados entre V4 y V6 del maíz.

Localidad	Etruria		Noetinger	Marcos Juárez
Establecimiento	---------- Sta. Magdalena ----------		Sta. Poringa	El Recreo
Lote	SM 1	SM 2	SP 10	ER 15
Fecha de re-muestreo	25 de Octubre	25 de Octubre	8 de Noviembre	8 de Noviembre
Estadío	---------- V4 - V6 ----------			
Profundidad, cm	---------- N-NO_3^-, kg ha^{-1} ----------			
0 - 20	21	24	14	18
20 - 60	66	51	45	24
60 - 100	68	58	46	35
0 - 60	87	75	59	42
0 - 100	155	133	105	77

Tabla 3. Respuesta física al agregado de N, costo, ingreso y resultado económico según sitio y nivel de re-fertilización durante la campaña 2012/13.

Sitio	Lote	Tratamiento	Respuesta	Ingreso	Costo	Resultado
			kg ha^{-1}	---------- U$S ha^{-1} ----------		
Etruria	SM1	40N	910	133	72	61
		80N	1560	229	134	95
	SM2	40N	1060	155	72	83
		80N	1650	241	134	107
Marcos Juárez	SP10	32N	1240	181	60	122
		64N	2060	301	109	192
Noetinger	ER15	32N	700	102	60	43
		64N	1390	203	109	94
Media	-	36N	980	143	66	78
		72N	1670	244	121	123

Conclusiones

- Durante la campaña 2012/13, la prevalencia de una fase ENSO Niño favoreció el movimiento de N hacia capas más profundas del perfil edáfico, registrándose respuestas productivas y económicas a la re-fertilización con N entre V4 y V6.
- Las respuestas productivas medias de la red de ensayos al agregado de entre 32 y 40 kg N ha^{-1} y 64 y 80 kg N ha^{-1} en V4-V6 fueron de 980 y 1670 kg ha^{-1}, respectivamente.
- Las respuestas económicas medias de la red de ensayos al agregado de entre 32 y 40 kg N ha^{-1} y 64 y 80 kg N ha^{-1} en V4-V6 fueron de 78 y 123 U$S ha^{-1} de ganancia, respectivamente.

Bibliografía

Andrade, F.H., A.G. Cirilo, S.A. Uhart, y M.E. Otegui. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. CERBAS-EEA INTA, Balcarce. FCA-UNMP. Dekalb Press. Argentina.

Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, y M.G. Balzarini. 2010. INFOSTAT versión 2010. Grupo Infostat FCA, Univ. Nacional de Córdoba, Argentina.

Penalba, O., A. Beltran, y C. Messina. 2005. "Monthly rainfall in central-eastern Argentina and ENSO: a comparative study of rainfall forescast methodologies". Bras. Agrometerorología. pp. 49-61.

Penalba, O. 2007. "Predicciones climáticas: Señales de Impacto en la Región Pampeana". Informe Curso FUNDACREA 2007/08.

Salvagiotti, F., H.M. Pedrol, J.M. Castellarín, G. Cordone, J. Capurro, F. Martínez, J.M. Méndez, J.C. Felizia, N. Trentino, y D. Damen. 2003. Modelos de respuesta a la fertilización nitrogenada en maíz. Para Mejorar la Producción - INTA Oliveros 23:83-86.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2012. Informe de servicios climáticos 07 de Septiembre del 2012.

Cultivos de cobertura: Un puente para el nitrógeno

Roberto Federico Klein*

Introducción

La intensificación de la secuencia de cultivos por la inclusión de alternativas invernales contribuye a la mejora de los actuales sistemas agrícolas para el logro de una producción sustentable, eficiente y rentable (Caviglia y Novelli., 2011). La inclusión de cultivos de cobertura (CC) protege el suelo a través de la cobertura viva y de sus residuos durante la implantación de cultivos estivales, aporta carbono (C) para mejorar su balance (Caviglia et al., 2008) y aumenta los beneficios de la siembra directa (Villamil et al., 2008). Los residuos protegen el suelo pero resulta muy importante la ocupación de raíces y cultivos vivos (Sasal et al., 2008).

Los CC permiten aumentar la materia orgánica (MO) del suelo (Álvarez et al., 2004), lo protegen de las lluvias intensas que ocurren al final del periodo de barbecho, reduciendo la erosión (Santanatoglia et al., 1989; Langdale y Williams., 1991; Bono y Álvarez., 2011), disminuyen el escurrimiento de agua con nutrientes y plaguicidas (Sasal et al., 2008), y aumentan la infiltración de agua en el suelo (McVay et al., 1989; Caviglia y Novelli., 2011). McCracken et al. (1993) encontró que la lixiviación de nitrógeno (N) era nula con CC de centeno en otoño, invierno y primavera temprana. Los CC también permiten disminuir la densidad aparente del suelo y facilitar el manejo de las malezas (Warnes et al., 1991), y aumentar el sustrato carbonado y energético para la fauna y flora del suelo, dando como consecuencia sustentabilidad al sistema (Dinnes et al., 2002). Kessavalo y Walters. (1999) encontraron que la reducción de nitrógeno (N) como nitratos ($N\text{-}NO_3^-$) en primavera es equivalente a la acumulación de N en el centeno secado.

La zona centro-norte de la provincia de Buenos Aires tiene un régimen de precipitaciones bajo en invierno y de pocos milímetros por evento de precipitación. Esto puede determinar que el agua de los barbechos desnudos se pierda por evaporación mientras que utilizando CC se podría aprovechar para producir materia seca y mejorar el balance de C del suelo (Caviglia , 2007). Diseñar una estrategia que incluya los CC implica tener en cuenta un número de factores de manejo, cuya sincronización constituye un gran desafío (Cordone, 2011).

Los residuos del CC sufren una descomposición gradual, rápida en los inicios del proceso, cuando utiliza los componentes fácilmente degradables, y decrece con el tiempo al agotarse éstos pasando a los resistentes como lignina y celulosa (Jensen et al., 2005). El N actúa como regulador de la descomposición, siendo la degradación de materiales de las leguminosas más rápida que las gramíneas (Santanatoglia et al., 1989). La descomposición del residuo dependería también del clima. La temperatura influye en el proceso siendo la velocidad de descomposición rápida en verano y lenta en invierno. En zonas áridas y semiáridas, la descomposición puede demandar más de dos años y medio mientras que en zonas húmedas puede completarse en un año (Álvarez et al., 2008).

Como CC se puede elegir trigo, cebada, avena, centeno u otro. Las razones para usar centeno son: i) no sufre las mismas enfermedades del trigo por lo cual no actúa como puente de enfermedades (Juan Annone com. pers., 2011); ii) tiene mucha tolerancia a las bajas temperaturas y crece aun con heladas fijando más C que otras gramíneas (INTA Bordenave, 2010); iii) genera alelopatía (Williams et al., 1998) facilitando el control de malezas (Warnes et al., 1991); y iv) cubre el suelo rápidamente teniendo buena cabellera de raíces que protege el suelo del efecto gota de lluvia (Sasal et al., 2008) y generan buena porosidad en el suelo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar los CC antes de la soja, sus ventajas y desventajas, y comprobar si es posible trasladar el N captado por los CC al próximo año cuando se cultiva trigo. En este escrito, se presenta la información correspondiente a tres ensayos del ciclo 2010/11 de CC y soja y el trigo subsiguiente (2011/12) y la información correspondiente al CC y soja de dos ensayos realizados en 2011/12. Los resultados del cultivo de trigo 2011/12 no se analizaron ni se presentan en este trabajo porque fue fuertemente afectado por *Fusarium*.

Materiales y métodos

Se instalaron cinco ensayos sobre lotes de maíz en las campañas 2010/2011 y 2011/2012 en el Partido de Alberti, provincia de Buenos Aires. La masa de residuo inicial de maíz que varió entre 12 y 22 t ha^{-1}. Todos los lotes se manejaban en siembra directa permanente (entre 19 y 22 años). En la **Figura 1** se presentan las precipitaciones durante el periodo experimental.

El diseño experimental fue de parcelas apareadas de Centeno CC y Testigo (sin centeno) con 4 repeticiones. La secuencia continuó con soja de primera y luego con trigo.

* **Criadero Klein S.A., CC No. 74, (6634) Pla, Alberti, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: roberto@kleinsemillas.com.ar**

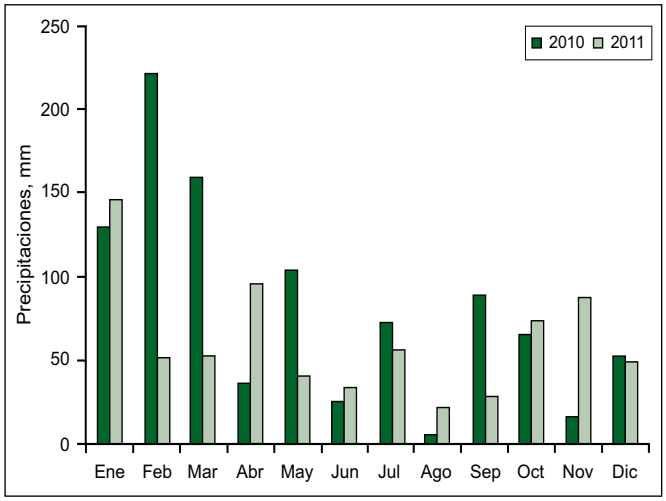


Figura 1. Precipitaciones registradas durante las campañas 2010/11 y 2011/12. Alberti, Buenos Aires. Fuente: Información de Meteorología de Criadero Klein S.A.

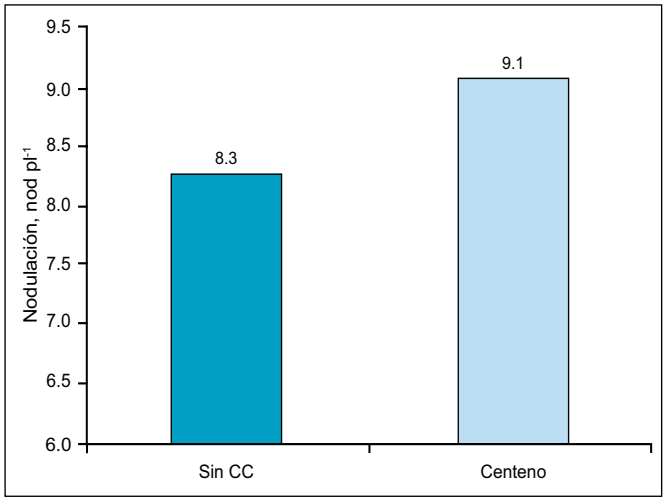


Figura 2. Cantidad de nódulos en raíz principal de la soja en parcelas testigo (Sin CC) y con centeno. Promedios de tres ensayos Soja 2010/11. Pla, Alberti, Buenos Aires.

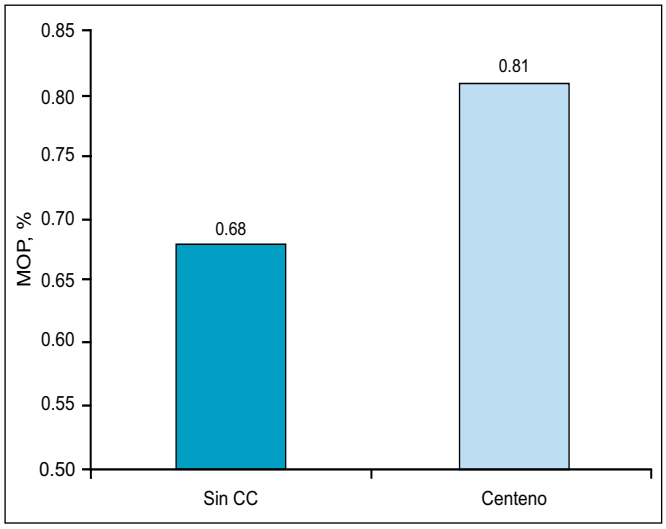


Figura 3. Materia orgánica joven o particulada (MOP) en parcelas sin CC y con CC (centeno). Promedios de 3 ensayos campaña 2010/2011. Pla, Alberti, Buenos Aires.

El centeno fue variedad Lisandro INTA, sembrado con una densidad de 200 semillas m^{-2} entre el 18 y el 21 de mayo de 2010 y del 23 al 26 de mayo en 2011. Hubo un tratamiento de centeno extra, en uno de los experimentos, donde se inoculó con Azospirillum (Nitragin Wave®). El testigo se mantuvo libre de malezas con herbicidas adecuados. La fertilización fosforada fue uniforme a todos los tratamientos, realizada al voleo con una maquina neumática cruzadas a las parcelas a fines de julio de cada año. Los lotes estaban bien provistos en fósforo (P) ya que el P Bray-I varió de 25 a 27 ppm según el experimento. De todas maneras se aplicaron entre 13 y 16 kg P ha^{-1} y de 18 a 22 kg S ha^{-1}, como superfosfato simple. No se aplicó N sobre los CC.

Siguiendo la recomendación general de no demorar la fecha de secado del CC, con fecha límite dos semanas antes de la siembra del cultivo de gruesa (Ruffo et al., 2004; Ruffo et al., 2006; Villamil et al., 2008; Germán Bollero com. pers., 2010), el CC se secó con glifosato entre el 15 y 20 de setiembre de cada año.

Luego del secado del centeno se realizaron cortes a mano (4 m^2 en cada repetición), el material se llevó a secar en estufa y se determinó la concentración de N en materia seca. Siguiendo la metodología de la bolsa de residuos (Álvarez et al., 1991), durante la campaña 2010/11 se prepararon 450 bolsitas de material de media sombra con 11 g de residuo seco de la estufa. Las bolsitas eran de 20 x 20 cm, cosidas, con poros de 2 a 4 mm para no restringir el equilibrio de agua entre suelo y rastrojo y la acción de mesofauna (Álvarez et al., 1991). Se apartó el rastrojo, depositando las bolsitas en el suelo y fijándolas con un alambre. Cada mes se sacaron 2 bolsitas en cada una de las 4 repeticiones de cada tratamiento, generando una muestra de 8 bolsitas por tratamiento de cada ensayo, en la cual se determinó la concentración de N. Cosechada la soja y con las bolsitas remanentes en el campo se sembró el trigo y se prosiguió con el método de extracción de bolsitas.

En 2010 y 2011 se realizaron determinaciones de suelo y cultivo en distintos momentos **(Tabla 1)**. Toda la semilla de soja fue inoculada y curada con fungicida. En R3 se midió la altura y la intensidad del color con Minolta SPAD en el último trifolio expandido. Se realizó un muestreo para evaluar la efectividad de la inoculación, la metodología consistió en arrancar plantas de 2 metros lineales y contar los nódulos de la raíz principal; se omitió contar los pertenecientes a las raíces secundarias. En la cosecha, el rendimiento se determinó con monitor de rendimientos, y también se pesó cada franja con carro balanza.

Para la siembra de trigo 2011/12, subsiguiente al cultivo de soja, se utilizaron los ciclos cortos Klein Tauro en el experimento 1 y Klein Nutria en los experimentos 2 y 3, todos sembrados entre el 6 y 14 de Julio de 2011. Se cosechó con monitores de rendimiento pero para mayor precisión se pesó con carro balanza, se ajustó al 14% de humedad y se extrajeron muestras para analizar proteínas.

Tabla 1. Determinaciones de suelo y de cultivo reportadas en este trabajo y momentos de muestreo. Ensayos de CC. 2010/11 y 2011/12. Pla, Alberti, Buenos Aires.

Medición	Detalle	-------- 2010 --------			---------- 2011 ----------					--- 2012 ---	
		May	Oct	Nov	Ene	May	Sep	Oct	Dic	May	Dic
Biomasa	Corte mecánico		x					x			
Rendimiento	Monitor					x			x	x	x
Nodulación en soja	Recuento en R1-R3				x						
Índice verde	SPAD Minolta				x						
Descomposición	Bolsitas de residuos de centeno			Mensual Nov-10 a Nov-11							
N en biomasa	Bolsitas de residuos de centeno			Mensual Nov-10 a Nov-11							
Agua en el suelo	Agua útil hasta 60 cm (3 estratos)	x	x	x		x	x	x	x		
$N\text{-}NO_3^-$ en el suelo	A 0-60 cm (3 estratos)	x	x	x		x	x	x	x		
C lábil	MO particulada	x		x		x					

Tabla 2. Producción de materia seca y absorción de N de centeno en los seis ensayos con CC realizados en las campañas 2010/11 y 2011/12. Pla, Alberti, Buenos Aires.

Campaña	Experimento	MS	-------- N --------	
		kg ha^{-1}	%	kg ha^{-1}
2010/11	1	2904	1.37	40
	2	3255	1.34	44
	3	2505	1.67	42
	3 (Con *Azospirillum*)	3428	1.50	51
2011/12	5	3124	1.60	50
	6	4625	1.72	80

Tabla 3. Descomposición de residuos de centeno, concentración (%) y contenido de N (kg ha^{-1}). Promedios de tres ensayos de la campaña 2010/11. Pla, Alberti, Buenos Aires.

Año	Fecha	MS	---------- N ----------	
		g bolsita^{-1}	%	kg ha^{-1}
2010	15-Nov	11.0	1.47	44
	05-Ene	9.8	1.24	33
	12-Feb	7.2	1.54	31
	12-Mar	5.9	1.70	27
	12-Abr	5.0	1.89	26
	12-May	5.2	1.87	26
2011	13-Jun	5.7	1.86	29
	13-Jul	6.4	1.95	34
	13-Ago	8.3	1.83	42
	13-Sep	6.5	1.76	31
	13-Oct	11.7	1.54	50
	15-Nov	6.5	1.78	32

Resultados y discusión

Producción del centeno

El centeno produjo en promedio 3381 kg MS ha^{-1} en las dos campañas evaluadas (rango de 2505 kg MS ha^{-1} a 4625 kg MS ha^{-1}), captando en su biomasa aérea 54 kg N ha^{-1} en promedio (rango 40 a 80 kg N ha^{-1}) **(Tabla 2)**. El agregado de *Azospirillum* generó un incremento de de 923 kg MS ha^{-1} y de 9 kg ha^{-1} de N absorbido.

Ruffo et al. (2006) reportan producciones con centeno de entre 2200 y 6100 kg MS ha^{-1}, con niveles usuales de 90 kg N ha^{-1} (36.6 a 170 kg N ha^{-1}) absorbidos. Estos últimos valores registrados con altas fertilizaciones de N, obteniendo relaciones de C/N de 28.2 en el testigo a 15.7 en las dosis más altas de N (170 kg ha^{-1}). Cuando más tarde seca el centeno mayor es la relación C/N (Caviglia et al., 2008). Shipey et al. (1992) y Ditsch et al. (1993), encontraron que la biomasa del centeno se incrementaba linealmente con el N aplicado al cultivo de maíz anterior.

Es importante la cobertura que deja el centeno antes de la implantación de la soja. Permite en muchos casos lograr una buena siembra por mayor humedad en los primeros 10 cm debidos a la reducción de la evaporación por el residuo del CC; reduciendo el escurrimiento y la erosión hídrica (Wischmeier y Smith, 1958; Sasal et al., 2008).

Descomposición del centeno

En la campaña 2010/11 se inició con 40 a 51 kg N ha^{-1} en el rastrojo de centeno **(Tabla 2)**, y este se fue descomponiendo, primero rápidamente durante el ciclo de soja y luego en forma lenta durante el invierno **(Tabla 3)**. El CC sufre una descomposición gradual, rápida en los inicios del proceso, cuando se descomponen los componentes fácilmente degradables. Al agotarse éstos, quedan en descomposición sustancias resistentes como lignina y celulosa (Jensen at al., 2005). El N actúa como regulador del proceso, por lo que las leguminosas

Tabla 4. Agua útil (AU) para dos momentos después del secado del centeno en 2010 y tres momentos en 2011. Promedios de tres ensayos en 2010/11 y de dos ensayos en 2011/12. Letras distintas indican diferencias significativas (p < = 0.05).

Tratamiento	2010		2011		
	26-Oct + 1 mes secado	05-Nov Siembra soja	29-Sep Secado CC	05-Nov Siembra soja	20-Dic Cierre surco soja
	AU (mm, 0-60 cm)				
Testigo	75	118	106 a	101	57
Centeno	75	119	50 b	75	41

Tabla 5. N de nitratos para dos momentos en campaña 2010/11, y tres momentos en campaña 2011/12. Promedios de 3 ensayos en 2010 y de 2 ensayos en 2011. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos en un mismo momento (p < = 0.05). Pla, Alberti, Buenos Aires.

Tratamiento	2010		2011		
	26-Oct + 1 mes secado CC	05-Nov Siembra soja	29-Sep Secado CC	05-Nov Siembra soja	20-Dic Cierre surco soja
	$N\text{-}NO_3^-$ (kg ha^{-1}, 0-60 cm)				
Testigo	77 a	85 a	104 a	115 a	140 a
Centeno	75 b	46 b	12 b	38 b	80 b

Tabla 6. Plantas logradas a emergencia, altura en R3 y unidades de SPAD Minolta en R3 de soja. Campaña 2010/11. n = 27. Pla, Alberti, Buenos Aires.

Tratamiento	Emergencia plantas m^{-1}	Altura R3 cm	SPAD R3
Sin CC	8.4	65	41.2
Centeno	7.9	66	40.1

se descomponen más rápidamente que las gramíneas (Santanatoglia et al., 1989). La descomposición total del residuo dependería también del clima, así en zonas áridas y semiáridas puede demandar más de dos años y medio mientras que en zonas húmedas puede completarse en un año (Álvarez et al., 2008).

Al momento del primer muestreo el centeno contenía como promedio 44 kg N ha^{-1} en la biomasa y, pese a la descomposición, aun había 29 kg N ha^{-1} en los residuos a la siembra del trigo (13 de Junio de 2011) **(Tabla 3)**. La temperatura influye sobre la velocidad del proceso siendo rápida en verano y lenta en invierno (Álvarez et al., 2008). El porcentaje de N aumenta en los residuos vegetales durante la descomposición por formación de biomasa microbiana sobre y dentro de los mismos que emplea el N para crecer (Andren et al., 1993; Parton et al., 1993). A partir de la emergencia del trigo, Agosto de 2011, las bolsitas comenzaron a pesar cada vez más **(Tabla 3)** por crecimiento de raíces dentro de las bolsitas, un inconveniente a solucionar para futuras experiencias.

Agua en el suelo

En 2010/11, un mes después del secado del centeno, el contenido de agua útil (AU) hasta 60 cm fue similar tanto en el testigo como en el CC **(Tabla 4)**. En 2011, tratando de entender mejor cuando se recuperaba el agua consumida por el CC se hicieron muestreos en tres momentos: i) Secado: cuando el centeno amarilleaba por el glifosato y determinamos 56 mm de AU menos que el testigo; ii) Siembra: Al sembrar la soja, con 37 mm menos de AU en el centeno y iii) Cierre de surco de soja: con 16 mm menos de AU en el centeno. Pese a que 2011/12 fue un año extremadamente seco, las parcelas con CC pudieron recargar el AU **(Tabla 4)**.

N en el suelo

En la campaña 2010/11, un mes después del secado, aparecía una diferencia significativa entre tratamientos de $N\text{-}NO_3^-$ en el suelo **(Tabla 5)**. Esto sugiere que se inmovilizó N en los residuos vegetales, como sugieren algunos autores (Ruffo et al., 2004). En 2011, al igual que para AU, se muestreo en tres momentos: i) Secado: 92 kg de N ha^{-1} menos en el centeno que en la parcela testigo; ii) Al sembrar la soja: 77 kg N ha^{-1} menos en el centeno; y iii) Al cerrar el surco de soja: 60 kg N ha^{-1} menos en el centeno que el testigo. **(Tabla 5)**. La reducción de $N\text{-}NO_3^-$ en el suelo, en secuencias con CC, ha sido destacada por contribuir a una menor lixiviación en situaciones de excesos hídricos (McCracken et al., 1993; Schroder et al., 1996).

Crecimiento de la soja

El CC no afectó la cantidad de plantas logradas, ni la altura de planta o el índice de verdor del cultivo de soja subsiguiente **(Tabla 6)**. Ruffo et al. (2004) observaron que la cobertura generada por el CC no afecta la intercepción de luz de soja en R1, R2, R6 y que la intercepción de luz es una efectiva medida para determinar el grado de crecimiento de un cultivo y su rendimiento.

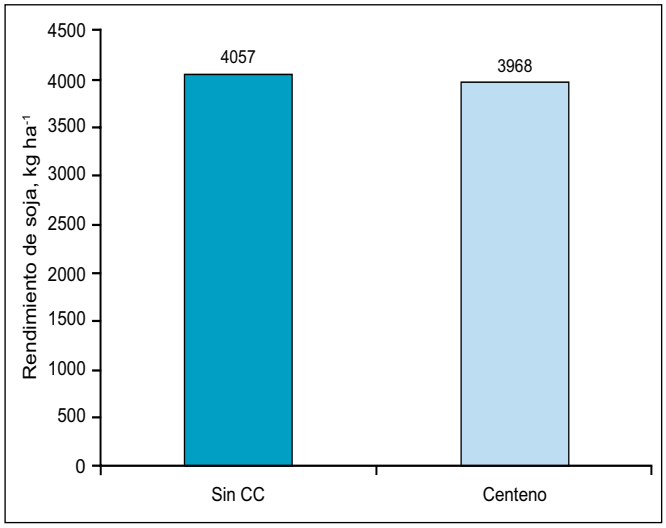


Figura 4. Rendimiento de soja en parcelas testigo (Sin CC) y con centeno como cobertura. Promedios de cinco ensayos en las campañas 2010/11 y 2011/12. Pla, Alberti, Buenos Aires.

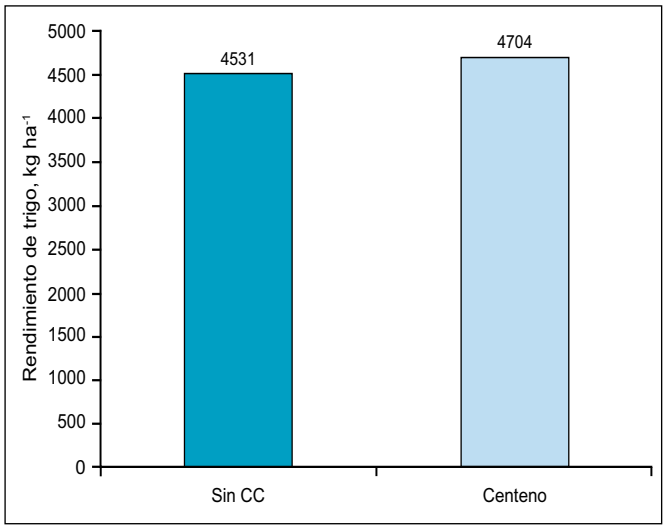


Figura 5. Rendimiento de trigo (posterior a soja) en parcelas testigo (Sin CC) y con centeno como CC previo a soja. Campaña 2011/12. Promedios de tres ensayos Pla, Alberti, Buenos Aires.

Nodulación

En la raíz principal de la soja no se detectaron diferencias significativas en la cantidad de nódulos formados pero sí tendencias a una mejor nodulación con CC (+11%) **(Figura 2)**. Esto se debería al menor contenido de N-nitratos en el suelo con CC, ya que el mismo fue captado para producir materia seca. Micucci et al. (2009) encontró un ajuste matemático entre los parámetros nodulación y rendimiento (Cade y Richards, 2007): al aumentar la cantidad de nódulos sobre la raíz principal hasta 14 nódulos por planta, los rendimientos máximos (correspondientes al 80% de máxima productividad), se incrementaron linealmente. A partir de allí, y en condiciones de mayor nodulación, las diferencias en máximos rendimientos no se vincularon con cambios en la cantidad de nódulos en la raíz principal.

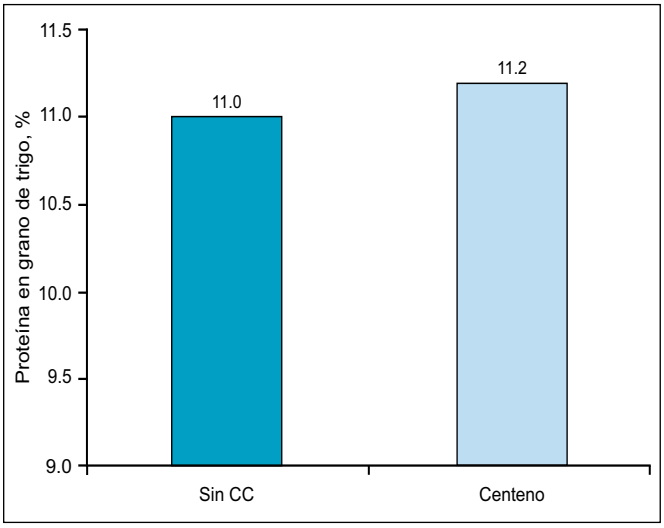


Figura 6. Porcentaje de proteína en los granos de trigo en parcelas testigo (Sin CC) y con centeno como CC previo a soja. Promedios de tres ensayos. Campaña 2011/12. Pla, Alberti, Buenos Aires.

Materia orgánica joven o particulada

Al realizar análisis de materia orgánica particulada, se encontró que esta tendía a aumentar en las parcelas con centeno, aunque sin diferencias significativas con el testigo **(Figura 3)**.

Rendimiento de soja

No se observaron diferencias significativas en el rendimiento de soja entre testigo y sobre CC en las dos campañas analizadas **(Figura 4)**. Distintos autores reportan reducciones de rendimientos en soja (Williams et al., 2000; Reddy, 2001), otros incrementos de rendimiento (Warnes et al., 1991; Williams et al., 2000), y un tercer grupo que no se producen cambios en el rendimiento (Wagner-Riddle et al., 1994; Swanton et al., 1998; Reddy, 2003) dependiendo de la biomasa del CC al momento de secado, del momento de secado, del momento de siembra de la soja y de las condiciones del clima. Ruffo et al. (2004), sugieren que lo más importante es que el centeno como CC no reduce el stand de plantas de soja, que es reportada como la causa más común de disminuciones de rendimiento (Eckert, 1988; Reddy, 2001). El efecto positivo sobre el rendimiento de soja del centeno como CC es atribuido a la mejora en el control de malezas (Warnes et al., 1991; Williams et al., 2000). Dentro del centeno no se hizo ningún tratamiento con herbicidas pero se mantuvo limpio posiblemente por alelopatía y efecto sombreado. En este tratamiento se observó crecimiento de *Coniza spp*. (rama negra) pero con menor población que en el testigo. Teasdale et al. (1991) reportaron que cada incremento porcentual en la cobertura de residuos, reduce la densidad de malezas en un 1.37%, alcanzando un máximo de 75% de reducción de la densidad.

Como bien mencionan Caviglia et al. (2008), la implementación de alternativas invernales, generadoras

de cobertura, no comprometió de manera importante las reservas de agua en el suelo ni el rendimiento del cultivo de soja, y mejoró notoriamente el aporte de materia seca al sistema.

Cosecha de trigo

El trigo sobre las parcelas que tuvieron centeno como CC, tuvo un rendimiento levemente superior al testigo, pero estadísticamente significativo **(Figura 5)**. Esto pudo deberse a que parte del N del CC se liberó durante su ciclo. En cuanto a la calidad de grano, se evaluó el porcentaje de proteína, que aumentó levemente en el tratamiento con CC pero sin significancia estadística **(Figura 6)**.

El aumento de rendimiento y proteína podría estar dándonos la indicación de que el centeno terminó de descomponerse tardíamente. Pensando que la campaña 2011/12 fue muy seca, podría suponerse que el proceso fue más lento y deberíamos esperar en un año normal que la descomposición del CC fuera más rápida.

El CC actuaría como un puente del N, transfiriéndolo del barbecho de maíz a soja, inmovilizándolo temporalmente en el sistema y disminuyendo la exposición del N mineral ($N\text{-}NO_3^-$) a ser perdido vía lixiviación y/o desnitrificación. La descomposición del residuo del CC permitirá que el N quede disponible para el cultivo siguiente, en este caso trigo.

Conclusiones

El uso de CC, que incrementa el índice de intensificación (ISI, número de cultivos por año), es una herramienta útil para preservar la fertilidad de suelos y aumentar su productividad. El CC consume agua para su crecimiento, pero secado a tiempo, genera mejores condiciones de captación y almacenaje, logrando similar lámina de agua útil a la siembra de la soja sin afectar sus rendimientos.

Además de aportar C al suelo, el CC podría funcionar como puente de N, captando N durante el barbecho previo a un cultivo de verano hasta un cultivo de invierno siguiente de la secuencia, reduciendo posibles pérdidas y mejorando el aprovechamiento del nutriente.

Agradecimientos

A German Bollero por el entusiasmo y la información que me transmitió. A Roberto Álvarez por todos sus aportes de bibliografía, figuras, comunicaciones personales y la corrección de este trabajo. A Nicolás Klein por todas las muestras que proceso y la ayuda personal. A Pablo Rubio y Federico Micucci por las discusiones y aportes realizados. A todos y cada uno de los que trabajaron en este proyecto de casi dos años de duración. A todo el personal de Criadero Klein S.A. que tomo estas ideas como propias y las ayudo a ejecutar.

Bibliografía

Álvarez, C., R. Álvarez, y A. Sarquis. 2008. Residue decomposition and fate of nitrogen-15 in a wheat crop under different previous crops and tillage systems. Soil Sci. and Plant Analysis. 39:574-586.

Álvarez, R., E. Daniel, J. Santanatoglia, G.M. Brazzola, y R. García. 1991. Descomposición de rastrojo de soja en bolsas de residuo con distinto diámetro de poro. Turrialba Vol. 41, No. 3:279-284.

Álvarez, R., H.S. Steinbach, S.M. Grigera, E. Cartier, G. Obregón, S. Torri, y R. García. 2004. The balance sheet method as a conceptual framework for nitrogen fertilization of wheat in a Pampean Agroecosystem. Agron J. 96:1050-1057.

Andren, O., K. Rajkai y T. Katterer. 1993. Water and temperature dynamics in a clay soil under winter wheat: influence on straw decomposition and nitrogen immobilization. Biol. Fert. Soils 15:1-8.

Bono A., y R. Álvarez. 2011. Nitrogen mineralization from organic soil pools in a coarse soil of the Semiarid Pampas. Archives of Agronomy and Soil Science, pp. 1-14.

Cade, B.S., y J.D. Richards. 2007. Blossom Version W2007.09.21, U.S. Geological Survey, Fort Collins, USA.

Cordone, G. 2011. Alternativas de reposición de nutrientes en secuencias basadas en soja de primera. Simposio de fertilidad 2011. pp. 108-110.

Caviglia, O.P. 2007. Intensificación de la secuencia de cultivos en Entre Ríos: balance de carbono y aprovechamiento de recursos. En Caviglia O.P., Paparotti O.F., y Sasal, M.C. (Eds.) Agricultura Sustentable en Entre Ríos. Ediciones Inta. Buenos Aires. pp. 149-158.

Caviglia O.P., N.V. Van Opstal, V.C. Gregorutti, R.J.M. Melchiori, y E. Blanzaco. 2008. El invierno: Estación clave para la intensificación sustentable de la agricultura. Agricultura sustentable Serie Extensión No. 51.

Caviglia O., y L. Novelli. 2011 Intensificación agrícola; un enfoque a nivel de sistema para mejorar la eficiencia en el uso de recursos y nutrientes, y la sustentabilidad ambiental. Simposio de fertilidad pp. 35-42.

Criadero Klein S.A. 2010. Ensayos internos con *Azospirillum*.

Criadero Klein S.A. 2012. Meteorología interna de 1921.

Dinnes, D.L., D.L. Karlen, D.B. Jaynes, T.C. Kaspar, y J.L. Hatfield. 2002. Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained Midwestern soils. Agron. J. 94:153-171.

Ditsch, D.C., M.M. Alley, and K.R. Kelley, y Y.Z. Lei. 1993. Effectiveness of winter rye for accumulating residual fertilizer N following corn. J. Soil Water Conserv. 48:125-132.

Eckert, D.J. 1988. Rye cover crops for no-tillage corn and soybean production. J. Prod Agric. 1:207-210.

INTA Bordenave. 2010. Informe técnico. Legajo centeno.

Jensen, L.S., T. Salo, T.A. Breland, T.M. Henriksen,B. Stemberg, A. Padersen, C. Lundstrom, y M. Esala. 2005. Influence of biochemical quality on C and N mineralization from a broad variety of plant materials in soil: Plant Soil 273:307-326.

Kessavalo, A., y D.T. Walters. 1999. Winter rye cover crop following soybean under conservation tillage: Residual soil nitrate. Agron. J. 91:643-649.

Langdale, G.W., y J.R. Williams. 1991. Cover crop effects on soil erosion by wind and water. Pag. 15. *In* W.I. Hargrove (ed) Cover crops for clean water. Soil and water Conserv. Soc. Ankeny. I.A.

McCracken, D.V., M.S. Smith, J.H. Grove, C.T. Mackown, y R.L. Blevins. 1993. Nitrate leaching as influenced by cover cropping and nitrogen source. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:1476-1483.

McVay, K.A., D.E. Radeliffe, y W.L. Hargrove. 1989. Winter legumes effects on soil properties and nitrogen fertilizer requirements. Soil Sci. Soc. Am. J. 53:1856-1862.

Micucci, F.G., J. Amigo, F. Ledesma, y M. Díaz-Zorita. 2009. Aportes de tratamientos biológicos de semillas de soja (*Glycine max* L. Merr.) en lotes con antecedentes del cultivo en la región del NOA.

Parton, W.J., J.M.O. Scurlock, D.S. Ojima, T.G. Gilmanov, R.J. Scholes, D.S. Schimel, T. Kirchner, J-C. Menaut, T. Seastedt, E. Garcia Moya, Apinan Kamnalrut, y J.L. Kinyamario. 1993. Observations and modeling of biomass and soil organic matter for the grassland biome worldwide. Global Biogeochem. Cycles 7:785-809.

Reddy, K.N. 2001. Effects of cereal and legume cover crop residues on weeds, yield, and net return in soybean. Weed Technol. 15:660-668.

Reddy, K.N. 2003. Impact of rye cover crop and herbicides on weeds, yield, and net return in narrow-row transgenic and conventional soybean. Weed Technol. 17:28-35.

Ruffo M.L., G.A. Bollero. 2006. Winter cover crops in Illinois: Evaluation of ecophysiological characteristics of corn. Crop Sci. 46:1536-1545.

Ruffo, M.L., D.G. Bullock, y G.A. Bollero. 2004. Soybean yield as affected by biomass and nitrogen uptake of cereal rye in winter cover crop rotations. Agron. J. 96:800-805.

Santanatoglia O.J, R. Álvarez, E. Daniel, G.M. Brazzola, y R. García. 1989. Descomposición de rastrojo de trigo, respiración y biomasa microbiana bajo labranza convencional y siembra directa. Anales de edafología y agro biología Tomo XLVIII No. 5-12.

Sasal, M.C., M.G. Wilson, y N.A. Garciarena. 2008. Escurrimiento superficial y perdidas de nutrientes y glifosato en secuencias de cultivos. Agricultura sustentable Serie Extensión No. 51.

Schroder, J.J., W. Van Dijk, W.J.M. De Groot. 1996. Effects of cover crop on the nitrogen fluxes in a maize silage production system. Neth. J. Agric. Sci. 44:293-315.

Shipey, P.R., J.J. Meisinger, y A.M. Decter. 1992. Conserving residual corn fertilizer nitrogen with winter cover crops. Agron. J. 84:869-876.

Swanton, C.J., T.J. Vyn, K. Chandler, y A. Shrestha. 1998. Weed management strategies for no-till soybean grown on clay soils. Weed technol. 12:660-669.

Teasdale, J.R., C.E. Bestle, y W.E. Potts. 1991. Response of weeds to tillage and cover crop residue. Weed Sci. 39:195-199.

Villamil, M.C., F.E. Miguez, G.A. Bollero. 2008. Multivariate analysis and visualization of soil quality data for no till systems. J. of Environmental Quality. Vol. 37:2063-2069.

Wagner, R., T.J Gillespie, C.J. Swanton. 1994. Rye cover crop management impact on soil water content, soil temperature and soybean growth. Can. J.

Warnes, D.D., J.H. Ford, C.V. Eberlin, y W.E. Lueschen. 1991. Effects of a winter rye cover crop system and available soil water on weed control and yield in soybeans. pp.149-151. *In* W.I. Hargrove (ed) Cover crops for clean water. Soil and water Conserv. Soc. Ankeny. I.A.

Williams, M.M., D.A. Mortensen, y J.W. Doran. 1998. Assessment of weed and crop fitness in cover crops residues for integrated weed management, Weed Sci. 45:595-603.

Williams, M.M., D.A. Mortensen, y J.W. Doran. 2000. No tillage soybean performance in cover crops for weed management in the western corn belt. J. Soil Water Conserv. 55:79-84.

Wischmeier, W.H. y D.W. Smith. 1958. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Trans. Am. Geo. Un. 39:285-291.

Cursos y Simposios

1. III Simposio Nacional de Agricultura de Secano

Organiza : EEMAC - FAGRO - IPNI Cono Sur
Lugar : Paysandú, Uruguay
Fecha : Octubre, 3-4, 2013
Información : cnfassana@gmail.com
: www.eemac.edu.uy

2. I Encuentro Nacional de Docentes de la Ciencia del Suelo

Organiza : FCA-UNR Zavalla
Lugar : Santa Fe, Argentina
Fecha : Octubre, 10-11, 2013
Información : endes2013.com.ar

3. IV Taller de Física de Suelos - AACS

Organiza : AACS - INTA Paraná
Lugar : Entre Ríos, Argentina
Fecha : Octubre, 17-18, 2013
Información : aacs@suelos.org.ar
: http://www.suelos.org.ar

4. Simposio Internacional de Manejo de Materia Orgánica y Uso de Compost en Horticultura

Organiza : ISHS
Lugar : Santiago, Chile
Fecha : Octubre, 21-24, 2013
Información : www.compost-for-horticulture.com

5. XXXVIII Congreso Sociedad Chilena de Producción Animal

Organiza : SOCHIPA
Lugar : Frutillar, Chile
Fecha : Octubre, 23-25, 2013
Información : www.sochipa.cl

6. IV Congreso Latinoamericano de Cebada

Organiza : INTA Bordenave
Lugar : Bahía Blanca, Argentina
Fecha : Octubre, 30 - Noviembre 1, 2013
Información : congresocebada2013@gmail.com
: http://congresocebada.wordpress.com

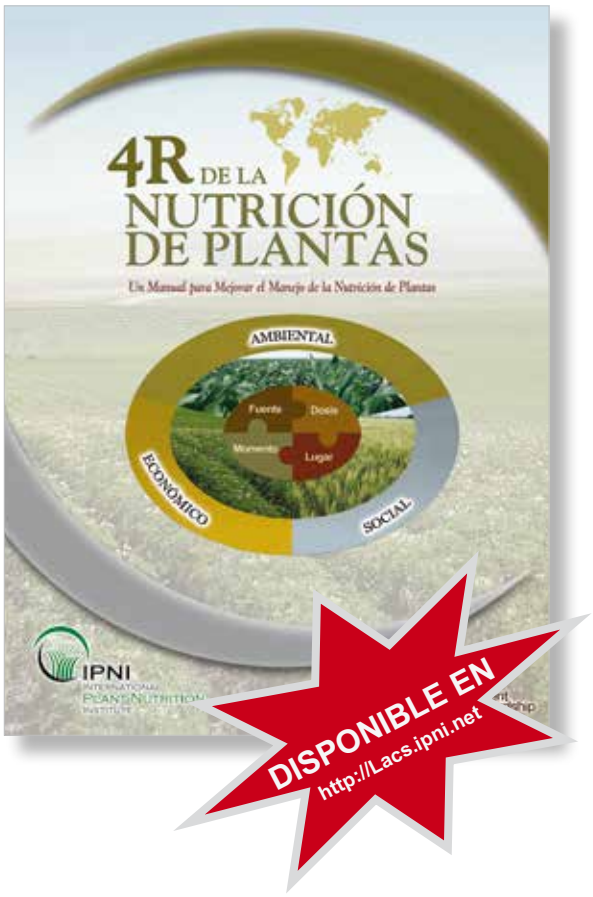
Publicaciones Disponibles

Titulo de la Publicación	Costo (U$S)	Costo ($ arg.)
NUEVO: Manual 4R de la Nutrición de Plantas. El Manual 4R brinda una idea general de la base científica que define a los cuatro requisitos de manejo de la fertilización: aplicar la fuente correcta de nutrientes, en la dosis, el momento y el lugar correctos, discutiendo la adopción de prácticas a campo y enfoques para la planificación del manejo de nutrientes.	30.00	150.00
NUEVO: Actas CD del Simposio Fertilidad 2013 "Nutrición de Cultivos para la Intensificación Productiva Sustentable". Trabajos orales y posters presentados en el Simposio organizado por el IPNI y Fetilizar AC en Rosario (Argentina) en Mayo del 2013.	20.00	100.00
Simposio Fertilidad 2011. La Nutrición de Cultivos Integrada al Sistema de Producción. Actas del Simposio organizado por IPNI y Fertilizar en Rosario en Mayo de 2011.	16.00	80.00
Manual de Manejo del Cultivo de Soja. Aborda temáticas de fenología, manejo, nutrición y fertilidad, malezas, enfermedades y plagas del cultivo.	20.00	100.00
Simposio Fertilidad 2009. Mejores prácticas de manejo para una mayor eficiencia en la nutrición de cultivos. Actas del Simposio organizado por IPNI y Fertilizar en Rosario en Mayo de 2009.	8.00	40.00
Simposio Fertilidad 2007. Bases para el manejo de la nutrición de los cultivos y los suelos. Actas del Simposio organizado por IPNI y Fertilizar en Rosario en Mayo de 2007.	4.00	20.00
Como se Desarrolla una Planta de Soja. Edición en español de la guía fenológica y de manejo publicada por Iowa State University.	8.00	40.00
Como se Desarrolla una Planta de Maíz. Edición en español de la guía fenológica y de manejo publicada por Iowa State University.	8.00	40.00
Síntomas de Deficiencias Nutricionales de Trigo, Maíz y Soja. Set de tres posters que muestran y describen los síntomas de deficiencia de nutrientes en los tres cultivos.	8.00	40.00
Simposio Fertilidad 2005. Nutrición, Producción y Ambiente. Actas del Simposio organizado por IPNI y Fertilizar en Rosario en Abril de 2005.	4.00	20.00
Simposio Fertilidad 2004. Fertilidad de Suelos para una Agricultura Sustentable. Actas del Simposio organizado por IPNI y Fertilizar en Rosario en Abril de 2004.	4.00	20.00
Simposio El Fósforo en la Agricultura Argentina. Actas del Simposio efectuado en Rosario en Mayo de 2003.	4.00	20.00
Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Publicación didáctica sobre el uso y el manejo de suelos y fertilizantes.	15.00	75.00
Balance para el éxito. Trifolios con información de manejo nutricional de cultivos. Disponibles: Alfalfa, Trigo, Maíz, Soja, Sorgo granífero, Algodón. El precio es por cada uno.	1.00	5.00

Vea el catálogo completo de publicaciones del IPNI Cono Sur en http://Lacs.ipni.net

Consulte la forma de pago de las publicaciones y la versión completa de Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica en su versión digital en: http://Lacs.ipni.net

¡Nuevo Manual!



El concepto de los 4R, los 4 Requisitos, del **"MANEJO RESPONSABLE DE NUTRIENTES"** es un enfoque nuevo e innovador para las mejores prácticas de manejo de los fertilizantes adoptado por la industria mundial de fertilizantes. Este enfoque considera dimensiones económicas, sociales y ambientales del manejo de nutrientes y es esencial para la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. El concepto es simple—aplicar la fuente correcta de nutrientes, en la dosis, el momento y el lugar correctos—pero la implementación usa el conocimiento en forma intensiva y es específica para cada sitio. El IPNI desarrolló este manual para explicar el concepto de los 4R del Manejo Responsable de Nutrientes y para dar una idea general de los principios científicos que definen los cuatro "Requisitos". Este manual no intenta educar al lector acerca de los conceptos básicos de la fertilidad del suelo y la nutrición de plantas, sino más bien ayudarlo a adaptar e integrar esos principios fundamentales hacia un método integral de manejo de nutrientes, que satisfaga el criterio de sostenibilidad.

El manual incluye capítulos sobre los principios científicos que sostienen cada uno de los 4R con las prácticas de manejo relacionadas. Se discuten, además, la adopción de prácticas de campo y enfoques para la planificación del manejo de nutrientes la medición del desempeño relacionado a la sostenibilidad. La mayoría de los capítulos incluye módulos que desarrollan estudios de casos de todo el mundo, ilustrando varias aplicaciones del concepto. Los estudios de casos que se presentan demuestran la universalidad de la aplicación del Manejo Responsable de Nutrientes a través de los 4R en sistemas de cultivos diversos, desde pequeñas empresas a grandes establecimientos y plantaciones.

Forma de pago de las publicaciones

Argentina

- ☐ Giro postal o telegráfico a través de Correo Argentino - Los datos para realizar su envío son los siguientes:
  Sra. Laura Nélida Pisauri - DNI: 17.278.707 • Av. Santa Fe 910 (B1641ABO) Acassuso, Buenos Aires, Argentina
  Agencia de correos de destino: Sucursal Acassuso, Buenos Aires, Argentina
- ☐ Depósito bancario a INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE, Banco Galicia, Sucursal Olivos, Cta. Cte. Nº 3856/4 053/5
- ☐ Transferencia bancaria a INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE, Banco Galicia, Sucursal Olivos, Cta. Cte. Nº 3856/4 053/5, CBU 0070053520000003856451 CUIT 30-70175611-4

Otros países

- ☐ Envío de dinero a través de Western Union - Los datos para realizar su envío son los siguientes:
  Sra. Laura Nélida Pisauri - DNI: 17.278.707 • Av. Santa Fe 910 (B1641ABO) Acassuso, Buenos Aires, Argentina
  Agencia de correos de destino: Sucursal Acassuso, Buenos Aires, Argentina

Solicitamos nos haga saber por teléfono, fax o correo electrónico, la opción elegida y nos envíe los datos para acreditar su pago (Nº de giro y fecha, datos de depósito o transferencia bancaria).

Para conocer los gastos de envio y cualquier otra consulta de publicaciones por favor enviar un correo electrónico a Lpisauri@ipni.net