



FERTILIZAR

ASOCIACION CIVIL

Número 15 - Mayo 2010



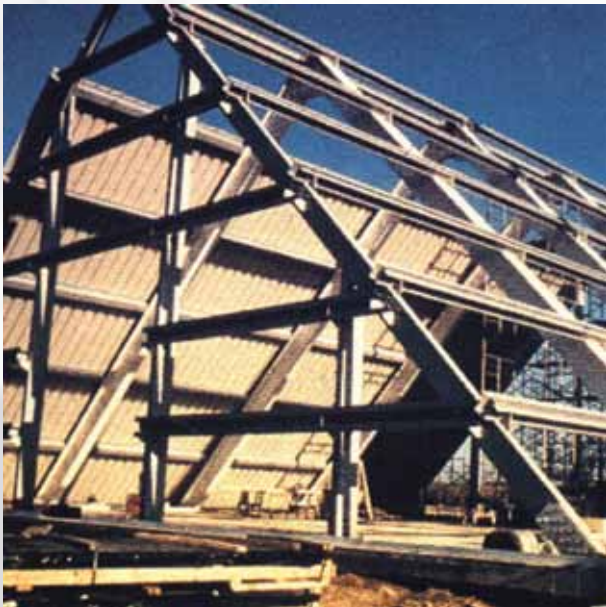
**Entrevista al presidente de la AACS,
Gerardo Rubio**

**Análisis de suelos:
una herramienta clave para el
diagnóstico de fertilidad de suelos
y la fertilización de cultivos**

**Retención de fósforo en suelos del
sur y del norte de la región pampeana**

**Balance nutricional y
productividad del trigo**

Silos y Galpones para Fertilizantes



- Inmunes al ataque corrosivo
- Construidos con perfiles y chapas de plástico reforzado con fibra de vidrio
- Economía en el mantenimiento
- Resistencia y durabilidad a un costo competitivo

Para mayor información ingrese a www.cmeargentina.com



CME Argentina S.A.

Dirección:
Calle José Hernández No 370
(1619) Garín,
Provincia de Buenos Aires
Argentina

Teléfono:
(03327) 416051
(03488) 457077 / 476189

E-mail:
fabrica@cmeargentina.com
ventas@cmeargentina.com

ISO 9001

BUREAU VERITAS
Certification



Staff Editorial



FERTILIZAR Asociación Civil

Presidente
Jorge Bassi

Vicepresidente
Pablo Pussetto

Secretario
Eduardo Caputo Raffo

Prosecretario
Camila López Colmano

Tesorero
Manuel Santiago

Protesorero
Marco Prenna

Vocales
Guillermo Pinto
Florencia Schneeberger
Pedro Falthauser
Juan Tamini

Comisión Revisora de Cuentas
Francisco Llamblas
Federico Daniele

Comité Técnico
R. Rotondaro
G. Deza Marín
H. Vivas
L. Caballero
M. Palese
F. Micucci
G. Pugliese
J. Petri
R. Liavallol
G. Moreno Sastre
C. Sferco
D. Germinara
O. López Matorras

Gerente Ejecutiva
M. Fernanda González Sanjuan

ACA
ASP
BUNGE
EMERGER
FÉLIX MENÉNDEZ
FERTICROPS
K+S
MOSAIC
NIDERA
NITRAGIN
PROFERTIL
QUEBRACHITO
RASA FERTIL
YPF S.A.
VALE
TIMAC AGRO ARGENTINA
STOLLER
YARA

Asesor de Contenidos
Ricardo Melgar

Coordinación General
Paula Vázquez

Producción
FUSOR PUBLICIDAD
info@fusor.com.ar

En este segundo número del año de nuestra revista les acercamos información sobre la fertilización en trigo, la importancia de los análisis de suelo en la estrategia de fertilización y una entrevista al Presidente de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (AACS), entre otros temas de interés. Además, incluimos un espacio especial para la promoción de instituciones vinculadas a nuestro sector, ya que consideramos clave difundir su labor, por contribuir al desarrollo del sistema productivo.

La fertilización de reposición, junto a la rotación de cultivos y la siembra directa, son las tres herramientas claves para lograr sustentabilidad en la producción agropecuaria y tienen una importante interacción entre sí. De las tres herramientas, la siembra directa está establecida en la mayoría de las zonas del país, mientras que la rotación de cultivos y la fertilización de reposición es patrimonio de productores líderes.

El punto fundamental sigue siendo la decisión empresarial de apostar al mediano y largo plazo o trabajar con la mirada puesta en la campaña en curso. Es cierto que la sequía de la anterior campaña, los vaivenes de los mercados y las dificultades del medio obligaron a concentrarse durante los últimos meses a enderezar los números de las empresas. Pero también es cierto que la reposición de nutrientes va a caer a niveles alarmantes y que esto nos aleja como país del camino de crecimiento.

Si hablamos de la actual campaña de trigo, consideramos es muy auspiciosa, dadas las condiciones climáticas y una cierta mejora en los precios de los cultivos. En este contexto, la fertilización es fundamental a la hora de planear rendimientos y calidades “objetivo”. Este año, a diferencia de años anteriores, las principales variables que nos permiten pensar en altos rendimientos son:

- 1) CLIMA: los suelos han recuperado, en la mayoría de las regiones productivas, la

humedad de su perfil, encontrándose en valores que ponen al insumo agua fuera de los factores limitantes, como lo fue contrariamente en la campaña de trigo pasada.

- 2) RELACION INSUMO/PRODUCTO (I/P): para el caso del trigo, si consideramos los valores a marzo del corriente año, la relación I/P presenta valores similares a las campañas anteriores, a excepción del año 2008/09 donde, si hacemos la comparación, no quedan dudas del escenario favorable que presenta la campaña en este aspecto.

Analizando estos factores, afirmamos que las condiciones están dadas para que, en el trigo 2010 suceda lo mismo con el maíz y la soja que estamos terminando de cosechar: humedad suficiente y paquete tecnológico con relaciones I/P que permiten planteos económicamente rentables y ambientalmente sustentables.

Sin embargo, con los buenos rendimientos que se están registrando tanto en soja como en maíz, es esperable que el “sistema suelo” no esté en condiciones de soportar los requerimientos nutricionales del cultivo sucesor, lo que impactará directamente sobre los niveles de rendimiento del mismo.

Disponer de información estratégica como la que les incluimos en cada ejemplar apunta a alcanzar buenos rendimientos y, principalmente, a producir de manera sustentable.

Agradecemos la participación y colaboración de los autores de cada uno de los artículos y al presidente de la AACS, una entidad que desde hace 50 años trabaja por el cuidado del suelo, por habernos concedido una entrevista donde se refleja la importancia de la reposición de nutrientes en la conservación de este recurso natural.

Ma. Fernanda González Sanjuan
Ing. Agr.
Gerente Ejecutiva

Índice

REVISTA FERTILIZAR - AÑO V - N°15 - Mayo 2010

Entrevista al presidente de la AACS,
Gerardo Rubio. 50 años trabajando por
nuestros suelos

05



Análisis de suelos:
una herramienta clave para el
diagnóstico de fertilidad de suelos y la
fertilización de cultivos.

08



La otra agricultura
de precisión

13



Retención de fósforo en suelos del sur
y del norte de la región pampeana

20



Las citocininas.
Nueva herramienta para mejorar la
removilización de carbono y nitrógeno en
trigo y la eficiencia de fertilización

25



Balance nutricional y
productividad del trigo

27



Novedades & Eventos

33



Entrevista al presidente de la AACS, Gerardo Rubio

50 años trabajando por nuestros suelos



Entrevistamos al Presidente de la Asociación Argentina de Ciencias del Suelo, el Ing. Gerardo Rubio, investigador independiente del CONICET y profesor de Fertilidad y uso de Fertilizantes de la Universidad de Buenos Aires, quien nos habló sobre los objetivos de la organización, del Congreso que organizan a fines de mayo y dio un panorama de la situación actual de nuestros suelos.

¿Cuál es el balance de estos 50 años de vida de la asociación?

Es altamente positivo. A lo largo de su historia, se fueron acumulando hitos que marcaron un constante crecimiento. En 1983, se lanzó el primer número de nuestra revista Ciencia del Suelo, la cual ha mantenido su regularidad hasta el día de hoy, constituyendo un modelo entre las revistas científicas nacionales. En sus páginas se han publicado artículos que han contribuido no sólo a la ciencia en sí, sino al desarrollo

agropecuario nacional. Además, se acaba de concluir el trabajo de la completa digitalización de la misma y hoy se pueden consultar on-line, en forma gratuita, todos los artículos publicados desde el primer número (www.suelos.org.ar). Otra gran labor de la Asociación son los Congresos Nacionales, este año celebramos el número 22. Se ha realizado un congreso cada 2 años. Considerando los vaivenes económicos y de otra naturaleza que sufrió el país en estos 50 años, la enorme regularidad de nuestras reuniones habla de la energía de la gente que trabaja en suelos en nuestro país, de su firme voluntad de reunirse, exponer los resultados de sus investigaciones y discutir sobre la problemática de suelos nacionales. Nuestros Congresos y nuestra Revista despiertan admiración en otras ramas de las ciencias naturales.

Actualmente la AACS tiene más de 500 socios con cuota al día y el número de socios está creciendo aceleradamente.

¿Cuáles son las acciones que están realizando en el marco del cincuentenario?

Se formó una comisión encargada de las celebraciones, la cual ha organizado varias actividades. Se acaba de cerrar un concurso de fotografías sobre el tema suelos con importantes premios. Fue un éxito, ya que se recibieron más de 300 fotos, que actualmente están siendo evaluadas por el jurado. También se ha organizado un concurso de trabajos sobre Conservación de Suelos y se han publicado sellos postales alusivos a la celebración. En el marco del Congreso, se hará una celebración especial.

¿Cuáles son los objetivos de la asociación de cara al futuro?

Las prioridades van a seguir siendo los Congresos y la Revista, que son el marco donde los investigadores dan a conocer a la comunidad científica y al público en general el resultado de sus publicaciones. Ya tenemos en marcha el programa de control de laboratorio de suelos, una necesidad imperiosa del sector agropecuario que luego de varios años se hace realidad. Este es un trabajo conjunto del Ministerio de Agricultura, el INTA, el INTI y la AACs. Tenemos otros planes en marcha, pero nuestra política es anunciar hechos más que planes.

¿Cuál la situación actual de nuestros suelos?

Como nos decían en la primaria, nuestro país ha sido bendecido con los suelos más fértiles del mundo. Eso es cierto para algunos suelos de la Región Pampeana. Pero aún estos suelos están sujetos a las leyes de la naturaleza que indican que los suelos son frágiles y hay que manejarlos de tal forma que no se degraden. El hombre tiene la capacidad de degradarlo y eso es lo que ha pasado en muchos de nuestros suelos. Las herramientas para que esto no suceda se conocen, pero no siempre se aplican, en algunos casos por falta de un sustento legal que regule su uso. Como panorama general, el proceso de degradación de nuestros suelos continúa.



¿Cuáles son los aspectos a tener en cuenta para mejorar esta situación?

Vemos con beneplácito la siembra directa, técnica fundamental para la conservación del suelo, hoy ya es la forma de cultivo predominante en las áreas agrícolas del país. Y hasta somos líderes mundiales en esta técnica. Sin embargo, estamos viendo que la siembra directa no resulta suficiente si no se acompaña con rotaciones que permitan introducir al suelo importantes cantidades de biomasa. Es preocupante la falta de avance en este tema, lo cual opaca los beneficios de la siembra directa. La insuficiencia de las políticas oficiales para promover las rotaciones es uno de los factores de más peso.

¿Por qué cree que es importante la ciencia del suelo?

Como el suelo es un recurso natural frágil y no renovable, su manejo sustentable necesita del conocimiento de los procesos y mecanismos que regulan su funcionamiento y eso es la Ciencia del Suelo. El suelo es un recurso natural altamente susceptible a la degradación. Un cm. de suelo que se erosiona no se recupera más.

En lo que refiere a la fertilidad de nuestros suelos, ¿cómo estamos a nivel país?

No se están reponiendo en su totalidad los nutrientes que se exportan en los productos de cosecha. Esto implica que parte de los retornos económicos de nuestros productos agrícolas se hacen a expensas de la fertilidad de los suelos. Algo así como que los márgenes brutos que se calculan son falsos. En el caso del fósforo la reposición es de sólo del 50%.

¿Considera que los productores han tomado conciencia sobre la importancia de la reposición de nutrientes?

Algunos productores sí tienen conciencia, especialmente los que explotan directamente sus lotes. Pero los números globales indican que esta conciencia no es generalizada. Hoy vemos muchos campos con niveles bajos de nutrientes que, con el aumento del precio de los fertilizantes, cuesta mucho elevar sus niveles de nutrientes a los niveles óptimos. En muchos casos se está pagando el precio de no haber fertilizado en su momento. Cabe aclarar que en nuestro país las herramientas tecnológicas para calcular los niveles de suficiencia y los requerimientos de fertilizantes están disponibles. Hoy un productor argentino cuenta con la misma, o en algunos casos, incluso superior, información para decidir sus programas de fertilización que un agricultor europeo o americano. Decididamente el problema no pasa por la carencia de esa información.

Uno de los temas que preocupa a la sociedad es el del medio ambiente, ¿podemos afirmar hoy que nuestros suelos están contaminados?

Como históricamente nuestros suelos han recibido dosis bajas (o nulas) de fertilizantes, el nivel de contaminación ambiental por aplicación de fertilizante es en términos generales reducido. Esto es una marcada diferencia con Europa, donde la investigación sobre nutrientes en el suelo se focaliza en la contaminación ambiental. Es un tema que debe seguirse con cuidado, pero en ese sentido estamos en una posición ventajosa con respecto a otros países. De todos modos, en el país hay áreas con uso intensivo que ya han manifestado contaminación. Nuestro principal problema es que seguimos perdiendo fertilidad por falta de reposición de nutrientes.

¿Cuáles serán las principales temáticas a tratar en el Congreso de la AACs que se realizará entre el 31 de Mayo y el 4 Junio de 2010, en la ciudad de Rosario?

En el Congreso habrá múltiples sesiones en que se abordarán temas de sustentabilidad, manejo conservacionista, fertilidad, geología, biología de suelos, física y educación entre otros. Tendremos la oportunidad de recibir la visita de Rattan Lal, líder mundial en manejo sustentable de suelos, quien dará conferencias sobre el suelo en el contexto del cambio climático y sobre materia orgánica. Otro privilegio que tendremos es la visita de Andrew Sharpley, experto mundial en fósforo del suelo.

Análisis de suelos:

una herramienta clave para el diagnóstico de fertilidad de suelos y la fertilización de cultivos.

Ing. Agr. Martín Torres Duggan (Tecnoagro S.R.L.)

El análisis de suelos es una herramienta fundamental para evaluar la fertilidad del suelo, su capacidad productiva y es la base para definir la dosis de nutrientes a aplicar. Para que el dato analítico reportado por el laboratorio sea útil, es imprescindible realizar un adecuado muestreo de suelos, ya que en esta etapa es donde se define la exactitud de los resultados del análisis de suelos. En este artículo se presentan y discuten los principales beneficios del análisis de suelos y los pasos para realizar un adecuado muestreo de suelos para diagnóstico de fertilidad.

Las buenas prácticas de manejo como marco global para optimizar el manejo de la fertilización

Para lograr altos rendimientos y sostenidos en el tiempo resulta imprescindible integrar el manejo de la fertilización, con los demás aspectos del manejo de cultivos (ej. manejo sanitario, selección de genotipos, etc.) y aplicar buenas prácticas de manejo agronómico (BPMA). Las principales BPMA son la siembra directa con alta cobertura de rastrojos, rotación de cultivos con gramíneas y la fertilización balanceada. La aplicación de las mismas permite ingresar en un “círculo virtuoso”, con rendimientos elevados, más estables y al mismo tiempo minimizar el deterioro del suelo. Hay evidencias claras que los suelos bien rotados y fertilizados, mejoran su fertilidad física, química y biológica, beneficiando a la sustentabilidad de los sistemas productivos.



Figura 1. El plan nutricional y su inserción en el esquema global de producción de un establecimiento agropecuario.

El diagnóstico de las necesidades de fertilización, realizadas en base a los análisis de suelos, representa el camino más eficiente para establecer la necesidad de aplicación de fertilizantes. Una vez definida la dosis de nutrientes a aplicar (diagnóstico) se definen los demás componentes de un plan nutricional, que incluye el tipo de fertilizante, las formas y momentos de aplicación (Figura 1).

En este artículo nos centraremos en el primer paso de un plan nutricional, que es el diagnóstico de

la fertilidad del lote o ambiente de producción. En especial nos concentraremos en profundizar en los principales criterios y recomendaciones para realizar un adecuado muestreo de suelos y obtener análisis de suelos más exactos.

¿Cuál es la utilidad de los análisis de suelos en el diagnóstico de fertilidad de suelos?

Los análisis de suelos, en especial los análisis químicos que son los descriptos en este artículo, constituyen la herramienta más eficiente para conocer cuál es la disponibilidad de nutrientes del suelo o propiedades edáficas variables en el tiempo y en el espacio. También son elementos complementarios interesantes y útiles de estudios de aptitud productiva del suelo, donde, además de las características variables mencionadas, interesa conocer las propiedades permanentes, que permiten definir la capacidad de uso, información central para la planificación de los cultivos y las rotaciones. A continuación se mencionan algunos de las principales contribuciones de los análisis de suelos al manejo de la fertilidad de suelos y fertilización de cultivos:

- Determinación de disponibilidad de los nutrientes en el suelo y la probabilidad de respuesta a la fertilización.
- Definición de dosis de nutriente a aplicar en modelos de fertilización.
- Estimación de dosis de enmienda para corrección de suelos (ej. aplicación de yeso en suelos sódicos, aplicación de calcita o dolomita en suelos ácidos o acidificados).
- Monitoreo de variables de fertilidad (ej. salinidad-sodicidad en lotes regados, mapeo de nutrientes para manejo sitio-específico, etc.).

• Caracterización y/o delimitación de ambientes para el manejo diferenciado de insumos, como complemento de la descripción y clasificación de los suelos a través de calicatas, pozos de observación y otras herramientas como las imágenes satelitales y mapas de rendimiento.

¿Cómo realizar un buen muestreo de suelos?

Un plan de muestreo implica definir los siguientes aspectos:

- Objetivo del muestreo
- Equipamiento
- Intensidad de muestreo
- Profundidad y época
- Rotulado y acondicionamiento

Objetivos del muestreo

Los objetivos del muestreo de suelos pueden ser muy diversos. Algunos ejemplos son:

- Diagnóstico de fertilidad (determinación de dosis de nutrientes para fertilización).
- Definición o caracterización de ambientes, integrado a otros estudios como la observación y descripción de perfiles (calicatas, pozos de observación) y/o imágenes satelitales, mapas de rendimiento, etc.
- Monitoreo de variables de fertilidad (ej. MO, pH, CE, P Bray 1, etc.).

Equipamiento

Los implementos de muestreo nos deben permitir tomar una muestra de suelo en las profundidades

de interés. En los barrenos metálicos es importante considerar que las puntas estén afiladas, para facilitar el funcionamiento y corte del suelo. En suelos que están duros (ej. suelo seco, horizonte B2t muy arcilloso, etc.) puede ser útil disponer de un martillo con maza de goma que permiten golpear el barrenado en el extremo, sin dañar el metal.

Intensidad de muestreo y representatividad de la muestra

La intensidad de muestreo es la cantidad de submuestras que debemos tomar para estimar el verdadero valor de la propiedad de interés, con una adecuada exactitud. El verdadero valor de la variable no lo conocemos (valor “poblacional” de la variable) y por ello lo estimamos a través de una muestra compuesta, producto de la mezcla de una

cantidad de submuestras (“piques”). La diferencia entre el valor muestral y el verdadero valor que tiene la variable edáfica se denomina error de muestreo. Cuanto menor sea el error de muestreo, mayor será la exactitud del dato analítico. Si quisiéramos determinar el “verdadero valor” de la variable deberíamos realizar un muestreo muy intensivo, equivalente a lo que se hace en un censo poblacional, operativamente complicado y costoso. Por lo tanto, debemos tomar una cantidad de submuestras lo suficientemente grande como para que la muestra compuesta obtenida, permita aproximarnos de un modo aceptable al verdadero valor de la variable en el lote o ambiente muestreado.

La intensidad de muestreo se definirá en base a la variabilidad de la propiedad estimada (cuanto más variable será necesario tomar más muestras) y al “error tolerado” que estamos dispuestos a asumir

Variable	Intensidad (submuestras)	Profundidad y época	Observaciones
MO, pH, CE	20-25	0-20 cm. Época variable según objetivo.	En suelos afectados por sales, las intensidades pueden ser mayores y también puede ser útil medir a diferentes profundidades.
Nitratos	20-25	0-20, 20-40 y 40-60 cm. Presiembra.	Es posible estimar la capa 40-60 cm midiendo el contenido de nitratos de 0-20 y 20-40 cm.
Fósforo Bray 1	30-40	0-20 cm. Presiembra u otros momentos.	En los últimos años se está observando una elevada variabilidad del P en el suelo. La intensidad consignada es orientativa, ya que hay pocos estudios de variabilidad en lotes en siembra directa.
Humedad gravimétrica	10	0-100 cm (mínimo)	La intensidad consignada corresponde a unidades de muestreo homogéneas en cuanto a tipo de suelo y cobertura. En caso de observarse diferencias en distribución de rastrojos, tipo de suelo, etc. puede ser necesario muestrear en diferentes partes del lote.

Tabla 1. Intensidad de muestreo, profundidad y épocas para diferentes variables edáficas.



para el propósito del muestreo. Cuestiones operativas como restricción presupuestaria o de disponibilidad de tiempo, también pueden ser aspectos considerados para determinar la cantidad de submuestras a tomar por muestra compuesta. Sin embargo, es importante definir una mínima intensidad de muestreo que garantice una adecuada exactitud del dato analítico. En la Tabla 1 se presentan valores orientativos de cantidad de submuestras a tomar en diagnóstico de fertilidad de suelos agrícolas.

Las unidades de muestreo, deben ser, idealmente, lo más homogéneas posibles en cuanto a tipo de suelo y relieve (topografía), de modo de manejar menor variabilidad y obtener una muestra de suelo que nos permita obtener un dato analítico más exacto. Si bien la superficie correspondiente a una unidad homogénea de muestreo puede variar entre zonas de acuerdo a la heterogeneidad de los suelos y su ubicación en el paisaje, podemos mencionar como superficie de referencia un máximo de 50 ha.

Si por ejemplo se muestrea un lote que tiene posiciones más elevadas y más bajas, pero se pretende diagnosticar la oferta de nutrientes del lote en forma global, se debería muestrear en áreas que consideremos representativas, evitando tomar, por ejemplo en áreas bajas (ej. suelos halo-hidromórficos), no sembradas o con una aptitud productiva muy inferior al resto del lote. La pregunta que nos debemos hacer cuando muestreemos áreas de este tipo es: ¿esta zona del lote o ambiente, es representativa o es atípica?. Si la respuesta es que es atípica, no debemos muestrearla, salvo que nos interese específicamente conocer la aptitud o fertilidad de ese ambiente de menor aptitud.

Profundidad y momento de muestreo

En términos generales, si el muestreo de suelos incluye nutrientes móviles en el suelo (ej. nitratos o sulfatos) el muestreo se debe hacer lo más cercano a la siembra, dejando tiempo como para enviar las

muestras al laboratorio, donde pueden requerir una semana o un poco más, dependiendo del laboratorio y las determinaciones solicitadas. Cuando los nutrientes presentan poca movilidad en el suelo, el momento de muestreo es más flexible (Tabla 1).

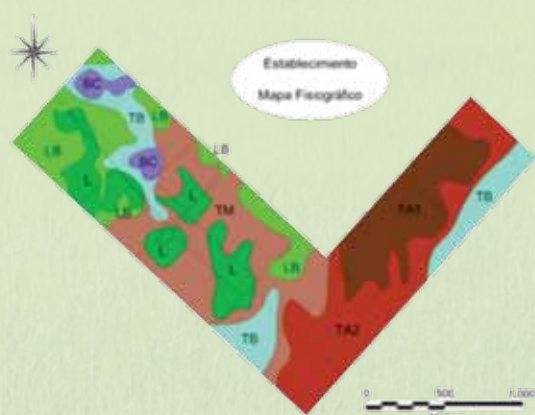
Rotulado y acondicionamiento

El acondicionamiento de las muestras es un paso importante, ya que errores en esta etapa pueden alterar el contenido de nutrientes de las muestras, y por lo tanto las decisiones que se tomen en base a los mismos, serán erróneas. Los errores más comunes, que debemos evitar son:

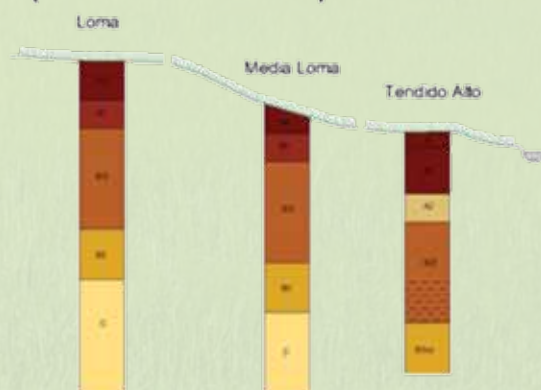
- Guardar las muestras en bolsas de fertilizantes o agroquímicos (que pueden contaminar las muestras).
- Dejar las muestras expuestas al sol (ej. en la caja de la camioneta). Cuando se evalúa nitratos es necesario mantener las muestras refrigeradas y enviarlas al laboratorio con envases como los utilizados para vacunas.
- Colocar los rótulos en contacto con el suelo. Si se humedecen o ensucian, dificulta la identificación de las muestras.
- Utilizar en los rótulos frases que luego no recordamos a qué se referían. Se recomienda siempre utilizar el número o nombre del lote y la profundidad a la que se tomó la muestra, como mínimo de información. Luego agregar datos que faciliten la interpretación del reporte del laboratorio.

Agricultura por ambientes: el éxito de su aplicación depende en gran medida del adecuado conocimiento de los suelos y su aptitud.

La creciente difusión del manejo agronómico diferencial en ambientes delimitados en base a gradientes topográficos u otros criterios, requiere de un abordaje integral del estudio de los suelos. Para ello, es necesario conocer la geomorfología de la región, la distribución de los suelos en el paisaje y evaluar a una escala detallada (ej. 1:20.000 o más detallado) las características y aptitud de los suelos a través de calicatas y pozos de observación.



Toposecuencia Pampa Ondulada



La otra agricultura de precisión

Ing. Agr. PhD Ricardo Melgar

Desde mediados de los 90 la agricultura ha estado bajo el intenso fuego tecnológico derivado de los avances e innovaciones englobadas genéricamente con el título de agricultura de precisión, que incluye el posicionamiento satelital global como base “hard” de la tecnología. Le sigue a esta una miríada de elementos que han sido más que nada fruto de la innovación de procesos antes que tecnologías puras, como los mapas de rendimientos, los banderilleros satelitales o la aplicación variable de insumos.

Los defensores de esta tecnología, que encabezan los vendedores de los “gadgets” y servicios asociados, abogan por la heterogeneidad del terreno como fundamento sostenedor y justificador. Ahora bien, no puede negarse lo contrario también, muchos campos en nuestra región pampeana, con suelos planos y desarrollados bajo praderas a partir de un único material originario son bastante homogéneos desde el punto de vista de su clasificación taxonómica, con diferencias mínimas o despreciables desde el punto de vista de su impacto en el manejo, incluyendo a la fertilización. Máxime aún cuando estos campos han sido bien manejados, con rotación de pocos cultivos como soja, trigo y maíz o girasol. Puede decirse que en muchísimos casos con razonable precisión, que los campos son uniformes en cuanto al ambiente y no necesitarían dosis diferentes de fertilización dentro del mismo lote o que merecieran la inversión de equipos para aplicarlos con mayor rentabilidad.

No obstante esa ausencia de necesidad de la aplicación de la llamada “agricultura de precisión” esos mismos campos están con frecuencia sujetos a deficientes operaciones que hacen a la nutrición mineral de los cultivos. Por consecuencia, el potencial

de producción está subestimado y la inversión esta sub-optimizada. Dentro del cúmulo de posibilidades de deficiencias de precisión en el manejo enfatizamos al menos las siguientes situaciones.

- 1) Deficiencias en el muestro de suelos para el diagnóstico de la necesidad de fertilizantes.
- 2) Deficiencias en la aplicación de fertilizantes por fallas en los equipos aplicadores (mala calibración, equipos o mecanismos, defectuosos, desatención del operador en el manejo del implemento, velocidad de trabajo, traslape)
- 3) deficiencias en la aplicación de otros insumos que interactúan con el aprovechamiento óptimo de los fertilizantes aplicados, densidad de siembra, profundidad de siembra, chanchos en la aplicación de herbicida, deficiente control de malezas. No entramos siquiera en la consideración de la falta de precisión o fallas en la cosecha.

Deficiencias en el muestreo de suelos y diagnóstico de la fertilización fosfatada

Sin maximizar la importancia de la homogeneidad o heterogeneidad del terreno, dado que estamos asumiendo su homogeneidad como fruto de la génesis y del manejo del suelo, es lógico que la siembra y fertilización del cultivo anterior, normalmente en bandas, haya dejado franjas de mayor fertilidad fosfatada en el terreno, alternando con otras de menor concentración de P. Un muestreo de suelos adonde no se contemple una adecuada multiplicación de los piques o submuestras, sea con pala o muestreador tubular, invariablemente acarrea el riesgo de subestimar o sobreestimar el “verdadero” valor de disponibilidad de fósforo.

Simplemente con sacar más o menos submuestras del área de aplicación del fertilizante en el cultivo anterior que las necesarias para asegurar una óptima aleatorización, resultará en una muestra de suelos con mayor o menor valor de P-Bray que el verdadero. Sobreestimar el valor de P Bray conducirá a una recomendación de aplicación de fósforo menor que la necesaria y viceversa, subestimar esa concentración de P en el suelo resultará eventualmente en un derroche de fertilizante basada en una recomendación más generosa. Recordemos que una muestra de uno o dos kg de suelo es lo que se toma como base para generar una recomendación de varios millones de toneladas de suelo de un lote que tiene en algunos casos cientos de hectáreas. Deficiencias en la aplicación de fertilizantes por maquinaria sin calibrar.

La aplicación de fertilizantes implica una operación que conlleva muchos miles de dólares en un campo considerando las dosis y los costos actuales de estos insumos. Fallas en la aplicación a veces son fáciles de ver. Muchas veces se asigna un determinado número de bolsas o toneladas a un lote, y luego de comenzar la operación, a medio terminar o peor aun una vez finalizada, se descubre que faltaron bolsas o que sobró producto. Sencillamente porque la maquinaria no estaba calibrada correctamente y lo que se había estimado que la máquina y sus mecanismos arrojaran digamos 120 kg/ha estuvo arrojando 127, lo que en 100 ha la diferencia de stock se transforma en 700 kg.

Las deficiencias en la calibración ocurren por muy distintas causas, desgaste de las partes móviles, sensibilidad del mecanismo ante el peso de las tolvas completas o vacías. En el caso de las fertilizadoras centrífugas el origen de las fallas de calibración proviene de desgastes del o los ejes, deflactores con ángulo inapropiado, etc. Temas que escapan al objetivo del artículo, pero que implica una falta de precisión a todo el lote: Es decir, se planificó aplicar una cantidad determinada y esta cantidad no se aplicó. Aún cuando se advierta el error, y se corrija

en parte de la parcela, ésta tendrá una dosis que no fue la que se pensaba.

Una dosis determinada que surge de una recomendación implica que esta es, o está cerca de la que implica el máximo retorno económico, vale decir, una dosis mayor probablemente arroje rendimientos mayores pero el margen adicional por sobre el óptimo sería insuficiente para compensar el gasto adicional en fertilizantes. Por el contrario, una dosis menor a la recomendada, es decir a la supuestamente óptima, no resultaría en los rendimientos más altos, y por ello en retornos económicos menores a los que podrían lograrse.

Así como la realidad es que el lote no es homogéneo y por lo tanto recomendar como optima una dosis podrá resultar en que partes del campo reciban la dosis inferior a la “realmente” optima y otras superior, también es cierto que una maquina mal regulada arrojará cantidades menores o mayores a las que lograrían el máximo retorno económico.

Gran parte de la aplicación de nitrógeno a los cultivos es en forma de urea y la mayoría de las veces se realiza con distribuidoras centrífugas de discos. Estas máquinas circulan por el cultivo a lo largo de corredores preestablecidos y confían en un traslape o patrón de superposición adecuado de cada corrida como para obtener una distribución uniforme. La operación necesaria para dar un buen patrón de distribución a alta velocidad de trabajo y un generoso ancho de labor, requiere la atención del operador, la confiabilidad de un adecuado mantenimiento de la máquina y una precisa calibración a campo.

Así también, se reconoce que además la calidad de flujo del material a través de los mecanismos de distribución es muy importante para lograr la dosis correcta de aplicación. Se requiere una calibración específica para combinar la sensibilidad de los mecanismos con el material a ser distribuido. Un patrón uniforme de distribución ante las variaciones en el flujo sobre los mecanismos de distribución

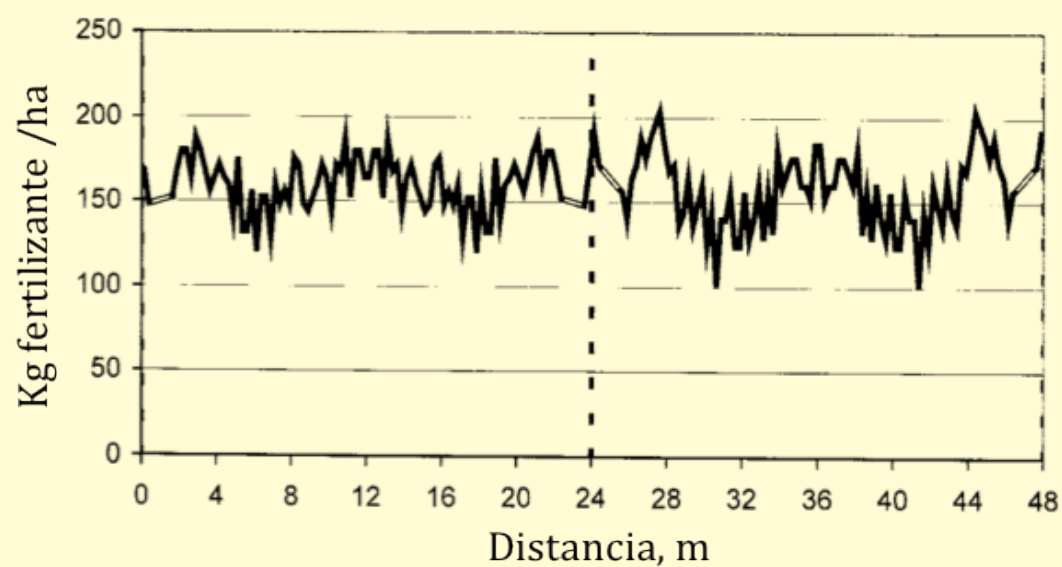


Figura 1. Patrón de distribución de traslape medido de un distribuidor de disco doble operando a un ancho de labor de 24 m bajo típicas condiciones de campo. Distribución satisfactoria.

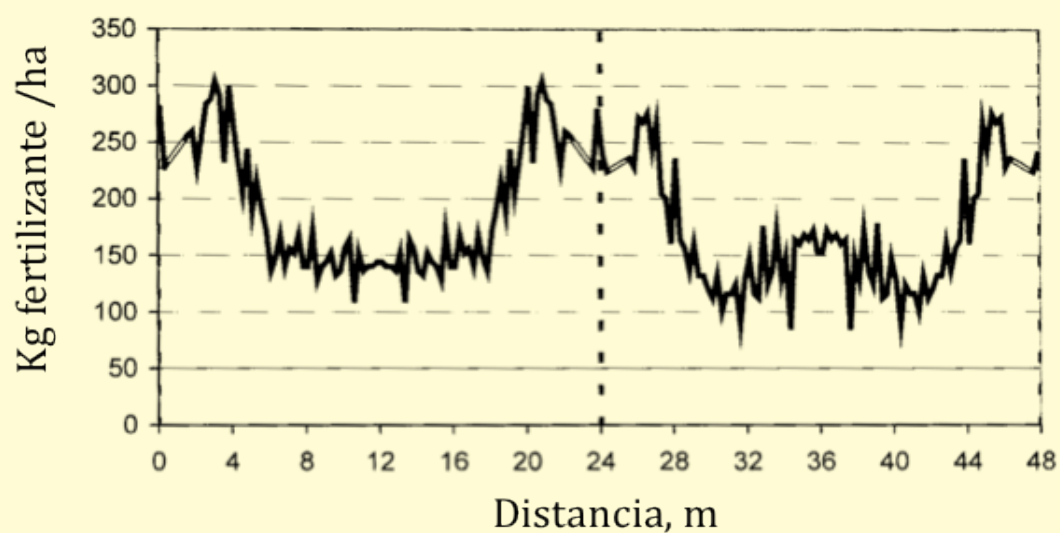


Figura 2. Patrón de distribución de traslape medido de un distribuidor de disco doble operando a un ancho de labor de 24 m bajo típicas condiciones de campo. Distribución deficiente.

también influirá en la uniformidad de la aplicación realizada.

Esta fuente de desventajas o pérdidas de eficiencia, han sido estudiadas considerando la variación normal y se ha intentado cuantificar estas pérdidas económicas asociadas a una pobre performance en la distribución de fertilizantes usando curvas de respuesta al N, para calcular el rinde asociado con las dosis de N entregadas en la aplicación.

La misma estrategia, para generar patrones de distribución puede ser reproducida con la salvedad que hacer estos análisis específicos para un conjunto de condiciones agronómicas y económicas depende de cada combinación de cultivo y factores de producción que lo afectan como el clima.

Las figuras 1 y 2 muestran un típico ejemplo de patrones de distribución medidos bajo condiciones de campo. La figura 1 es lo que puede ser visto como patrón satisfactorio cuando se distribuye a 24 m con escasas señales de errores sistemáticos, y un coeficiente de variación de 11.9 % derivado de pequeñas variaciones. La figura 2 muestra un patrón donde la forma sin traslape no es lo suficiente ancha para dar un patrón uniforme cuando se traslapa y la región por detrás del camino del distribuidor ha recibido una dosis más alta de aplicación comparada con el área en el medio entre las pasadas (menor de 150 kg/ha. Esta forma de patrón de distribución tiene un alto coeficiente de variación (30.8 % en este caso) y es muy probable que muestre un franqueo visible a campo en el cultivo.

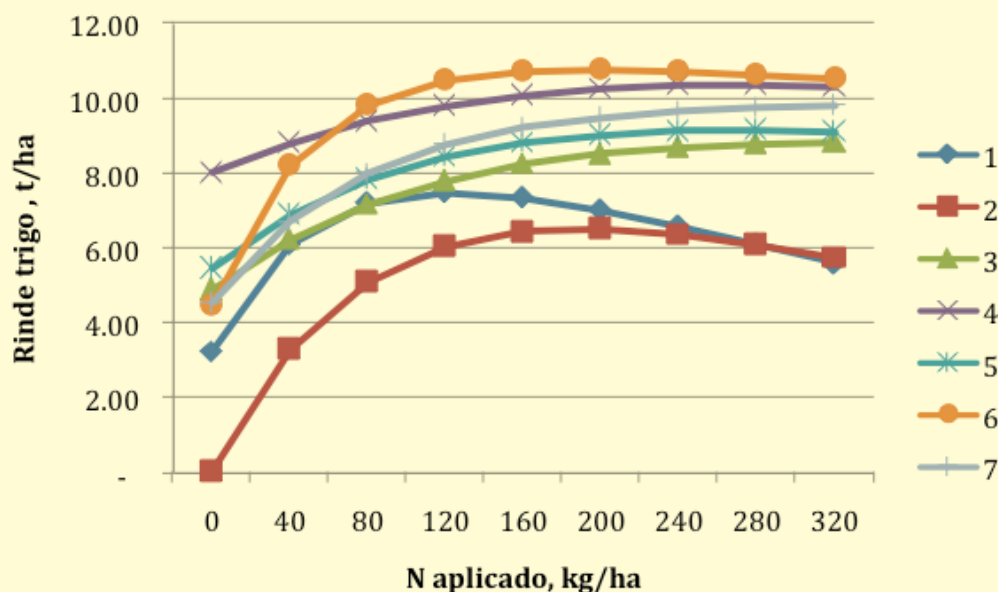


Figura 3. Características de las respuestas al nitrógeno para trigo de invierno de un rango de fuentes que han sido usadas para predecir las pérdidas debido a deficientes sistemas de distribución al voleo.

Pérdidas económicas debido a la falta de uniformidad de la distribución de fertilizantes

La figura 3 muestra un rango de funciones de respuesta que se obtuvieron en ensayos de campo y la tabla 2 da las pérdidas económicas cuando se comparan aplicaciones menos uniformes con una aplicación uniforme a campo, basadas en estas funciones de respuesta. Obsérvese que las diferentes funciones de respuesta tienen asociadas distintas dosis óptimas de aplicación de N y por lo tanto los resultados de la tabla 2 muestran que para distribuciones medidas bajo idénticas condiciones de análisis, una creciente menor performance desde un coeficiente de variación de 6.1% a 11.9 % podría incurrir en una penalidad de rinde entre 3.3 y 7.9 \$ /ha y con un coeficiente de variación aún mayor, de 14.7 % las pérdidas económicas podrían ser entre 6.4 y 16.6/ha. El trabajo fue tomado Miller et al .

Conclusiones

Muchas de las tecnologías agronómicas que han llevado al aumento sostenido de los rendimientos en las agriculturas más avanzadas del mundo son de procesos. No se desprecia el resultado de mayores rindes por avance tecnológico de la nueva genética, la nutrición mayor es más que nada una respuesta al mayor potencial de rindes: a mayor rinde mayor necesidad de nutrientes para sostenerlos; es decir es una consecuencia no una causa de mayores rindes.

Los avances en la aplicación de tecnologías de insumos requieren invariablemente de su acompañamiento de las de procesos. Las normas ISO en vigencia en las principales empresas del mundo tienen que ver con el detallado seguimiento de normas de procedimientos que resultan en la excelencia de los productos o los servicios generados por las empresas que lo aplican.

Tabla 2. Pérdidas económicas derivadas de la mala distribución de urea en trigo. Miller et al¹.

		Distri. uniforme		Distri. media		Distri. desuniforme	
Curva Respuesta	Dosis optima	CV:6.2%		CV:11.9%		CV:14.7%	
	kg N/ha	\$/ha		Margen	Perdida	Margen	Perdida
1	100	\$	737	\$	730	\$	723
2	160	\$	596	\$	588	\$	580
3	200	\$	800	\$	995	\$	790
4	160	\$	1,019	\$	1,016	\$	1,013
5	180	\$	851	\$	846	\$	841
6	140	\$	1,057	\$	1,050	\$	1,043
7	190	\$	905	\$	900	\$	895
Media		\$	852	\$	846	\$	841

En la empresa agrícola de producción de granos, la detallada aplicación de la tecnología de muestreo de análisis de suelos, la generación de recomendaciones de nutrición, la selección de un programa de fertilización que implica la selección de fuentes, dosis momento y forma de aplicación, y finalmente la ejecución de las operaciones con la precisión exigida es la clave de la eficiencia de los procesos.

Fallas en el origen (muestreo de suelos), como a lo largo de todo el proceso y sobre todo en el final, con la aplicación desuniforme de fertilizantes resultara en pérdidas económicas. De nada vale la más preciso seguimiento de los pasos anteriores si las máquinas distribuidoras están mal reguladas. Estas pérdidas probablemente ocurran a niveles sustanciales antes que los efectos sobre el cultivo puedan observarse visualmente.

Se realizó una evaluación para tomar en cuenta los sistemas de recolección de muestras de distribución:

- 1) En un laboratorio “ad hoc”, especialmente diseñado para una rápida recolección de la muestra y procesamiento de los datos con sistemas de cómputo on-line.
- 2) En sistemas más grandes montados en el suelo, especificados por la norma ISO 5690: “Equipos para distribución de fertilizantes. Métodos de análisis”, que especifica las dimensiones de las bandejas de muestreo y da dos posibles opciones. 0.25 m de ancho y 1 m de largo o de 0.5 m x 0,5m.
- 3) Bajo condiciones de campo adonde las bandejas de muestreo son dejadas en el suelo y donde el control de las condiciones de aplicación es limitado pero más representativo de las condiciones de campo.

Los resultados se muestran en la tabla 1 a continuación.

Sistema de evaluación	Distribuidora 1 disco	Distribuidora 1 disco	Distribuidora com desparramador oscilante
CV %			
Sistema automático	10.0	9.5	9.3
Arreglo bandejas en suelo	13.8	16.3	10.0
Ensayo de campo	25.1	30.8	12.0
Tabla 1. Evaluación de la variación de distribución de fertilizantes por máquinas centrífugas de uno y dos discos y una tercera con desparramador oscilante y tres métodos de evaluación.			

Retención de fósforo en suelos del sur y del norte de la región pampeana¹

Flavio H. Gutiérrez Boem, María Julia Cabello, Cesar Quintero y Gerardo Rubio

Introducción

En la Región Pampeana, las recomendaciones de fertilización fosforada se basan en los umbrales críticos de disponibilidad de fósforo en el suelo determinados para cada cultivo. Existen consistentes estimaciones de los umbrales críticos a partir de los cuales los cultivos satisfacen sus requerimientos de P, pero es insuficiente la información disponible para predecir la dosis necesaria en cada suelo particular para alcanzar esos umbrales críticos. Para el caso de soja y girasol, los umbrales críticos oscilan entre 8 y 13 (Bray 1) y para el caso de trigo y maíz entre 13 y 18 ppm. Si bien constituyen la base de la recomendación de fertilización, los umbrales críticos son insuficientes para determinar la dosis de fertilizante a aplicar. La información sobre umbrales debe ser complementada con modelos que permitan predecir la dosis necesaria en cada suelo particular para alcanzar esos umbrales críticos. La mayoría de los trabajos internacionales que trataron de construir modelos de este tipo, lo han hecho en base a suelos que presentaban una alta variabilidad en las características del suelo que hacen a la dinámica del P, por ejemplo toman en cuenta la cantidad y tipo de arcilla, e incluso suelos que pertenecían a diferentes órdenes. Por lo tanto esa información no es tan útil para nuestros suelos agrícolas pampeanos, que presentan una relativa homogeneidad en su origen y en su mayoría pertenecen al orden Molisoles. Existen antecedentes de esta información para algunas áreas específicas de la Región Pampeana, pero no existen modelos que abarquen una mayor amplitud geográfica.

En estudios previos, hemos determinado que la cantidad de P a agregar en un suelo para elevar su disponibilidad en 1 ppm (medida por el método Bray1) está relacionada con algunas características del suelo. Es necesario agregar más fósforo cuanto más arcilla tiene el suelo y cuanto menos P inicial tenga el suelo. Además, hemos observado que los suelos del Sur de la región pampeana poseen mayor fijación de fósforo que los del Norte, es decir se requiere agregar más fósforo en los suelos del Sur que en los del Norte para elevar en 1 ppm la disponibilidad de fósforo. No se sabe aún con qué característica del suelo se asocian estas diferencias entre zonas de la región pampeana. Conocer porque se dan estas diferencias entre las subregiones permitiría ajustar el modelo ya desarrollado de requerimiento de fertilizante fosforado y enriquecer el conocimiento de la dinámica del fósforo en los suelos Pampeanos.

Se piensa que el mayor requerimiento de fertilizante fosforado de los suelos del Sur de la región Pampeana se debe a características específicas de la fracción arcilla y por lo tanto se realizó este trabajo que evalúa la capacidad de retención máxima de P de los suelos y así determinar qué características de estos explican la diferente retención de P observada en suelos del Norte y Sur de la región.

Materiales y métodos

Se utilizaron los 71 suelos de la región Pampeana cuya distribución se muestra en el mapa. Para determinar cuánto aumentaba la disponibilidad de P

¹ Informe correspondiente al Convenio específico entre la Facultad de Agronomía (UBA) y Fertilizar Asociación Civil (Exp.150029/08). Estos resultados se presentarán en el XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo a realizarse en Rosario en el 2010.



por la fertilización, se midió el P por Bray 1 después de 45 días después de aplicar varias dosis de fertilizante fosfatado (0, 8, 16, 32 y 64 ppm de P).

Las cantidades aplicadas se relacionaron con el incremento en el P disponible del suelo (Fig. 1). Para cada suelo se ajustó una regresión lineal simple $y = bx$, donde y es el incremento en P disponible (diferencia entre el P disponible a los 45 días en cada dosis de fertilizante agregado y el P disponible del tratamiento sin agregado de P), b es la pendiente y x es la dosis agregada de P. El coeficiente b queda definido entonces como el incremento en el P disponible en el suelo ante la adición de una ppm de P al suelo.

En este trabajo se analizaron las características de los suelos con el objetivo de identificar las eventuales diferencias entre los suelos del Norte y del Sur de la región Pampeana que expliquen las diferencias en el coeficiente b observadas entre zonas. Entre otros análisis se determinaron P total,

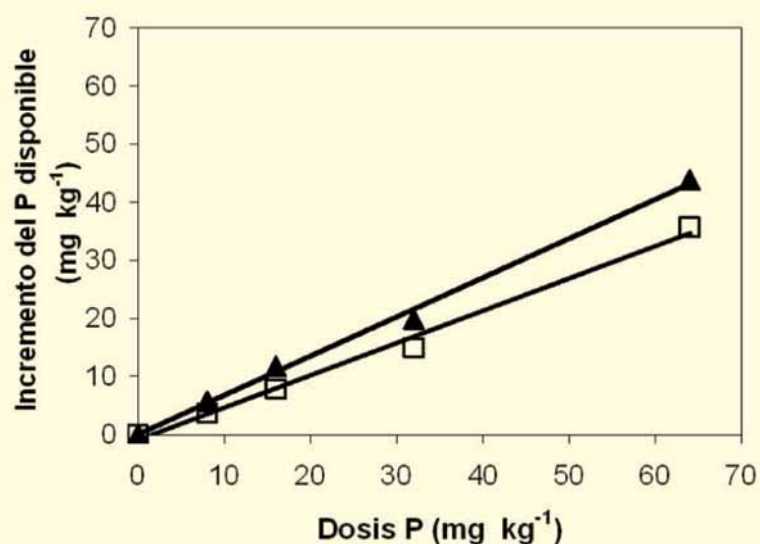


Figura 1. Aumento de la disponibilidad de P al agregar P al suelo

discriminándose la fracción orgánica e inorgánica. Además se determinaron los contenidos de hierro y aluminio, así como también la capacidad de adsorber (retener o fijar) fósforo de cada suelo.

Resultados y Discusión

En la tabla 1 se muestran los contenidos de hierro, aluminio y de fósforo inorgánico determinados en los suelos del norte y sur de la región.

	Aluminio	Hierro	P. Inorgánico
	-- ppm --	-- ppm --	-- ppm --
Suelos del norte	850	1370	128
Suelos del sur	1210	1940	125

Tabla 1. Contenido de Aluminio, hierro y P inorgánico total en suelos del norte y sur de la región pampeana.

Los dos grupos de suelos no se diferenciaron en cuanto a su contenido de P inorgánico total, pero los suelos del Sur tenían concentraciones de aluminio y hierro un 40 % mayor que los suelos del Norte. Este mayor contenido de aluminio y hierro es el que determina que se necesite más P aplicado en los suelos del Sur para modificar el P disponible. En números, por cada kg de P aplicado queda disponible 0,58 kg de P en los suelos del norte y 0,41 kg en los suelos del Sur. Así, confirmamos que los mayores contenidos de hierro y aluminio en los suelos del Sur respecto de los del norte son los responsables de las diferencias en requerimientos de fertilizante fosfatado.

Coincidente con este análisis se observó que los suelos del sur tuvieron una capacidad máxima de adsorción de más del doble que los suelos del norte (Figura 2). También, como otra manera de expresar

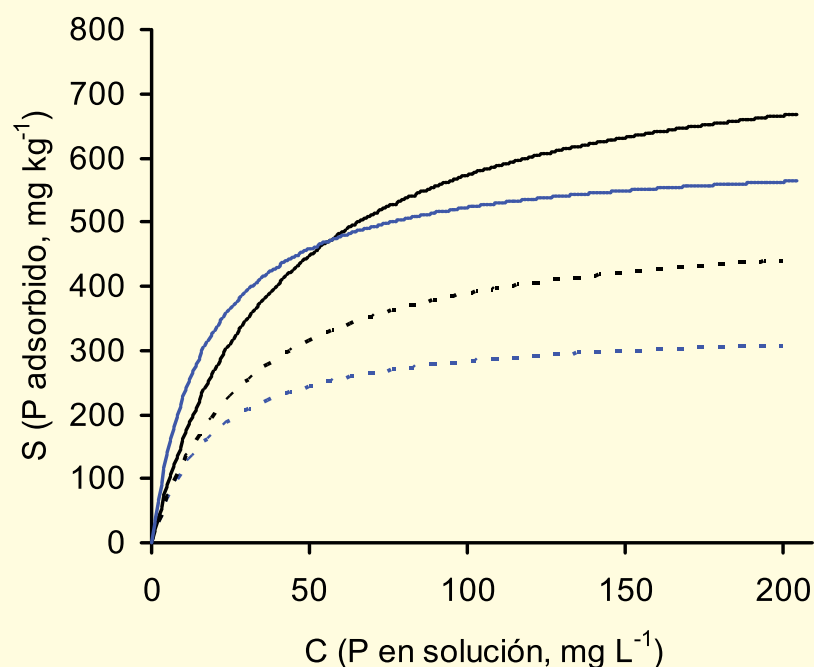


Figura 2. Curvas de adsorción para suelos del sur (líneas llenas) y del norte (líneas punteadas), con 23% (azul) y 25% (negro) de arcilla.

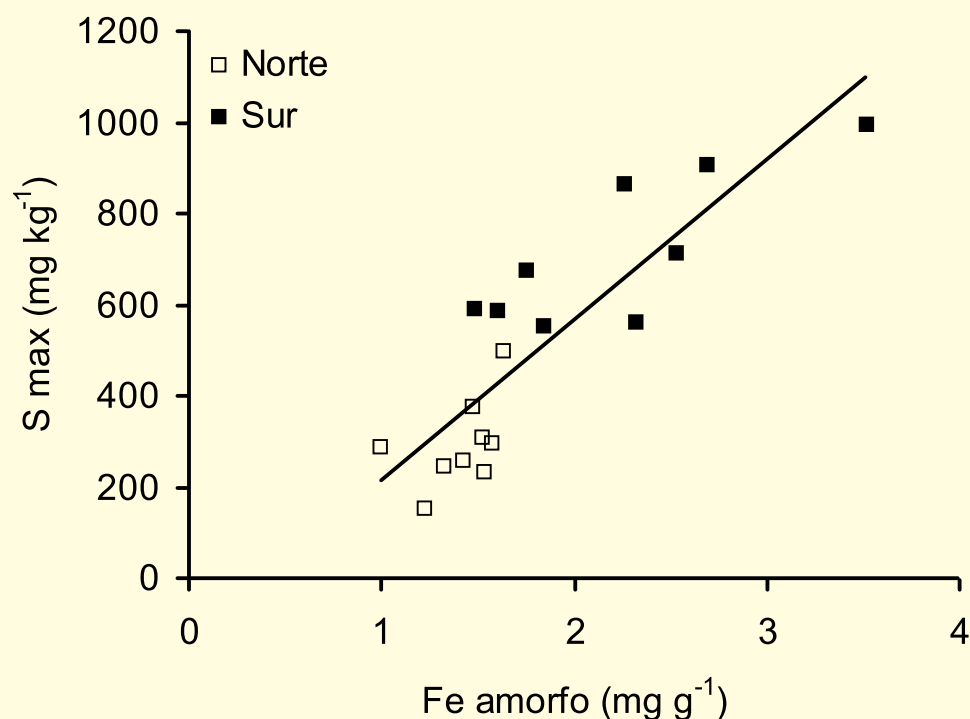


Figura 3, Relación entre la capacidad máxima de adsorción de los suelos y su contenido de hierro. Los valores de Smax fueron corregidos para un valor promedio de PBray1.

cualidades similares, los dos grupos de suelos difieren en el poder regulador de P, presentado los suelos del sur valores mayores a los del norte. Es decir se precisa más P aplicado en los suelos del Sur para modificar la disponibilidad (medida por el análisis de suelo).

Las diferencias observadas en las curvas de adsorción entre suelos de las dos zonas no se debieron a diferencias en el contenido de arcilla de estos suelos, ya que estas se mantuvieron cuando se compararon suelos de ambas zonas con el mismo contenido de arcilla (Figura 2).

La capacidad máxima de adsorber P (Smax) de los suelos estuvo asociada a su contenido de hierro y al nivel de P disponible. En este grupo de suelos, los suelos de las dos zonas no diferían en sus niveles de P disponible. Por lo tanto, las diferencias en la capacidad máxima de adsorber P observadas entre suelos de las dos zonas estuvieron relacionadas con sus distintos niveles de hierro (Figura 3). El efecto del nivel de P disponible sobre la capacidad de adsorber P se debería a una mayor saturación con P en los suelos con mayor P disponible. A mayor nivel de P disponible, menor la capacidad del suelo de adsorber el P agregado. Las diferencias observadas

A photograph of a vast field of yellow mustard flowers in bloom, stretching towards a clear blue sky. The flowers are in sharp focus in the foreground, with some stems and leaves visible. The background shows a dense field of similar flowers, creating a sense of depth. The overall scene is bright and sunny, with the yellow of the flowers contrasting sharply with the blue of the sky.

en el poder regulador de P de los suelos provenientes de las dos zonas estuvieron relacionadas con su contenido de hierro amorfo.

El hierro analizado en el trabajo se refiere al hierro amorfo que comprende óxidos e hidróxidos de hierro no cristalinos que son parte de la fracción arcilla cuando se analiza la textura del suelo. Pero estos óxidos tienen mayor capacidad de adsorber fósforo que muchas arcillas los suelos del Sur tienen más Fe no cristalino en su fracción arcilla que los suelos del Norte, lo que sugiere que los suelos de una y otra zona presentan diferencias en los tipos de arcilla que predominan. Por eso este componente de la arcilla influye en la retención del P además del contenido mismo de la fracción arcilla, es decir que el contenido de arcilla por sí solo no explica las diferencias en su capacidad de adsorber fósforo.

Conclusiones

Los suelos del Sur de la región presentaron valores más altos de hierro y aluminio, así como también una capacidad de absorber fósforo mucho mayor que los suelos del Norte de la región.

La mayor capacidad máxima de absorber fósforo que mostraron los suelos provenientes del Sur de la región se pudo explicar por su contenido de hierro. Esta característica también explicó las diferencias observadas en el poder regulador de fósforo de los suelos. Estos resultados explican por qué es necesario aplicar más fósforo para elevar la disponibilidad de fósforo en una ppm en los suelos del Sur que en los del Norte.

Nutrición no mineral. Nutrición no tradicional.

Las citocininas.

Nueva herramienta para mejorar la removilización de carbono y nitrógeno en trigo y la eficiencia de fertilización

Maria V. Criado, Carla Caputo, Irma N. Roberts

Inst. de Investigaciones en Biociencias Agrícolas y Ambientales Inba-Ex IBYF (Conicet-Fauba).

En los años recientes se ha intensificado la búsqueda de formas de hacer más eficientes los recursos de todo tipo y en particular los minerales que tiene que ver con la fabricación de los fertilizantes. La experiencia del 2008 fue traumática para muchos y particular para los países que dependen mucho de los fertilizantes importados como Brasil o la India, principales mercados de fertilizantes del mundo. Se ha venido investigando el agregado de hormonas que logran mejorar la eficiencia de nitrógeno a través de estimular la removilización de los tejidos viejos o demorarlos manteniendo su carácter de destino y no de fuente.

Entre las formas estudiadas para mejorar la eficiencia de utilización del N por el cultivo se ha trabajado en mejorar los distintos componentes de la eficiencia, de absorción, translocación o removilización dentro de la planta. En este último es la mejora de la eficiencia se ha intentado a través de demorar la senescencia de las hojas maduras. La senescencia foliar es la última etapa del desarrollo de las hojas y en los cereales se evidencia claramente por los cambios de color de verde a amarillo de las hojas cuando los granos maduran antes de la cosecha.

Esto permite que los nutrientes asimilados en las hojas maduras (órgano fuente) sean transportados hacia las hojas jóvenes o granos en desarrollo (órgano

destino). La iniciación de la senescencia foliar es regulada por muchos factores, tanto externos como internos. Entre los factores externos se conocen distintos estreses incluyendo la sequía, las temperaturas extremas, la excesiva salinidad del suelo, y la deficiencia de nutrientes. Mientras que entre los factores internos se encuentran la edad, el desarrollo reproductivo, y los niveles de ciertos reguladores del desarrollo de las plantas como las fitohormonas.

Las citocininas son un grupo de hormonas vegetales que regulan diversos aspectos del crecimiento y desarrollo de las plantas, tales como la división celular, la fotosíntesis, la senescencia, el desarrollo de cloroplastos, y la partición de asimilados en los distintos órganos de la planta. A pesar de la importancia de las citocininas, este grupo de hormonas es el menos conocido con respecto a su modo de acción en las plantas. En relación con la senescencia se estableció que la concentración de citocininas disminuye en las hojas senescentes, mientras que el agregado de citocininas retarda la senescencia foliar. Para avanzar en el conocimiento del papel de estas hormonas en la removilización del N cuando las plantas de trigo se enfrentan a deficiencias de N, las investigadoras analizaron varios parámetros relacionados con la senescencia y removilización de N en plantas jóvenes de trigo que recibieron o no N, tratadas con o sin una citocinina sintética.

La deficiencia de N acelera la senescencia de las hojas fuentes y la hormona la retarda

Como consecuencia de la deficiencia impuesta de N se observó una menor concentración de aminoácidos en el floema, el principal sistema de conducción de la planta, una disminución de las concentraciones de proteínas, clorofila y almidón en las hojas fuente y una disminución de las concentraciones de proteínas y clorofila en las hojas destino (Fig. 1) comparado con las plantas que no recibieron la hormona. Contrariamente, se observó que al agregar la hormona (citocinina) se produjo una marcada disminución de la removilización de nutrientes desde los tejidos fuente a los destino tanto en las plantas que recibieron N como en las que no.

Estos resultados indican que el agregado de la hormona restablece el carácter de órgano destino en las hojas viejas, induciendo la acumulación de N en proteínas y carbono como almidón, al tiempo que inhibe la exportación de aminoácidos y azúcares hacia las hojas más jóvenes.

En conclusión se observó que el agregado de la hormona citocinina sintética interfirió con el desarrollo de las plantas, modificando la translocación de nutrientes desde las hojas viejas. De esta forma, aumentar la concentración de citocininas en los granos en los estadios tempranos, por manipulación genética y/o técnicas de manejo del cultivo sería una estrategia prometedora para aumentar la producción de granos con alto contenido de N y lograr un aumento en la eficiencia de uso del N.

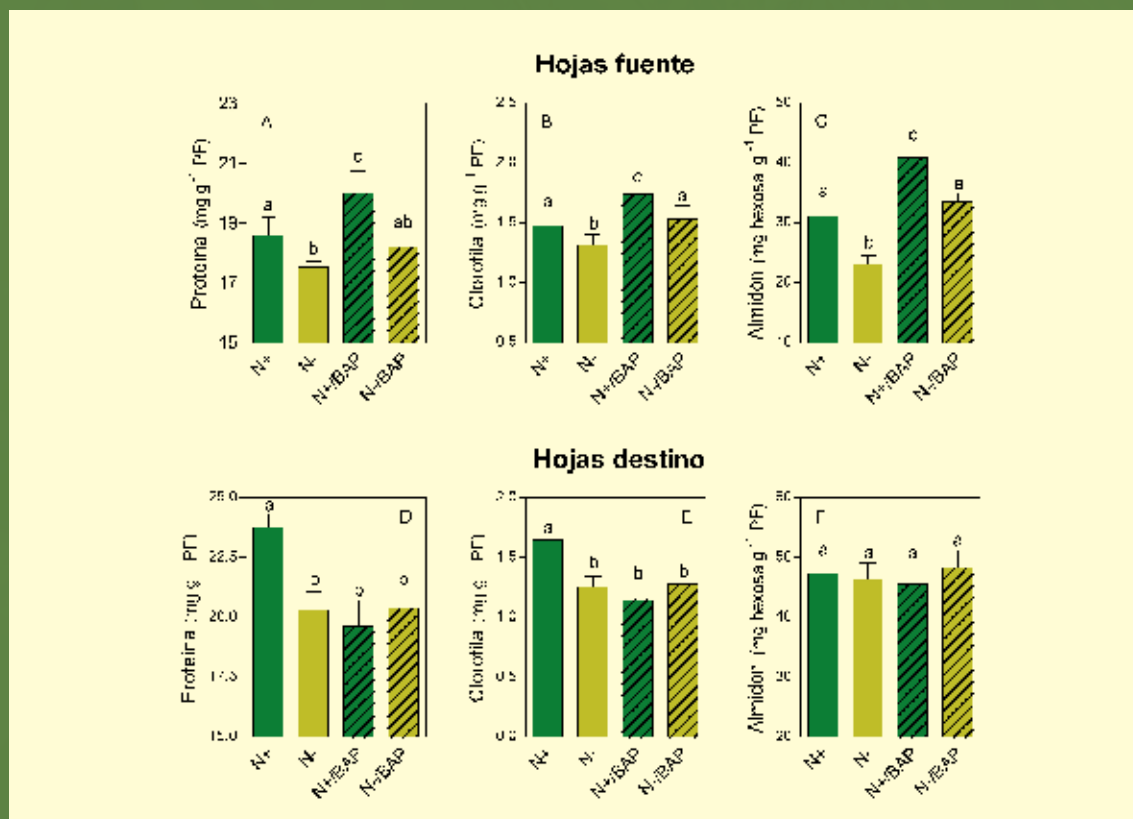


Figura 1. Concentración de proteínas, clorofila y almidón en las hojas fuente (A, B, C) y en las hojas destino (D, E, F) en las plantas con y sin aplicación de citocinina N+/BAP y N-/BAP bien nutridas (N+) o con deficiencia de N (N-). Las barras indican ± SE de las medias, n=5.

Balance nutricional y productividad del trigo

María R. Landriscini y Juan A. Galantini

CONICET, Dpto. Agronomía - UNS, Bahía Blanca, mlandris@criba.edu.ar; Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), CERZOS

Introducción

Las plantas requieren cantidades equilibradas de nutrientes que deben ser satisfechas con una fertilización balanceada. Los nutrientes deben ser aportados en conjunto para que su efecto sobre el rendimiento sea mayor. Todos los factores deben acompañar y no afectar negativamente la expresión de la respuesta a los fertilizantes: fecha de siembra, agua disponible, variedad de alto potencial, control sanitario, y una cosecha precisa y oportuna.

La fertilización balanceada requiere herramientas adecuadas para evaluar la disponibilidad en el suelo y el estado nutricional de la planta, que permitan interpretar y calibrar las necesidades del cultivo. El análisis de suelo, permite conocer la disponibilidad de los nutrientes en un momento dado, y el análisis de planta, indica la habilidad del cultivo para tomar esos nutrientes frente a condiciones climáticas dadas.

La concentración de los nutrientes foliares depende principalmente de su disponibilidad en el suelo. Las características del suelo, del clima y el manejo afectan el crecimiento del cultivo y la dinámica de los nutrientes foliares, haciendo que su concentración en la planta cambie con la edad del cultivo, la parte de la planta analizada, la disponibilidad edáfica y otros factores incontrolables. Por lo tanto, la concentración de un nutriente en planta, por ejemplo porcentaje de N, por sí sola no sirve como diagnóstico del estado nutricional del cultivo.

Para solucionar este problema, se desarrolló el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) y fue aplicado intensivamente a los cultivos de maíz, trigo y soja. Este método de diagnóstico

utiliza las relaciones entre nutrientes, las que varían mucho menos que las concentraciones de los nutrientes individuales y las compara con las relaciones obtenidas en poblaciones de altos rendimientos. De esta forma, se independiza de la edad y de la parte analizada de la planta.

Varios trabajos han utilizado la metodología DRIS en el país desde fines de los años '80 para evaluar el balance de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S) en trigo. Se han desarrollado normas DRIS regionales con una base de 700 análisis de plantas de trigo. Estudios previos encontraron que el mejor momento para detectar los desbalances nutricionales fue después del macollaje, brindando un diagnóstico tardío para una fertilización convencional, pero adecuada para una fertilización complementaria destinada a mejorar el rendimiento del cultivo y/o calidad del grano.

La fertilización foliar soluciona los problemas de deficiencias de nutrientes en forma rápida y en los momentos críticos donde los requerimientos del cultivo son superiores a su capacidad de absorción desde el suelo. Es complementaria de la fertilización al suelo, utilizándose en cultivos de alta producción y en situaciones donde la absorción no satisface los requerimientos del cultivo, o cuando las condiciones climáticas no permiten la descomposición del fertilizante en el suelo a formas asimilables. Si bien fisiológicamente todos los nutrientes pueden ser absorbidos por vía foliar, en algunas oportunidades no es posible por el alto costo de las aplicaciones que sería necesario realizar para satisfacer el total de los requerimientos. Su utilización debería restringirse a períodos críticos de crecimientos, momentos de demanda específica de

Tabla 1: Fuentes y dosis de N, P, K y S aplicados en trigo a la siembra.

Tratamiento	Fuente	N Kg/ha	P	S
Testigo		0	0	0
N2	Urea	50	0	0
P1	Superfosfato triple (SPT)	0	20	0
N2S	Sulfato amonio	20,5	0	23,4
N3	Urea	100	0	0
N2P1	Urea-SPT	50	20	0
N3P	Urea-Sulfato amonio	70,5	0	23,4
P2	SPT	0	40	0
N1P1S	SPT- Sulfato amonio	20,5	20	23,4
N2S	Sulfato amonio	41	0	46

algún nutriente o en situaciones adversas del suelo que comprometa la nutrición de las plantas.

La aplicación foliar ha demostrado ser un excelente método para abastecer los requerimientos de los nutrientes secundarios (calcio, magnesio y azufre) y de micronutrientes (zinc, hierro, cobre, manganeso, boro y molibdeno), mientras que complementa los requerimientos de N, P y K necesarios en los períodos de crecimiento crítico del cultivo. La nutrición foliar tiene la finalidad de retrasar la senescencia natural y lograr un óptimo rendimiento y calidad de producto, garantizando el mínimo riesgo ambiental.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- Evaluar la sensibilidad de la metodología DRIS para detectar posibles respuestas a la fertilización con N, P y S a la siembra, utilizando normas internacionales.
- Realizar un análisis integrado, considerando las

propiedades químicas y físicas edáficas, la nutrición del cultivo y la productividad (calidad y rendimiento), para evaluar la respuesta a la fertilización.

- Evaluar el efecto de la fertilización foliar complementaria, sobre el rendimiento y la calidad del grano de trigo.

Cómo se hizo la experiencia

El ensayo se realizó en el año 2004, sobre un lote de trigo (Buck Guapo), sobre trigo en siembra directa, ubicado en el Establecimiento Cumelén, partido de Coronel Dorrego. El suelo del sitio tenía 3.4 % de MO, 17 ppm de P y 18 ppm de S disponibles. Los valores de N-NO₃ y N-NH₄ a la siembra se consideraron para estimar el N disponible sumado al N aplicado a la siembra como fertilizante.

Los tratamientos de fertilización a la siembra fueron combinaciones de N, P y S (Tabla 1). Se usó un diseño de parcelas divididas totalmente aleatorizado con 2 réplicas. Los tratamientos principales

Tabla 2. Concentración de N, P, K y S foliares en hojas de trigo en elongación, grado de balance de nutrientes derivadas de los índices DRIS y orden relativo de deficiencias.

Tratamiento	N	P	K %	S	Índice Desbalance	Deficiencia Relativa
Testigo	1.62	0.32	1.86	0.12	122	N > S > K > P
N2	1.71	0.25	2.06	0.13	88	N > S > K > P
P1	1.73	0.36	1.95	0.14	123	N > S > K > P
N2S	1.49	0.26	1.92	0.13	102	N > S > K > P
N3	2.35	0.23	2.15	0.14	48	S > N > P > K
N2P1	1.74	0.4	2.13	0.15	138	N > S > K > P
N3P	1.81	0.23	1.76	0.15	47	N > S > K > P
P2	1.72	0.28	1.59	0.11	93	S > N > K > P
N1P1S	1.5	0.29	1.46	0.14	100	N > S > K > P
N2S	1.62	0.24	1.77	0.14	72	N > S > K > P

fueron la fertilización a la siembra y los secundarios la fertilización foliar, que consistió en 30 kg N/ha como urea en solución al 20%, previo a antesis.

Las plantas de trigo se muestrearon en elongación (1°-2° nudo, Feekes 6-7) y en madurez fisiológica (Feekes 11.4). En el primer caso se determinó el contenido de nutrientes (N-P-K-S) y la producción de materia seca total aérea (MSta). Se analizó la concentración de NPK y S y con estos resultados se calcularon los índices DRIS de cada nutriente, para determinar las deficiencias o excesos relativos. Con la suma de los valores de los índices DRIS se calculó el índice de balance nutricional (IBN).

En la cosecha se evaluó la producción de grano y paja. Se determinaron los componentes del rendimiento: espigas por unidad de superficie (espigas m⁻²), granos por espiga (granos esp⁻¹), peso de los granos (P1000), así como la calidad de los mismos (% de proteína).

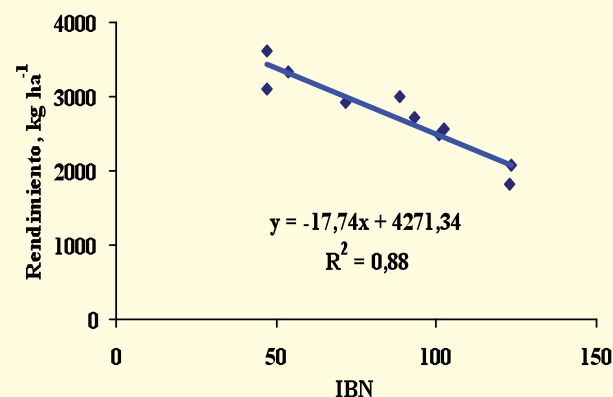


Figura 1. Relación entre índice de balance nutricional (IBN) y rendimiento de grano a cosecha.

Resultados obtenidos

Balance de nutrientes e índices DRIS

El muestreo realizado en elongación puso en evidencia que con las dosis y fuentes de fertilizantes

aplicados a la siembra se lograron diferentes disponibilidad nutricional. La concentración de nutrientes osciló entre 1,49–2,35% para el N, 0,23–0,40% para el P, 1,46–2,15% para el K y 0,11–0,15% para el S (Tabla 2). El S fue menos variable y no mostró respuesta a la aplicación a la siembra debido a que los suelos poseían una buena disponibilidad de sulfatos.

Según los resultados obtenidos con los índices DRIS el índice de N fue siempre negativo, indicando una deficiencia relativa generalizada respecto a los nutrientes involucrados en el análisis. El índice de fósforo fue siempre positivo, indicando un exceso relativo, coincidente con el adecuado nivel de P extractable del suelo. En los casos en los que se aplicó fertilizante con P, el exceso fue mayor, y con aplicaciones de N y NS los valores numéricos disminuyeron acercándose a la zona de balance nutricional (± 15). El índice de S tuvo valores cercanos a cero. En general, los valores en los índices DRIS y su variación con los tratamientos reflejaron el análisis de suelo y las fertilizaciones, evidenciando que la metodología es sensible para detectar diferencias en la nutrición del cultivo. Además, la aplicación de

un nutriente modificó el balance con el resto de los nutrientes considerados. Esto confirma que la aplicación de fertilizantes destinadas a obtener la máxima productividad deben ser balanceada y teniendo en cuenta la disponibilidad en el suelo. El orden de deficiencias relativas durante la etapa vegetativa del cultivo tuvo al N como el elemento más deficiente y al S en segundo lugar. Sólo en los casos de alta disponibilidad de N o de P, el S presentó una deficiencia relativa mayor.

El IBN, como síntesis del balance nutricional del cultivo, fue variable en los diferentes tratamientos. Los valores más altos se observaron en los tratamientos que más deficiencias tuvieron, mientras que los más bajos fueron aquellos recibieron mayores dosis de N y S. La importancia del IBN es que refleja el grado de desbalance entre los nutrientes considerados, aspecto que está ligado a su rendimiento final. En este trabajo, se encontró una relación negativa altamente significativa entre el IBN y el rendimiento en grano a cosecha es decir a menor desbalance mayor rendimiento (Figura 1),

Tabla 2. Rendimientos de biomasa, grano de trigo y proteína en el grano de cada tratamiento.

	Biomasa F. Foliar kg/ha		Grano F. Foliar		Proteína F. Foliar %	
Testigo	5884	6615	2087	2413	9.6	10.9
N2	8966	9551	2990	3534	9.3	9.5
P1	4635	6169	1823	2311	10.7	11.3
N2S	7415	5808	2559	1949	9.4	9.9
N3	10413	13522	3622	4895	8.5	9.7
N2P1	9414	10647	3322	3810	9.7	9.6
N3P	8208	11099	3101	3969	10.4	9.8
P2	7759	6005	2709	2280	9.0	10.2
N1P1S	7350	7183	2487	2652	9.5	8.6
N2S	8477	9612	2920	3365	9.4	9.3

Efecto de la fertilización a la siembra

En la cosecha se observó respuesta a los tres nutrientes evaluados aplicados a la siembra, sobre el rendimiento (Tabla 2) siendo el N el del efecto más importante, con una respuesta de 15 kg de trigo por kg de N. La variación de rinde estuvo fuertemente asociada al mayor número de espigas fértiles (95% de la variación), y mucho menos a la cantidad de granos por espiga (4%), y al peso de granos (1%).

Efecto de la aplicación foliar de N

La respuesta en el rendimiento en grano a la aplicación foliar de N, fue variable según la fertilización inicial de N con un promedio de 355 y 769 kg/ha de grano y de MSta, respectivamente y los tratamientos que mostraron respuesta significativa a la fertilización foliar fueron los que habían recibido dosis más elevadas de N a la siembra y que en consecuencia tenían un buen desarrollo inicial del cultivo (Tabla 1 y Figura 2).

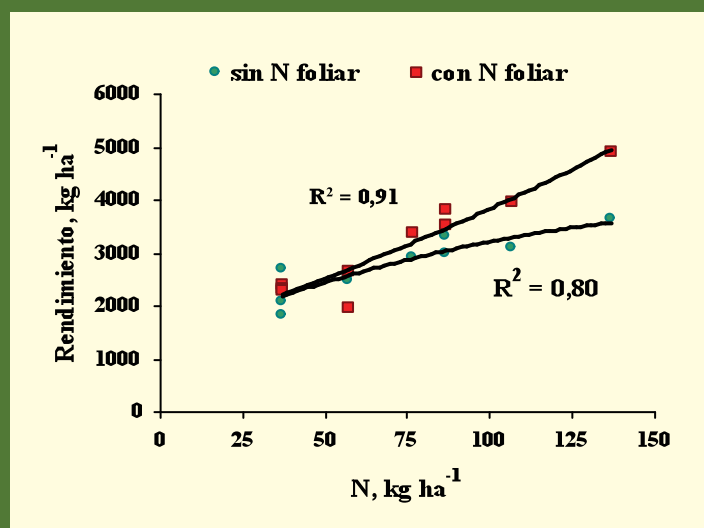


Figura 2. Rendimiento de trigo con y sin aplicación foliar en función del N disponible

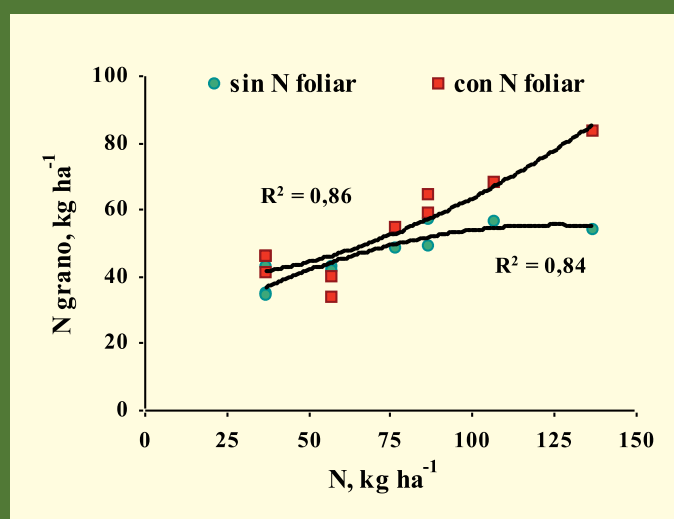


Figura 3. Contenido de N en grano con y sin aplicación foliar en función del N disponible.

Las buenas condiciones de humedad, si bien favorecieron obtener muy buenos rendimientos, cercanos a las 10 t/ha de materia seca y a los 5 t/ha de grano, resultaron en que el N aplicado fuera insuficiente limitando tanto el peso como el contenido proteico de los granos, que tendieron a disminuir al aumentar el N aplicado. (Tabla 3). El agregado de fósforo sin nitrógeno, logró incrementar el rinde sin afectar el contenido proteico. La aplicación combinada de N y S produjo los mayores niveles de N en grano. En todos los casos la proteína no alcanzó los niveles de comercialización requeridos.

En general la fertilización foliar aumentó en 28 espigas más por m², y en 0.9 g/1000g el peso de los granos, pero no produjo cambios en la cantidad de granos por espiga lo que indicaría que se mejoró la fertilidad de las espigas. Como se muestra en la figura 2, con menor fertilidad nitrogenada inicial no se observaron respuestas a la aplicación foliar y ésta aumentó a que la disponibilidad inicial de N aumentó.

Un comportamiento semejante al rendimiento en grano se obtuvo cuando se analizó la producción de biomasa en estadios más tempranos. La

disponibilidad de N y la cantidad de biomasa presente al momento de la aplicación fueron elementos claves para la determinación de la respuesta. Alta respuesta en grano se obtendría con un cultivo bien nutrido y con buena biomasa para aumentar la eficiencia en la absorción y translocación del fertilizante aplicado en forma foliar.

El porcentaje de proteína aumentó hasta 1,3 puntos, en casi todos los tratamientos respecto al testigo, salvo en los que habían recibido fertilización a la siembra con sulfato de amonio como fuente de N. Es de destacar que en todos los casos este porcentaje estuvo cercano al 10%, no alcanzándose el valor requerido para panificación (11,5%).

Este comportamiento se reflejó mejor al analizar el efecto de la fertilización foliar sobre la cantidad de N en grano (Figura 3). Nuevamente, con baja disponibilidad inicial de N las curvas son semejantes y se separan a dosis más altas de N, comportamiento más evidente que al analizar el rendimiento en grano.

Con baja disponibilidad inicial, el N aplicado estimula la respuesta en grano y N en grano, mientras que superando cierto umbral el N se acumularía en la paja, no alcanzando a ser translocado.

Desde el punto de vista agronómico se debe destacar que el aumento de la disponibilidad inicial de N estuvo asociado a la disminución de la eficiencia agronómica a la cosecha (kg de grano por kg de N aplicado). La eficiencia de uso del N foliar sobre la recuperación aparente del fertilizante fue del 25%, para el promedio de los tratamientos, con una translocación del 98% de ese N al grano.

La disponibilidad inicial de N, relacionada al área foliar en el momento de la aplicación, condicionó la eficiencia con que el cultivo transformó cada kg de N aplicado en forma foliar en N en grano. Cuando la disponibilidad de N inicial fue de 50 kg de N / ha, las eficiencias fueron bajas y hasta negativas, y

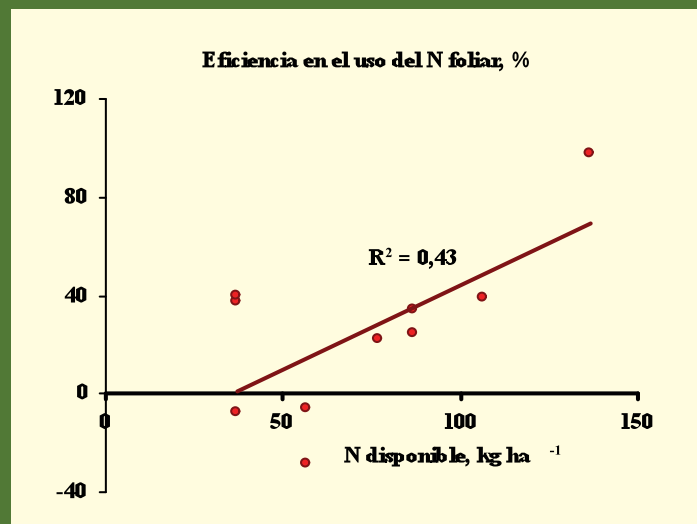


Figura 4. Eficiencia en el uso del N foliar con diferente disponibilidad inicial de N.

a partir de los 70 kg, se observó una tendencia creciente en la eficiencia desde el 20 al 97% (Figura 4).

Conclusiones

Los diferentes tratamientos de fertilización a la siembra resultaron en diferentes concentraciones de nutrientes en las hojas, medidos por los índices DRIS y en los rendimientos a cosecha. Este rendimiento creciente fue directamente proporcional al mejor balance de entre N P y S.

A medida que el cultivo estuvo inicialmente mejor provisto de N la producción de biomasa fue mayor y en consecuencia la respuesta a la fertilización foliar fue mayor, tanto en grano como en proteína.

Pero el principal efecto de la aplicación foliar fue el aumento del rendimiento, y en mucha menor medida el aumento de la proteína. Para el promedio de los tratamientos, la recuperación aparente del N foliar fue del 25%, del cual el 98% se translocó al grano.

Novedades & Eventos

XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (AACs) – 2010 “El Suelo, Pilar de la Agroindustria en la Pampa Argentina”

Del 31 de mayo al 4 de junio de 2010 en la Bolsa de Comercio de Rosario, la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo organiza el XXII Congreso nacional, un singular ámbito para la integración de científicos, técnicos, estudiantes, productores y empresarios, y está jerarquizado con la presencia de destacados expertos nacionales e internacionales de reconocido prestigio.

En esta oportunidad, coincide con el 50º Aniversario de la creación de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo y con el año del Bicentenario, especial ocasión histórica que lo galardona.

El lema del evento “El suelo: pilar de la agroindustria en la pampa argentina” pretende reflejar las características de nuestra región, productora de materias primas y agroindustrial. En tal sentido, los organizadores pretenden conformar las diferentes disertaciones tanto en las conferencias como en las mesas redondas y en la gira edafológica que contempla la observación de suelos característicos de nuestra región como así también la visita al cordón agroindustrial del Gran Rosario.

Adhieren la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario, Aapresid, INTA y la Bolsa de Comercio de Rosario.





JUNTO A LOS...

SEÑAL LIBRE Y GRATUITA
PÍDALO A SU OPERADOR DE CABLE LOCAL

Victorino Rodríguez 1964 (X5009DSO) - Córdoba
Tel. Fax. 0054 - 0351 - 4814381
E mail: sembrando@sembrando.com.ar

www.sembrando.com.ar

CANAL OFICIAL DE:



Transmisión en vivo y en directo

www.amanecerrural.com está pensado como un portal de consulta diaria, que ofrece al usuario, de forma fácil e integrada, el acceso a una gran cantidad, calidad y variedad de información agropecuaria.



- El Campo Hoy
- Revista Agropecuaria
- Sección Remates
- División Capacitando
- División Publicaciones
- Sección Eventos
- División Servicios
- Guía de proveedores y Clasificados
- Meteorología
- Mercados

Oficinas Amanecer Rural: Salta 108 - Resistencia, Chaco. Tel/Fax: 03722 444 507 - avisos@amanecerrural.com

TodoAgro

El camino más directo para llegar al campo

TodoAgro Eventos

*Jornadas intensivas de capacitación.
Lechería . Cultivos Especiales. Alfalfa.
Tour Lechero. Riego. Trigo. soja.
Sorgo. Ganadería.*

TodoAgro

*10.000 ejemplares impresos
por tirada.
Distribución en más de
200 poblaciones de la zona
núcleo pampeana.*



TodoAgro.com.ar

*El portal líder en internet.
Más de 120.000 contactos.
Boletines diarios.*



TodoAgro TV

*Programas especiales en
horario central de Canal
Rural Satelital, y
en cables zonales de
Córdoba y Santa Fe.*



Súmese a este camino

todoagro@todoagro.com.ar
info@todoagro.com.ar
54 0353 4536239 / 4613 68 / 154 196 618
Belgrano 427 - 5900 Villa María
Córdoba - República Argentina

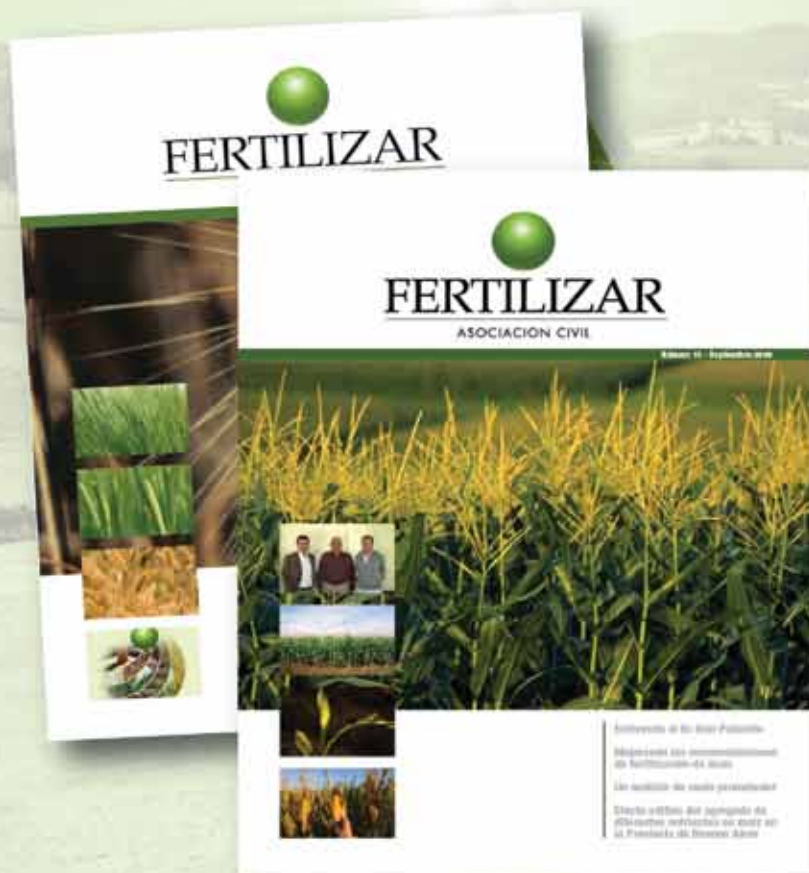


FERTILIZAR ASOCIACIÓN CIVIL promueve la reposición de nutrientes, el uso responsable de fertilizantes y la conservación sustentable del suelo y el medio ambiente productivo



- **Realización de simposios**
- **Publicación de Ensayos**
- **Información técnica actualizada**

- **Datos estadísticos**
- **Intercambios técnicos con Universidades e Instituciones**



Suscríbase a la mejor información

Revista Fertilizar

Actualidad del sector ● Notas técnicas ● Opinión de especialistas

Suscríbase con sólo un click
www.fertilizar.org.ar


FERTILIZAR
ASOCIACION CIVIL

Para mayor información escriba a: suscripciones@fertilizar.org.ar