FERTILIZAR
ASOCIACION CIVIL

Diciembre 2012 | N°24

¿CÓMO ESTAMOS?

LA NUTRICIÓN DE SUELOS Y EL BALANCE DE NUTRIENTES

POR FERNANDO O. GARCÍA Y MARÍA FERNANDA GONZÁLEZ SANJUAN

- **MICRONUTRIENTES EN LA REGIÓN PAMPEANA**
  POR HERNÁN SAINZ ROZAS

- **COLOCACIÓN DEL FÓSFORO Y HÁBITOS DE CRECIMIENTO DE LAS RAÍCES DE SOJA**
  POR: RICARDO MELGAR

HUGO FONTANETTO

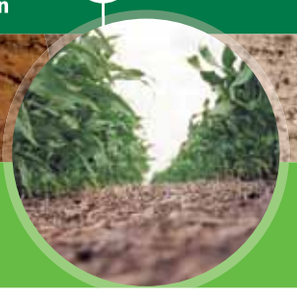
Pasión por la agronomía y los suelos

Sumario

REVISTA FERTILIZAR - N°24 - Diciembre 2012

EDITORIAL
Por María Fernanda González Sanjuan 03

La nutrición de suelos y el balance de nutrientes ¿Cómo estamos?
Por Fernando O. García y María Fernanda González Sanjuan 04



10 Colocación del fósforo y hábitos de crecimiento de las raíces de soja

La importancia de la ubicación del nutriente cuando se aplican fertilizantes liquidos.
Por Ing. agr. Ricardo Melgar 14

18 **Hugo Fontanetto:** una pasión por la agronomía y los suelos

Se pierden los rendimientos por no fertilizar la soja correctamente 22

Jornada técnica. **Micronutrientes 2012.** 25

26 Efectos del nitrógeno sobre el rendimiento y calidad del algodón en surcos estrechos
Por Mario Mondino, Oscar Peterlin y Norberto Gomez. INTA EEA Santiago del Estero

28 Micronutrientes en la región pampeana.
Hernán Sainz Rozas

NUEVA SECCIÓN

Mi primer artículo
Por Pablo Roberto Tamburrini
Director: Alejandro Galetto 32

STAFF

FERTILIZAR
Asociación Civil

Presidente
Pablo Pussetto (Profertil S. A)

Vicepresidente 1º
Fernando Bautista (MOSAIC S.A.)

Vicepresidente 2º
Jorge Bassi (Bunge Argentina S.A.)

Secretario
Eduardo Caputo (YPF)

Prosecretario
Camila López Colmano (Nidera S.A.)

Tesorero
Manuel Santiago (Bunge Argentina S.A.)

Protesorero
Marco Prenna (ACA Coop. Ltda.)

Vocales Titulares
Federico Daniele (ASP)
Florencia Schneeberger (YARA)
Pedro Faltlhauser (Bunge Argentina S.A.)
Mariano Scaricabarossi (MOSAIC S.A.)

Revisores de Cuentas
Francisco Llambías (Profertil S. A)
Guillermo Pinto (ASP)

Comité Técnico
R. Rotondaro
G. Deza Marín
M. Palese
M. Díaz Zorita
G. Pugliese
G. Moreno Sastre
D. Germinara
O. López Matorras
M. F. Missart

Gerente Ejecutiva
M. Fernanda González Sanjuan

ACA
ASP
AGRILIQUID SOLUTIONS
AMEROPA CONOSUR SRL
ARGENTINA
BUNGE
COMPO ARGENTINA
EL BATEL
EMERGER
FÉLIX MENÉNDEZ
HELM ARGENTINA
KEYTRADE AG
LATIZA
LOUIS DREYFUS
LOUIS DREYFUS COMMODITIES
MOSAIC
NIDERA
NITRON
NITRAGIN NOVOZYMES
PROFERTIL
RASA FERTIL
RIZOBACTER
STOLLER ARGENTINA
TIMAC AGRO ARGENTINA
TRANSAMMONIA
VALE ARGENTINA
YARA
YPF S.A.

Asesor de Contenidos
Ricardo Melgar

Corrección
Martín L. Sancia

Coordinación General
Paula Vázquez

Producción
Horizonte A Ediciones

EDITORIAL

Les presentamos un nuevo número de nuestra revista. En esta oportunidad, como nota principal, quisimos dedicar unas líneas en este espacio para realizarle un homenaje a un referente indiscutido y muy querido de la nutrición de cultivos, y principalmente una gran persona: Hugo Fontanetto.

Además, mediante artículos técnicos escritos por destacados especialistas, trataremos los siguientes temas: colocación del fósforo y hábitos de crecimiento de soja; efectos del nitrógeno sobre el rendimiento y calidad del algodón en surcos estrechos y micronutrientes en la región pampeana. También, compartimos un artículo sobre la actualidad del sector, realizado junto al IPNI y un nuevo trabajo en la sección "Mi Primer Artículo", sobre evaluación económica del balance de nutrientes para los principales cultivos del Sudeste de Córdoba en los años 2007-2010.

Aprovecho esta introducción para anunciar el lanzamiento del Simposio de Fertilidad 2013 que realizaremos, junto al IPNI Cono Sur, los próximos 22 y 23 de mayo en el Centro Metropolitano de Rosario, Santa Fe, bajo el lema "Nutrición de Cultivos para la Intensificación Productiva Sustentable". En el encuentro, que está dirigido a técnicos y productores y que cada dos años reúne a alrededor de 1000 personas, referentes nacionales e internacionales de la fertilización de suelos y nutrición de cultivos tratarán temas claves para el sector como micronutrientes; el impacto de esta práctica en soja; estrategias por regiones y sustentabilidad. ¡Los esperamos a todos!.

Además, anunciamos, junto a CREA el lanzamiento del libro "Mercado de Fertilizantes, La Argentina y el mundo". En la publicación se describe la evolución del mercado de fertilizantes en la Argentina y analiza todos los factores que inciden en las diferentes etapas de la cadena de valor de este insumo estratégico.

Les recuerdo nuevamente las formas de acceder a nuestra revista: si lo hace por correo postal (abonando sólo el costo del envío), usted recibirá la revista en su domicilio y si lo hace por correo electrónico (gratuito, solicitando usuario y contraseña), lo recibirá en su casilla de e-mail. En ambos casos todos los interesados, deberán escribirnos a suscripciones@fertilizar.org.ar.

Esperamos que la información que tratamos en este nuevo número, con novedades, les sea de utilidad.

Cordialmente,

Ing. Agr. Ma Fernanda González Sanjuan
Gerente Ejecutivo

LA NUTRICIÓN DE SUELOS Y CULTIVOS
Y EL BALANCE DE NUTRIENTES:

¿CÓMO

Fig. 1 Evolución del consumo aparente de nutrientes como fertilizantes en Argentina en el periodo 1993-2010. Elaborado a partir de datos de MinAgri y Fertilizar AC.

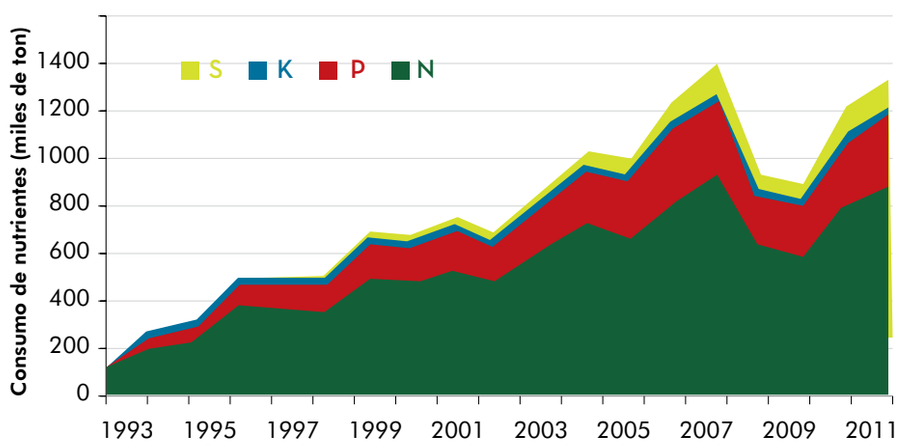
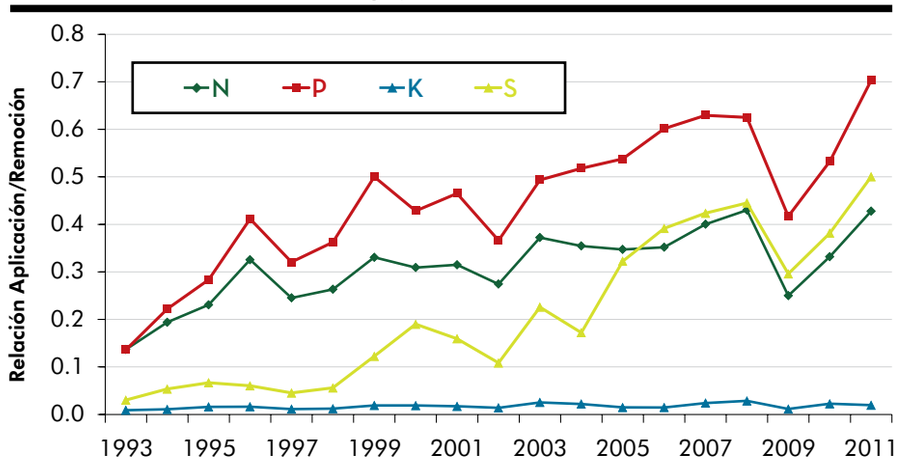


Fig. 2 Relaciones Aplicación/Remoción de nitrógeno (N), fosforo (P), potasio (K) y azufre (S) para los cuatro principales cultivos de grano de Argentina (soja, maíz, trigo y girasol) en el periodo 1993-2010. Elaborado a partir de datos de MinAgri y Fertilizar AC.



La nutrición de cultivos, y la fertilización en particular, han mostrado una participación creciente en los sistemas de producción de cultivos extensivos en los últimos 20 años. La siembra directa, las variedades e híbridos de alto potencial y el avance en las tecnologías de manejo de los cultivos y su protección, entre otros factores, han dado el marco apropiado para la inclusión de la nutrición en los sistemas de producción. Este crecimiento es evidente al considerar la evolución del consumo aparente de fertilizantes (**Figura 1)**, el cual acompañó la expansión agrícola, contribuyó al incremento de la producción y permitió mejorar los balances nutricionales lográndose incrementos en la relación aplicación/extracción de 0.14 a 0.43, 0.14 a 0.70, 0.01 a 0.02 y 0.03 a 0.50 entre 1993 y 2011, para nitrógeno (N), fosforo (P), potasio (K) y azufre (S), respectivamente (Figura 2).

Otros numerosos aspectos reflejan el rol significativo de la nutrición y fertilidad en la producción agrícola argentina de los últimos 20 años, algunos de los cuales son: la aparición continua de nuevas metodologías de diagnóstico de la fertilidad a partir de los trabajos de grupos de investigación y experimentación (INTA, universidades, organizaciones profesionales y de productores, empresas), la introducción y el desarrollo de nuevos productos fertilizantes y tratamientos biológicos, el incremento de servicios de laboratorios de análisis de suelos, plantas y aguas, la expansión de los servicios de aplicación a nivel local, y la incorporación de tecnologías de aplicación variable y/o por ambiente, entre otros.

Todos estos avances nos han llevado a ampliar nuestra frontera desde una agricultura donde eventualmente se evaluaba la decisión de aplicar N y P en trigos del sur de Buenos Aires, hacia sistemas de producción donde evaluamos necesidades de N, P y S, la inclusión de otros nutrientes potencialmente deficientes (boro, zinc, otros) y el uso de microrganismos en los tratamientos de semilla.

ESTAMOS?

Fernando O. García y María Fernanda González Sanjuan
IPNI Cono Sur – Av. Santa Fe 910, Acassuso, Buenos Aires, Argentina. fgarcia@ipni.net
Fertilizar Asociación Civil, mfgonzalez@fertilizar.org.ar

Cultivo	Rendimiento (kg/ha/año)	Area (ha/año)
Maíz	97	43
Soja	35	814
Trigo	29	-
Girasol	-	-62

Tabla 1. Incremento anual promedio del rendimiento y área sembrada de los principales cultivos de grano de Argentina en el periodo 1991-2010. Elaborado a partir de información de SIIA **http://www.siia.gov.ar/**

PRODUCCIÓN DE GRANOS Y USO DE NUTRIENTES

El aumento de la producción de granos registrado en los últimos 20 años, se ha basado en i) una fuerte expansión del área sembrada, principalmente de soja, a partir de la incorporación de nuevas tierras y del cambio del uso de las mismas con una drástica reducción de periodos bajo pasturas, y ii) el incremento en los rendimientos generado a partir de la incorporación de materiales genéticos de mayor potencial y estabilidad, la implementación de técnicas de manejo como la siembra directa y la fertilización, y el manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas. Los incrementos en producción son explicados principalmente por la expansión del área agrícola más que por los incrementos en rendimiento, los cuales han sido moderados (Tabla 1). La expansión del área agrícola ha introducido la agricultura en ecosistemas más frágiles y presenta límites físicos concretos. El incremento de los rendimientos es la alternativa más clara para poder aumentar los niveles de producción preservando la calidad de los ambientes de manera de satisfacer la mayor demanda mundial de alimentos, fibras, biocombustibles y biomateriales.

La utilización de fertilizantes se relaciona con los incrementos en producción y en rendimiento de los cultivos. La Figura 3 muestra que la producción de granos aumentó 16.6 millones de toneladas por cada millón de toneladas de incremento en el consumo de fertilizantes entre 1993 y 2011. La **Figura 4** muestra que los rendimientos relativos de los principales cultivos de grano se incrementaron en un 12% por cada millón de toneladas de incremento en el consumo de fertilizantes en el mismo periodo. Obviamente, otros factores han participado en el incremento de la producción y el rendimiento de los cultivos en este periodo (mayor área de siembra, la genética, otras tecnologías e insumos, el mejor manejo de suelos y cultivos).

Si bien el aporte de la adecuada nutrición de cultivos al rendimiento de los cultivos es altamente variable según la condición de sitio (suelo, cultivo, clima), a nivel mundial se reporta una contribución promedio del 40% al 70%. A nivel nacional, Alvarez et al. (2012) estimaron que entre 1967/68 y 2007/08, la fertilización contribuyo en un 16% al incremento de los rendimientos. Los autores indican que esta contribución es menor que en otras regiones del mundo probablemente por las menores dosis aplicadas en el país, la predominancia de soja que fija el N atmosférico y la alta fertilidad de los suelos agrícolas. Experiencias realizadas en lotes de producción en la región pampeana central entre 2000 y 2009 (Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe -IPNI-ASP, García et al., 2010), muestran incrementos promedio de 7% a 90% en soja de primera, de 6% a 89% en soja de segunda, de 21% a 294% en trigo y de 19% a 87% en maíz, con fertilizaciones que incluyeron N, P y S. Las respuestas varían marcadamente entre sitios según la fertilidad de los suelos y el nivel de rendimiento alcanzable. Estos incrementos han resultado en beneficios económicos variables según sitios y rotación de U$140 a U$400 por ha/año.

Más allá de los efectos directos de la correcta nutrición de los cultivos sobre los rendimientos y la rentabilidad, hay efectos indirectos a través de interacciones con otros recursos e insumos de producción que conducen hacia mayores eficiencias de uso de los mismos y hacia una mayor efectividad del sistema de producción. Por ejemplo, la eficiencia de uso del agua, el principal recurso limitante de los sistemas de producción de secano, se incrementó 52-63%, 24%, 46%-103% y 22%-37% en maíz, soja de primera, trigo y soja de segunda, respectivamente, en la misma red de ensayos mencionada en párrafos precedentes.

Los sistemas actuales de producción extensiva, agrícolas y ganaderos disponen de datos e información que se actualizan año a año contribuyendo a una mejor toma de decisión en el manejo de nutrientes. La

aplicación de mejores prácticas de manejo (MPM) de la nutrición y fertilización permitirá incrementar los rendimientos y mejorar las eficiencias de uso de recursos e insumos maximizando el beneficio económico y minimizando el impacto ambiental. Las MPM son desarrolladas y actualizadas por distintos grupos de investigación y experimentación con el objetivo de aplicar los conceptos de los cuatro requisitos o 4Rs: la dosis correcta de nutrientes aplicada con la fuente correcta en la forma y momento correctos (Bruulsema et al., 2008).

USO Y BALANCE DE NUTRIENTES EN LOS PRINCIPALES CULTIVOS DE GRANO

Un aspecto que ha merecido especial atención en los últimos años, es el balance de nutrientes (García y González Sanjuan, 2010; Cruzate y Casas, 2012). Básicamente, el balance de nutrientes es la diferencia entre las cantidades de nutrientes aplicadas y removidas de un sistema de producción. Se puede estimar en distintas escalas: espacial (lote, establecimiento, región, país) y temporal (cultivo anual, toda una secuencia de rotación, etc.). En general, los balances se estiman sobre la reserva total de nutrientes del suelo, bajo el concepto de "caja negra", es decir sin considerar las transformaciones de los nutrientes y sus fracciones dentro del suelo. En sistemas agrícolas sin inclusión de animales **(Figura 5)**, las principales salidas o perdidas de nutrientes del suelo son la cosecha de granos y la cosecha de biomasa, por ejemplo, forraje. Entre las entradas o ganancias, se puede incluir a los fertilizantes, las enmiendas y los abonos orgánicos. Los balances afectan las reservas y, en consecuencia, la oferta de nutrientes de los suelos, la cual determina los rendimientos y la biomasa no cosechada (residuos) y afecta la calidad del suelo, del aire y del agua del ecosistema. Los rendimientos se relacionan con diversos indicadores de sustentabilidad económica, ambiental y social. A su vez, la biomasa no cosechada impacta sobre los balances de C orgánico y la protección del suelo contra factores erosivos. Balances fuertemente positivos de nutrientes pueden generar excesos de nutrientes en los suelos que conduzcan a la contaminación del suelo, del aire y del agua. Los balances negativos reducen la fertilidad del suelo pudiendo afectar seriamente la producción (rendimientos y biomasa no cosechada).

Fig. 3 Relación entre la producción de granos y el consumo de fertilizantes en Argentina entre 1993 y 2011.

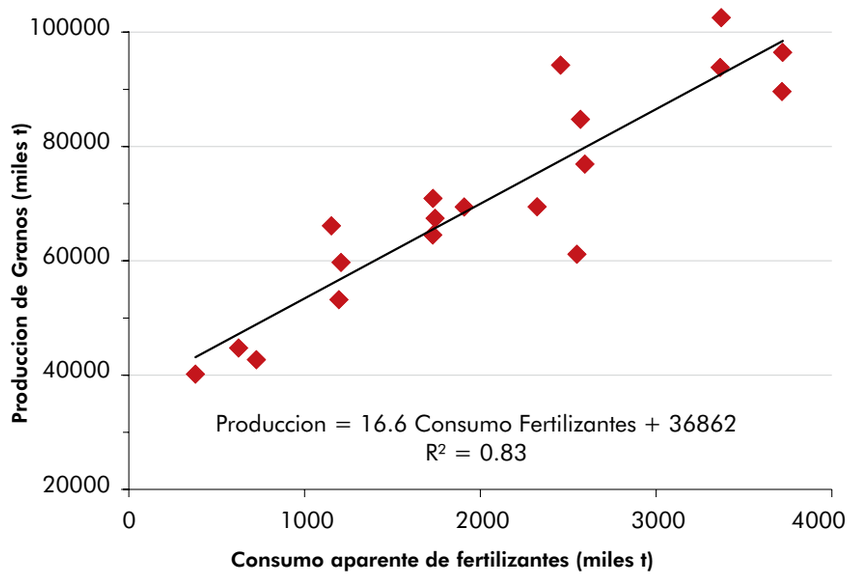
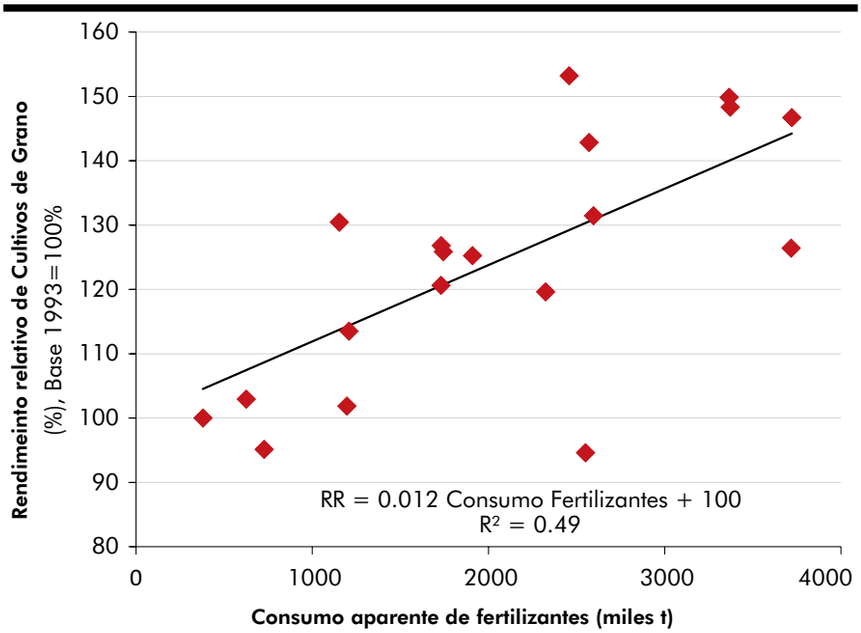


Fig. 4 Relación entre el rendimiento relativo de los cultivos de grano (Base 100 para 1993) y el consumo de fertilizantes en Argentina entre 1993 y 2011.



La Figura 2 muestra la evolución de los balances de N, P K y S para los cuatro principales cultivos de grano en Argentina entre 1993 y 2011. En este caso, el balance se expresa como la relación aplicación/remoción e indica que, para 2011, se estimó una reposición de los nutrientes extraídos por las cosechas vía fertilización del 43%, 70%, 2% y 50% de N, P, K y S, respectivamente. La figura también muestra que, si bien la reposición de nutrientes es aún inferior a la remoción por las cosechas, el balance de N, P, y S ha mejorado en los últimos 20 años.

Si se estiman estos balances desagregados por cultivo, se observan diferencias importantes entre trigo, maíz, soja y girasol. La **Figura 6** muestra los balances promedios de P estimados para los cuatro cultivos en cuatro periodos de 1993 a 2011. En este caso, los balances se expresan como la relación Remoción/Aplicación, valores superiores a 1 indican balances negativos y valores inferiores a 1 indican balances positivos. En los cuatro cultivos se observa que los valores Remoción/Aplicación de P disminuyeron marcadamente del periodo 1993-97 al periodo 1998-02 y esta tendencia decreciente se continuó en los dos periodos siguientes aunque con menores diferencias. Entre los cultivos, las relaciones Remoción/Aplicación para trigo y maíz cayeron por debajo de 1 indicando balances positivos a partir de 2003-07, mientras que para girasol se acerca-

ron a 1 a partir de 2008-11. Si bien soja siguió una evolución similar a los otros tres cultivos, los valores Remoción/Aplicación son mucho más altos en los cuatro periodos considerados y aún para el último periodo 2008-11 se mantienen muy altos indicando que se remueven 6.2 kg de P por cada kg de P que se aplica. Obviamente, estos balances negativos de P en soja se pueden explicar a partir de la expansión del cultivo a áreas de mayor nivel de P en suelos del NEA y el NOA, o se pueden disminuir considerando que parte del P que en estas estimaciones se indica como aplicado al trigo probablemente haya sido destinado a la soja de segunda. Más allá de estas consideraciones, estos balances de P fuertemente negativos en soja son un llamado de atención si pretendemos desarrollar una agricultura sustentable. Las reservas mundiales de P son limitadas, por lo tanto, se espera que su oferta pueda disminuir en el futuro y/o que su precio se incremente. Siendo el P un insumo limitante de nuestros agro-ecosistemas, el desarrollo de la agroindustria debería procurar el uso eficiente del mismo y evaluar las potenciales ventajas de mantener niveles adecuados de P en el suelo para los cultivos. Asimismo, deberían procurarse y evaluarse fuentes de abastecimiento de P nacionales para disminuir la dependencia del abastecimiento externo, así como el reciclado de materiales con alta concentración de P como, por ejemplo, los estiércoles de feed-lots y tambos y la cama de pollo.

BALANCE DE NUTRIENTES: EFECTOS SOBRE LOS NUTRIENTES DEL SUELO Y LOS RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS

Frecuentemente, los cambios en los balances de nutrientes suelen asociarse con variaciones en una fracción específica del nutriente en suelo o con un indicador de su disponibilidad porque es más difícil estimar los impactos de balances negativos y positivos sobre la cantidad total de nutrientes de un suelo. Por otra parte, los contenidos totales de los nutrientes en los suelos (por ejemplo, N o P total) se relacionan muy débilmente o no se relacionan con la producción de los cultivos. Así, para el caso de P, el efecto de los balances suele relacionarse con la variación del P Bray que es solamente un indicador de la disponibilidad de este nutriente. De la misma manera, los efectos de los balances de K suelen relacionarse con los cambios de la fracción intercambiable (K intercambiable).

Los balances negativos de P a lo largo de los años han reducido los niveles de P Bray en suelos del oeste de la región pampeana según datos proporcionados por la zona Oeste de CREA **(Figura 7)**. Las caídas de niveles de P Bray en los suelos se verifican en numerosas regiones tal como muestra la **Figura 8** (Sainz Rozas et al., 2011). En el caso de N y S, sus dinámicas en el suelo están fuertemente ligadas a la dinámica de carbono (C), es decir a la materia orgánica (MO), de hecho la MO ha sido principal fuente de N, de S y también de P en la agricultura pampeana y extrapampeana. Los contenidos de MO han disminuido a partir de la introducción de la agricultura en la segunda mitad del siglo XIX, en una evaluación reciente Sainz Rozas et al. (2010) determinaron reducciones de la MO del orden del 36% al 53% comparando suelos bajo condición agrícola con suelos bajo condición prístina.

Las caídas en reservas y oferta de nutrientes del suelo impactan en los rendimientos de los cultivos y en la productividad del sistema en general. La información generada en los últimos años muestra que mantener niveles de fertilidad adecuados según el sistema de producción permite alcanzar rendimientos mayores y más estables, hacer un uso mas eficiente de recursos e insumos y maximizar los beneficios económicos (ver García et al., 2010; Ferraris et al., 2012). Como ejemplo a nivel nacional, considerando el relevamiento de P Bray realizado por Sainz Rozas et al. (2011), aproximadamente un 50% del área bajo producción de soja se encuentra en suelos con niveles de P Bray debajo del nivel crítico determinado para el cultivo, requiriendo de fertilización fosfatada. Sin la adecuada provisión de fertilizante fosfatado que permita mejorar la oferta de P de estos suelos, se puede estimar una pérdida de producción de soja de aproximadamente 3 millones toneladas.

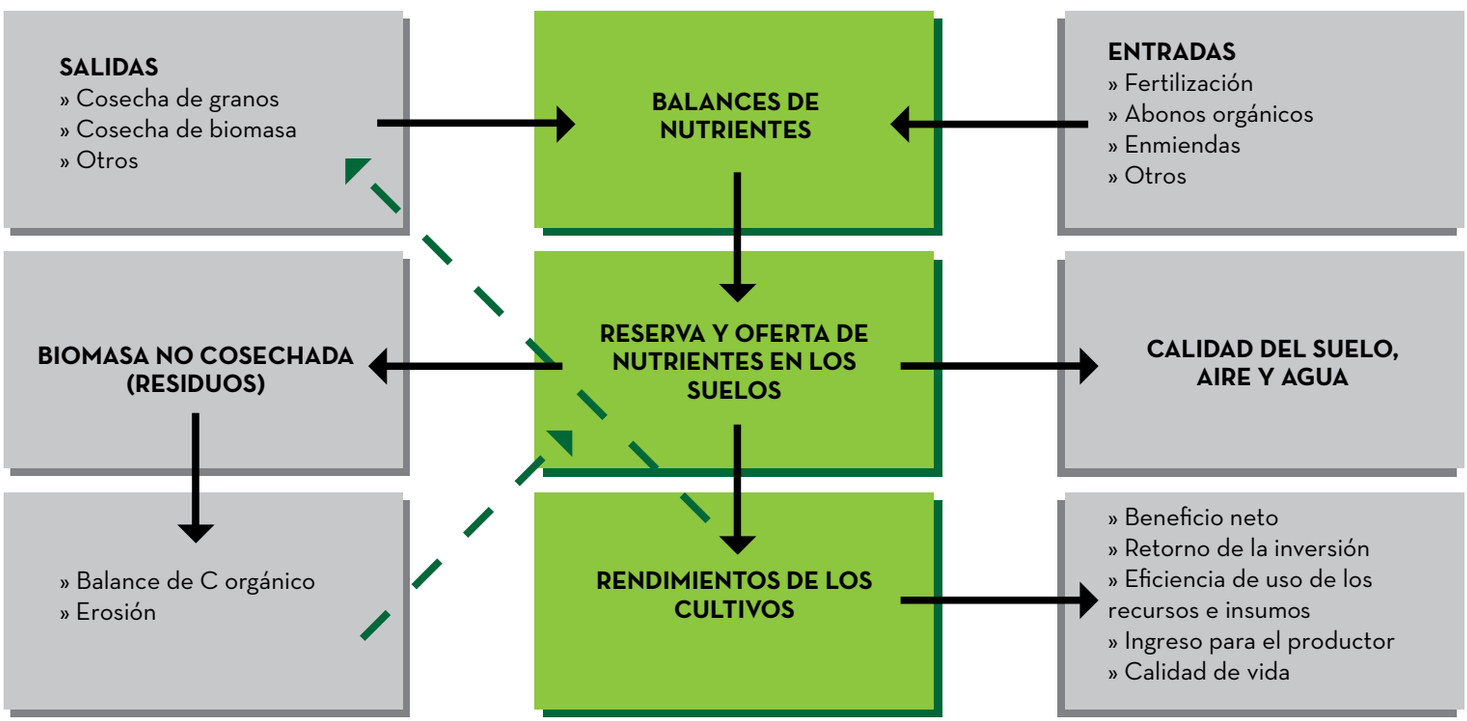
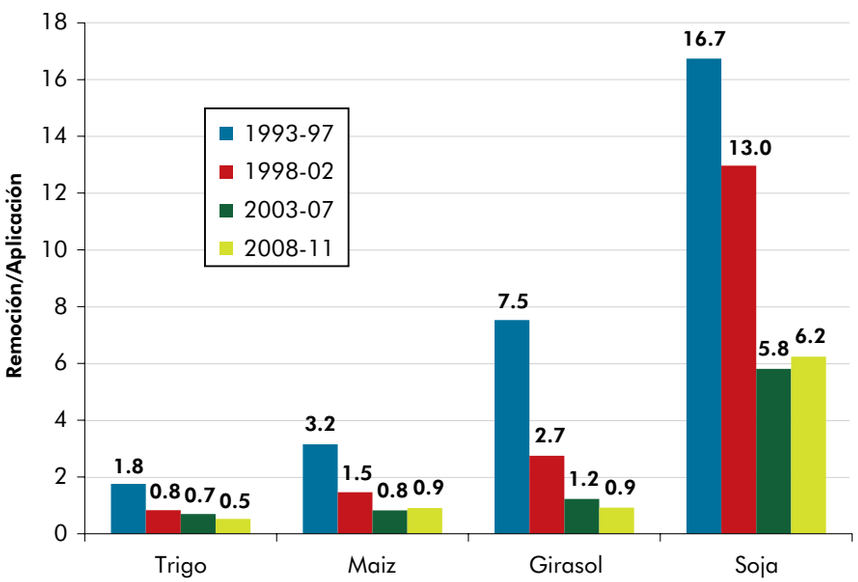


Tabla 2. Rendimiento, eficiencia agronómica (EA), balance de fósforo y margen bruto de la fertilización para cuatro dosis de P, promedios de 15 ensayos realizados en la campaña 2003/04 en Buenos Aires, Entre Ríos y Santa Fe. Adaptado de Ferrari et al. (2005).

Dosis N (kg/ha)	Rendimiento en grano	Eficiencia agronómica (EA)	Balance de P	Margen Bruto de la fertilización
kg P ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg grano kg^{-1} P aplicado	kg P extraído kg^{-1} P aplicado	$/ha
0	3135	-	-	-
10	3372	24	1.81	139
20	3557	21	0.96	245
30	3695	19	0.67	284

Fig. 6 Balances de P, expresados como relación Remoción/Aplicación, estimados para trigo, maíz, girasol y soja en cuatro periodos entre 1993 y 2011.



Loa análisis de eficiencia de uso de los nutrientes generalmente incluyen indicadores tales como el beneficio neto de la práctica, el retorno a la inversión o la eficiencia agronómica de uso del nutriente aplicado (EA). Este análisis puede ser incompleto si no se incluye el balance de nutrientes e incluso otros indicadores (ver Bruulsema et al., 2008). Por ejemplo, la Tabla 2 muestra los resultados promedio de 15 ensayos realizados por INTA Paraná, Rafaela y Pergamino en la campaña 2003/04 evaluando la respuesta de soja a distintas dosis de P (Ferrari et al., 2005). La menor dosis de P (P10, equivalente a 50 kg/ha de fosfato diamónico), comúnmente aplicada por los productores, resulta en las mayores EA y balances de P más negativos. Esta situación es muy común en sistemas de producción basados en soja en Argentina y da lugar a un saldo negativo de P del suelo, como se discutió anteriormente. Los productores basan sus decisiones en el retorno inmediato de la inversión (alta EA), sin considerar la eficacia del sistema en el mediano y largo plazo, la cual es afectada por el comportamiento de los nutrientes poco móviles en el suelo como el P. Estas decisiones reducen la fertilidad fosforada del suelo y podrían reducir la sustentabilidad del sistema en el largo plazo. Por otro lado, dosis mayores de P pueden mejorar el balance de P, ya sea con balance neutro (P20) o positivo (P30), manteniendo adecuadas EA y rentabilidad. Al pensar en mejorar los balances de

Fig 8. Rangos de concentración de P-Bray en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana en 1980 (Darwich, 1983) y en 1999 (Darwich 1999, citado por García et al., 2007) y rangos de concentración de P-Bray en el muestreo realizado en 2005-06. Adaptado de Sainz Rozas et al. (2011).

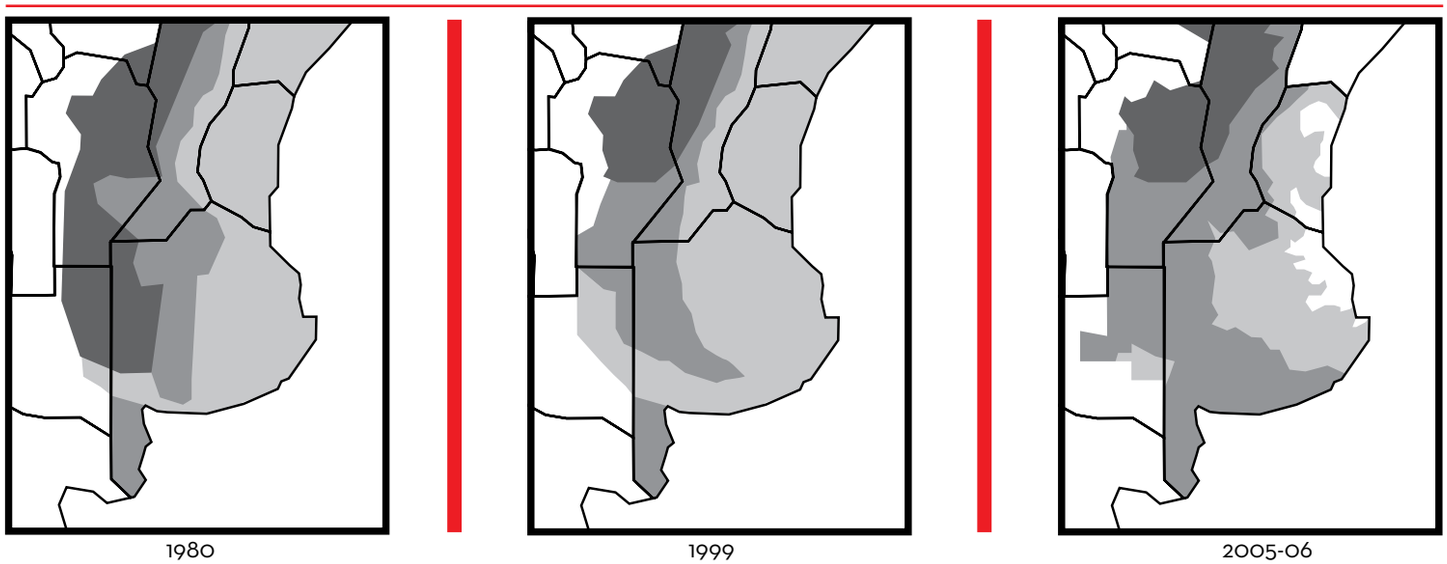
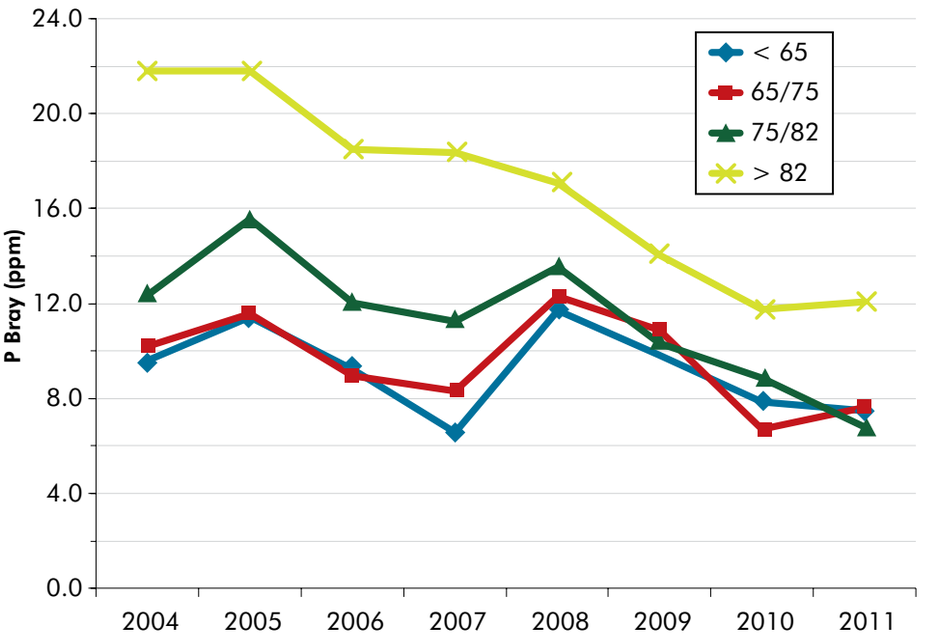


Fig. 7 Evolución de los niveles de P Bray promedio de suelos con contenidos variables de arena (en porcentaje) de la zona Oeste de grupos CREA. Fuente: Martin Miguez y Nicolás Bosch, CREA Zona Oeste.



nutrientes de nuestros suelos, debemos recordar que los nutrientes aplicados que no son absorbidos en una campaña por el cultivo, no son necesariamente perdidos del sistema, sino que pueden ser utilizados por los cultivos siguientes en la rotación. Esto ocurre especialmente con P y K pero, en algunas situaciones, también se han observado residualidades de N, inmovilizado en la MO o la biomasa microbiana que es posteriormente liberado con el transcurso del tiempo. La residualidad de los nutrientes depende fuertemente de la dinámica de los mismos en el sistema suelo-planta y de las condiciones edafo-climáticas, por lo que estos factores deben ser evaluados cuidadosamente al considerar posibles efectos residuales de las aplicaciones de fertilizantes. Los efectos de acumulación de fertilidad promoverían cambios en el ambiente edáfico en cuanto a sus condiciones químicas, físicas y biológicas, que se pueden observar parcialmente en incrementos de MO del suelo.

CONSIDERACIONES FINALES

La producción agrícola argentina ha crecido notablemente en los últimos 20 años e incorporado numerosas innovaciones tecnológicas. Sin embargo, las demandas globales de alimentos, fibras, biocombustibles y biomateriales enfatizan la necesidad de mejorar los rendimientos actuales de los principales cultivos de grano. Las MPM de los nutrientes (dosis correcta aplicada con la fuente correcta en el momento y la forma correctos) contribuyen significativamente al incremento de la productividad y la sustentabilidad de estos sistemas.

El balance de nutrientes es un indicador de importancia para definir sistemas de producción sustentables complementando el grupo de indicadores de eficiencia de uso de los nutrientes. Los balances de nutrientes negativos de nuestros sistemas de producción de granos requieren de la atención de todos los sectores para poder definir estrategias involucrando directamente al sector productivo pero también al Estado nacional y provincial, a los consumidores y, por supuesto, al sector científico-tecnológico.

REFERENCIAS

Alvarez C., H. Steinbach y R. Alvarez. 2012. El rol de los fertilizantes en la agricultura. En Alvarez R., Prystupa P., Rodriguez M. B. y Alvarez C. (ed.). Fertilización de Cultivos y Pasturas: Diagnostico y recomendación en la región pampeana. Editorial Facultad de Agronomía. Cap 3: 51-64.

Bruulsema T., C. Witt, F. Garcia, S. Li, T.N. Rao, F. Chen & S. Ivanova. 2008. A Global Framework for Fertilizer BMPs. Better Crops 92 (2): 13-15. IPNI. Norcross, GA. EE.UU.

Cruzate G. y R. Casas. 2012. Extracción y balance de nutrientes en los suelos agrícolas de Argentina. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica 6:7-14. IPNI.

Ferrari M., R. Melchiori y H. Fontanetto 2005. Fósforo en soja, el aporte de la fracción orgánica. Actas XIII Congreso Nacional de AAPRESID. Rosario, Santa Fe.

Ferraris G., M. Toribio, R. Falconi y L. Couretot. 2012. Efectos de diferentes estrategias de fertilización sobre los rendimientos y el balance de nutrientes. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica 6:2-6. IPNI.

García F.; M. Boxler; J. Minteguiaga; R. Pozzi; L. Firpo; I. Ciampitti; A. Correndo; F. Bauschen; A. Berardo y N. Reussi Calvo. 2010. La Red de Nutrición de la Región Crea Sur de Santa Fe: Resultados y conclusiones de los primeros diez años 200-2009. 2a. ed. AACREA. Buenos Aires, Argentina. ISBN ISBN 978-987-1513-07-9. 64 pag.

García F. y M. F. González Sanjuan. 2010. Balances de nutrientes en Argentina ¿Cómo estamos? ¿Cómo mejoramos? Informaciones Agronómicas del Cono Sur. 48:1-5. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina

Sainz Rozas H., H. Echeverría y H. Angelini. 2010. Niveles de materia orgánica y pH en suelos agrícolas de las regiones Pampeana y extrapampeana de Argentina. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica, 2:1-7. IPNI.

Sainz Rozas H., H. Echeverría y H. Angelini. 2011. Fósforo extractable en suelos agrícolas de las regiones Pampeana y extrapampeana de Argentina. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica, 4:14-18. IPNI.

COLOCACIÓN DEL FÓSFORO Y HÁBITOS DE CRECIMIENTO DE LAS RAÍCES DE SOJA

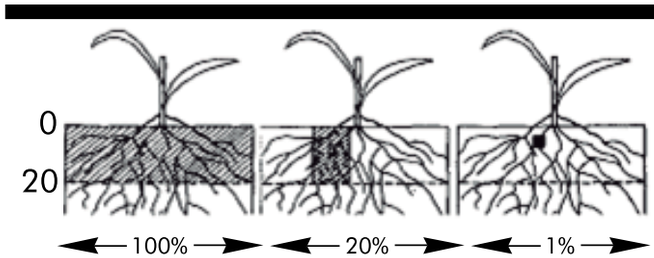
En campañas recientes, la aplicación al voleo del fósforo ha sido valorizada como opción por muchos productores, principalmente en sistemas de siembra directa con un relativo volumen de residuos de cosecha de cultivos anteriores (maíz) en superficie, y en particular con niveles medios a altos de P disponible. Entre las ventajas concedidas por parte de los favorecedores de esta modalidad se dice que la operación de siembra, más crítica y dependiente del clima, se desengancha de la fertilización, haciendo la siembra más ágil, con mayor capacidad de trabajo diario. El fundamento científico subyacente es que la productividad del cultivo no se resiente, dado que el suelo posee suficiente P para los requerimientos inmediatos de la soja y que la operación de fertilización reemplazará parcial o totalmente el P extraído por esa cosecha, aun cuando se haga antes o poco después de la siembra.

Sin embargo, cuando la disponibilidad de fósforo es un factor limitante para el normal desarrollo del cultivo, la absorción del P por las plantas se realizará según la ubicación de sitios de alta concentración en el suelo. Normalmente el fósforo presenta bajas concentraciones en la solución del suelo, y poca movilidad, mostrando patrones irregulares de distribución espacial, tanto horizontal como vertical. Las variaciones en los niveles del P disponible en los suelos por resultado de prácticas de fertilización actuales y de cultivos anteriores, afectan la captación de este nutriente por las plantas. La formación de patrones heterogéneos es ampliamente favorecida en los sistemas agrícolas con baja remoción del suelo, como la siembra directa y la aplicación de fertilizantes en bandas, en donde la proporción de suelo fertilizado oscila entre el 1 y el 2 % del volumen total explorado (Fig. 1).

La respuesta del cultivo a la forma de colocación del P está fuertemente influenciada por el sistema de cultivo, la capacidad reguladora o búfer de P de suelo, y otros factores que influyen en la concentración de la solución del suelo de las formas $H_2PO_4^-$ / HPO_4^{-2} cerca de las superficies de absorción de las raíces. Dado que la demanda de P de la mayoría de los cultivos es mayor durante el período de crecimiento inicial, es

Las variaciones en los niveles del P disponible en los suelos por resultado de prácticas de fertilización actuales y de cultivos anteriores, afectan la captación de este nutriente por las plantas. La formación de patrones heterogéneos es ampliamente favorecida en los sistemas agrícolas con baja remoción del suelo, en donde la proporción de suelo fertilizado oscila entre el 1 y el 2 % del volumen total explorado.

Fig. 1 Variación del volumen de suelo fertilizado con fósforo (Kovar y Barber, 1989).



esencial mantener un suministro suficiente de P durante este período. Por lo tanto, la variación entre las ubicaciones en la respuesta del cultivo a la colocación de P, a menudo se caracteriza por las interacciones entre el cultivo, las propiedades del suelo y el volumen del suelo fertilizado con P (Fig. 1). La comprensión de las interacciones entre la morfología de las raíces, las condiciones del suelo que influyen en el crecimiento temprano del sistema radicular, las propiedades del suelo que influyen en la disponibilidad de P (incluyendo el valor determinado por el análisis) y las condiciones ambientales durante el crecimiento inicial del cultivo, pueden ayudar a identificar el método de colocación de P más eficiente.Al alcanzar una zona enriquecida en nutrientes las raíces a menudo proliferan en ella e incrementan localmente su capacidad de captación de nutrientes en comparación con las raíces que crecen fuera de ésta. Estos mecanismos permiten a las plantas enfrentar la heterogeneidad del suelo. En suelos potencialmente deficientes en P, al incrementarse la distancia entre las plantas y los sitios enriquecidos en P, mayor será el tiempo con insuficiente nutrición con P, afectando así el normal crecimiento y producción.

Cuando hay disponibilidad de altas concentraciones de fósforo próximas a la línea de siembra, principalmente en suelos fríos durante la siembra o imperfectamente drenados se observa un mayor crecimiento temprano de soja. Por otra parte, la incorporación de fertilizantes en altas dosis próximas a línea de siembra puede reducir el número de plantas emergidas, siendo conveniente diseñar estrategias de fertilización más eficientes en su utilización y aportes a los rendimientos del cultivo, reduciendo los riesgos de fallas en la implantación del cultivo. Algunas de estas estrategias implican reducir las dosis a la siembra como arrancadores y compensar con aplicaciones en otros momentos para reducir la brecha entre las cantidades extraídas por el cultivo y las aportadas por la fertilización

EFECTO DE LA DISTANCIA DE COLOCACIÓN DEL FÓSFORO

Para ilustrar este concepto el Ing. Alonso Vaquer planteó un estudio cuyo objetivo fue determinar algunos de los cambios en el crecimiento de soja según diferencias en la localización horizontal del P aplicado en el momento de la siembra. Para ello se aplicó la fertilización fosfatada en tres posiciones, a 6 , 12 y 18 cm del eje central de la planta en macetas con un sustrato de mezcla suelo, arena (30:70) con niveles limitantes de P extractable. Se hizo un seguimiento periódico del crecimiento en altura y área foliar de las plantas hasta los 40 días desde la emergencia. La mayor respuesta a la fertilización con P fue cuando la ubicación del fertilizante era a menos de 12 cm del eje de plantación. Si bien los cambios se observaron tanto en la altura como en el área foliar, las mayores diferencias se observaron en la acumulación de biomasa hasta los 40 días desde la emergencia de las plantas (Fig. 2).

EFECTO DE LA COLOCACIÓN SOBRE LA NODULACIÓN

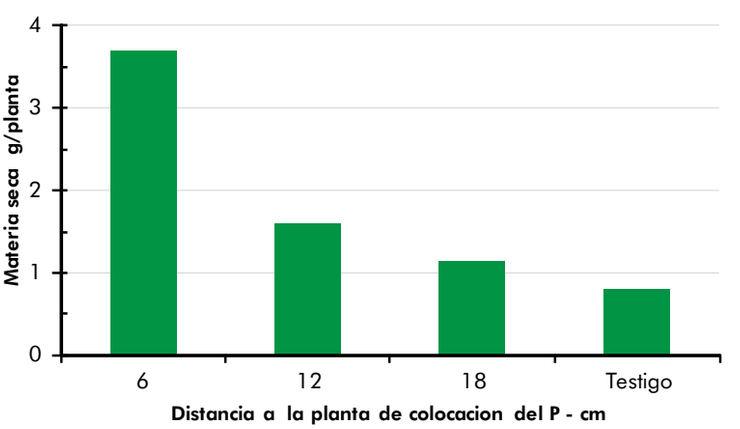
Además del crecimiento directo de la soja, el fósforo afecta la eficiencia de la nodulación y por lo tanto impacta directamente en la económica del nitrógeno para la planta. La fijación biológica de nitrógeno requiere del aporte de recursos energéticos y de nutrientes específicos en particular de fósforo. Las deficiencias de éste, reducen la nodulación, la cantidad de N fijado y, por ende, la producción de granos.

Un ejemplo directo del efecto de la mejor nutrición fosfatada sobre el crecimiento de raíces y nodulación fue presentado por una experiencia realizada por Bongiavanni y su equipo. En un ensayo de campo se evaluó el efecto de dosis crecientes de fósforo aplicadas a la siembra en bandas como superfosfato simple (0, 5.5, 10.9 y 16.5 kg de P/ha) sobre variables relacionadas al sistema radicular y aparato de fijación de N. El nivel de P disponible en el suelo era deficiente (5 ppm P Bray). Se midieron densidad de longitud de raíces en la etapa fenológica de R4-R5 y crecimiento de raíces y nodulación en R7: biomasa de raíces, nódulos sobre raíces primarias y secundarias, número de raíces secundarias por planta y diámetro de la raíz primaria, además de rendimiento final de granos a la madurez fisiológica (Tabla 1).

Tabla 1. Peso seco de raíces (g), número de raíces laterales, diámetro promedio de raíz de 0-10 cm de profundidad, número de nódulos en raíz principal y lateral y nódulos totales (Adaptado de Bongiovanni et al 2012).

> **“LA MAYOR RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN CON P FUE CUANDO LA UBICACIÓN DEL FERTILIZANTE ERA A MENOS DE 12 CM DEL EJE DE PLANTACIÓN”**

Fig. 2 Producción de biomasa aérea de plantas de soja a los 40 días de la emergencia según distancias al sitio de aplicación del fertilizante fosfatado (Adaptado de Alonso Vaquer et al, 2012).

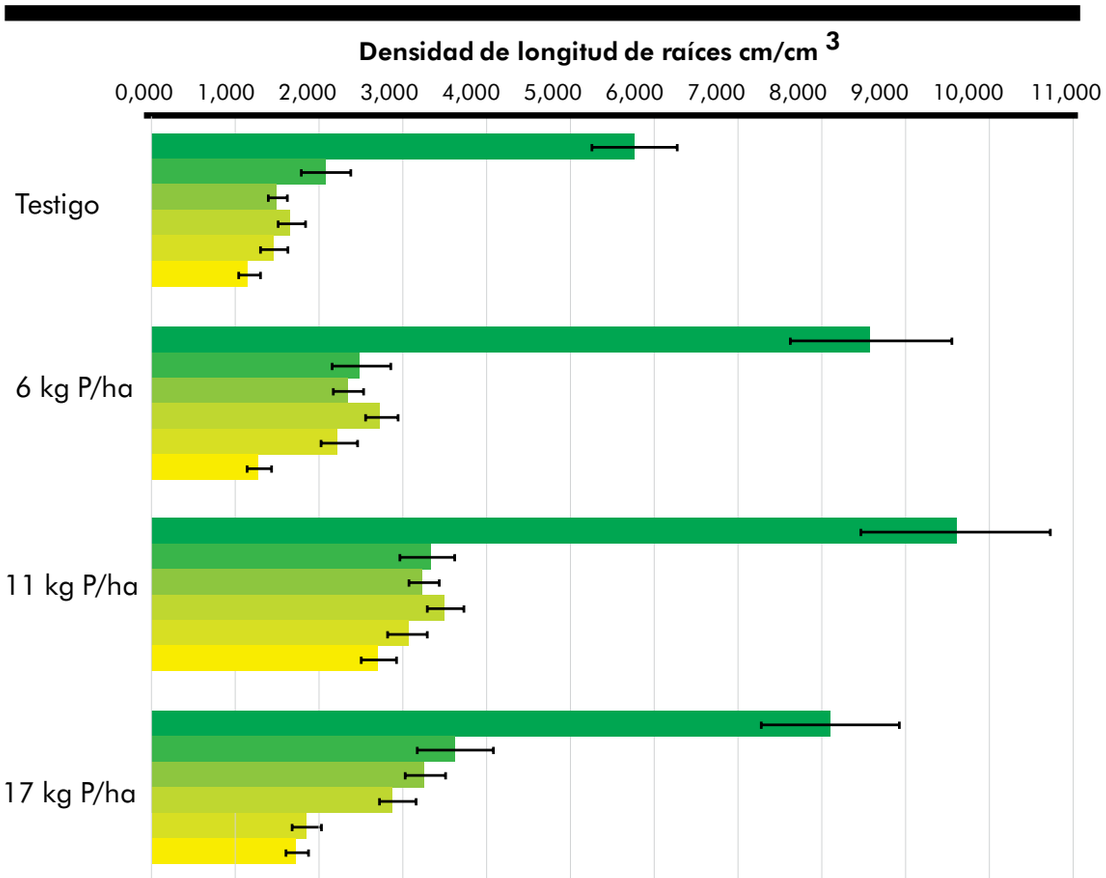


> **“LA FERTILIZACIÓN MODIFICÓ LOS PATRONES DE ENRAIZAMIENTO, AUMENTANDO LA DENSIDAD DE LONGITUD DE RAÍCES EN LOS TRATAMIENTOS CON MÁS FERTILIZANTE FOSFATADO, ESTO PRODUJO UN AUMENTO EN LA PRODUCCIÓN DE SOJA”**

Tabla 1. Peso seco de raíces (g), número de raíces laterales, diámetro promedio de raíz de 0-10 cm de profundidad, número de nódulos en raíz principal y lateral y nódulos totales (Adaptado de Bongiovanni et al 2012).

Tratamiento kg de P/ha	Peso seco raíces (g/planta)	Diámetro de raíz principal mm	Nº de raíces laterales	Nº nódulos raíz principal	Nº nódulos raíz lateral	Nº nódulos totales
Testigo sin P	3,9 a	41 a	40 a	11 a	36 a	47 a
6	5,3 b	47 ab	42 a	12a	47 ab	59 b
11	6,3 c	52 b	48 b	16 b	62 c	78 c
17	5,3 b	49 b	46 b	12 a	57 bc	69 bc

Fig. 3 Efecto de las dosis crecientes de fósforo sobre la densidad de longitud de raíces (cm de raíz/cm3 de suelo) hasta 1 m de profundidad. Cada barra representa un espesor de 12 cm de suelo (Adaptado de Bongiovanni et al 2012).



La aplicación de fertilizante fosfatado aumentó la biomasa de las raíces y su crecimiento lateral, favoreciendo la simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno, y dando como resultado una mayor cantidad de nódulos por raíces. También la fertilización modificó los patrones de enraizamiento, aumentando la densidad de longitud de raíces en los tratamientos con más fertilizante fosfatado, efectos que se tradujeron en un aumento en la producción de soja (Fig. 3). En consecuencia, los rendimientos de grano aumentaron linealmente hasta la dosis de 10.9 kg de P/ha, sin cambios más allá de este nivel de fertilización.

Figura 3. Efecto de las dosis crecientes de fósforo sobre la densidad de longitud de raíces (cm de raíz/cm3 de suelo) hasta 1 m de profundidad. Cada barra representa un espesor de 12 cm de suelo (Adaptado de Bongiovanni et al 2012).

CONSIDERACIONES FINALES

Las situaciones ilustradas enfatizan la importancia de la colocación de los fertilizantes fosfatados en situaciones de bajos niveles de P disponible, en particular cuando la aplicación se realiza en bandas a la siembra, ya que produce cambios específicos que mejoran el sistema radicular de la soja, favoreciendo la simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno, y dando como resultado una mayor cantidad de nódulos por raíces.

La fertilización modifica los patrones de enraizamiento, ya que los niveles satisfactorios de P por distancia al del punto de siembra, o por aumento de sus niveles por mayores dosis de fertilización, mejoran la distribución de raíces, efectos que se traducen en un aumento en la producción de soja.

Fertilizar y CREA lanzan el libro:
"MERCADO DE FERTILIZANTES
La Argentina y el mundo"

En la publicación se describe la evolución del mercado de fertilizantes en la Argentina y analiza todos los factores que inciden en las diferentes etapas de la cadena de valor de este insumo estratégico.

El costo del libro es de **$100** para el público general y **$80** **para socios y suscriptos a la revista de Fertilizar,** más gastos de envío.

Los interesados podrán adquirirlo a través de la web ***www.fertilizar.org.ar,*** *escribiendo al mail* ***info@fertilizar.org.ar*** *o llamando al teléfono* ***011-4382-2413.***

FERTILIZAR
ASOCIACION CIVIL

www.fertilizar.org.ar

LA IMPORTANCIA DE LA UBICACIÓN DEL NUTRIENTE CUANDO SE APLICAN FERTILIZANTES LÍQUIDOS

Ing. Agr. Ricardo Melgar

Como sucede con cualquier otra tecnología en la producción agrícola, sea insumo o producto, la adopción de los fertilizantes líquidos en última instancia requiere documentar el valor agronómico, económico y ambiental que los productores necesitan para tomar decisiones acertadas.

Para elegir el mejor método de colocación de nutrientes que resulte en el mayor retorno de la inversión, la respuesta debe basarse en la mejor evidencia científica que respalda el método específico, asumiendo que esta información de respaldo se obtuvo de lugares con características similares al sitio en cuestión. Por lo tanto, el desarrollo de recomendaciones más adecuadas para condiciones específicas de sistemas de cultivo, debe tomar en cuenta varios factores de manejo de suelo y cultivo, parámetros ambientales y cualquier otro factor que pueda influir y descontar la respuesta a la colocación de nutriente.

Al evaluar las opciones de colocación de nutrientes, es fundamental evaluar los principios agronómicos y las razones o ventajas potenciales que pueda ofrecer un método de colocación de nutriente respecto de otro posible. Por lo tanto, demostrar efectivamente el valor de un método de colocación específico, utilizando datos de respuesta del cultivo elegido, requiere la descripción adecuada de los mecanismos involucrados en la respuesta a la colocación de nutrientes.

Para el caso de los fertilizantes líquidos, y en particular para las soluciones nitrogenadas como el UAN o soluciones NS, existen muchas posibilidades de métodos de aplicación. Al igual que con los granulados sólidos, la definición y descripción de las distintas opciones de colocación se caracterizan por una matriz de **momento de aplicación x colocación relativa a la superficie del suelo o a la semilla (Fig. 1).** Los momentos específicos de aplicación se refieren a antes, durante o después de la siembra, mientras que el lugar de la colocación se refiere a la ubicación superficial o subsuperficial.

Las respuestas de los cultivos a la colocación de N son fuertemente influenciadas por el volumen y sistema de manejo de residuos y muchos otros factores que influyen en el mantenimiento y la estabilidad de los iones amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-) en la solución del suelo. Por lo tanto, las recomendaciones relativas para lograr la respuesta del cultivo a la colocación del N se justifican mejor comprendiendo la influencia de las transformaciones biológicas y químicas del N del suelo sobre el destino del N aplicado (Fig. 2). Según las características de sitio específico (por ejemplo, suelo, especie, ambiente, manejo, etc.), las respuestas de los cultivos a la colocación del N dependerá de qué parte proporcional del N aplicado va a ser absorbida, inmovilizada, volatilizada, desnitrificada, lixiviada y fijada.

Por ejemplo, la siembra directa puede inducir a una importante inmovilización del N aplicado, según sea el método de aplicación (Fig. 2). Obviamente, en la literatura existen muchos ejemplos de respuestas de cultivo a N colocado debajo de residuo de la superficie de cultivo. Muchos factores pueden influir en la respuesta del N aplicado con distintos métodos, sean al voleo en cobertura o en bandas superficiales, o inyectados en profundidad. Por ejemplo la cantidad de residuo superficial y sus características (por ejemplo, relación C: N) influyen enormemente en la inmovilización del N aplicado y la respuesta del cultivo posterior a la aplicación del N.

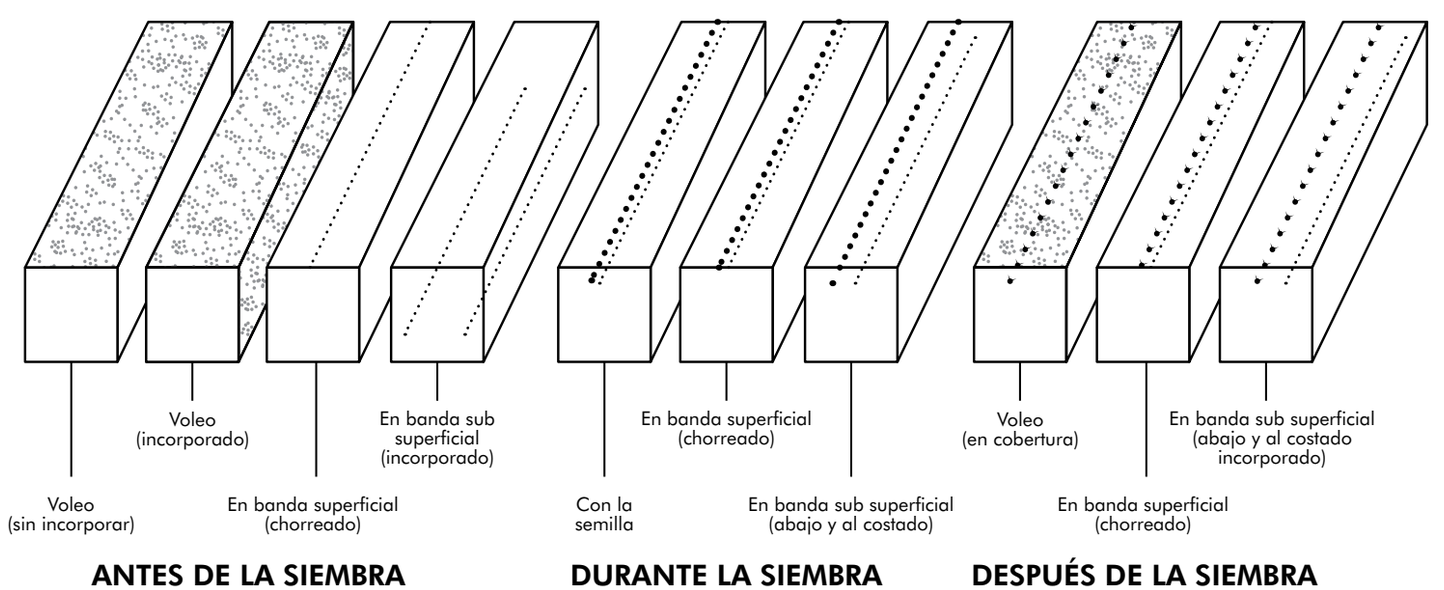
Las respuestas de los cultivos a diferentes métodos de aplicación también están relacionadas con las características del sitio que favorezcan la volatilización y la lixiviación del N. Estos N mecanismos de pérdidas pueden aumentar o disminuir la respuesta del cultivo al método de aplicación de nitrógeno según sean las condiciones específicas de suelo, ambiente y manejo

APLICACIÓN DIRIGIDA DE UAN

Un buen ejemplo acerca de la importancia de la colocación de soluciones nitrogenadas fue un experimento realizado en 4 sitios-año en Oklahoma para comparar los métodos de colocación de N como fertilización complementaria en el rendimiento de maíz. El objetivo del estudio fue comparar los métodos de colocación de N complementario.

El 60% del sistema radicular del maíz se da en un radio de 25 cm alrededor del tallo. Si se pudiera aplicar UAN en esa área, dirigiendo un chorro hacia la base de las plantas, evitando tocar y lesionar las hojas, y aprovechar así el sistema radicular nodal cerca del tallo, la eficiencia de uso del N sería superior a los sistemas que aplican el N en el medio de de las hileras de plantas.

Fig. 1 Clasificación de las opciones de colocación de nutrientes basada en el momento de aplicación en relación con la siembra del cultivo y la posición de los nutrientes en relación con la superficie del suelo o la semilla (Havlin et al., 2005).



EL 60% DE LAS RAICES DE LAS PLANTAS DE MAÍZ SE CONCENTRAN EN UN RADIO DE 25 CM ALREDEDOR DEL TALLO EN ESTADIOS ALREDEDOR DEV-10

Fig. 2 Influencia de la colocación del N en la remoción e inmovilización del N aplicado al maíz (Maddux et al., 1991; dosis de N = 150 kg N/ha).

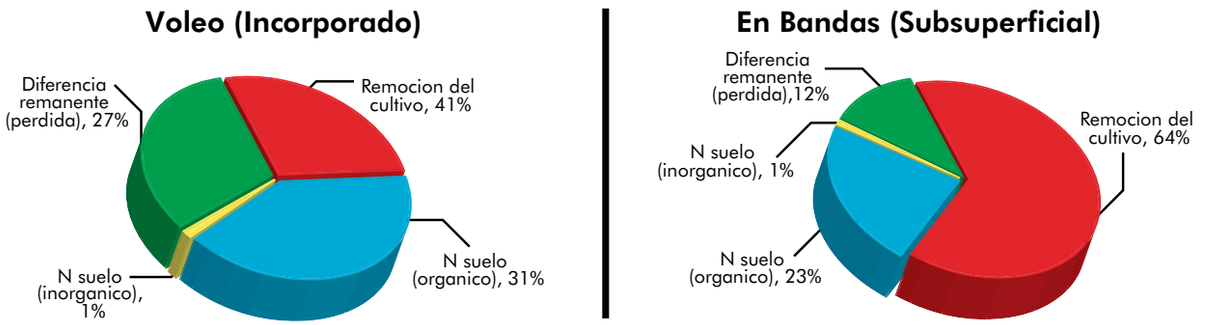
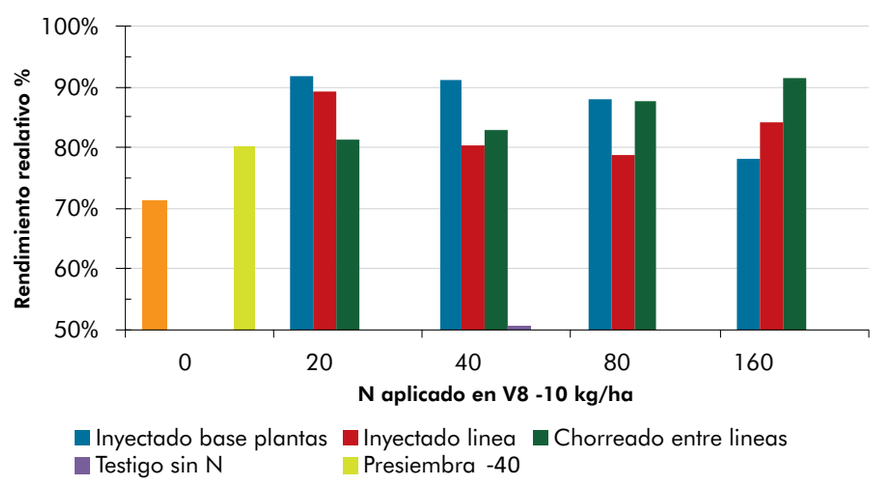


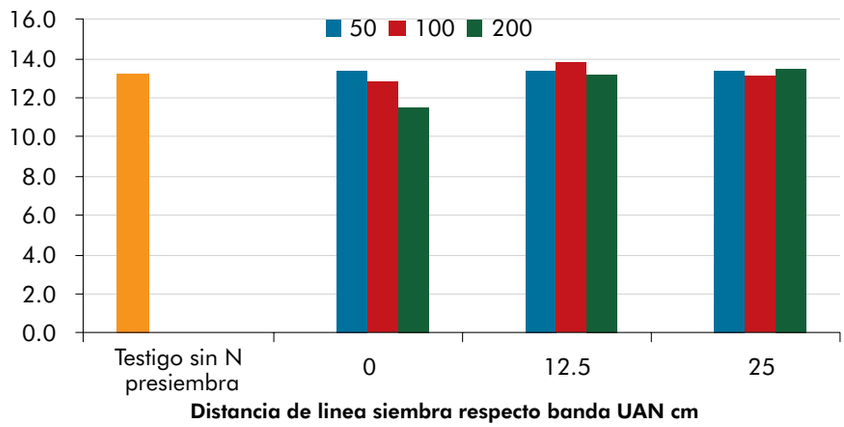
Fig. 3 Efecto en los rendimientos promedio de dosis crecientes de UAN influidos por el método de aplicación complementaria de N en maíz (Adaptado de Dotson et al. 2007).



En este ensayo, conducido por un grupo de investigadores del equipo del Dr. Raun, se evaluaron cinco dosis de N (0, 40, 80, 120 y 160 kg/ha) en tres métodos y aplicación: (a) Aplicación inyectada dirigida a la base de cada planta; (b) Aplicación inyectada en la línea de plantas; y (c) chorreado en la superficie en una bandas en medio de dos líneas adyacentes. Todos los tratamientos se aplicaron entre el estadio V-8 y V-10 y habían recibido previamente 40 kg/ha de N como urea incorporada en pre-siembra. Se incluyó además un testigo absoluto sin N y otro sin N complementario en V-8/10 pero con 40 kg/ de N en pre-siembra.

Los resultados se muestran en la figura 3, e indicaron en general alta variabilidad de rendimiento. El aumento en los rendimientos de los tres métodos oscilan entre 7 y 25% más que en el tratamiento de pre-siembra en los cuatro sitios, aunque hubo grandes diferencias por sequia entre años y localización.Dos de los tres métodos de aplicación del N resultaron en mayores rendimientos que la aplicación en pre-siembra. El mayor incremento fue con el método de aplicación inyectada dirigida a la base de las plantas, en dosis bajas. Pero en

Fig. 4 Efecto de la ubicación de la línea de siembra encima de tres dosis de UAN aplicadas en bandas en pre-siembra sobre el rendimiento de maíz. Valores promedios de tres localidades y dos años.



general el rendimiento disminuyó con dosis altas con este método y aumentó con el método de aplicarlo chorreado entre plantas. Claramente la eficiencia de uso fue mayor con los dos métodos de inyección a dosis más bajas, e inferior con dosis más altas con todos los métodos.

Como conclusiones de este ensayo, la dosis de N complementario en condiciones normales de cultivo debería ser de 20-40 kg/ha inyectado a la base de las plantas o en la línea, para mantener el nivel de rendimiento, minimizar las pérdidas de fertilizante nitrogenado y maximizar así la eficiencia del N aplicado.

Ubicación de las líneas de siembra respecto de bandas de UAN en pre-siembra

Los investigadores Tony Vyn y Terry West de la Universidad de Purdue relatan su experiencia con el sistema RTK de John Deere, un sistema de guiado automático controlado por GPS, muy preciso y ya disponible en Argentina. Esta tecnología brinda nuevas oportunidades para variar la posición de la hilera o línea de siembra del cultivo en relación con bandas de nutrientes recientes (o antiguas) y los surcos de cultivo previo. El objetivo de su investigación fue evaluar las mejores posiciones de la línea de siembra de maíz respecto de la aplicación de fertilizante UAN en pre-siembra a varias dosis de N. Los ensayos de campo se realizaron en tres sitios por dos años de investigación. Aplicaron UAN en bandas espaciadas en 75 cm con 3 dosis de N (50, 100 y 200 kg/ha) a una profundidad de 10 cm y sembraron el maíz el mismo día en hileras paralelas a 0, 12.5 o 25 cm de las bandas de UAN. Todas las parcelas, incluyendo un control sin UAN en pre-siembra, recibieron un total de 200 kg de N /ha ajustando las dosis con UAN adicional luego de la emergencia del maíz.

Al sembrar directamente sobre la banda UAN en 2 de 3 sitios (Figura 4), el stand de plantas y los rendimientos se redujeron significativamente con las dosis de 100 y 200 kg/ha de N pre-siembra. En el tercer sitio las reducciones de rendimiento de maíz sólo fueron evidentes con el tratamiento de 200 kg/ha de N sobre la banda de N pre-aplicado. Las menores poblaciones de plantas (agravadas por la falta de lluvias luego de la siembra) parecieron ser la causa principal de las reducciones de rendimiento de este último, aunque también fue evidente el menor crecimiento inicial. Las reducciones de rinde para la posición "sobre la banda" versus "desplazado 12.5 cm" para la dosis de 200 kg/ha de N promedió 0.69 t/ha de maíz en un sitio, 1.51 t/ha en el sitio 2 y 3.14 t/ha en el sitio 3, considerando los dos años. Sembrar directamente sobre las bandas UAN (en todas las dosis de N) aumentó las concentraciones de N en la planta alrededor de 1 mes después de la siembra en cada ubicación. Los investigadores concluyen que la orientación provista por el sistema RTK es muy ventajoso cuando se siembra poco después de una aplicación de UAN en bandas pre-siembra, y que la posición óptima de los surcos de siembra del maíz para una respuesta "segura" después de aplicación de UAN a altas velocidades es de al menos 12.5 cm paralela a la banda de UAN.

CONSIDERACIONES FINALES

Del mismo modo, el valor de un insumo específico a menudo será sitio específico, donde la aplicación o el uso de una práctica particular de insumo o de manejo varían en función de numerosos factores interactivos que varían entre distintos lotes de producción. Mientras que el valor de la administración de nutriente está bien documentado, decisiones de colocación de nutrientes a menudo se basan en características del equipo de campo o disponibilidad, puntualidad de la aplicación de campo y manejo de las fuentes disponibles. Estas consideraciones son importantes; sin embargo, las decisiones de colocación de los nutrientes deben basarse fundamentalmente en aquellos factores de sitio específico que dictan una opción de colocación especial para obtener la máxima productividad y ganancias, con el mínimo riesgo para el medio ambiente.

Hugo Fontanetto

una pasión por la agronomía y los suelos

En este número, quienes formamos parte de Fertilizar junto a otras entidades como el IPNI, INTA, Aapresid, algunos de sus colegas y amigos recordamos a Hugo Fontanetto. Un gran profesional de la nutrición de cultivos y, sobretodo, una gran persona.

El Ing. Agr. M. Sc. Hugo M. B. Fontanetto era referente nacional en fertilidad y manejo de suelos y producción de cultivos; un apasionado investigador a quien sus innumerables trabajos en INTA Rafaela y toda la región centro de Santa Fe, lo llevaron a ser líder nacional en el manejo de nutrientes para mejorar la producción y la sustentabilidad de nuestros sistemas. Hugo ha sido no sólo un investigador incansable, sino también un apasionado extensionista capaz de llevar los resultados de sus parcelas a cada productor y rincón del país. Sus presentaciones y los desafíos, retos incluidos, que plantea, fueron marcando un camino para todos los que formamos parte del sector.

Hugo estudió en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Corrientes donde recibió el titulo de Ingeniero Agrónomo y obtuvo el grado académico de Magister Scientiae en Producción Vegetal en la Unidad Integrada del INTA y la Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP) en Balcarce. Su carrera profesional se asoció siempre con la EEA INTA Rafaela y también desempeñó cargos docentes en la UTN Rafaela y como disertante invitado en cursos de especialización de varias universidades. Sus numerosísimas charlas en congresos, simposios y jornadas técnicas, a lo largo y ancho del país, siempre han sido seguidas con atención a partir de la pasión con la que transmitía sus conocimientos.

Por todo lo que significó para este sector, algunas de las personas que lo conocieron en el ámbito profesional, y también en la vida, manifiestan, a través de estas páginas, sus vivencias y sus sentimientos:

"Los buenos se van antes, decía un poeta de Brasil. Y cuando me enteré del accidente sufrido por Hugo Fontanetto, no pude evitar recordarlo...los buenos se van antes. Bueno de bondad, de buena gente, pero bueno también por ser un profesional enorme. Capaz de dominar temas que a veces son antagónicos como el método científico y el trabajo de campo, la publicación y la extensión.

En la historia de la expansión agrícola argentina y del desarrollo de la siembra directa hay muchos héroes anónimos, me atrevo a decir que Hugo fue uno de ellos. Infaltable como expositor en los primeros congresos de AAPRESID, cuando aún era discutida la técnica de la "labranza cero", Hugo explicaba pacientemente el trabajo de sus ensayos. Trabajando en el INTA Rafaela, fue la voz más importante para desarrollar la agricultura sustentable en la región centro norte de la Pampa Húmeda. Vislumbró tempranamente que las bases de una nueva agricultura eran la siembra directa, la reposición de nutrientes y la rotación con gramíneas, y lo volcó a múltiples experimentos para comprobarlo en su área de trabajo. No puedo dejar de preguntarme cuánto le debe el país a personas como Hugo.

Amigo de sus amigos, me llamó tantas veces por sus trabajos, como para mostrar el de sus colegas del INTA. De trato siempre directo y franco y aún más con los ingenieros jóvenes, a quienes educaba y aconsejaba. Un pecho ancho el de Hugo, con un corazón enorme.

Tres cosas sucedían en cada encuentro con Hugo. Aprender, reír y discutir. Aprender al menos un poco de toda su experiencia, de sus trabajos a campo, sus observaciones, sus consejos que tan generosamente nos daba. Reír con sus ocurrencias, con las comparaciones graciosas que podía hacer en el momento más solemne con la intención de bajar el tema y ponerlo al alcance de nuestro entendimiento. Discutir porque era un apasionado, un gringo de tierra de gringos, que trabajaba poniendo toda su energía en proyectos tan formidables como transformar la agricultura de un país.

En nuestro equipo de trabajo, tanto en la empresa como en Fertilizar, la noticia dolió mucho. Sin dudas lo vamos a extrañar. Y queda claro que lo merece."

Por Jorge Bassi, Vicepresidente de Fertilizar y Gerente de Marketing de Bunge Fertilizantes.

"Estuve muchos años trabajando al lado de él y por eso digo que hay mucho para contar. En estos días que pasaron del accidente son muchas las vivencias que se me aparecieron. Revisando un poco el pasado puedo decir que lo conocí cuando apareció siendo estudiante en la Estación Experimental, buscando ayuda para realizar su trabajo final de graduación y nuestro primer trabajo juntos se publicó en 1990.

Hugo tenía una gran capacidad de trabajo. El tema conservación y manejo de los suelos lo apasionaba. Era muy frecuente que apareciera los lunes por mi oficina y me decía: "mira lo que escribí y fijate si se entiende". No descansaba, era su segundo amor.

Él estaba convencido de que si el trabajo servía había que mostrarlo, difundirlo, no era suficiente hacer el informe técnico, era necesario que llegara a todos. Y los que lo conocieron saben perfectamente de ello por las innumerables charlas y conferencias que dio, o seguro que recuerdan sus famosos mensajes a los RT - resistentes a la tecnología (sello personal indiscutido que nunca olvidaremos)-.

Y digo que el trabajo era su segundo amor, porque indudablemente el primero y más importante era su familia. Siempre participó en todo lo relacionado con la crianza, la educación, el fomento por los deportes y, por supuesto, con los problemas juveniles de sus hijos. Gran padre y compinche de ellos. La fatalidad quiso que uno de ellos partiera antes de lo que la naturaleza establece como natural, y con él se fue gran parte de Hugo. Se hizo fuerte por el resto de la familia, pero el dolor lo doblegó.

Fueron muchísimas personas las que llamaron, doloridas por lo acontecido. A todas ellas les pedí que lo recordaran por su pasión por el trabajo, por su energía y es lo que yo quiero conservar para siempre."

Por Sebastián Cachi Gambaudo, INTA Rafaela

"Es difícil dar un adiós a un amigo, mejor recordarlo en sus pasiones y en los momentos compartidos. Aunque son obvias las diferencias entre las personas, fuiste uno de los diferentes, ¡ese término que se usa en el fútbol para destacar a los buenos! Para mí fuiste diferente por tu dedicación, tu permanente búsqueda de las cosas nuevas, tu manera de romper los moldes y tu forma de ser frontal...esa que no siempre te dio momentos agradables, pero que te caracterizó e hizo que te respeten muchos. Tu camino queda marcado junto con el de algunos otros pocos que siempre son bien recordados. ¡Gracias por los buenos momentos que compartimos. Un abrazo y hasta siempre!."

Por Ricardo Melchiori, INTA Paraná

"Es muy fuerte y emotivo dejar unas palabras en homenaje a quien en vida fue uno de mis mejores amigos y compañero de ruta en la vida profesional, apoyando todas las actividades de capacitación y difusión organizadas por Sembrando para el sector agropecuario. Para Hugo la vida era un "mix" entre su familia, el INTA y los amigos. Sin temor a equivocarme puedo decir que "fertilizó" cada momento de su vida de una manera muy especial:

- En lo familiar: abonando con amor, cariño y mucho afecto a su grupo íntimo.
- En lo profesional: dedicando a la investigación, el desarrollo y la transferencia de tecnología para los productores agrícolas y ganaderos de buena parte de nuestro país, aportando sus amplios y profundos conocimientos sobre el tema de su pasión LA FERTILIZACION CON PRECISION.
- En lo personal y relación con los amigos: un caballero con todas las letras.

Todo lo que hacía tenía un toque de cordialidad, distinción, vitalidad y buen humor, bajo un sólido concepto de humildad, respeto y honestidad.

¡No tengo dudas que su recuerdo siempre generará, entre quienes lo conocimos, una sonrisa cariñosa y hará recordar al GRINGO Fontanetto como un grande!.

Como lo hiciste siempre, sé que estarás presente en cada momento junto a todos tus seres queridos aportando la "dosis" de espiritualidad necesaria para seguir adelante con fuerzas y buena onda. Hasta siempre chamigo".

Por Luis Bonetto, Sembrando

"Hugo es un gran amigo. Lo recuerdo desde su sinceridad, transparencia y rectitud. Conversar con él era sentirme un par de pasos más cerca del futuro, trascendía el día a día anticipando temas que con el tiempo se consolidaban como necesidades pero a la vez muy próximo a la realidad respondiendo a los interrogantes del presente con información y criterio profesional actual. Su visión del manejo de los nutrientes dentro de los sistemas de producción trascendió a su localía geográfica, promoviendo a fortalecer la importancia de los "faros largos" para un manejo eficiente de la nutrición y la integración entre diferentes prácticas tales como la fertilización en la rotación, el uso de tratamientos biológicos no sólo en leguminosas, la inclusión de micronutrientes, etc. Recientemente motivó la organización de estudios para el manejo de garbanzo sustentado nuevamente en la integración no solo de conceptos sino de recursos acercando a profesionales de diferentes instituciones y empresas. Referente profesional dispuesto a sumar y a compartir, sus resultados y comentarios estaban siempre disponibles. Sin fronteras, pero con límites, no me resultaba extraño intercambiar con él sobre experiencias o desarrollos en diversas geografías, pero menos extraño era su comunicación de limitaciones y de búsqueda de sinergias para responder a sus interrogantes. En Hugo encontraba al especialista en fertilidad de suelos, al colega próximo y comprometido con el productor y al amigo que no dejaba de preocuparse del tan complejo balance entre la profesión, la salud y la familia. Las charlas con él, por breve que fuesen, siempre incluían alguna pregunta o reprimenda por descuidar lo más valioso que tenemos a nuestro alcance y que por su proximidad no siempre vemos: nuestra familia."

Por Martin Diaz Zorita, Novozymes

"La desaparición de Hugo ha causado un enorme sentimiento de dolor en muchos de sus colegas que lo conocimos y compartimos los aspectos personales y laborales de su vida.

Lo veíamos tratándose de recuperar, con su familia, de un golpe muy duro que le había propiciado la vida, que marcó su estado emocional en los últimos años.

Un par de largas charlas mantenidas sobre esos momento, me permitió estar muy cerca de él, a pesar de la distancia física. Estábamos en caminos profesionales paralelos, pero tuvimos varios encuentros y coincidencias profesionales.

Lo más destacado es que fui un seguidor de sus presentaciones y sus trabajos en su especialidad.

Él supo de mi temprana relación con la Fertilidad y los Fertilizantes, cátedra de la UBA adonde llegué a ser ayudante de Primera y a terminar mi tesis en "Fertilización Foliar en Soja".

Luego mi vocación por la Genética y casualmente la soja, me permitió entender mejor, por el resultado de sus investigaciones, la necesidad de corregir aspectos agronómicos para hacer sustentable este cultivo.

Eran muy fuertes sus críticas al sistema productivo actual, de escasas rotaciones, marcando también el poder extractivo de la soja y su monocultivo. Sin embargo, sus valientes opiniones, y a pesar de mi pasión y estrecha relación con el cultivo, eran respetadas e interpretadas, pues aparte de las comprobaciones a campo, sus conclusiones se basaban en pura Ciencia".

Por Rodolfo Rossi, Acsoja y Nidera

APROVECHAMOS ESTE ESPACIO PARA HACERLE LLEGAR NUESTRO MÁS CÁLIDO SENTIMIENTO A TODA LA FAMILIA DE NUESTRO ENTRAÑABLE AMIGO HUGO M. B. FONTANETTO.

"Conocí a Hugo Fontanetto hace ya muchos años. Durante 4 años tuve la suerte de participar con él en varios trabajos de asesoramiento en nutrición de cultivos para empresas agropecuarias.

La fortuna de haber compartido todo ese tiempo con Hugo fue una experiencia única. Caminando los lotes de producción y ensayos, siempre se aprendía algo nuevo, ya que tenía una capacidad increíble de "ver más allá" y cada vez que se nos ocurría evaluar alguna nueva tecnología, él ya lo había hecho, por lo que generosamente compartía sus experiencias. Siempre aportó ideas y soluciones creativas para compatibilizar la investigación con la realidad del campo que a los productores les tocaba vivir. Lamentablemente hemos perdido a un excelente profesional de la agronomía y a una persona cuyos valores lo hicieron único. ¡Te recordaremos por siempre querido Huguito!."

Por Agustín Bianchini

"Hugo fue un colega de INTA de esos por los que uno siente orgullo de que pertenezcan a la Institución. Era muy trabajador y siempre comprometiéndose para difundir lo que sabía. Me parece verlo, disertando en los congresos de AAPRESID, en los Simposios del IPNI o cuando un día recorriendo EXPOCHACRA veo un grupo de productores muy atentos al costado de una carpa, y cuando me acerco estaba Hugo dando una charla ayudado por una notebook que sostenía un productor. Tenía un Humor irónico, recuerdo que siempre que me encontraba con él, trataba de estar atento a lo que me iba a decir y así poder retrucarle, eso le gustaba. También era de armar situaciones humorísticas entre algunos de sus compinches. Me acuerdo de una cuando estábamos organizando el Congreso de Suelos de Rosario, llegaba, nos miraba, hacia algunas señas y los que estábamos al tanto nos tentábamos. Es muy lamentable lo que pasó. Siempre lo vamos a recordar. Hace unos días, en una reunión de trabajo entre colegas de INTA, todos compinches de Hugo, en un momento, alguien naturalmente dijo, aquí tendría que estar el Huguito y todos coincidimos. Sebastián, el Cachi, me comentó que era muy familiero y se preocupaba por su familia. A ella le envío fuerza para que los ayude a superar este difícil momento".

Por Vicente Tito Gudelj, INTA Marcos Juárez

"En estos meses desde su partida, muchísima gente cercana y más lejana, y aún ni imaginada, de muchos lugares distintos de Argentina y del exterior, expresó su sentimiento. Creo que todo lo que hemos escuchado sobre Hugo sólo nos hace sentir mucho más esta partida, pero también agranda su figura de persona, amigo y profesional. Vale la pena hoy recordar al Hugo amigo, quien siempre estaba listo para dar una mano, para brindarnos una alegría y mucho de aquello de la vida que "te invita a tomar café". Hugo ha sido permanente participante de congresos y simposios y como tal, lo disfruté pero también lo "sufrí" en muchos de los simposios de Fertilidad de Rosario. Antes de sus presentaciones, mi recomendación era "Hugo acordate que tenes 40 minutos, no pongas muchas diapositivas", respuesta "Vos tranquilo Fer, que yo termino justo a tiempo". ¡El tema es que no me daba su presentación hasta estar en el estrado y ahí yo veía que tenía 160 o 180 diapositivas para esos 40 minutos!. Por supuesto, yo quedaba blanco y desesperado, pero Hugo, muy tranquilo, me decía "yo te dije que termino en 40 minutos y así va a ser". Mientras yo contaba diapositivas reloj en mano, Hugo iba desarrollando los temas con la pasión y docencia de siempre, rápido tal vez, enseñando siempre, y ... a los 39 minutos ... terminaba, agradecía y me miraba con una sonrisa socarrona entre labios, como diciendo "Gallego, no te preocupes que la tengo muy clara". Esto fue una constante en cada una de sus presentaciones y se convirtió en una chicana mutua, de mi parte "mira que te bajo 10 minutos", de Hugo "no importa termino todo igual sin sacar un tema"...¡un capo el tipo!.

Para todos aquellos que tuvimos la fortuna de estar cerca de Hugo a lo largo de su vida y su carrera, se nos ha ido un gran amigo, un tipo con quien siempre podemos contar, siempre. Decimos se nos va, pero en realidad Hugo ha dejado un extraordinario legado: una pasión por la agronomía y los suelos, una pasión por el trabajo, una pasión por la amistad, y un amor inigualable por su familia. Hugo ha sido un hombre de bien, "buena gente" como solemos decir, con sus pasiones, amores, locuras, broncas, alegrías y tristezas. Ojalá ese legado del que hablamos trascienda y alcance a las nuevas y futuras generaciones".

Por Fernando García, IPNI Cono Sur

"Ha partido Hugo Fontanetto. Hugo fue un referente inolvidable del INTA, una persona cuyas palabras, conferencias y trabajos recordaremos por siempre. Su pasión por la agricultura y la investigación era tan fuerte como su temperamento. Como le gustaba decir en sus conferencias (y especialmente si lo escuchaba mucha gente). El también era "RT": pero en este caso ReTrabajador. No hubo cultivo al que no se le haya puesto al frente: alfalfa, pasturas mixtas, trigo, cebada, garbanzo, arveja, colza, maíz, soja, sorgo, maíz tardío, y seguramente me estoy olvidando algunos. Todos los ensayaba con la curiosidad de un becario y con el rigor de un sabio.

Hugo comprendía como pocos la realidad de los sistemas productivos de la zona centro de Santa Fe, y por lo tanto no se limitó a estudiar el efecto de los nutrientes, sino que enfocado en identificar, jerarquizar y superar las limitantes a la productividad, cuantificó el efecto del agua, las rotaciones, la genética y los cultivos sobre la respuesta a la tecnología. Los trabajos sobre volatilización de nitrógeno, uso de efluentes de tambo, corrección de bases en pasturas y evaluación de legumbres-maíces tardíos fueron pioneros en nuestro país, dejando una impronta y una cantidad de nuevas hipótesis que constituyen un fuerte compromiso de trabajo para todos los que debemos continuar su camino.

Hugo fue más amigo de sus ayudantes que de los jefes y atendía de igual manera al más humilde productor que al más ilustre jefe de Estado. Esa nobleza y humildad brutal lo hizo amigo de todos y opinión autorizada para estudiantes, productores, técnicos y científicos. Aunque, sin duda, El pensaba más en las necesidades de los primeros. Seguramente al partir albergaba en su corazón inquietudes y preguntas que en algún lugar del universo podrá responder. Es que, si algún día de estos vemos caer granitos (o gotitas) de fertilizante desde el cielo, será que Hugo Fontanetto está haciendo de las suyas, en un lugar cercano o lejano, donde alguien muy querido lo estaba esperando, junto a Dios, El descansa, o mejor dicho, trabaja en paz".

Por Gustavo Ferraris, INTA Pergamino

SE PIERDEN RENDIMIENTOS POR NO FERTILIZAR

LA SOJA CORRECTAMENTE

Si bien, en esta campaña 2012-2013, aumenta la intención de siembra de soja, las dosis de fertilizantes aplicadas no alcanzarían para cubrir los requerimientos nutricionales del cultivo, lo que se traducirá en una merma de los rendimientos.

Datos de una encuesta realizada por Fertilizar durante el mes de Septiembre, sobre alrededor de 800 productores de distintos tamaños y regiones agrícolas de la Argentina, indican que de los cultivos de verano, el único que aumentaría su intención de siembra es la soja, superando las 19 millones de hectáreas para la presente campaña. En cuanto a la fertilización, se estima que el área fertilizada alcanzará el 68 % de la superficie sembrada, aunque aplicando las mismas dosis que el año pasado. Esto indicaría que no se estaría fertilizando correctamente, ya que las dosis actuales no cubren los requerimientos nutricionales de los cultivos en la mayoría de las zonas agrícolas del país, ni la reposición de los nutrientes extraídos con la cosecha.

"*Subestimar los requerimientos de los cultivos lógicamente traerá aparejado una merma en los rendimientos, además de generar un impacto negativo sobre el principal recurso productivo y patrimonio del productor: el suelo. Una vez más, el productor y el país están perdiendo rendimientos por no fertilizar la soja con las dosis adecuadas*", comentó Pablo Pussetto, Presidente de Fertilizar Asociación Civil.

Por otra parte, se estima que el volumen de fertilizante que se utilizará en soja en esta campaña va a ser el 30% del volumen total consumido en la Argentina para todos los cultivos. Si consideramos que del área cultivada en el país, el 53% está ocupada por soja y que este cultivo consume solamente el 30% del fertilizante aplicado a nivel nacional para todos los cultivos, evidencia la poca reposición de nutrientes que se realiza en soja y la consecuente degradación de los suelos que se produce desde el punto de vista nutricional.

Asimismo, estudios recientes realizados por Fertilizar AC, INTA y UNRC (Universidad Nacional de Río Cuarto) en nueve localidades de la Región Pampeana, muestran que en los tratamientos fertilizados con dosis de reposición, los rendimientos son hasta un 25% superior respecto de los tratamientos que no fueron fertilizados, y un 15% superior a los tratamientos con manejo tradicional. "*Estos resultados estarían indicando que dosis de fertilización a reposición mejoran el rendimiento del cultivo. Y si además, anticipamos la aplicación a mayo-junio, los rendimientos mejoran notablemente cuando los comparamos con el manejo tradicional realizado por el productor y contribuimos a conservar la fertilidad actual de nuestros suelos*", señaló Jorge Bassi, Vicepresidente de Fertilizar.

Estas respuestas se lograron solamente con fósforo, además hay que tener en cuenta el azufre que es un nutriente de deficiencia probada en estos cultivos y más recientemente a los micronutrientes como el boro, entre otros. "*En definitiva, debemos pensar y diseñar estrategias de fertilización en soja que nos permitan maximizar los rendimientos*".

En cuanto a la relación insumo/ producto (kg de soja necesarios para comprar 1 kg de Super Fosfato Simple), para esta campaña es muy favorable, siendo cercana a uno, por lo que se encuentra en niveles inferiores respecto de la campaña anterior y también del promedio de las últimas cuatro campañas.

"*Si consideramos que los niveles de fósforo en la mayoría de los suelos de la Región Pampeana se encuentra en niveles inferiores al umbral de respuesta a la fertilización, podríamos pensar que con estas condiciones de precios podemos utilizar dosis de fertilizantes para Fósforo y Azufre, tanto de reposición como de enriquecimiento para realizar correcciones de los niveles de estos nutrientes en los suelos y mejorar su calidad*", destacó Ma. Fernanda González Sanjuan, Gerente Ejecutiva de la entidad.

En resumen, la problemática ambiental y de rendimientos estancos asociados a la soja, no son producto del cultivo en sí mismo, sino que son consecuencia de no usar correctamente el paquete tecnológico disponible: rotación de cultivos, tecnología de fertilización (qué nutriente, en qué momento y dosis) y buenas prácticas agrícolas.

"*En la campaña actual las condiciones están dadas para realizar el cultivo de soja apuntando a altos rendimientos, de manera sustentable, reponiendo los nutrientes y obteniendo los resultados económicos esperados*", concluyó Pablo Pussetto.

Somos la única plataforma de comunicación integral que difunde las producciones agropecuarias del norte argentino

SOMOS

* Revista Amanecer Rural.
* Revista Amanecer Fruti Hortícola.
* El Campo Hoy Diario Digital.
* WWW.amanecerrural.com El Portal Agropecuario del Norte.
* Amanecer Capacitando: Seminarios y Jornadas.
* Campo Demostrativo: Donde las empresas del sector pueden mostrar sus paquetes tecnológicos disponibles para el Norte.

Somos un equipo al servicio del productor agropecuario del NORTE ARGENTINO

Amanecer Capacitando
Amanecer Rural La revista agropecuaria del Norte Argentino
Amanecer Rural Campo Demostrativo
Amanecer FrutiHortícola La Revista de la Cadena Productiva
Haciendo Extensión Agropecuaria
Amanecer Rural El Campo Hoy

Informes. Laprida 744 Resistencia-Chaco - Tel. 0362 4 444507 - administracion@amanecerrural.com

Fig. 1 Relación Insumo/ Producto (SPS/Soja). Toneladas de Soja necesarias para comprar una tonelada de fertilizante fosfatado (SPS). Fuente: Fertilizar AC

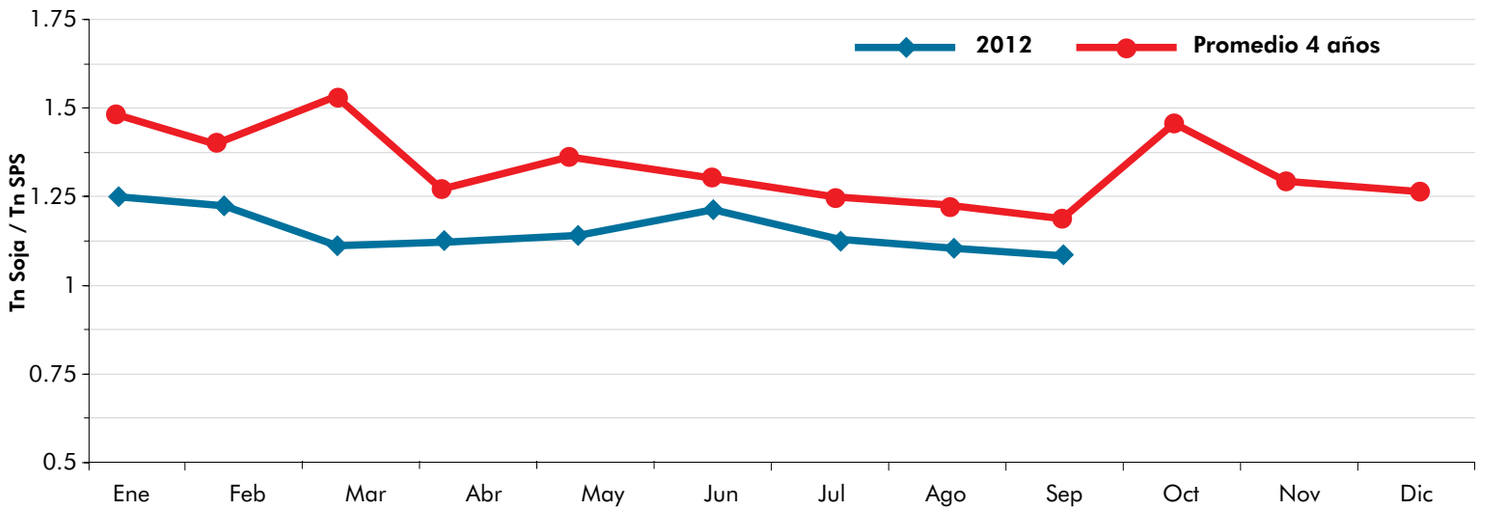


Fig. 2 Respuesta a diferentes estrategias de fertilización con P en Soja. Todos los tratamientos fueron fertilizados con azufre. Fuente: Fertilizar AC- UNRC – INTA (L. Ventimiglia, G. Espósito, G. Ferraris, F. Salvagiotti, Iolle y M. Boxler)

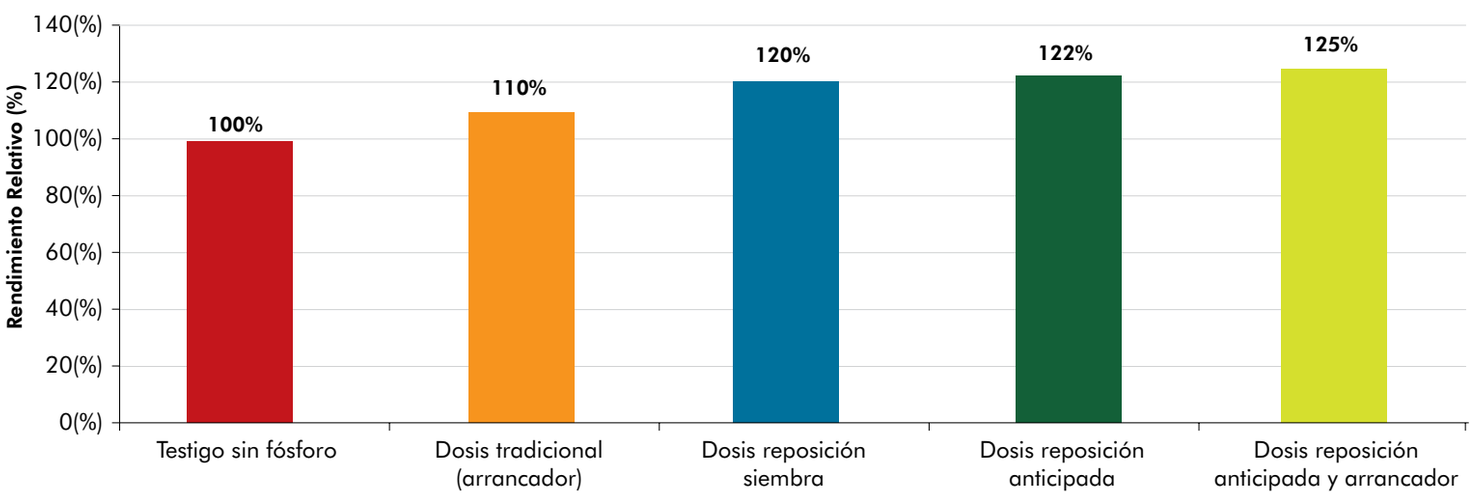
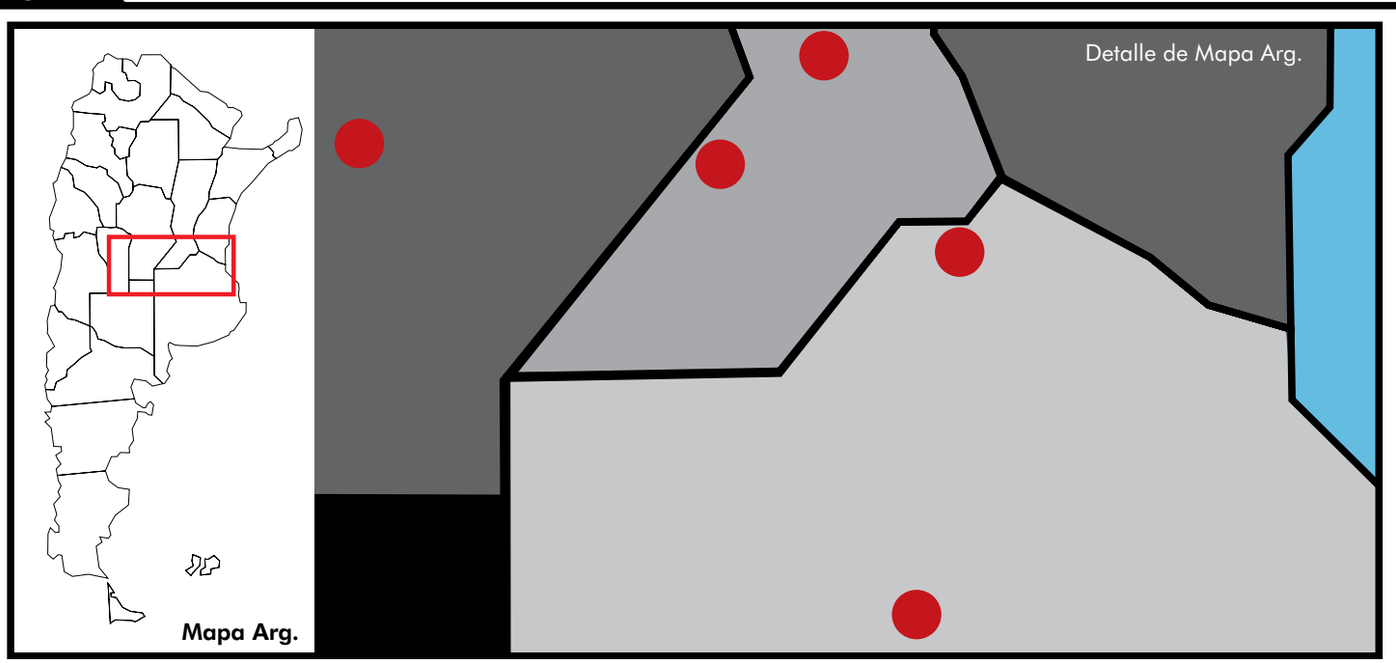


Fig. 3 Ubicación de los ensayos realizados. Fuente: Fertilizar AC- UNRC – INTA



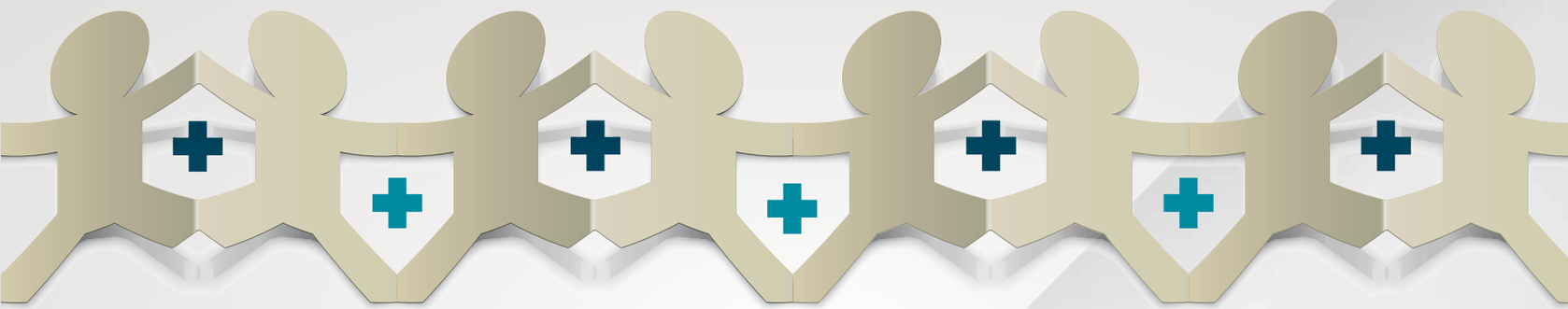
JORNADA TÉCNICA
MICRONUTRIENTES 2012

El 28 de noviembre Fertilizar Asociación Civil y el INTA Pergamino organizaron la **"Jornada Técnica Micronutrientes 2012"** en el salón de conferencias de Rizobacter, en Pergamino, provincia de Buenos Aires.

De la jornada, de la que participaron alrededor de 150 técnicos y asesores del sector público y privado y se contó con la participación de numerosos disertantes entre los cuales se encontraron: el Ing. Agr. Gabriel Espósito de la Universidad de Río Cuarto, quien habló sobre **"Fertilización con Zinc en cultivos de maíz y trigo"**; el Dr. Andrew Green del International Zinc Association (IZA), quien presentó "La iniciativa del zinc: mejorando la salud humana y la producción de cultivos con el uso del zinc"; el Dr. Joao Moraes, Director del Programa Brasil del IZA, quien habló sobre **"Deficiencia de zinc y aspectos agronómicos"** y el Ing. Agr. MsSc Gustavo Ferraris del INTA Pergamino que profundizó en **"Micronutrientes en la región pampeana argentina".** Además disertaron el Ing. Agr. MsSc Francisco da Cunha de Agroprecisa de Brasil, sobre **"Uso de micronutrientes en los sistemas de soja-maíz en Brasil"**; el Ing. Agr. PhD. Hernán Sainz Rozas del INTA Balcarce, sobre **"Mapa de Disponibilidad de Nutrientes en la Región Pampeana"** y el Ing. Agr. PhD. Ricardo Melgar del INTA Pergamino, acerca de **"Productos fertilizantes en el Mercado Argentino."**

El encuentro estuvo patrocinado por IPNI Cono Sur, Asociación Latinoamericana de Zinc (LATIZA) y Produquímica.

Horizonte A
E-mail marketing



LA HERRAMIENTA
PARA LLEGAR + LEJOS

Diseñamos la campaña a tu medida

Envíos a nuestras bases de datos, con el costo mas bajo y el resultado mas efectivo del mercado

Reportes de cada campaña garantizan la transparencia y miden la efectividad de cada acción

CONTACTANOS PARA SABER MÁS ACERCA DE NUESTROS SERVICIOS

info@horizonteadigital.com

EFECTOS DEL NITRÓGENO
SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD
DEL ALGODÓN
EN SURCOS ESTRECHOS

Mario Mondino, Oscar Peterlin y Norberto Gómez
INTA-EEA Santiago del Estero - mmondino@santiago.inta.gov.ar

La producción de algodón en surcos estrechos, caracterizados por el acortamiento a 0.52 cm de la distancia entre surcos, permite aumentar la densidad de plantas hasta 200.000 plantas/ ha.

Esto se debe a que ha demostrado poseer potencial para incrementar significativamente la producción debido a que interceptan más luz y hacen más eficiente el uso del agua. Algunos estudios previos han demostrado la posibilidad de incrementar los rendimientos entre un 20 y 50% con respecto a los sistemas tradicionales.

Los requerimientos básicos de N del algodón son razonablemente conocidos; sin embargo, las necesidades de N para algodones sembrados en surcos estrechos aumentarían dado el mayor potencial de rendimiento. Deficiencias de nitrógeno durante el período crítico que se extiende desde primer pimpollo hasta pico de floración pueden reducir significativamente los rendimientos y la calidad de fibra. Por el contrario, el exceso de N puede promover el crecimiento vegetativo a expensas de la producción fructífera, produciendo el derrame de pimpollos y pequeñas cápsulas, y retrasando la maduración.

Pero a su vez, este sistema de producción en surcos estrechos puede modificar la eficiencia de uso del N por una mejor distribución espacial de las plantas y el incremento en la eficiencia del uso de agua, asociado a una mejora de los rendimientos comparados con los sistemas tradicionales.

Debido a que la fertilización con nitrógeno es un componente crítico en la producción de algodón en la zona de riego del Río Dulce de Santiago del Estero, por los bajos contenidos de materia orgánica y nitrógeno que presentan los suelos del área, el objetivo de esta experiencia fue determinar la respuesta al nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad del algodón conducido en surcos distanciados a 0,52 m

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó bajo riego en el Campo Experimental La María (INTA —Santiago del Estero), en condiciones controladas de disponibilidad de agua y control de malezas y plagas. El suelo de la experiencia es un Haplustol de capacidad de uso II. Los valores del análisis de suelo indican ausencia de salinidad con pH 7.2, bajos niveles de materia orgánica (1.1%) y nitrógeno (0.09%) y adecuados niveles de fósforo (24 ppm) y potasio (1123 ppm).

La siembra se realizó el 31 de octubre con el cultivar Guazuncho 2000 RR, lográndose una densidad final de 22 plantas por m², en surcos espaciados a 0,52 m, mediante el raleo a mano en el momento de aparición de 4ª hoja verdadera. Los tratamientos consistieron en la aplicación de cuatro dosis de nitrógeno: 0, 50, 75 y 100 kg/ha de urea aplicada en ese momento.

El rendimiento fue obtenido por la cosecha manual de los dos surcos centrales y los resultados se expresaron en kg/ha. Además, se evaluó el número de capullos por m² de surco, y peso promedio de capullos. La eficiencia de uso del fertilizante se obtuvo por el empleo de la siguiente fórmula:

(Rendimiento tratamiento fertilizado - Rendimiento del testigo)/kg de N aplicado

Para la determinación de la calidad de fibra se extrajeron muestras de 50 capullos ubicados en el primer nudo de diferentes ramas fructíferas (primera posición) y diferentes plantas al azar. Se los secó hasta hume-

dad constante y luego del proceso de desmote mecánico (separación de fibra y semilla) con la fibra resultante se establecieron los parámetros tecnológicos más importantes que definen la calidad de fibra: índice micronaire, longitud (mm), uniformidad (%), resistencia (gtex) y elongación (%).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los datos obtenidos (Tabla 1 y Figura 1) el rendimiento, la eficiencia de uso del fertilizante, el número y el peso de los capullos fueron significativamente afectados por la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno en distanciamientos estrechos. La aplicación de nitrógeno aumentó los rendimientos, siendo la dosis de 75 kg/ha la que presentó las mayores diferencias, con una aumento de 22 % en la producción de algodón en bruto sobre el testigo, con un máximo teórico de 67 kg/ha.

Estos resultados son consistentes con los obtenidos por otros autores en EEUU, si bien las dosis asociadas a los mayores rendimientos oscilaron entre 56 y 100 kg de N/ha según los autores. Si se analiza el rendimiento en función de la eficiencia de uso del fertilizante se observa que no se presentaron diferencias entre las dosis de 50 y 75 kg/ha, mientras que la dosis de 100 kg fue poco eficiente en convertir cada kg de fertilizante en rendimiento económico.

> **“LA DOSIS DE 75 KG/HA ES LA QUE PRODUJO LOS MAYORES VALORES DE RENDIMIENTO, ÍNDICE DE COSECHA, NÚMERO Y PESO DE CAPULLOS”**

Comparado con el testigo sin nitrógeno, la aplicación de diferentes dosis de fertilizante originó diferencias significativas tanto en el número de capullos por unidad de superficie como en el peso promedio de capullos. A medida que se incrementó la dosis de N aumentó el número de capullos por m2 hasta alcanzar las mayores diferencias significativas con el empleo de 75 kg ha de N, dosis a partir de la cual el valor de esta variable decreció. Similar tendencia se manifestó para el peso de capullos, aunque los valores de la variable no decrecieron a las dosis más elevadas. Estos resultados presentan una tendencia similar a los obtenidos por otros autores a dosis semejantes, aunque con menores valores para cada variable, en un ensayo de algodón en surcos ultra estrechos realizado en Arkansas, EE.UU, durante tres años.

Tabla 1. Influencia de la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno sobre el rendimiento y sus componentes en cultivos de algodón sembrados en distanciamientos a 0,52 m.

Cuando se analiza la influencia de las diferentes dosis de nitrógeno sobre la calidad de fibra, la única propiedad tecnológica que fue afectada positivamente es la resistencia aunque sin presentar diferencias significativas entre las diferentes dosis. El resto de las variables no presentaron diferencias ante las variaciones en la aplicación de nitrógeno (Tabla 2). Resultados contrapuestos son reportados por diversos autores. Se menciona, por ejemplo, que tanto la resistencia como la longitud se incrementan en respuesta al agregado de nitrógeno, mientras que el micronaire sólo presenta diferencias significativas entre el testigo sin fertilizar y el tratamiento de 100 kg/ ha de N.

CONCLUSIONES

La aplicación de fertilizantes nitrogenados en surcos estrechos a 0,52 m produce un aumento del rendimiento a través de la mejora del número y peso de capullos. La dosis de 75 kg/ha es la que produjo los mayores valores de rendimiento, índice de cosecha, número y peso de capullos. El agregado de nitrógeno en cultivos de algodón con surcos distanciados a 0,52 m permite mejorar la resistencia de la fibra pero no afectó otras propiedades tecnológicas.

Tabla 1. Influencia de la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno sobre el rendimiento y sus componentes en cultivos de algodón sembrados en distanciamientos a 0,52 m.

Dosis N (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Eficiencia de uso	Nº Capullos por m2	Peso capullo (g)
0	5.387 c*	-	130 d	4,1 c
50	6.457 b	21 a	146 b	4,4 b
75	6.889 a	20 a	153 a	4,7 a
100	6.274 b	9 b	138 c	4,8 a
DMS	304	7	4	0,2

Fig. 1 Respuesta al nitrógeno observada sobre el rendimiento de algodón en bruto.

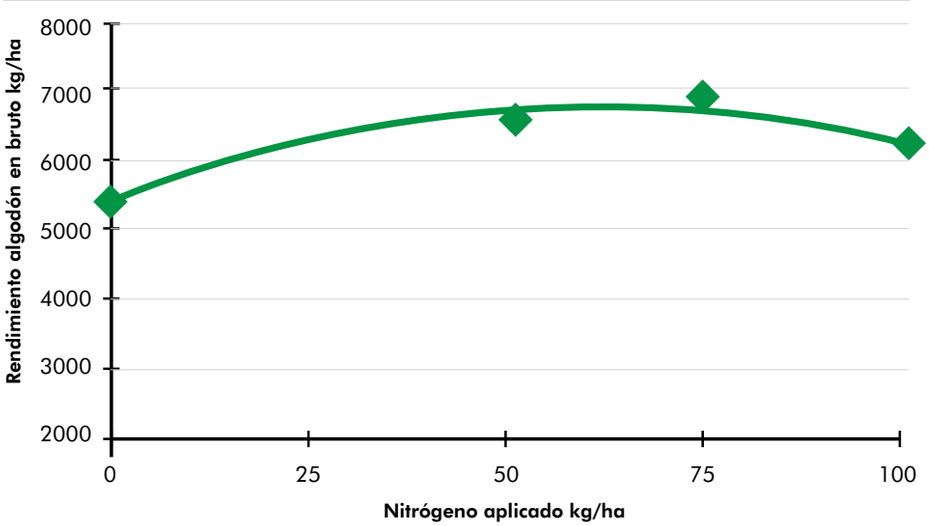


Tabla 2. Influencia de la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno sobre las propiedades tecnológicas de la fibra del algodón en surcos estrechos.

(kg/ha)	Índice micronaire	Longitud (mm)	Uniformidad (%)	Resistencia (g tex)	Elongación (%)
0	4,4 a	28,7 a	83,7 a	28,9 a	7,3 a
50	4,5 a	28,8 a	83,9 a	30,2 b	7,3 a
75	4,5 a	28,8 a	83,8 a	29,6 b	7,4 a
100	4,4 a	28,9 a	83,8 a	29,8 b	7,3 a
DMS	ns	ns	ns	0,62	ns

MICRONUTRIENTES EN LA REGIÓN PAMPEANA

Por:Hernán Sainz Rozas

Con el impulso de la demanda mundial de proteínas, el área cultivada con soja está creciendo a un ritmo acelerado en los países del Mercosur. Esa zona abarca más de 50 millones de hectáreas y exporta anualmente el equivalente a 60% de la producción mundial. La región es liderada por Brasil y Argentina, que juntos siembran casi 50 millones de hectáreas.

En Argentina la soja es el cultivo colonizador sobre nuevas áreas y se expande a una tasa anual de 8%, principalmente a expensas de áreas con pasturas y campos naturales, empujando la actividad ganadera a tierras más marginales.

La intensificación de la agricultura en Argentina y la falta de rotaciones con pasturas han producido una notable disminución de los niveles de MO y de nutrientes de los suelos de la región pampeana, los cuales, en algunas zonas, representan menos de la mitad de los niveles originales.

El mismo proceso de intensificación llevó al productor a hacer un uso mucho mayor de los fertilizantes, al punto de triplicar en un lapso de 20 años el consumo en la mayor región productora de granos del país. Este mayor uso de fertilizantes nitrogenados, fosfatados y azufrados, nutrientes vinculados al ciclo de la materia orgánica, achicó la brecha causada por la extracción resultante de los cultivos y la exportación de los granos. En tanto, la reposición es casi nula con los cationes y micronutrientes.

Los micronutrientes como el boro (B), el cobre (Cu) y el zinc (Zn) son elementos esenciales para el crecimiento y reproducción vegetal. Su deficiencia repercute negativamente en la producción, tanto en el rendimiento como en la calidad. Principalmente el efecto limitante resulta en una menor eficiencia del resto de los factores de producción, como agua, nutrientes de los fertilizantes y potencial genético de las variedades e híbridos mejorados.

Tanto en las áreas nuevas como en las ya establecidas en producción agrícola, si bien el creciente uso de fertilizantes respalda y sustenta económicamente la producción, puede estar avanzando sobre suelos deficientes de Zn u otros micronutrientes, y/o agotar las reservas del suelo debido a la falta de uso de fertilizantes con los micros necesarios.

Varios relevamientos en el pasado indicaban áreas con deficiencias, o en sus umbrales, inclusive se confeccionaron mapas que delimitaban esas áreas y superpuestos con la extracción teórica, demarcaban áreas con mayores posibilidades de surgir limitantes a la producción y respuestas económicas a su aplicación.

Un proyecto llevado a cabo por prestigiosos profesionales del INTA en colaboración con sus colegas de la vasta red de estaciones experimentales y agencias realizó recientemente un relevamiento del estado de disponibilidad actual de los micronutrientes más importantes, los comparó con la situación original o prístina de las principales series de suelo relevadas, y asoció sus características con otras variables de suelo, que permitan inferir su dinámica y establecer pautas para su manejo.

Cómo se realizó el relevamiento

En años recientes (2010 -2011) se tomaron 250 muestras georreferenciadas de suelo (0-20 cm de profundidad) de lotes con más de 15 años de agricultura y de suelos bajo condición casi originaria o prístina (parques, zonas de clausura y alambrados), pertenecientes a la misma serie de suelos de algunos partidos del sur, oeste y norte de Buenos Aires y sur de Santa Fe.

Las muestras se analizaron determinándose en el laboratorio los niveles disponibles de Zinc, Cobre (DTPA- espectrofotometría de absorción atómica) y Boro (extracción con acetato de amonio 1Na pH 4,8- Colorimetría con azometina); además del pH, materia orgánica, P (Bray 1) y capacidad de intercambio catiónico.

Los resultados se agruparon por zona y se caracterizó estadísticamente las poblaciones, comparando la significancia de las diferencias entre los valores prístinos y agrícolas

Se realizaron mapas de disponibilidad de cada micronutriente considerando tres clases de disponibilidad: Baja, media y Alta (Figuras 1, 2 y 3).

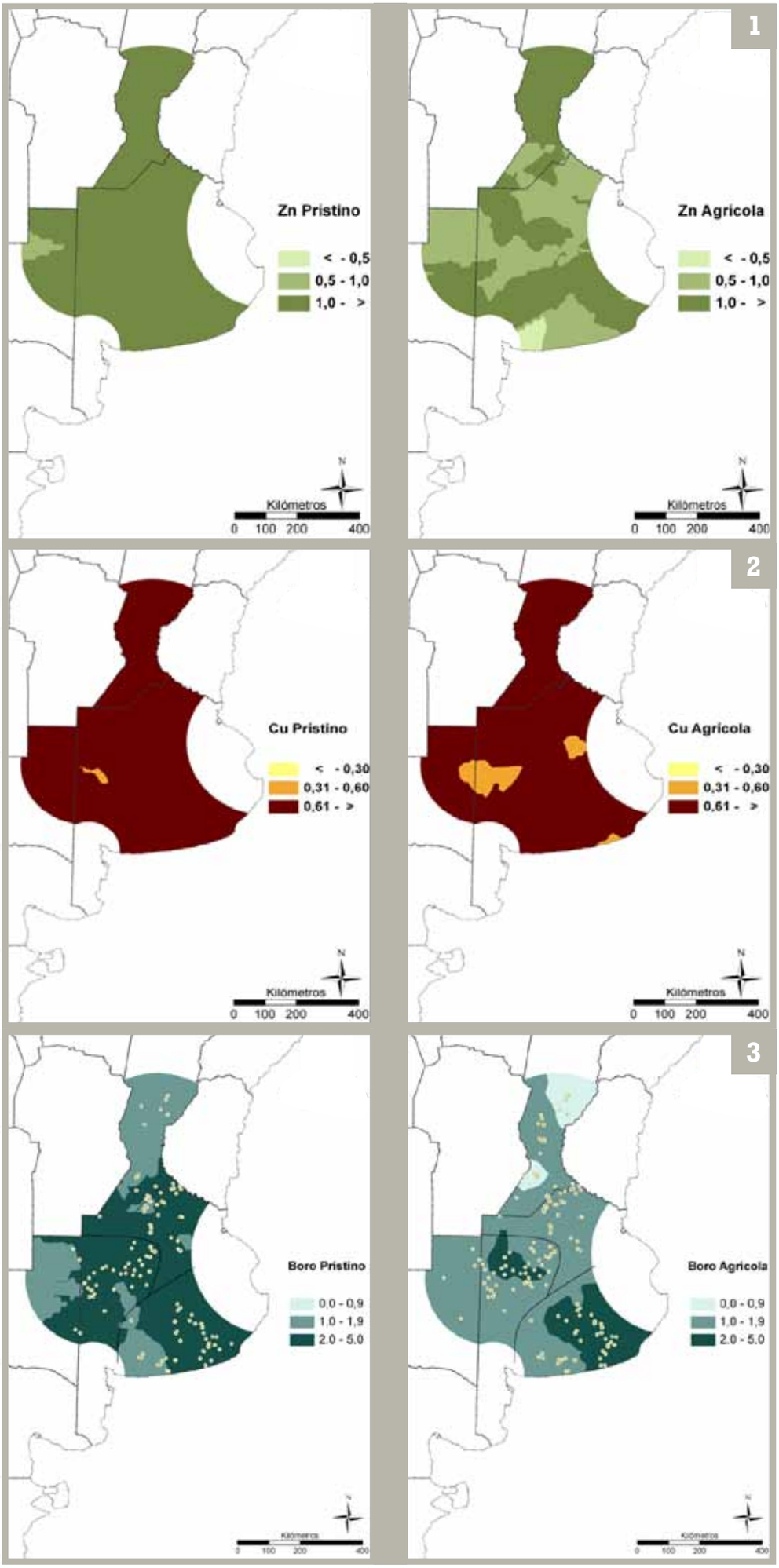
CUÁLES FUERON LOS RESULTADOS

El efecto de la actividad agrícola sobre los niveles de nutrientes y otras características de los suelos quedó una vez más demostrado con la disminución de los valores de los micronutrientes evaluados (Tabla 1). Además se confirman por los datos de este relevamiento que los valores de pH, de materia orgánica y P asimilable también son comparativamente menores que los de la condición originaria. Hubo algunas diferencias entre zonas, cuando se evaluó la capacidad de intercambio, en efecto, en la región oeste e Buenos aires y E de la pampa, ni ésta ni el pH disminuyeron significativamente.

El porcentaje de reducción respecto de los suelos prístinos varió del 0 % al 77%, mostrando en las zonas norte y oeste las mayores disminuciones. Porcentualmente las reducciones más importantes se observan en el zinc, seguidos por el boro y luego por el cobre. Considerando un promedio de todas las zonas, los valores de Zn de los suelos agrícolas son casi un 70 % inferiores a los de la condición prístina, mientras que los de B son un 25 % menores y los de cobre un 7%.

Tabla 1. Valores más frecuentes (mediana) de los valores de micronutrientes disponibles (B, Zn y Cu) en las tres zonas donde se realizó el relevamiento.

	Boro		Zinc		Cobre	
Zona	Virgen	Agrícola	Virgen	Agrícola	Virgen	Agrícola
	mg / kg o ppm					
N Buenos Aires - S Santa Fe	2.0	1.4	4.8	1.1	1.5	1.4
O Buenos Aires - E La Pampa	2.4	1.8	2.9	0.9	0.9	0.8
S Buenos Aires	2.5	2.0	1.9	0.8	1.4	1.4



“LOS MICRONUTRIENTES COMO EL BORO (B), EL COBRE (CU) Y EL ZINC (ZN) SON ELEMENTOS ESENCIALES PARA EL CRECIMIENTO Y REPRODUCCIÓN VEGETAL”

Figura 1. Zinc disponible (mg/kg) (DPTA) en suelos prístinos y agrícolas en algunas zonas de la región pampeana Argentina.

Figura 2. Boro disponible (mg/kg) (acetato de NH4 1N) en suelos prístinos y agrícolas en algunas zonas de la región pampeana Argentina. Los puntos representan los sitios muestreados.

Figura 3. Cobre disponible (mg/kg) (DTPA) en suelos prístinos y agrícolas en algunas zonas de la región pampeana Argentina.

La actividad agrícola disminuyó el pH de los suelos en el norte y sur de la región. La mayor acidificación observada en esta zona podría ser explicada por la mayor exportación de bases respecto de otras regiones agrícolas y por una mayor historia de aplicación de fertilizantes. Por otra parte, se determinaron caídas importantes del P-Bray, particularmente en las zonas norte y oeste, en donde los suelos prístinos mostraron los valores más altos.

En suelos prístinos, los mayores contenidos de MO se determinaron al sur de la región y los más bajos al oeste, lo que se explica por la influencia del clima y la textura de los suelos sobre el balance de carbono. Sin embargo, en suelos bajo agricultura los niveles de MO en el oeste y norte de la región fueron similares.

Es claro que la distribución de frecuencias de estos valores indica que existen muchas zonas clasificables como deficientes y que no sólo limitarían la producción de cultivos con mayores requerimientos por su potencial de respuesta. Los umbrales de respuesta a los micronutrientes Zn y B, principalmente conocidos por numerosos trabajos en todo el mundo, permiten inferir que una gran parte de los suelos bajo agricultura podrían resultar en respuestas económicas a su agregado como fertilizantes.

CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados indican que los niveles de los tres micronutrientes en suelos bajo agricultura han disminuido notablemente en el área relevada de la región pampeana comprendida por la provincia de Buenos aires, el sur de Santa Fe y el noreste de La Pampa, encontrándose principalmente los valores de zinc cercanos a los umbrales de deficiencia.

Estos valores bajos explican las numerosas situaciones de respuestas observadas en ensayos de campo al zinc, en primer lugar, y al boro en segundo caso. Contrasta en este sentido la falta de información sobre ensayos de campo de respuesta al cobre, pero es coherente con la evidencia de mayor disponibilidad relativa de este micronutriente respecto del zinc y del boro.

PABLO ROBERTO TAMBURRINI

Director: Alejandro Galetto

Resumen del trabajo final entregado como requerimiento parcial para obtener el título de Magister en Agronegocios, Universidad Austral.

MI PRIMER ARTÍCULO

Evaluación económica del balance de nutrientes para los principales cultivos del sudeste de córdoba: 2007-2010.

La producción de cultivos de granos tiene un papel preponderante en la actividad agrícola mundial. En la actualidad, los sistemas de producción de cultivos de cereales y oleagionosos han provocado cambios de gran magnitud en distintas escalas de análisis. Estas transformaciones, en muchos casos, han llamado la atención sobre la capacidad de mantener la productividad y realizar un manejo sustentable de recursos en esas áreas, abriendo la puerta a un debate amplio sobre las bases funcionales, diseño y manejo de los sistemas productivos modernos (Satorre et al., 2004). La sustentabilidad es un concepto bastante amplio, para el cual han sido propuestas varias definiciones. Probablemente, una de las que mejor sintetiza el concepto es la que establece que la agricultura sustentable se basa en sistemas de producción cuya principal característica es la aptitud de mantener su productividad y ser útiles a la sociedad indefinidamente (Martelotto el al., 2001). Otros autores asumen que la conservación del capital natural es un requisito fundamental de la sustentabilidad y, en consecuencia, el mantenimiento de la fertilidad del suelo es un indicador de la sustentabilidad de los sistemas. Una forma de monitorear el deterioro de la misma en rotaciones agrícolas, es a través del balance de nutrientes (Darwich, 2005).

El balance de nutrientes es la diferencia entre la cantidad de nutrientes que entran y que salen de un sistema definido en el espacio y en el tiempo. En general, estos balances se consideran para la capa de suelo explorada por las raíces en períodos anuales. (García, 2003).

Las evaluaciones de rentabilidad de explotaciones agropecuarias indican que, generalmente, las empresas más rentables se caracterizan por presentar menores costos, altos rendimientos y mayor atención al manejo de suelos y cultivos. Estas características definen a los productores más eficientes y de mejor manejo empresarial. La fertilización forma parte integral del manejo rentable de los cultivos. Sin embargo, hasta ahora no se tiene en cuenta el balance de nutrientes y no se realiza un registro sistemático de la eficiencia de producción en la gestión de la producción agrícola.

Los departamentos Marcos Juárez y Unión, ubicados al sudeste de la provincia de Córdoba, forman parte del área más importante de producción agrícola de la Región Pampeana Argentina. A partir de los inicios de la década del ´90, en esta Región se han producido notables cambios tecnológicos: la masificación de la siembra directa o labranza cero acompañada por una intensificación en el uso de insumos para la producción agrícola. Estos cambios condujeron a un incremento del área agrícola y, al mismo tiempo, a un importante aumento en el uso de fertilizantes. Sin embargo, al igual que en el resto de la Región Pampeana, este aumento en el uso de fertilizantes no se basó en la idea de restituir aquellos nutrientes removidos por los cultivos sino su conveniencia económica a corto plazo.

Por lo tanto, el incremento en la fertilización de cultivos agrícolas basado principalmente en un análisis económico de corto plazo, podría haber conducido a balances de nutrientes negativos en los últimos años, provocando la degradación del capital natural y, consecuentemente a una baja sustentabilidad del modelo de producción agrícola de la Región.

Los balances de nutrientes negativos conducirán, tarde o temprano, a la pérdida de la capacidad productiva del suelo. Esto plantea la existencia de una supuesta dicotomía o incompatibilidad entre sustentabilidad y rentabilidad, o entre otros aspectos económicos y algunos aspectos ecológicos o ambientales. La disminución del capital natural a través de la fertilidad ha generado, sin dudas un importante costo ecológico, que no ha podido ser cuantificado a través de la metodología económica convencional (Castells y Munda, 1999).

Existen numerosos estudios sobre los balances de nutrientes a nivel país, pero son escasos los que abordan este tema a nivel regional y que consideren su cuantificación económica e impacto en los resultados económicos de las empresas agropecuarias. Por lo tanto, y en función de lo comentado en los párrafos anteriores, los objetivos de este trabajo son: determinar el balance de nutrientes en los sistemas de producción agrícola en las campañas 2007/08, 2008/09 y 2009/10 en el Sudeste de la provincia de Córdoba (Departamentos Marcos Juárez y Unión), y analizar la rentabilidad de los principales cultivos (maíz, soja y trigo) incorporando el costo de reposición de nutrientes dentro del análisis económico.

METODOLOGÍA Y DATOS

A) Características de la Región de Estudio:

La "zona húmeda del este" de la provincia de Córdoba comprende las fracciones centrales de los departamentos Marcos Juárez y Unión localizados en el sudeste de dicha provincia, cubriendo una superficie de 11.913 km2, equivalente al 7,2% del total de la superficie de Córdoba. (Figura 1).

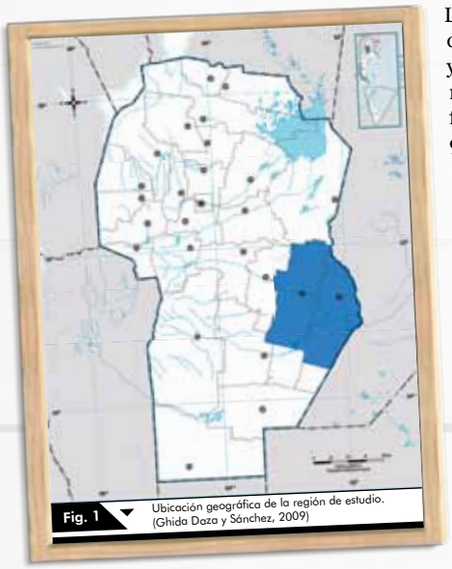


Fig. 1 Ubicación geográfica de la región de estudio. (Ghida Daza y Sánchez, 2009)

Los suelos "zonales" son Argiudoles (44%), Hapludoles (10%) y Hapustoles (34%) en las lomas; en los bajos son Natracualfes (3%) y Natralboles (5%). El 93% de las tierras son de aptitud agrícola, correspondiendo un 24% a la Clase I, el 42% a la Clase II y el 23% a Clase III. (RIAN Regional Córdoba, 2006).

La temperatura media anual de 17ºC y la amplitud térmica de 14ºC, con un período libre de heladas que alcanza los 257 días. La precipitación media anual se distribuye en un rango de 850 mm al Oeste y supera los 900 mm al Este.

Según el Censo Nacional Agropecuario (CNA) 2002 la superficie implantada en primera ocupación en la zona fue de 960 mil hectáreas y registró la existencia de 2.702 explotaciones agropecuarias que cubrían una superficie de 1.083.583 ha y explotaban una superficie media de 401 ha. El 62% de las explotaciones se encontraban en los estratos de 51 a 200 ha (39%) y 201 a 400 ha (23%).

B) Encuesta

Se realizaron encuestas a 48 productores agropecuarios de la zona central (zona húmeda del Este) de los departamentos Marcos Juárez y Unión de la provincia de Córdoba.

La selección de los productores agropecuarios se hizo mediante un muestreo no probabilístico con fines especiales. Se seleccionaron al azar 75 productores agropecuarios sobre una muestra de 300, manteniendo las proporciones de acuerdo a la superficie trabajada.

La encuesta fue administrada a productores y/o asesores responsables del gerenciamiento de los establecimientos de manera personal por el autor y el cuestionario estaba formado en su totalidad por preguntas cerradas.

La utilización de la encuesta como medio para recolectar los datos necesarios para la estimación de los balances de nutrientes para cada cultivo y campaña agrícola fue indispensable para poder obtener datos a nivel Regional, en concordancia con los objetivos de este trabajo.

La encuesta fue diseñada con el objetivo de obtener la siguiente información: superficie sembrada, rendimiento obtenido y fertilización realizada por cultivo y por campaña agrícola.

C) Estimación de la entrada de nutrientes

Las entradas de nutrientes se estimaron a partir de los datos que arrojaron las encuestas a 48 productores de la Región. A partir de las mismas se relevó la cantidad de nutrientes aplicados (especificando el tipo y cantidad de fertilizante) para los tres principales cultivos de la Región (soja 1º, maíz y trigo/soja 2º) para tres ciclos agrícolas: 2007/08, 2008/09 y 2009/10. A partir de estos datos, se calculó la superficie fertilizada y la dosis de aplicación para cada tipo de fertilizante (para cada cultivo y ciclo agrícola). Los valores obtenidos fueron luego extrapolados al total del área agrícola de la Región, partiendo de la superficie sembrada con cultivos anuales (datos obtenidos del CNA 2002) y de los datos de rendimientos y superficie relativa sembrada con cada cultivo en cada campaña agrícola proporcionados por la encuesta.

D) Estimación de la salida de nutrientes

Se calculó la salida de nutrientes como aquellos nutrientes removidos por los productos de cosecha (considerando sólo los granos) de los cultivos trigo, soja y maíz.

Del mismo modo que para el cálculo de la entrada de nutrientes, los datos de rendimientos y superficie relativa sembrada con cada cultivo para los tres ciclos agrícolas se obtuvieron de las encuestas realizadas a los productores de la Región. Luego se extrapolaron los resultados al total del área agrícola de la Región.

E) Cálculo del balance de nutrientes

Se calculó el balance total de N, P, K y S para trigo/soja 2º, soja 1º y maíz como la diferencia entre las entradas y las salidas de N, P, K y S para cada cultivo en cada año considerado. Los balances de N, P, K y S para la Región fueron calculados como el promedio ponderado de los balances de nutrientes en trigo/soja 2º, soja 1º y maíz por su superficie cosechada.

F) Cuantificación monetaria de la extracción de nutrientes

Para el cálculo del costo económico de la extracción de nutrientes de los suelos de la Región se utilizó la metodología del costo de reposición de los nutrientes perdidos. Para ello se calculó a precios de los fertilizantes de abril 2008, 2009 y 2010, el costo de reposición de N, P, K y S a partir de la aplicación como urea (46:0:0), superfosfato triple (0:20:0), cloruro de potasio (0:0:50) y sulfato de calcio (0:0:0:18,6S) respectivamente.

Los precios de cada unidad de N, P, K y S fueron calculados a partir de la composición química y del costo de los fertilizantes de abril de 2008, 2009 y 2010.

Se calculó el valor económico (por ha) de la pérdida de N, P, K y S para cada cultivo y ciclo agrícola del período.

G) Análisis económico incluyendo el costo de reposición de nutrientes

Se analizó la variación de los márgenes brutos de los cultivos más importantes de la región con la incorporación del costo de reposición de nutrientes (N, P, K y S). Para ello se utilizaron secuencias de márgenes brutos históricos para la zona sudeste de Córdoba que fueron adaptadas a los rendimientos y planteos de fertilización promedio que se obtuvieron de las encuestas.

El costo de reposición se calculó considerando los resultados arrojados por los balances de nutrientes para cada cultivo y campaña agrícola, y los costos de fertilizantes utilizados para la cuantificación monetaria de la extracción de nutrientes.

De esta manera, se determinaron los márgenes brutos para cada cultivo y campaña agrícola y se le descontaron los costos de reposición de los nutrientes exportados, obteniéndose los márgenes brutos recalculados. Finalmente, se determinó el porcentaje de variación de dichos márgenes al incorporarse el costo de reposición de nutrientes.

RESULTADOS

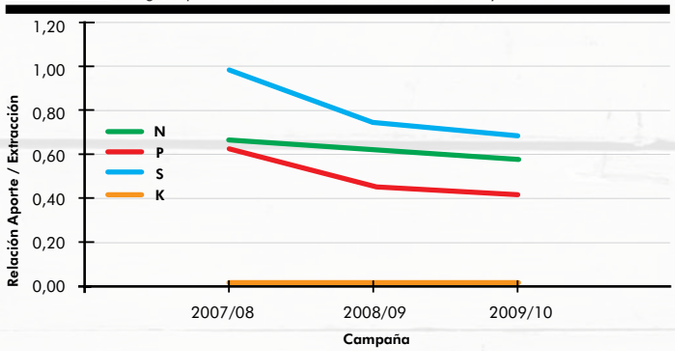
A) Balance de nutrientes

Las entradas de nutrientes por hectárea y por año estuvieron, en promedio, en desequilibrio con la extracción de nutrientes causada por las cosechas de granos. Este hecho condujo, en las tres campañas analizadas, a balances desequilibrados de N, P, K y S para todos los cultivos considerados.

Los valores estimados de aportes por hectárea de N, P, K y S para los cultivos de trigo/soja 2º, maíz y soja 1º durante las campañas 2007/08, 2008/09 y 2009/10 mostraron una clara tendencia decreciente en los tres años analizados. El N fue el nutriente aportado en mayor magnitud, luego el P, el S y el K. En todas las campañas agrícolas las mayores dosis fueron aplicadas a trigo/soja 2º y maíz, con una diferencia sustancial con soja de 1º.

Las dosis (kg) de aporte promedio por hectárea calculadas para la región para tres campañas agrícolas fueron menores a las tasas de extracción de cada uno de los cultivos. Este hecho se evidencia en que las relaciones entre aporte y extracción de nutrientes fueron menos que uno para N, P, S y K en las tres campañas analizadas. (Figura 2). Además, quedó demostrado que dicha relación fue disminuyendo con el transcurso de las campañas agrícolas.

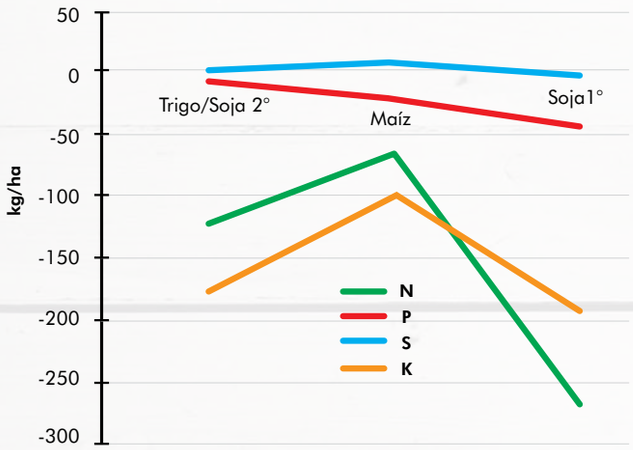
Fig. 2 Evolución de la relación aporte/extracción de N, P, S y K para soja 1°, maíz y trigo/soja 2° en el sudeste de Córdoba entre 2007 y 2010.



Si la relación aporte/extracción se expresa por cultivo y por nutriente, se observa que siempre fue menos que uno para N, P y K; y el S fue mayor que uno en maíz y menor que uno en el resto de los cultivos.

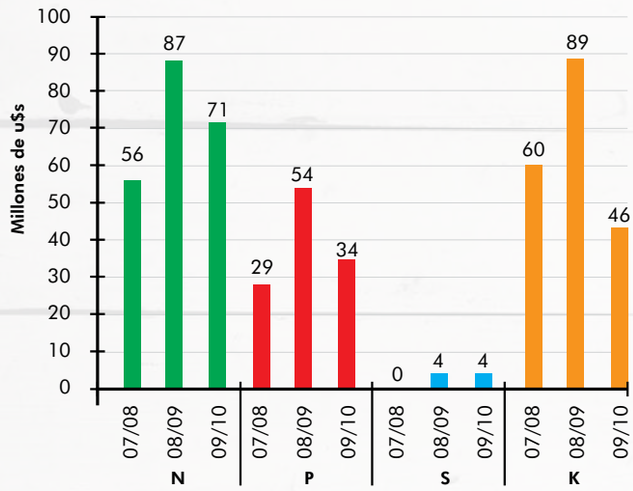
En ningún caso los aportes promedios estimados alcanzaron a cubrir las ex-

Fig. 3 Balance (kg/ha) de N, P, K y S para los cultivos trigo/soja 2°, maíz y soja 1° en las campañas 2007/08, 2008/09 y 2009/10.



tracciones de nutrientes realizadas por los cultivos. Por lo tanto, los balances de N, P, K y S de la región fueron negativos para todos los cultivos (Figura 3), notándose que el cultivo que generó una mayor extracción de nutrientes fue la soja 1°, y el de menor extracción fue el maíz.

Fig. 4 Valores (u$s) exportados por cada nutriente en cada campaña agrícola en la región agrícola de los departamentos Marcos Juárez y Unión.



Asimismo, la extracción de nutrientes, en kg/ha, fue aumentando con el transcurso de las campañas agrícolas. Las causas de este hecho fueron dos: aumento de la superficie relativa de soja y reducción en las dosis de fertilizantes.

Como consecuencia del balance negativo, la región agrícola del sudeste de Córdoba perdió, en el período 2007-2010, 1.092.485 tn de nutrientes (N, P, K y S). El cultivo de soja 1° fue el responsable del 72% de esa pérdida, mientras que trigo/soja 2° y maíz participaron cada uno con el 14%. En ninguna campaña los aportes de nutrientes lograron cubrir las extracciones por parte de los cultivos analizados.

Si analizamos el balance de nutrientes para toda el área agrícola de la Región, se observó una extracción neta de nutrientes acumulada en las tres campañas agrícolas de: 522.808 tn de N, 95.951 tn de P, 17.537 tn de S y 456.190 tn de K.

B) Cuantificación monetaria del balance de nutrientes

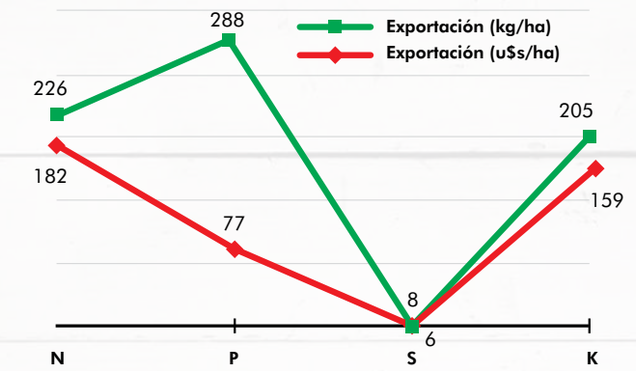
El costo de reposición de los nutrientes extraídos por cosecha en la Región agrícola de los departamentos Marcos Juárez y Unión durante las campañas 2007/08, 2008/09 y 2009/10, a precios de abril de 2008, 2009 y 2010, respectivamente, alcanzó un valor total de 535 millones de u$s.

Como consecuencia de los balances de nutrientes y precios unitarios de los fertilizantes, el costo de reposición de N, P, S y K fue variable en las tres campañas analizadas. Aunque siempre los mayores valores correspondieron a N y K, valores intermedios para el P y los menores valores para el S. (Figura 4).

Si se expresan los valores (u$s) exportados por cultivo, acumulados en las tres campañas agrícolas para la región agrícola del sudeste de Córdoba, se observa que trigo/soja 2°, maíz y soja 1° extrajeron una cantidad de nutrientes equivalentes a 74 millones de u$s, 75 millones de u$s y 386 millones de u$s, respectivamente.

Otra forma de cuantificar la exportación de nutrientes fue por unidad de superficie (ha). De esta manera, el nutriente que representó la mayor pérdida en términos monetarios durante las tres campañas agrícolas analizadas fue el

Fig. 4 Exportación de nutrientes en los departamentos Marcos Juárez y Unión en las campañas agrícolas 2007/08, 2008/09 y 2009/10 expresado en kg/ha y u$s/ha.



P, seguido por N, K y S. A pesar de que el N y K en términos de kg/ha fueron exportados en mayor valor que el P, el valor monetario del P generó la mayor pérdida debido a su mayor costo por kg. de nutriente. (Figura 5).

El costo de reposición de nutrientes fue mayor en soja 1° que en maíz y trigo/soja 2° en las tres campañas agrícolas. Los valores de reposición representaron entre el 13% y el 91% de los márgenes brutos, dependiendo del cultivo y campaña. (Tabla 1).

De esta manera, con la inclusión de los costos de reposición, los márgenes brutos se redujeron entre 19 y 91% para trigo/soja 2°, entre 13 y 45% para maíz y entre 37 y 81% para soja 1°, dependiendo de la campaña analizada.

Tabla 1. Margen bruto, costo de reposición de nutrientes y margen bruto recalculado (en u$s/ha), para los cultivos trigo/soja 2°, maíz y soja 1° en la Región sudeste de Córdoba para las campañas agrícolas 07/08, 08/09 y 09/10.

	Trigo/Soja 2°			Maíz			Soja 1°		
	07/08	08/09	09/10	07/08	08/09	09/10	07/08	08/09	09/10
Márgen Bruto	669	181	326	540	274	349	617	409	427
Costo Reposición	125	165	111	69	123	97	228	330	198
MB Recalculado	544	16	215	472	151	253	389	79	229
% Variación	-19	-91	-34	-13	-45	-28	-37	-81	-46

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista de una agricultura sustentable, el manejo de nutrientes en un sistema de producción agrícola debería mantener una relación balanceada entre ingresos y egresos de nutrientes en el mediano y largo plazo, ya que la pérdida de nutrientes es considerada como la principal forma de degradación de los suelos.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo demuestran que el análisis costo-beneficio por medio de un análisis económico tradicional ha enmascarado un costo importante de degradación del capital natural como lo es la pérdida de fertilidad del suelo. En la Región sudeste de Córdoba, se observó

una reducción en la aplicación de fertilizantes durante las campañas agrícolas 2007/08, 2008/09 y 2009/10; esto condujo a balances de nutrientes negativos, y por lo tanto, a la pérdida de sustentabilidad de los sistemas de producción agrícolas de la Región.

La evolución de los balances de nutrientes demostró ser dinámica y variable según el cultivo y la campaña agrícola, pero siempre con valores negativos. En ninguna de las campañas evaluadas los aportes (vía fertilización y fijación biológica de N) alcanzaron a cubrir las extracciones de nutrientes por parte de los cultivos.

De los cultivos analizados, la soja 1° fue claramente el que expresó los balances más negativos en las tres campañas agrícolas, ya que además de ser un cultivo altamente extractivo, recibió un aporte insignificante de fertilizantes.

Los resultados de los balances de N, P y K fueron negativos para todos los cultivos en todos los años evaluados. Destacándose que la magnitud de dicho desbalance fue notablemente mayor en K y N que en P. Por lo contrario, el S mostró un balance levemente negativo o cercano a cero dependiendo del cultivo y de la campaña analizada. Esta situación puede explicarse por el costo relativamente más bajo de los fertilizantes azufrados respecto a los otros.

Con el K ocurre un hecho particular ya que en la Región en estudio no se efectivizaron fertilizaciones con este nutriente en ningún cultivo ni campaña. Esto está asociado a que todavía no existen respuestas económicamente positivas a la aplicación de fertilizantes potásicos, ya que los valores de K en el suelo están por encima de los umbrales críticos.

Si se tienen en cuenta sólo los aspectos agroecológicos o de sustentabilidad, la reposición de nutrientes debería buscar un equilibrio en el balance de los mismos y ser independiente de la rentabilidad de los cultivos. Pero, en la práctica, se tiene en cuenta el análisis costo-beneficio a corto plazo y los cultivos que tienen mayor respuesta al agregado de fertilizantes son más fertilizados que los de baja respuesta, sin considerar las tasas de extracción. Este hecho se evidencia en la Región en estudio, donde los cultivos que reciben mejores fertilizaciones y por lo tanto tienen balances de nutrientes más equilibrados son los cereales (trigo y maíz). Por el contrario, la respuesta errática de la soja a la fertilización fosforada ha conducido a la utilización de bajas dosis de fertilizantes y, en consecuencia, a un balance negativo de este nutriente.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que los cultivos pueden utilizar sólo una fracción del fertilizante aplicado. El coeficiente real de uso del fertilizante puede variar con el tipo de fertilizante y cultivo, las dosis aplicadas y el momento de aplicación. Esto sugiere que los déficits de nutrientes pueden ser aún mayores que los calculados.

Del mismo modo que los análisis de costo-beneficio definen las prácticas de fertilización de la Región, han conducido a la reducción de la superficie destinada a la ganadería. Este hecho seguramente aceleró las tasas de pérdidas de nutrientes dado que los sistemas ganaderos son menos extractivos que los agrícolas.

A pesar de que este estudio no tuvo en cuenta la exportación de otros macro y micronutrientes, y el deterioro del suelo por otros factores como erosión y pérdida de materia orgánica, se puede concluir que los sistemas agrícolas de la Región sudeste de Córdoba, y seguramente del resto de la zona núcleo pampeana, presentan una gestión ambiental negativa que puede conducir a una pérdida de competitividad en mediano o largo plazo. La fertilidad de los suelos es un componente significativo de la calidad del recurso de un país e impacta en la productividad, la economía y la sustentabilidad de toda la cadena de valor.

RESUMEN

La provincia de Córdoba, al igual que el resto de la región Pampeana argentina, ha registrado una intensificación de la actividad agrícola con un evidente deterioro ambiental que merece ser analizado y evaluado económicamente. Una alternativa para hacerlo es mediante la cuantificación de la extracción de nutrientes. En este trabajo, se estimó el balance de los cuatro principales macronutrientes y su cuantificación económica, para soja 1°, maíz y trigo/soja 2°, para las campañas agrícolas 2007/08, 2008/09 y 2009/10 en la zona central de los departamentos Marcos Juárez y Unión de la provincia de Córdoba. Luego se determinaron los márgenes brutos de cada cultivo incorporando los costos de reposición de nutrientes.

Todos los cultivos agrícolas analizados mostraron déficit en los nutrientes N, P, K y S, excepto el maíz, que tuvo un leve superávit en S. Del mismo modo que en el resto del país, la soja demostró ser el cultivo que tiene el balance de nutrientes más negativo, aun considerando a la fijación simbiótica de nitrógeno.

En la región se exportaron 1,09 millones de toneladas de nutrientes, lo que representó una extracción de nutrientes en toda la región para las tres campañas agrícolas de un valor de 535 millones de dólares. El cultivo de soja 1° fue el responsable del 72% de esa pérdida, mientras que trigo/soja 2° y maíz participaron cada uno con el 14%.

Los valores de reposición representaron entre el 13% y el 91% de los márgenes brutos, dependiendo del cultivo y campaña.

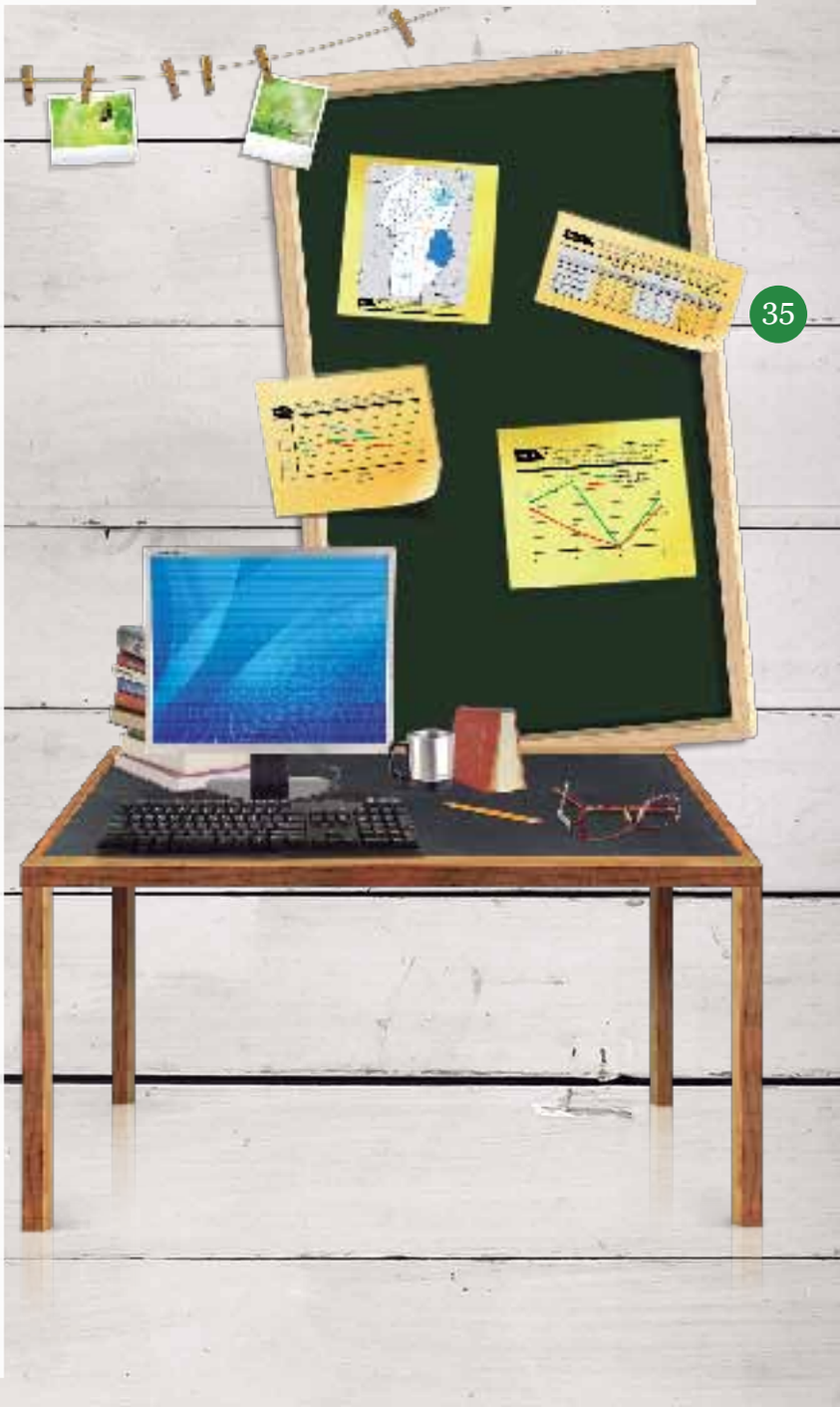
AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento a Alejandro Galetto por su participación y colaboración para la realización de este trabajo.

A María del Carmen Carreras, Roberto Feeney y Osvaldo Bertossi, por sus ideas, aportes y lectura crítica del trabajo.

A los productores agropecuarios del sudeste de la provincia de Córdoba, por su excelente predisposición para responder las encuestas.

A Juan Bencardini, Miguel Bosco y Pedro Pautassi, por su incondicional colaboración para realizar las encuestas.



IPNI
INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

FERTILIZAR
ASOCIACION CIVIL

SIMPOSIO FERTILIDAD 2013

NUTRICIÓN DE CULTIVOS PARA LA INTENSIFICACIÓN PRODUCTIVA SUSTENTABLE

ROSARIO, 22 Y 23 DE MAYO DE 2013

CENTRO DE CONVENCIONES METROPOLITANO
ALTO ROSARIO SHOPPING
AV. INTENDENTE LAMAS 610. (2000) ROSARIO

INFORMACIÓN E INSCRIPCIONES EN
www.lacs.ipni.net - www.fertilizar.org.ar

Aapresid · INTA · AACS 1960-2010 Asociación Argentina Ciencia del Suelo · CREA región SUR DE SANTA FE · Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Rosario · Fundación Producir Conservando