

FERTILIZAR

ASOCIACION CIVIL

Julio 2013 | N° 26

MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN DE LA COLZA

POR RICARDO MELGAR

• FERTILIDAD DE SUELOS Y NUTRICIÓN VEGETAL

EEA OLIVEROS INTA

• ¿QUÉ SABEMOS HOY DEL MANEJO DE LA NUTRICIÓN DE LA ARVEJA?

POR GUSTAVO N. FERRARIS Y LUCRECIA A. COURETOT

• NITRÓGENO Y AZUFRE. SINERGISMO ENTRE DOS NUTRIENTES

POR FERNANDO SALVAGIOTTI

PEDRO FALTSHAUSER

Gerente de Desarrollo División Fertilizantes de Bunge Argentina S.A.



Sumario

REVISTA FERTILIZAR - N° 26 - Julio 2013

EDITORIAL

Por **María Fernanda González Sanjuan**

▶ 03



Nitrógeno y azufre.
Sinérgismo entre dos nutrientes.

Por **Ing. Agr. (PhD) Fernando Salvagiotti**
Fertilidad de suelos y Nutrición Vegetal
EEA Oliveros INTA

▶ 04

08 ◀

¿Qué sabemos hoy del manejo
de la nutrición de la arveja?

Por: **Gustavo N. Ferraris y Lucrecia A. Couretot**



Agricultura de precisión.
Mapeo de la conductividad eléctrica del suelo.
Por: **Julián Mugerza y Sebastian Storti.**
Servicios Tecnológicos. Aceitera General Deheza

▶ 12

Novedades Fertilizar ▶ 17

18 ◀

Manejo de la fertilización de la colza.
Un cultivo en ascenso.

Por: **Ing. Agr. Ricardo Melgar**



Distribución de sulfatos en profundidad en
suelos del norte de Buenos Aires.
Por: **Daniela Russi, Flavio Gutiérrez Boem,**
Pablo Prystupa, Gerardo Rubio y Sergio Acierno

▶ 24

28 ◀

Entrevista a **Pedro Faltlhauser**

Por: **Juan Carlos Grasa**



Mi primer artículo ▶

Stock de carbono en el suelo y emisiones
anuales de óxido nitroso en la región
semiárida pampeana argentina

Por: **Carolina Alvarez**
Director: **Alejandro Galetto**

▶ 32



STAFF

FERTILIZAR
Asociación Civil**Presidente**

Pablo Pussetto (Profertil S. A)

Vicepresidente 1º

Víctor Accastello (ACA)

Vicepresidente 2º

Jorge Bassi (Bunge Argentina S.A.)

Secretario

Eduardo Caputo (YPF)

Prosecretario

Camila López Colmano (Nídera 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 Scariabarossi (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	MOSAIC
ASP	NIDERA
AGRILIQUIDSOLUTIONS	NITRON
AMEROPACONOSURSRL	NOVOZYMES
BUNGE	PHOSCHEM
COMPOARGENTINA	PROFERTIL
ELBATEL	RECUPERAR SRL
EMERGER	RIZOBACTER
HELMARGENTINA	STOLLERARGENTINA
KEYTRADEAG	TIMACAGROARGENTINA
LATZA	TRANSAMMONIA
LOUISDREYFUS COMMODITIES	YARA
MOLNOSRIODELAPLATA	YPFSA.

Asesor de Contenidos

Ricardo Melgar

Corrección

Martín L. Sancia

Coordinación General

Paula Vázquez

Producción

Horizonte A Ediciones

EDITORIAL ▶



En este número de nuestra revista trataremos diferentes temas vinculados principalmente a la fertilización de cultivos de invierno. Entre estos, incluimos artículos como: "Manejo de la fertilización de la colza. Un cultivo en ascenso", "Distribución de sulfatos en profundidad en suelos del norte de Buenos Aires", "Nitrógeno y Azufre en trigo: sinergismo entre dos nutrientes", "Agricultura de precisión. Mapeo de la conductividad eléctrica del suelo", "¿Qué sabemos hoy del manejo de la nutrición de la arveja?", entre otros. También presentamos una entrevista a Pedro Faltlhauser, uno de los referentes y con gran trayectoria en la comercialización de fertilizantes en Argentina, quien nos da una visión del mercado actual y su evolución en los últimos años. Además, compartimos una nueva edición de "Mi primer artículo", en este caso sobre el stock de carbono en el suelo y emisiones anuales de óxido nitroso en la región semiárida pampeana argentina.

Los pasados 22 y 23 de mayo llevamos a cabo, junto al IPNI, en Rosario, una nueva edición del Simposio de Fertilidad bajo el lema "Nutrición de Cultivos para la Intensificación Productiva Sustentable". Allí, 1000 personas, entre ingenieros, productores, periodistas y profesionales, asistieron a charlas y debates acerca de diversos aspectos vinculados a la fertilización de suelos y nutrición de cultivos como micronutrientes, el impacto de esta práctica en soja, estrategias por regiones y sustentabilidad, etc. Aprovecho esta oportunidad para agradecerles habernos acompañado una vez más. En este ejemplar les acercamos información sobre la venta del acta de este evento que reúne todo lo expuesto durante esos dos días. En las sucesivas ediciones iremos publicando algunos de los estudios que allí se presentaron.

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 o llamarnos al 011-4382-2413.

Esperamos, como en cada número, que la información que incluimos en esa edición, les sea de utilidad.

Cordialmente,

Ing. Agr. Ma Fernanda González Sanjuan
Gerente Ejecutivo

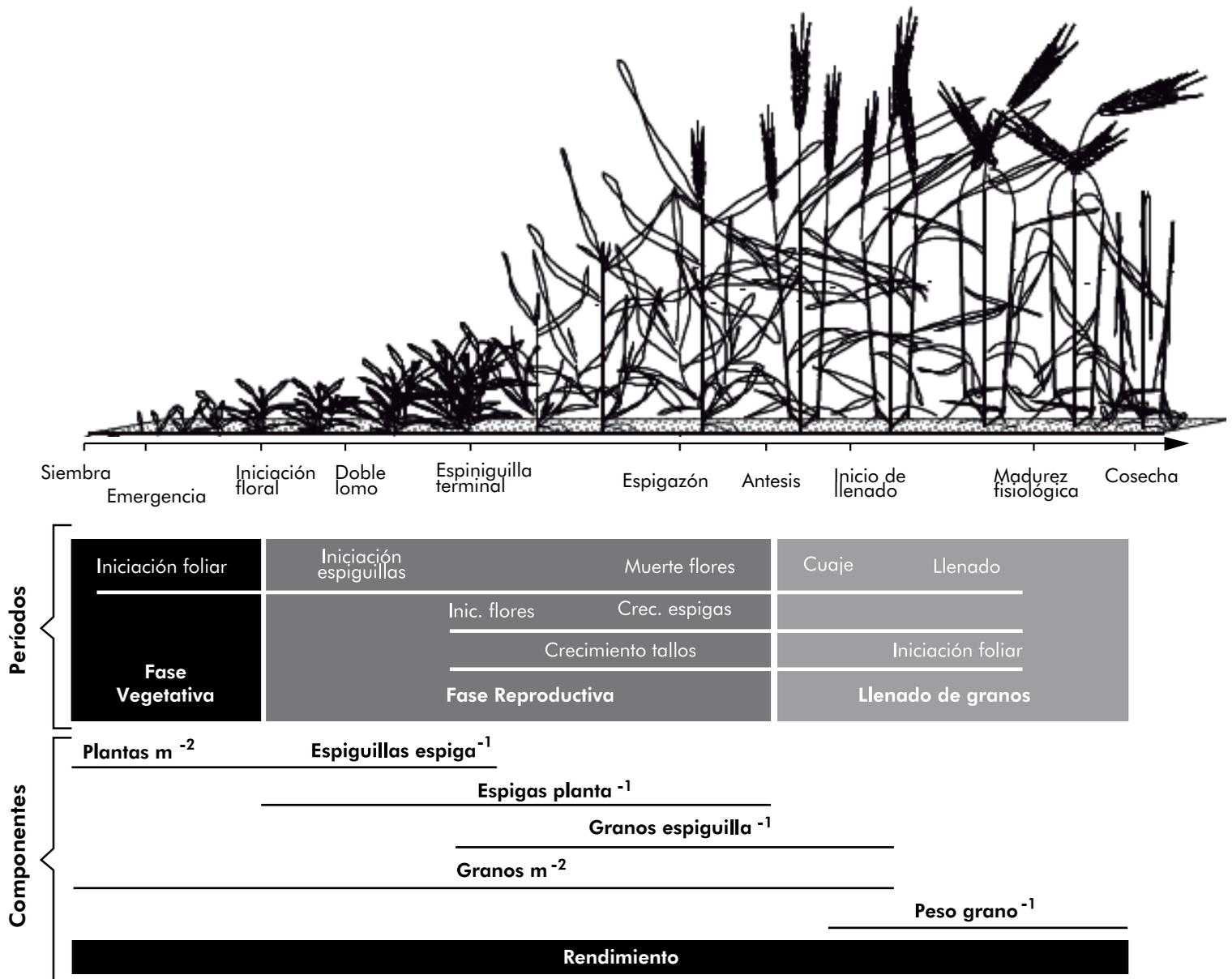


El azufre (S) y el nitrógeno (N) son componentes esenciales que forman parte de la estructura de enzimas y proteínas de reserva en los grano de trigo. La fuente principal de estos nutrientes es la materia orgánica, cuyos contenidos han caído en las últimas décadas como consecuencia del proceso de agriculturización con uso de labranzas. Además, los altos rendimientos obtenidos como consecuencia de la intensificación agrícola, ha puesto de relieve la fertilización con azufre, la cual forma parte de los planes de fertilización de los principales cultivos de la región pampeana.

La generación del rendimiento en trigo es un proceso que comienza temprano en el ciclo. El número potencial de espiguillas se defi-

ne durante el macollaje del cultivo, mientras que el tamaño de la espiga y el número potencial de granos se definen en el periodo entre encañazón y antesis. Finalmente entre antesis y madurez fisiológica se define el número final de granos cuajados y el peso de los mismos (Figura 1). Factores ambientales como la radiación, la temperatura y el fotoperiodo son importantes en definir estos procesos, sin embargo la nutrición del cultivo juega un rol central, de diferente importancia, según el estadio del cultivo.

Figura 1. Modelo Conceptual de la generación del rendimiento en trigo (Slafer et al, 2003)



NITRÓGENO Y AZUFRE

SINERGISMO ENTRE DOS NUTRIENTES

Ing. Agr. (PhD) Fernando Salvagiotti
Fertilidad de suelos y Nutrición Vegetal
EEA Oliveros INTA

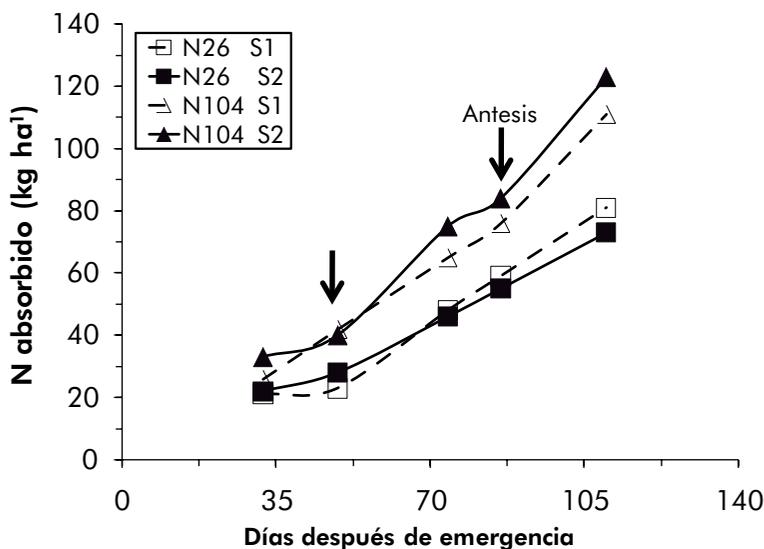
Tabla 1.

Eficiencia de recuperación de N en diferentes estadios etapas del desarrollo del cultivo de trigo (Adaptado de Salvagiotti et al, 2009)

Días después de emergencia	Eficiencia de recuperación de N (kg N por kg de N aplicado)	
	S1	S2
32	0.06	0.04
49 (Espiguilla Terminal)	0.29	0.25
74	0.37	0.52
86 (Antesis)	0.27	0.42

Figura 4.

Absorción de N durante el ciclo del cultivo con dos niveles de N y S. Los datos son promedio de dos años de ensayo (Adaptado de Salvagiotti & Miralles, 2008)



El nitrógeno, componente principal de la enzima Rubisco, responsable del proceso fotosintético, es central en los procesos de crecimiento y desarrollo del cultivo. El aumento en rendimiento en respuesta a la fertilización con N se ve potenciado cuando el cultivo recibe la aplicación de S (Figura 2, panel izquierdo). En esta Figura se observa una eficiencia en el uso del N (i.e. producción de grano por unidad de N adicionado) de ca. 16 kg por unidad de N adicionado cuando el cultivo no tuvo limitantes de S, un 45% mayor a la observada cuando el cultivo no fue fertilizado

Figura 3.

Tasa de crecimiento del cultivo de trigo antes y después de antesis S. Los datos son promedio de dos años de ensayo (Adaptado de Salvagiotti & Miralles, 2008)

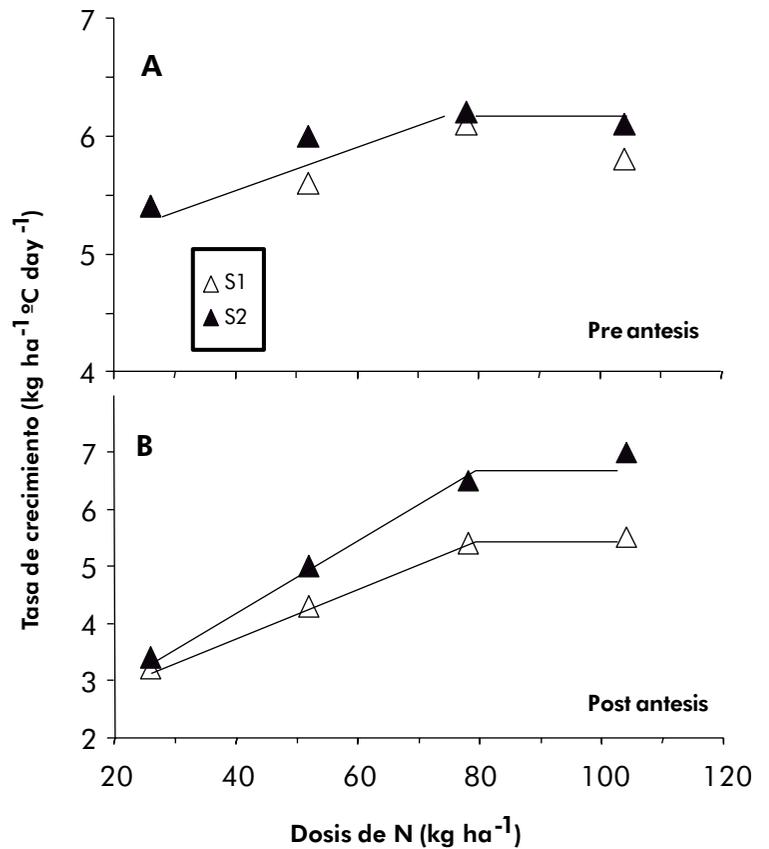
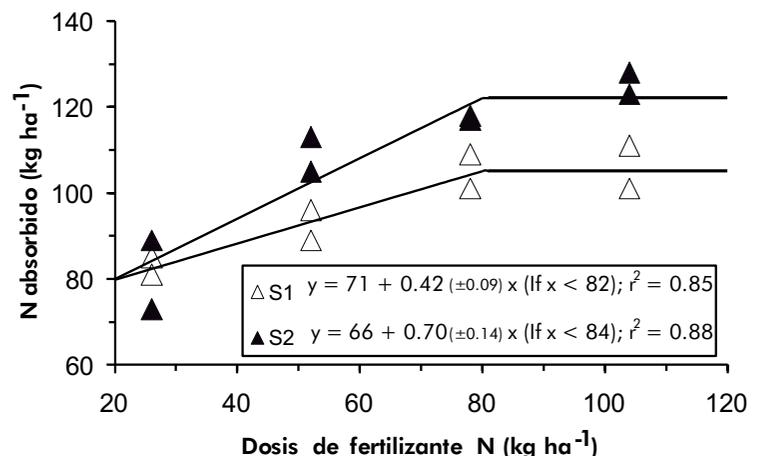
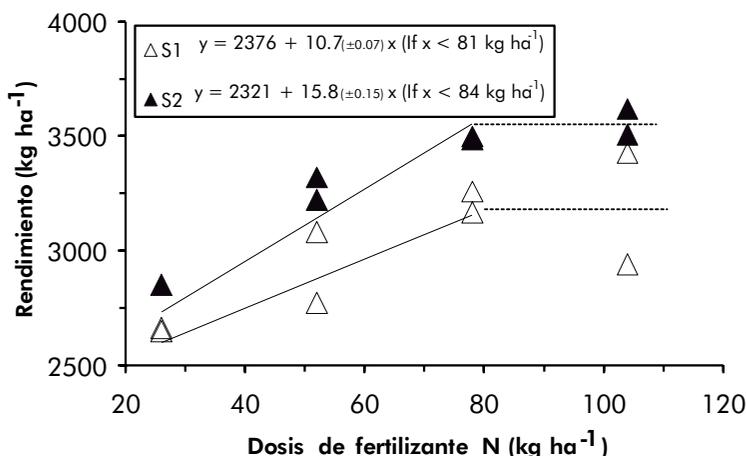


Figura 2.

Rendimiento y N absorbido por el cultivo de trigo en madurez fisiológica en función de la dosis de fertilizante nitrogenado aplicado con (S2) y sin (S1) la adición de azufre (Adaptado de Salvagiotti et al, 2009)



con este nutriente. Asimismo, se puede observar que este incremento en el rendimiento estuvo acompañado por una mayor absorción de N (Figura 2, panel derecho), y una mayor eficiencia de absorción de N cuando el cultivo fue fertilizado con S (42 vs 70% para S1 y S2, respectivamente) (Salvagiotti et al, 2009).

El rendimiento del cultivo de trigo esta asociado fuertemente al número de granos, los cuales se definen en el periodo alrededor de antesis (Figura 1). En el periodo pre-antesis es crucial la disponibilidad de carbohidratos y N que son necesarios para mantener las flores fértiles (Slafer et al, 1994; Abbate et al, 1995). En el periodo post-antesis, la actividad fotosintética determinara la cantidad de carbohidratos que permitirán el cuaje del grano y el llenado de los granos. En la Figura 3 se puede observar que la fertilización con azufre tuvo un efecto significativo sobre la tasa de crecimiento en el periodo postantesis. Sin embargo la Figura 4 muestra que los efectos de la fertilización con S incremento la

absorción de N a partir de espiguilla terminal (i.e. inicio de encañazón). En consecuencia el cultivo de trigo debe llegar a esta etapa con una disponibilidad de N y S que permitan maximizar la absorción de N. Por otra parte, en la Figura 4 se puede observar como a bajas disponibilidades de N, la fertilización con S no tiene efectos sobre la absorción de N. En la Tabla1 se puede observar que la eficiencia de absorción de N es mayor cuando el cultivo tiene mayor disponibilidad de S, especialmente a partir del inicio de encañazón cuando la absorción de N se incrementa.

En ausencia de limitantes hídricas severas, la captura de radiación determinará la producción del cultivo. La fertilización con S ha mostrado que cuando el cultivo no tiene deficiencias de N, el desarrollo de un área foliar es mayor (Figura 5). Un mayor área foliar se verá reflejado en una mayor cantidad de radiación interceptada. En la Figura 6 se puede observar cómo la máxima interceptación de radiación aumenta en la medida que la disponibilidad de N no es limitante, pero al mismo tiempo se puede observar que la fertilización con S permite una mayor interceptación por unidad de N, es decir: mejora la eficiencia de la captura de radiación.

CONCLUSIONES

La fertilización balanceada entre N y S incrementa las tasas de crecimiento del cultivo de trigo en etapas críticas para la definición del número de granos. El desarrollo de mayor área foliar y, en consecuencia, una mayor capacidad de interceptar radiación en los periodos críticos es uno de los efectos principales de la adición de S. Sin embargo es importante remarcar que es necesario que la disponibilidad de N no sea limitante para poder sacar el provecho máximo de la fertilización con S. En este sentido, el diagnóstico de las necesidades de N, basadas en el contenido de N a la siembra y la definición del potencial de rendimiento de cada lote, es central para hacer un uso más eficiente de los recursos e insumos utilizados.

REFERENCIAS

Abbate, PE; FH Andrade & JP Culot. 1995. The effects of radiation and nitrogen on number of grains in wheat. *Journal of Agricultural Science* 124:351-360.

Salvagiotti, F; JM Castellarin; DJ Miralles & HM Pedrol. 2009. Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake. *Field Crops Research* 113:170-177.

Salvagiotti, F & DJ Miralles. 2008. Radiation interception, biomass production and grain yield as affected by the interaction of nitrogen and sulfur fertilization in wheat. *European Journal of Agronomy* 28:282-290.

Slafer, G; D Miralles; R Savin; E Whitechurch; & F Gonzalez. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo. Pp 101-134 en: Satorre, E. H., Benech-Arnold, R. L., Slafer, G. A., de la Fuente E., Miralles, D. J., Otegui, M. E., & Savin, R. (Eds) *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo* Editorial Facultad de Agronomía

Slafer, GA; DF Calderini; DJ Miralles & MF Dreccer. 1994. Preanthesis shading effects on the number of grains of three bread wheat cultivars of different potential number of grains. *Field Crops Research* 36:31-39.

Figura 5. Evolución del área foliar en trigo con dos niveles de N y S (Adaptado de Salvagiotti & Miralles, 2008)

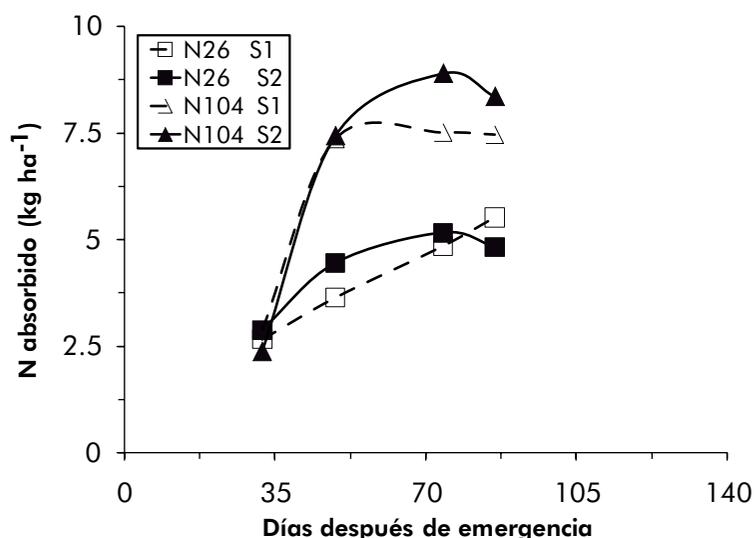
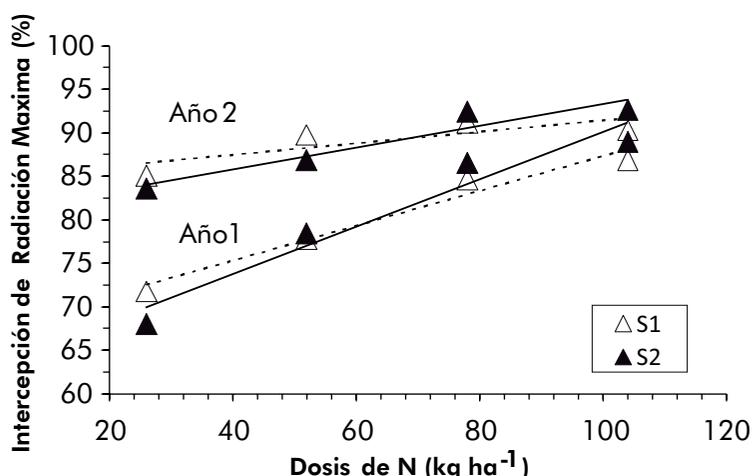


Figura 6. Intercepción de radiación en función de la disponibilidad de N con y sin adición de azufre (Adaptado de Salvagiotti & Miralles, 2008)



Gustavo N. Ferraris y Lucrecia A. Couretot
nferraris@pergamino.inta.gov.ar

¿QUÉ SABEMOS HOY DEL MANEJO DE LA NUTRICIÓN DE LA ARVEJA?

8



La arveja es una leguminosa invernal, que cobra creciente atención y se perfila con fuerza para la campaña de fina que se inicia. Junto con el garbanzo y la lenteja posee muy interesantes precios de venta, con una notable expansión en los últimos años, con valores que superan los US 400 por tonelada. A la vez que son agronómicamente deseables para sustituir al trigo en la rotación resultan buenos antecesores para el maíz o la soja de segunda ya que dejan mayor cantidad de agua y nitrógeno que el trigo.



REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

Como es una especie que produce granos con un alto valor proteico (20 al 24 %), es exigente en nitrógeno (N) requiriendo 42 kg de N por tonelada producida. Las necesidades nutricionales de la arveja en cuanto a fósforo y otros nutrientes es similar a la de la del girasol con 5 kg de P, 24 kg de K y 2 kg de S por tonelada de grano.

El uso de inoculantes conteniendo *Bradyrhizobium leguminosarum* y la fertilización con fósforo, azufre y otros nutrientes es relativamente reciente, y algunos trabajos reproducen criterios y umbrales similares a otras leguminosas como la soja. Por otra parte, las leguminosas suelen ser cultivos sensibles a la aplicación de fertilizantes en línea de siembra, los cuales retrasan la emergencia, disminuyen el stand de plantas y perjudican el establecimiento de nódulos. Las experiencias que se están realizando en la región tienen la finalidad de aportar conocimientos básicos del manejo de las prácticas agronómicas conducentes a la buena nutrición para altos rendimientos, que incluyen al manejo de la inoculación, la fertilización y prácticas relacionadas.

Específicamente en este artículo se mostrarán los resultados del efecto aditivo de diferentes tecnologías de nutrición -P, S, hormonas y micronutrientes- sobre la nodulación, crecimiento y rendimiento del cultivo. También se evaluaron los resultados de la aplicación de dosis crecientes de fosfato monoamónico (11-52-0) sobre la emergencia y rendimiento

CÓMO SE REALIZARON LAS EXPERIENCIAS

Durante la campaña 2012/13, se condujeron ensayos de campo en la EEA INTA Pergamino, en un suelo sin antecedentes de legumbres. Los ensayos se sembraron el día 25 de Julio, en siembra directa a hileras a 0,20 m a una población objetivo de 120 pl/m². Se utilizó la variedad Viper, de porte semierecto y grano verde y liso. Durante el ciclo de cultivo se realizaron 2 tratamientos fungicidas, junto al control de pulgón y oruga bolillera. El diseño de los ensayos fue en bloques completos al azar con tres repeticiones. Por su parte, el suelo del experimento es de baja fertilidad, con un pH de 5,7, 2,2 % de MO, 10 ppm de P-Bray, y 1,3 ppm de S-SO₄.

Se realizaron dos experiencias, en la primera (A) se comparó la respuesta a la inclusión creciente aditiva de nutrientes con un testigo sin ningún agregado (Tabla 1). La segunda experiencia (B) fue de respuesta al P, con cinco dosis crecientes de fosfato monoamónico, (0 a 104 kg P₂O₅/ha) en la línea de siembra.

Se recontaron plantas en dos sectores por parcelas, de dos surcos por 2 m de longitud c/u. Se realizaron evaluaciones de verdor con el clorofilómetro Spad y de nodulación sobre 10 plantas por parcela, dos semanas después de las aplicaciones foliares. La recolección se realizó con una cosechadora experimental a la madurez comercial. Sobre una muestra de cosecha se determinaron los componentes del rendimiento, número (NG) y peso (PG) de los granos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones ambientales

A la siembra, el perfil se encontraba medianamente cargado, con 90 mm de agua útil a 140 cm de profundidad. Las precipitaciones a partir de Agosto fueron excesivas para un cultivo que sólo requiere entre 300 y 350 mm como uso consuntivo de todo su ciclo. La abundancia de días nublados, baja insolación, alta humedad relativa y un perfil saturado de humedad, sin dudas perjudicaron su producción. No obstante, la elección de un sitio experimental alto y con pendiente posibilitó obtener un rendimiento aceptable.

RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS

ENSAYO A: Tratamientos de nutrición aditiva. Pergamino, año 2012

En la Tabla 2 se presentan variables relacionadas con el crecimiento y la producción del cultivo y en la figura 1 se graficaron los rendimientos de grano. Los rendimientos fueron aceptables a pesar de la condición ambiental desfavorable. Por otra parte, la arveja mostró una buena sensibilidad y respuesta a las tecnologías, variando sus rendimientos entre 958 y 1865 kg/ha según los insumos aplicados sobre el cultivo. Se determinaron diferencias significativas en número de plantas emergidas, rendimiento y número de granos (Tabla 2). Sobre los rendimientos, el tratamiento de mayor impacto fue la inoculación, a causa de la ausencia de antecedentes del cultivo en la historia reciente del lote. Esta práctica mejoró notablemente la intensidad de verde (Unidades Spad), el vigor, así como también el número y peso de granos. No hubo efecto positivo del azufre (Figura 1). La fertilización fosforada de base fue una práctica muy relevante, y cuando estuvo acompañada del uso de Zn y B, o un grupo de hormonas junto a un fertilizante compuesto de macro y micronutrientes permitió superar al tratamiento solamente inoculado. (Figura 1).

ENSAYO B: Tratamientos de fertilización fosforada en línea. Pergamino, año 2012

En la Tabla 3 se presentan variables relacionadas con el crecimiento y la producción del cultivo. En este segundo ensayo los rendimientos fueron igualmente elevados, alcanzando un piso mayor que en el ensayo A, puesto que todos los tratamientos fueron inoculados. El rango de producción abarcó entre 1529 y 2189 kg/ha (Tabla 3). Se determinaron diferencias significativas en emergencia, rendimientos y NG (P<0,05). En el experimento, la arveja se mostró como un cultivo sensible a este fertilizante en la línea, bajando considerablemente su stand en dosis superiores a 50 kg de fosfato monoamónico MAP, que equivale a unos 5.5 kg N/ha, de acuerdo con una función de pérdidas decreciente que tendió a estabilizarse en 150 kg de fosfato monoamónico por hectárea, equivalente a 16.5 kg de N / ha (Figura 4). En esta dosis, el número de plantas emergidas fue inferior a la mitad de las obtenidas en el testigo (Tabla 3).

Cuando un tratamiento resulta en pérdidas de plantas emergidas, las plantas remanentes aumentan su producción individual y tienden así a compensar el faltante. Esto es especialmente válido cuando la disminución en el stand se produce por fertilizar un lote de escaso nivel nutricional. Aún con menor número de plantas, los tratamientos que recibieron entre 100 y

200 kg FMA /ha alcanzaron el rendimiento máximo, sin diferencias entre sí (Figura 3). El tratamiento de 52 kg de fosfato/ha se asocia al rendimiento máximo económico, a pesar de la reducción moderada en la emergencia (Figuras 2 y 3). No obstante, separar el fertilizante de la línea de siembra permitiría afianzar las ventajas de la fertilización sin soportar sus aspectos desfavorables. Si no se cuenta con esta posibilidad, al menos utilizar fuentes sin N, por ejemplo superfosfatos, lo que permitiría mitigar el efecto sobre la emergencia. Por el contrario, el contenido de humedad del suelo no constituyó un agravante, ya que se encontraba dentro del rango esperable en esa época del año.

CONCLUSIONES

El cultivo de arveja sostuvo rendimientos aceptables a pesar de un ambiente desfavorable originado principalmente a partir de precipitaciones excesivas durante la primavera.

10

Figura 1. Rendimiento de arveja según tratamientos aditivos de nutrición empleando inoculantes, fósforo, azufre, micronutrientes y hormonas. Pergamino, campaña 2012.

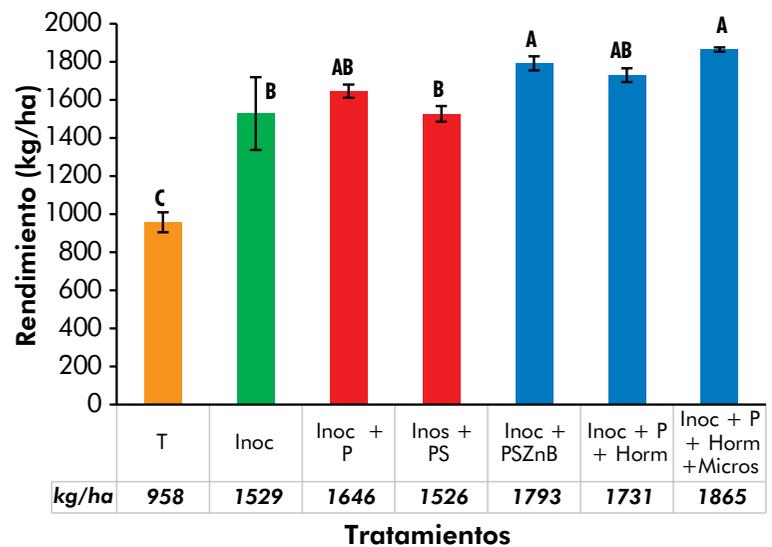
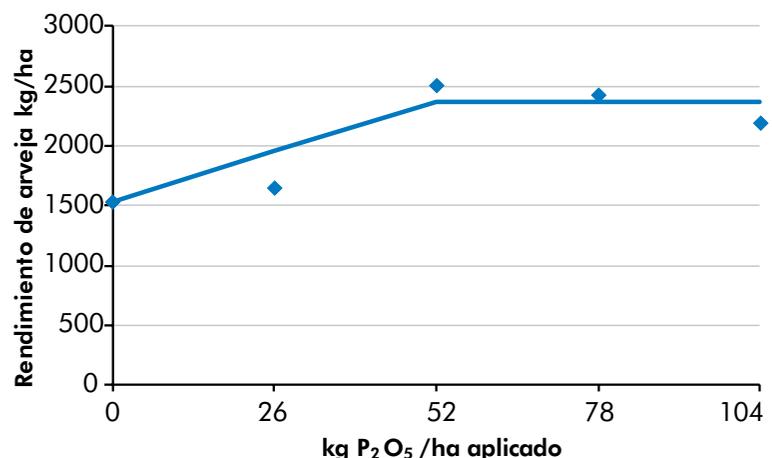


Figura 3. Respuesta de la arveja al fósforo. Pergamino, año 2012



En este contexto, respondió favorablemente a distintas variantes tecnológicas que mejoraron la nutrición, siendo la inoculación con bacterias fijadoras de N la práctica de mayor impacto.

La fertilización fosfatada del cultivo incrementó significativamente los rendimientos, no obstante se debería evitar su aplicación en la línea de siembra, y de no ser posible, ajustar la fuente y la dosis en niveles seguros para el cultivo, en vistas a la fuerte depresión de la emergencia que ocasionan.



Figura 2. Efecto del fertilizante fosfato monoamónico aplicado en línea de siembra del cultivo de arveja.

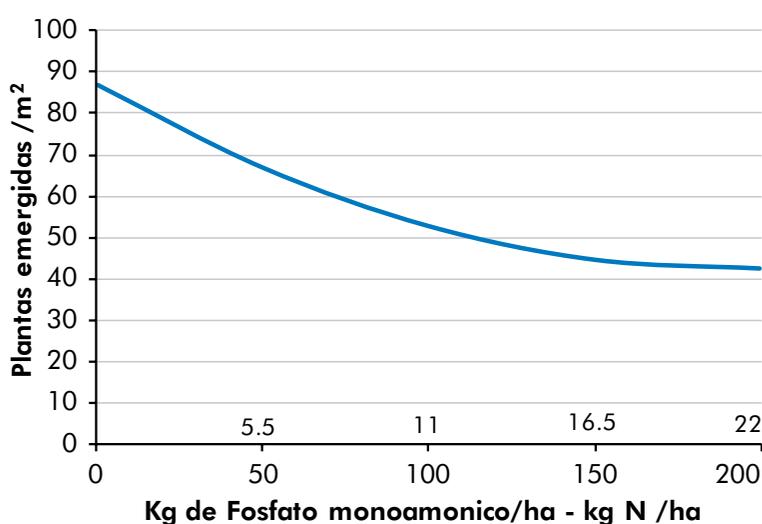


Tabla 1. Ensayo A: Tratamientos de nutrición aditiva evaluando inoculación, fertilización fósforo azufrada, micronutrientes y hormonas. Pergamino, año 2012

	Tratamientos	Productos
1	Testigo	
2	Inoculado	Rizobios específico (*)
3	Inoculado + P	Trt. 2 & 26 kg P ₂ O ₅ /ha (MAP)
4	Inoculado + P + S	Trt. 3 & 14 kg S-SO ₄ /ha (Yeso)
5	Inoculado + P + S + Zn + B	Trt. 4 & 400g Zn + 150g B/ha
6	Hormonas (semilla)	Trt. 3 & Hormonas (#)
7	Inoculado + P + Zn + B + Hormonas	Trt. 7 & 400g Zn + 150g B/ha

(*): *Bradyrhizobium leguminosarum* biovar *viciae*. #: Auxinas, Giberelinas, Citocininas

Tabla 2. Plantas emergidas, Intensidad de verde por Spad, vigor de planta, nódulos por planta y rendimiento de grano de arveja. Tratamientos hormonales y de nutrición. Pergamino, campaña 2012/13.

Trat.	Descripción	pl/m ²	Spad	Vigor	Nódulos/planta	Rendimiento	NG m ²	PG x 1000
1	T	78,8	40,5	2,5	0	958	775	125,9
2	Inoculado	98,4	46,4	3,0	5,0	1529	1123	136,0
3	Inoculado + P	79,1	47,0	3,2	5,0	1646	1167	142,1
4	Inoculado + P + S	79,2	47,5	3,3	13,0	1526	1083	141,5
5	Inoc. +P+S+Zn+B	80,0	46,7	3,3	12,5	1793	1157	155,1
6	Inoc. + P + Hormonas	79,2	47,0	3,4	8,0	1731	1299	135,1
7	Inoc. + P + Hormonas +Zn+B	70,0	47,1	3,4	10,0	1865	1239	150,9

Tabla 3. Plantas emergidas, Intensidad de verde por Spad, vigor de planta, nódulos por planta, rendimiento de grano y sus componentes en arveja. Tratamientos de nutrición. Pergamino, campaña 2011/12.

Dosis	pl/m ²	Spad	Vigor	Nódulos/planta	Rendimiento	NG m ²	PG x 1000
kgP ₂ O ₅ /ha					kg/ha		g
0	84.4 a	46.5	3.0	5	1529 b	1123 b	136
26	72.4 b	48.0	3.2	5	1646 b	1167 b	142
52	50.8 c	49.5	3.5	11	2503 a	1680 a	149
78	40.3 c	48.6	3.3	13	2423 a	1577 ab	154
104	43.1 c	49.8	3.2	15	2189 a	1559 ab	141

AGRICULTURA DE PRECISIÓN

Mapeo de la conductividad eléctrica del suelo

Julián Muguerza y Sebastian Storti
Servicios Tecnológicos. Aceitera General Deheza
jmuguerza@agd.com.ar, sstorti@agd.com.ar



INTRODUCCIÓN

La agricultura de precisión y los sistemas informáticos actuales permiten relevar información detallada sobre el terreno y la operación agrícola como nunca antes. Sin embargo el uso de datos redundantes, de poca representatividad espacial, de pobre estabilidad espacial y/o temporal o la mala interpretación de los mismos, conspiran contra la implementación exitosa de la tecnología. Esto se puede dar incluso en zonas de producción donde los beneficios esperados son evidentes por la variabilidad apreciable a simple vista, por ejemplo zonas con lomas medianosas.

Está claro que las prácticas relacionadas a la agricultura de precisión implican un cambio en el sistema productivo con respecto a las actuales y más allá implica un cambio en la estructura y funcionamiento de las empresas y productores que lo llevan adelante, ya que la cantidad de datos, los diagnósticos, la aplicación y el análisis de los resultados de los manejos, implican nuevas tecnologías, nuevos equipamientos, nuevas capacidades y nuevos desafíos.

La implementación de un sistema de agricultura de precisión exitosa requiere la identificación e incorporación de herramientas que generen datos y, a posteriori, información y conocimiento que sean transparentes para cualquiera de los usuarios involucrados.

El mapeo de la Conductividad Eléctrica Aparente de Suelos o Electro Conductividad (EC_{AS}) es una de las herramientas más sencillas, baratas y de mayor exactitud que pueden implementarse en la agricultura de precisión. Como su principio se sustenta en una medición directa del suelo cuyo resultado final es un mapa de los diferentes tipos de suelos, su solidez espacial y temporal así como su interpretación y su uso son extremadamente sencillos.

ELECTRO CONDUCTIVIDAD

La **Electro Conductividad (EC)** es una medida de la capacidad que tiene un material para transmitir una carga eléctrica, en muchas ocasiones puede expresarse como la inversa de la resistencia de la materia para transmitir la electricidad. Es una propiedad intrínseca de cualquier material al igual que otras propiedades tales como la densidad o porosidad. Los ejemplos clásicos de materiales con **EC** contrastante son: el cobre y la madera. El primero con una alta **EC** y el segundo con una baja **EC**.

El principio de medición de la **EC** en la matriz del suelo no es nuevo, ya que en 1746 Watson descubrió que el suelo era conductor y Carl August Steingheil lo comprobó en 1883. Años después, en 1918 C.S. Peters inventó el primer equipo para medir la resistencia del suelo al pasaje de electricidad, conocido en la actualidad como el Telulometro o Telulimetro. Estos equipos basados en electrodos que se clavan en el suelo permiten medir la resistencia de un suelo al pasar electricidad por él, y se utilizan para dimensionar la bajada a tierra de un circuito eléctrico o pararrayos.

La unidad más utilizada para expresar la conductividad de un material son los Siemens, que si se expresa en Siemens por metro (S/m) se elimina el volumen de la ecuación; al igual que la densidad de un material es independiente de su volumen. Mientras que los Siemens son una medida de la conductancia, el Ohm es una medida de la resistencia. En alguna literatura científica de las mediciones eléctricas del suelo se expresan en la resistividad en ohm/metro.

RELACION ENTRE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y OTRAS VARIABLES DEL SUELO

Para realizar un mapa de la distribución geográfica de los valores directos de **EC** del suelo en un lote o potrero, es decir: mostrar gráficamente las variaciones espaciales de esta variable, se usa el valor medido directo en el suelo de **EC**, y se la denomina aparente, para distinguirla de la medición de una muestra de suelo estandarizada en el laboratorio. Así, la Electro Conductividad Aparente de Suelos (EC_{AS}) puede ser distinta de la Electro Conductividad del suelo que se determina en el laboratorio a partir de analizar un extracto de saturación o pasta del suelo, en el que se establece indirectamente el contenido de sales por medio de un electrodo. La EC_{AS} es una medida de las propiedades intrínsecas del suelo, ya que integra los efectos en la conductividad de varias propiedades con su composición textural, pues la arena tiene una baja EC_{AS} , el limo una EC_{AS} media y la arcilla alta como se muestra en la Figura 1.

Su factibilidad de uso como capa de información para la agricultura de precisión se debe a que en su medición integra varias propiedades intrínsecas del suelo que afectan la productividad de los cultivos, a saber:

- » Contenido de Agua.
- » Capacidad de Retención hídrica.
- » Textura de Suelo.
- » Salinidad.
- » Contenido de Materia Orgánica (MO).
- » Capacidad de Intercambio Catiónica (CIC).
- » Profundidad del horizonte Bt.
- » Calcio y Magnesio extractables.

Figura 1. Niveles de conductividad eléctrica medida en mS/metro para diferentes matrices según textura y sales. La escala del eje X se encuentra expresada de forma logarítmica.

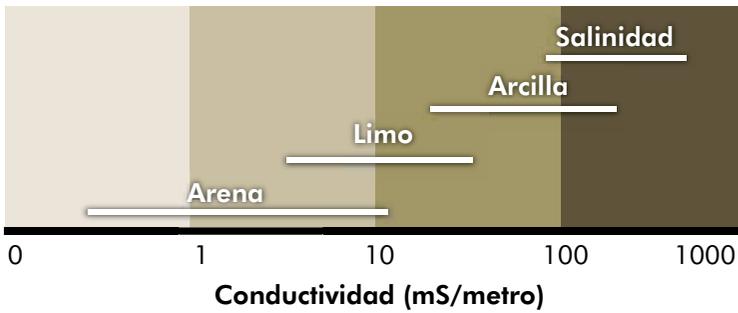


Figura 2. A la izquierda se muestra el Mapa de Conductividad del suelo EC_{AS} y a la derecha el mapa de distribución de porcentaje de Arcilla (Williams y Hoey, 1987).

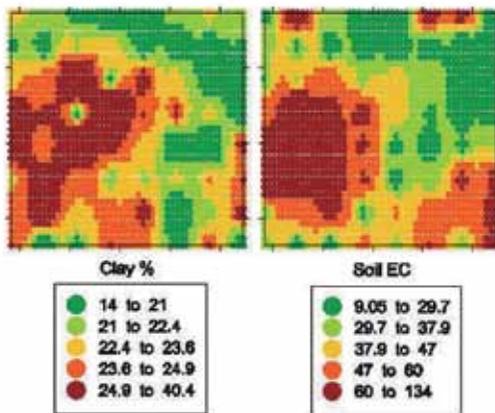
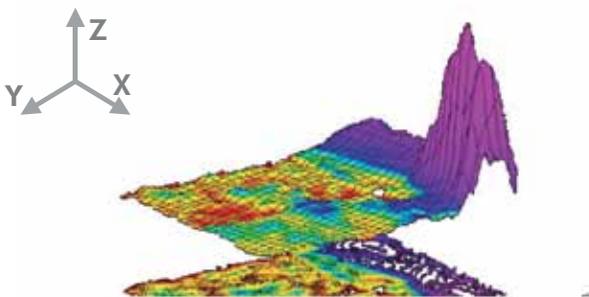


Figura 3. Mapa de EC_{AS} 3D. En los ejes X e Y se grafican la latitud y longitud y en el eje Z los valores de EC_{AS} . Los valores más grandes que identifican las áreas salinas se grafican en colores más oscuros y se representan como las crestas más altas en el mapa. Las zonas más claras y llanas son los suelos no salinos. Más abajo se ve parte de las proyecciones en el plano de las isolíneas de EC_{AS} .



Esquema de relaciones entre la EC_{AS} y el rendimiento relativo (RR) de un cultivo. Se muestran tres curvas con relaciones teóricas donde a) es una relación asintótica hacia niveles de mayor EC_{AS} b) es una relación de óptimo con los mayores valores de RR en los niveles medios de EC_{AS} y c) relación asintótica descendente con los niveles más altos de rinde en las conductividades más bajas.

Figura 7.

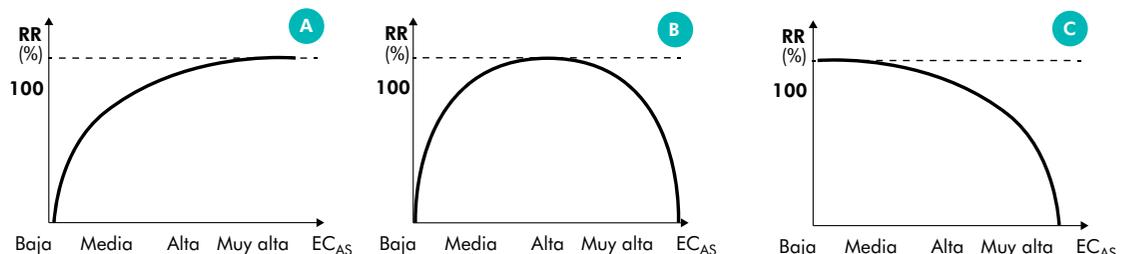


Figura 4. Mapas de EC_{AS} y Materia Orgánica de un lote agrícola de María Teresa, Sur de Santa Fe. A la izquierda se puede observar la EC_{AS} expresada en dS/m con su tabla de valores y a la derecha la MO expresada en %.

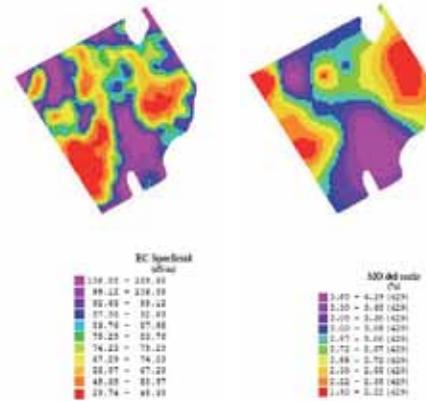


Figura 5. Arriba: mapa de rendimiento de un cultivo de maíz expresado en bushels/acre, los colores más claros son las zonas de más rendimiento. Abajo: el mapa de EC_{AS} donde los colores más oscuros son las zonas de mayor electro conductividad.

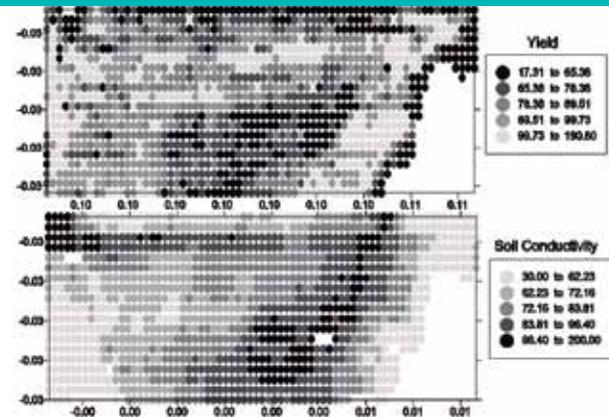
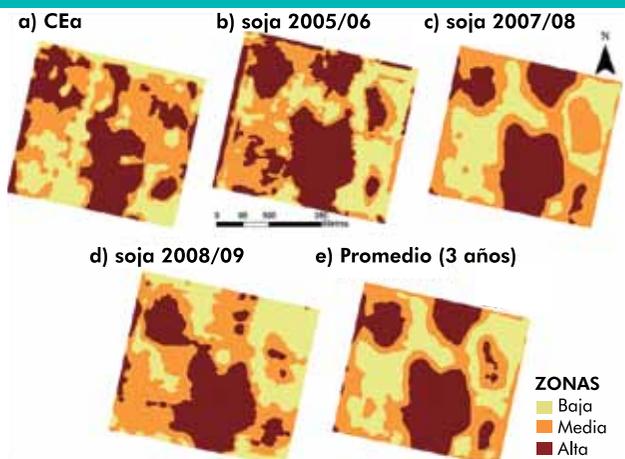


Figura 6. a) Mapas de EC_{AS} arriba a la izquierda colores oscuros muestran alta conductividad. b), c) y d) Mapas de rendimiento de soja de diferentes campañas. e) Mapa promedio de rendimiento de soja de las 3 campañas.



Muchas de ellas están correlacionadas positivamente y afectan a la EC_{AS} en un mismo sentido. Ejemplo: una baja EC_{AS} puede estar dada por una *Textura Arenosa* del suelo, el cual tiene una *Baja Capacidad de retención hídrica*, produciendo así bajos volúmenes de residuos vegetales y, por ende, *Baja MO* y por ésta menor *MO* y la textura gruesa del suelo, seguramente posea una *Baja CIC*.

Existen varios trabajos científicos que muestran la correlación espacial entre la EC_{AS} y las variables antes mencionadas. En la figura 2 se muestra la similitud entre las imágenes de variaciones de la textura con la de conductividad del suelo en un trabajo realizado en un lote de 16 has en Iowa, Estados Unidos, con una alta correlación espacial entre el porcentaje de arcilla, y la conductividad EC_{AS} .

Las zonas de mayor EC_{AS} del lote están claramente relacionadas con las zonas de mayor concentración de arcilla. Es evidente que la cantidad de mediciones realizadas para construir el mapa de EC_{AS} permite una mayor precisión y, de esta forma, identificar pequeñas zonas dentro del lote que mediante un muestreo intensivo en grilla no podrían ser identificadas o sería muy costoso y laborioso realizarlo.

Capacidad de retención hídrica: Esta variable está directamente relacionada a la textura, y típicamente áreas de un lote que sufren efectos de sequía o anegamiento tienen texturas diferentes a las más representativas de ese lote; estas características pueden ser identificadas utilizando la EC_{AS} (Jaynes 1996).

Salinidad: Esta variable es detectada inmediatamente por la medición de EC_{AS} ubicándose fácilmente las áreas de excesos de concentración de sales solubles en un mapa de EC_{AS} (Rhoades y Corwin, 1992). La presencia de salinidad es detectada por valores de EC_{AS} sustancialmente más altos que los suelos no salinos. Son bien visualizados en mapeos en tres dimensiones (3D) donde el valor de la EC_{AS} es graficado en el eje Z, identificándose las zonas salinas como crestas (Figura 3).

Contenido de Materia Orgánica: La materia orgánica puede acumularse en suelos poco drenados, de alto contenido de arcilla y en las partes más bajas del relieve (pie de lomas). En la Argentina los motivos de acumulación de MO dependerán de la región que se trate. En la Figura 4 puede observarse los mapas de un trabajo realizado por los autores en María Teresa, sur de Santa Fe. En un lote con variabilidad topográfica evidente se realizó un mapeo de EC_{AS} (EC Superficial dS/m) y un muestreo intensivo de suelo con 16 estaciones de muestreo en 54 ha, donde en cada una se tomó una muestra compuesta para determinar materia orgánica (MO%). Esos datos se interpolaron para obtener el mapa de MO de suelo (%) que se presenta abajo a la derecha junto con el de EC_{AS} (Figura 4). La relación entre ambas variables fue positiva y estadísticamente significativa ($R^2 = 0,66$).

Profundidad del horizonte textural: la respuesta de la EC_{AS} a la profundidad del horizonte arcilloso ha sido utilizada con éxito para predecir el espesor del suelo por sobre dicho horizonte (Doolittle et al. 1994; Jaynes 1996), con los evidentes beneficios que acarrea poder analizar la variabilidad de dicha capa impermeable dentro de un lote de producción.

RELACIÓN ENTRE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y LA PRODUCTIVIDAD DEL SUELO

Como es de esperar, luego de lo enunciado hasta aquí también existe evidencia de correlación entre la EC_{AS} y el rendimiento de diferentes cultivos. Esto es así especialmente en cultivos susceptibles a los cambios en los tipos de suelos como el maíz. En la Figura 5, se muestra la relación entre el rendimiento de un cultivo de maíz y la EC_{AS} de un lote de Kansas, Estados Unidos. Otros trabajos similares realizados en Missouri (Kitchen et al. 1996) también muestran cómo las variaciones de la EC_{AS} acompañan las variaciones en el rendimiento, pero la relación no es necesariamente lineal.

En nuestro país, Peralta et al. (2011) encontraron una correlación positiva y consistente para tres campañas diferentes entre la EC_{AS} y el rendimiento de soja explicando más del 90% de la variación espacial (Figura 6).

Las relaciones entre rendimiento del cultivo y la EC_{AS} varían entre lotes, en especial en donde hay salinidad. Debido a que la EC_{AS} está relacionada al contenido de arcilla y materia orgánica y, por ende, a la capacidad de retención de humedad del suelo, se espera que estos factores del suelo determinen la productividad de un lote, y por lo tanto varíen espacialmente en un patrón similar al de la EC_{AS} . Pero esta afirmación no es necesariamente correcta para suelos salinos, en donde los peores rendimientos se expresarán en las zonas de mayor EC_{AS} .

Para simplificar las relaciones entre rendimiento y EC_{AS} establecimos tres curvas típicas que engloban la mayoría de los casos en los que hay

Tabla 1. Ejemplo de dos segundos de muestreo del Veris 3100.

Latitud	Longitud	EC superficial	EC superficial	Altura
-33,454523	-65.24059	12,54	10,45	420,55
-33,452135	-65,24088	13,4	9,8	420,52

Foto 1. La foto de la izquierda muestra la consola del Veris y un data logger que se conecta a la primera para grabar los datos. A la derecha se muestra el Veris clavado en posición de trabajo siendo tirado por una camioneta.



Figura 8. A la izquierda se muestran las pasadas de veris en un lote de 40 hectáreas de la zona de Balnearia, Córdoba. A la derecha cada registro en una vista aumentada de una porción del lote en la que se identifican cuatro pasadas.

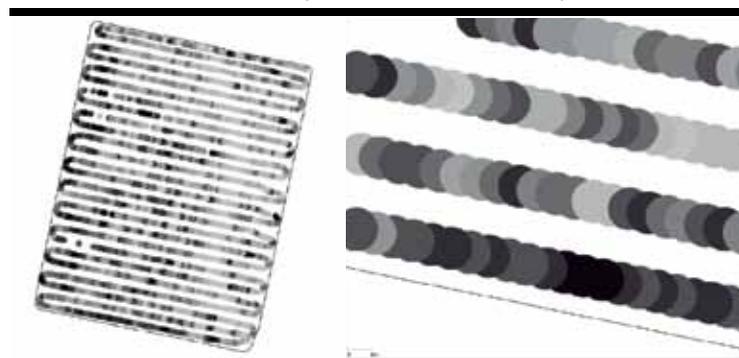
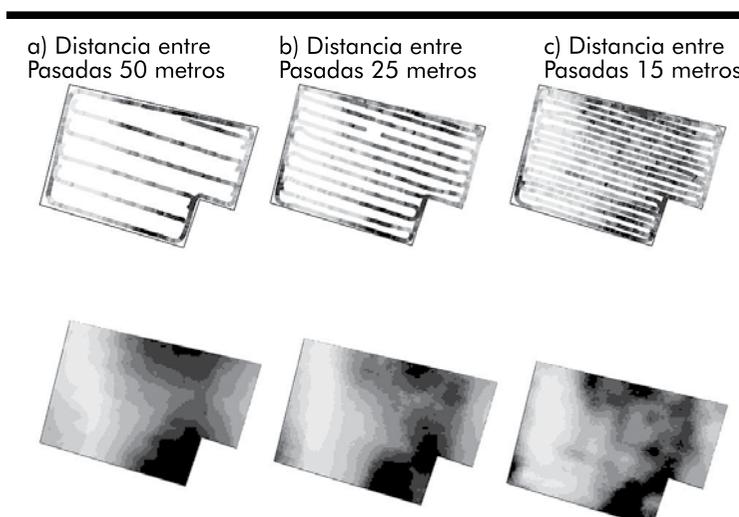


Figura 9. Diferentes intensidades de muestreo de EC_{AS} medidas con Veris 3100 en un lote de 10 hectáreas de La Carlota, Córdoba. Arriba se muestran los mapas con los datos crudos y abajo los mapas resultantes luego de procesar los datos.



relación entre estas dos variables. Cada una de éstas curvas puede ser explicada con un suelo típico de diferentes zonas productivas. Figura 7.

El caso a) es típico de un suelo molisol, franco y bien drenado, en donde las zonas de mayor EC_{AS} se relacionan con suelos más arcillosos, de mayor capacidad de retención hídrica y, en definitiva, más productivos.

El caso b) puede explicar relaciones en suelos salinos de las zonas semiáridas, en donde, dentro de un mismo lote, se pueden encontrar zonas arenosas de baja retención hídrica y, por ende, bajo rendimiento; estos serían los ambientes de baja EC_{AS} , zonas de EC_{AS} media donde los rendimientos se maximizarían siendo más parecidos a suelos sin subsuelo arcilloso bien provistos de materia orgánica. Por último, en este caso las zonas de muy alta EC_{AS} están asociadas a los ambientes salinos como en la Figura 3; allí el cultivo no logra un buen desarrollo y los rendimientos caen dependiendo de la salinidad y de la tolerancia del cultivo a ésta.

ELABORACIÓN DE UN MAPA DE ECAS

Para realizar un mapa de la EC_{AS} se requieren de al menos 3 componentes:

1. Sensor de medición de la resistencia del suelo. Es la parte central del sistema de mapeo.
2. Un GPS. Es la herramienta con la que se referencia geográficamente cada punto relevado.
3. PC. Es el lugar en donde se almacenan los datos finales.

Existen dos tipos de sensores de resistencia de suelo que se utilizan para el mapeo de EC_{AS} : los **sensores de inducción electromagnéticos** y los **sensores con electrodos de contacto**. Los primeros son herramientas que se utilizan típicamente en geología (p.ej. EM38 de Geonics). Estos equipos emiten pulsos electromagnéticos hacia el suelo, que sin la necesidad de estar tocándolo, lo penetran hasta una profundidad dada (la cual depende de la potencia electromagnética utilizada) y un sensor en el equipo mide el campo electromagnético secundario resultante de la inducción anterior. La fuerza electromagnética emitida por el suelo es equivalente a la EC_{AS} . Es así que el valor final que informan estos equipos se expresa en siemens/m.

Por su lado los sensores de electrodos de contacto requieren, como su nombre lo indica, estar en contacto directo y continuo con el suelo. Estos equipos miden en forma directa la caída de voltaje de pasar electricidad por el suelo entre un emisor y un electrodo receptor. La profundidad de la medición dependerá de la distancia entre el emisor y el receptor, a mayor distancia mayor profundidad de lectura. Estos equipos también informan la conductividad directamente en siemens/m.

El equipo más conocido en Argentina de este estilo es el Veris 3100, de diseño y funcionamiento muy sencillo. El equipo cuenta con un bastidor metálico con 6 cuchillas lisas, un sistema de levante para ser transportado, cables y una consola donde se conecta el GPS y donde se observan los valores de la lectura, Foto 1. La misma consola se puede conectar a una computadora para registrar los datos o a un data-logger de la misma marca. En caso de utilizar la opción de grabación en PC el Veris tiene su propio software para el registro o existen numerosos software de levantamiento de datos a campo que permiten la captura directa de los datos de este equipo.

En el lote, el Veris 3100 clava sus cuchillas en el suelo hasta una profundidad de 5 a 10 centímetros. Se prende la consola, el GPS y el dispositivo para grabar (PC o Data logger). Cuando se tiene buena señal de GPS se comienza a circular en el lote a una velocidad máxima de 30 km/hora, y con un espaciamiento entre pasadas que va entre 15 a 30 metros. La velocidad recomendada es de 20 km/hora y el espaciamiento que mejor se ajusta a los tamaños de lote locales es de 20 metros. Como el equipo toma un muestreo por segundo esta combinación de velocidad y distancia entre pasadas asegura una cantidad mínima de datos entre 80 y 100 lecturas por hectárea (Figura 8). Esta intensidad de muestreo asegura la definición del mapa resultante luego de la interpolación de los datos (Figura 9).

En cada muestreo el Veris tiene la capacidad de registrar 2 lecturas simultáneas de EC_{AS} , la latitud, la longitud y la altura sobre el nivel del mar informado por el GPS. Tabla 1.

La capacidad de registrar dos lecturas de EC_{AS} al mismo tiempo proviene de su diseño de seis cuchillas, divididas en dos paquetes de 3, que trabajan en forma independiente. A medida que el Veris es remolcado a través del campo, un par de electrodos en las dos cuchillas centrales de cada lado inyecta corriente eléctrica en el suelo (emisores), mientras que las otras 2 cuchillas de cada lado miden la caída de tensión que llega a ellas (receptoras). Si bien las cuchillas sólo tienen que penetrar en

el suelo unos pocos centímetros, las matrices eléctricas del Veris penetra en el suelo y la caída de voltaje medida por el receptor corresponde a arcos eléctricos de diferentes profundidades (Foto 2).

Las cuchillas más cercanas registran la EC superficial, correspondiente a la lectura del arco eléctrico de la capa de suelo entre 0 y 30 cm de profundidad (EC_{030}). Las cuchillas más lejanas registran la EC subsuperficial de un arco eléctrico de la capa de suelo de 0 a 90 cm de profundidad (EC_{090}). La doble lectura de EC_{AS} del Veris 3100 y los datos de altura permiten optimizar el levantamiento de datos y analizar en una misma pasada 3 capas de información simultáneamente (Figura 10).

La doble lectura del Veris 3100 no solo permite identificar la variabilidad del suelo en dos dimensiones sino también en profundidad. Cuando los mapas de EC_{030} y EC_{090} son similares es porque los suelos son homogéneos en profundidad, como es el caso típico de algunos suelos pampeanos. En cambio cuando los mapas difieren entre ellos significa que no solo hay variabilidad en X e Y sino que también hay variabilidad en profundidad, típico de suelos aluviales.

Foto 2.

En la foto se muestra el veris 3100 en posición de trabajo en un lote con rastrojo de soja en Christophersen, Santa Fe. Con letras E se indican las cuchillas emisoras y con letra R las receptoras. Las flechas indican la dirección y la profundidad del arco eléctrico.

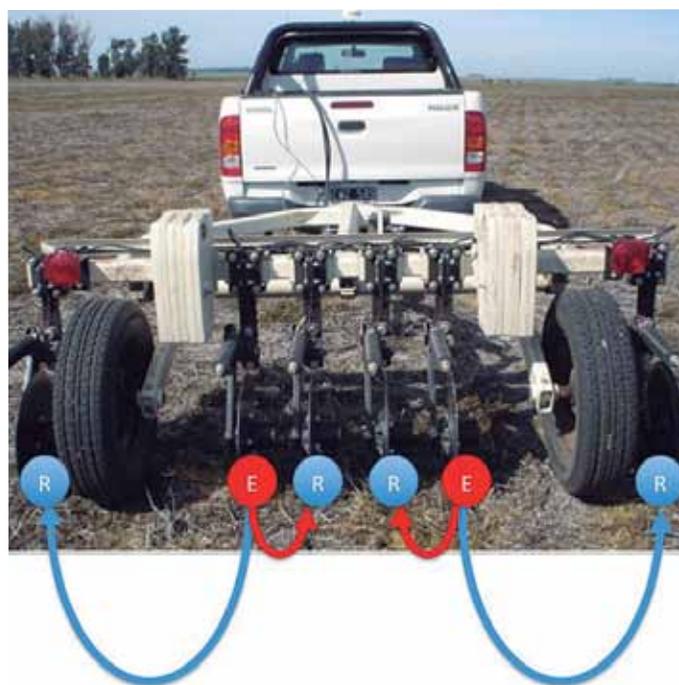


Figura 10.

Los tres mapas que se pueden obtener en una sola pasada de Veris 3100. Electro conductividad superficial (EC_{030}), electro conductividad subsuperficial (EC_{090}) y altura sobre el nivel del mar.

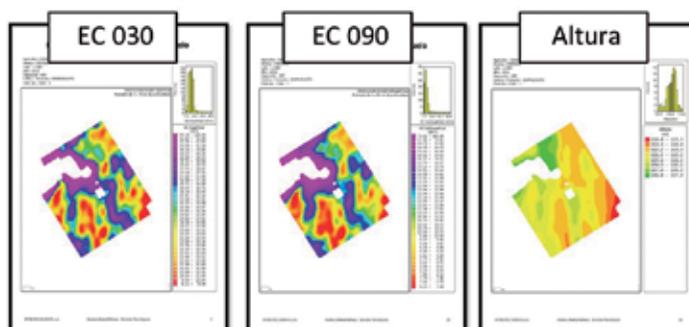


Figura 11. Mapas de EC_{AS} de un mismo lote de Kansas, EEUU, tomas en años diferentes. Los patrones son similares pero los valores de EC son claramente distintos.

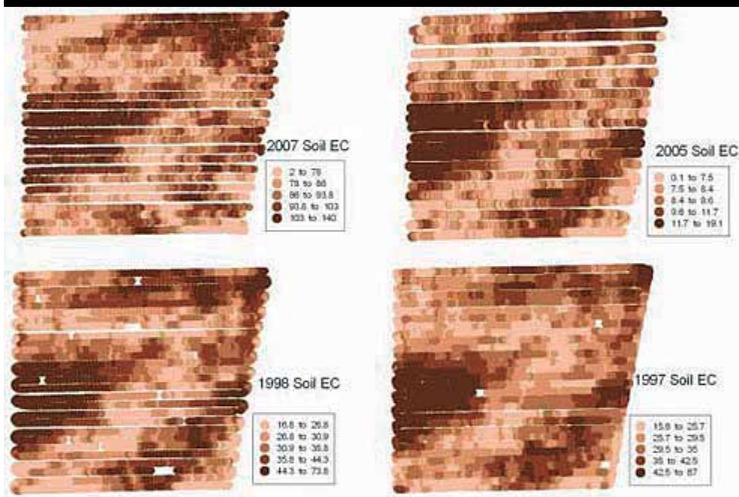
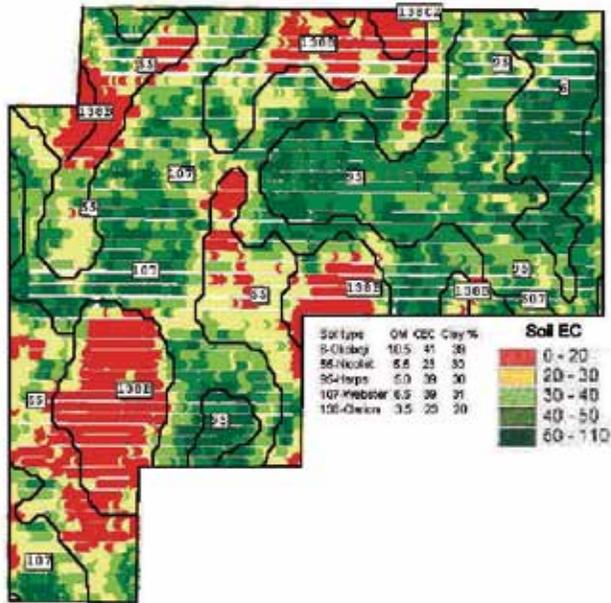


Figura 12. Mapa con dos capas de información de un lote de Iowa, EEUU. La capa inferior posee los datos de un relevamiento de EC realizado con Veris. La capa de arriba muestra los distintos tipos de suelos de la carta de suelos del USDA.



Otra característica importante de la EC_{AS} es su estabilidad espacial y temporal. Como se muestra en la Figura 11, mediciones sucesivas de EC_{AS} de un mismo lote muestran patrones similares, aunque cabe aclarar que los valores absolutos de cada medición son claramente diferentes. Esto se debe a que el valor de EC_{AS} es diferente según el contenido de humedad al momento de realizar la medición. La repetitividad de los mapas se debe a que el factor principal que se mapea con esta herramienta son los tipos de suelos, definidos por sus características intrínsecas, y éstas no cambian con el tiempo.

Para graficar mejor la relación que existe entre la EC_{AS} y los tipos de suelos se muestra en la Figura 12 un mapa con dos capas de información independientes superpuestas. La capa inferior es la EC_{AS} medida con Veris 3100 y las líneas negras superiores corresponden a la carta de suelo para el mismo lote obtenida del USDA. Esta carta tiene una escala 1:15.000 a diferencia de las que podemos encontrar en Argentina donde la escala es 1:50.000.

USOS DE LOS MAPAS DE EC_{AS}

El uso de los mapas de EC_{AS} son variados y depende de cuál/es es/son las propiedades de suelo principales que varían en dichos mapas. Para resumirlos en la Tabla 2 se presentan algunos usos y las características de suelo relacionadas.

CONCLUSIONES

El mapeo de la Electro Conductividad Aparente de Suelos es una de las herramientas de Agricultura de Precisión con mayor potencial de uso en nuestro país. Se posiciona como primer grupo de capas de información que nos ayudan a entender la variabilidad espacial que vemos en los lotes, tanto a nivel de tipos de suelo como de rendimiento de los cultivos.

Su alta estabilidad espacial y temporal, su sencilla lectura, su relación con factores fáciles de medir y de ver en el suelo hacen de la EC_{AS} la herramienta ideal para el productor que se inicia en AP.

Sin embargo también nos fuerza seguir adelante con nuevas mediciones y la generación de nueva información complementaria. Esto es por que la EC_{AS} nos muestra cuáles zonas son diferentes en términos de tipo de suelo, pero no nos dice nada de por qué lo son.

BIBLIOGRAFÍA:

B. Williams, and D Hoey "The Use of electromagnetic Induction to detect the spatial variability of the salt and clay content of soils" *Australian Journal soil Res.* 25:21-27 1987.

D. B. Jaynes, "Improved Soil Mapping Using Electromagnetic Induction surveys" 1996.

J.D. Rhoades, and D. L. Corwin, "Determining Soil Electrical conductivity – depth relations Using an Inductive Electromagnetic Conductivity Meter" *Soil Sci. Soc. Am. Journal* 45:255-260 1996.

J. A. Doolittle, K. A. Sudduth, N. R. Kitchen, and S. J. Indorante, "Estimating Depth to claypans Using Electromagnetic Induction Methods" *Journal of soil and Water Cons.* 49: 572-575 1994.

D. B. Jaynes, "Improved Soil Mapping Using Electromagnetic Induction Survey" 1996.

N. R. Kitchen, and K. A. Sudduth, "Predicting Crop Production Using Electromagnetic Induction" *Proceedings 1996 Information Agriculture Conference* 1996.

N. R. Peralta, M. Simon, M. Castro Franco, y J. L. Costa, "la conductividad eléctrica aparente y su relación con la variabilidad espacio temporal del rendimiento de soja" 2011.

Tabla 2. Relación entre el uso de los mapas de ECAS y la propiedad principal que mejor explica el mapa.

Usos del Mapa de ECAS.	Propiedades del suelo principal.
Delimitación de las zonas de manejo	Textura de suelo, %MO, CIC y drenaje. El factor que más afecta el rendimiento del cultivo, disponibilidad de agua.
Muestreo de suelo dirigido con bordes más exactos.	Textura de suelo, %MO, CIC y drenaje.
Siembra variable de semilla de Maíz	Profundidad del horizonte superficial, capacidad de retención hídrica y CIC.
Aplicaciones variables de herbicidas.	Textura de suelo, %MO y CIC
Aplicación variable de nutrientes según productividad del suelo.	Profundidad del horizonte superficial o material original y textura del suelo.
Interpretación de mapas de rendimiento	El factor que más influye el rendimiento, el agua.
Planeamiento en sistemas de drenaje.	Capacidad de retención de agua.
Diagnóstico de salinidad	Cantidad de electrolitos en la solución del suelo.

Novedades en nutrición de cultivos: mirando el sistema de producción

En el Simposio Fertilidad 2013, que organizaron en conjunto el IPNI Cono Sur y Fertilizar Asociación Civil, bajo el lema "Nutrición de Cultivos para la Intensificación Productiva Sustentable", se llevaron a cabo diversas charlas y debates sobre temas vinculados a la fertilización y nutrición de cultivos

Los días 22 y 23 de mayo, ante la presencia de alrededor de 1000 personas, se desarrolló una nueva edición del Simposio de Fertilizar 2013. La apertura de la primera jornada estuvo a cargo del Dr. Fernando García del IPNI Cono Sur, que además de realizar la introducción a los temas que se desarrollaron en los dos días de la jornada, homenajeó al Ing.



Hugo Fontanetto, quien desarrolló una larga trayectoria en investigación y extensión en nutrición de cultivos y fertilidad.

Luego, la Ing. Agr. María Fernanda González Sanjuan, Gerente Ejecutiva de Fertilizar Asociación Civil, realizó una charla llamada "Los fertilizantes en Argentina: Hacia el 2020", donde se refirió a la evolución del mercado de fertilizantes. Además, hizo hincapié en la escasa fertilización de los cultivos de soja y aportó datos importantes para entender la situación actual: "En 2011, el promedio nacional marca que sólo el 60 % de la soja recibió algún tipo de fertilización. El 40 % restante de ese cultivo, no recibió nada. El desafío es entender qué está pasando con ese 40 % restante y por qué, ya que el balance de nutrientes para este cultivo es fuertemente negativo y necesitamos mitigar este impacto aplicando adecuadamente los paquetes tecnológicos existentes".

Los dos días del Simposio se completaron con la presencia de profesionales destacados del ámbito nacional e internacional quienes discutieron sobre temas como: "Sustentabilidad y Nutrición de Cultivos", "Manejo de Nutrientes en Cultivos Alternativos", "Novedades en Manejo de Micronutrientes", "Seguridad para el Manejo de Fertilizantes", "Agricultura de Precisión Aplicada a la Nutrición de Cultivos", "Cómo podemos incrementar los rendimientos de soja", "El Rol de los Asesores en la Nutrición de Cultivos" e "Investigaciones Recientes en Manejo de Nutrientes", entre otros.

El Simposio, en su 11° edición, estuvo dirigido a productores, estudiantes, profesionales y técnicos y buscó, estimular la discusión de temas vinculados al manejo nutricional de cultivos y la fertilidad de los suelos una vez más.

En la organización del evento colaboraron INTA, Aapresid, Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (AACS), CREA Sur de Santa Fe, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario y Fundación Producir Conservando.

Fertilizar en el IX FORO FANUS

El 18 de junio pasado, la Gerente Ejecutiva de Fertilizar, la Ing. Agr. Fernanda González Sanjuan participó del IX Foro FANUS "Mejoras de la calidad nutricional de las materias primas mediante prácticas agronómicas y/o biotecnológicas. Una forma efectiva de obtener alimentos más saludables". Allí, la Ingeniera realizó una presentación bajo el título "Fertilizantes. Mapa de usos en Argentina", junto al Ing. Juan M. Brihet y al Sr. Damián G. Sammarro, ambos de la Bolsa de Cereales.

En el encuentro también se trataron temas como: Balance y deficiencia de micronutrientes en suelos argentinos, Mejora en la calidad nutricional de los granos. Perfil de aminoácidos, minerales y vitaminas, Modificación de la calidad nutricional de aceites. Ácidos grasos y antioxidantes, Mejoras en el aporte de minerales, vitaminas y sustancias bioactivas en hortalizas, Mejoras en el aporte de minerales, vitaminas y sustancias bioactivas en frutas, Producción de lácteos de bajo riesgo para enfermedades crónicas no transmisibles y alto CLA natural, Aporte de PUFA y sustancias bioactivas en carnes y El huevo como vehículo de minerales, vitaminas y sustancias bioactivas.

El FANUS es una Asociación Civil, sin fines de lucro, creada el 2 de septiembre de 2004 en la Bolsa de Cereales, con la finalidad de aunar las diferentes visiones de la salud, sector agropecuario, industrial, comercial, investigación y educación, para de lograr optimizar los aspectos nutricionales de los alimentos y así obtener mejoras en la calidad de vida de la población.



Fertilización en maíz para silaje

Fertilizar participó del programa de charlas 2013 de Agroactiva Ganadera auspiciado por el IPCVA. Allí, el Ing. Luis Bertoia, de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, invitado por Fertilizar, participó de una mesa de debate llamada "Situación de la ganadería argentina" el 13 de junio, donde disertó sobre fertilización en maíz para silaje.

El evento se llevó a cabo del 12 al 15 de junio de 2012 en Cañada de Gómez.



ACTA simposio 2013

Fertilizar anuncia la venta de las ACTAS del "Simposio Fertilidad 2013". En esta publicación digital (formato cd) de más de 300 páginas se encuentran los trabajos escritos completos de las disertaciones y autores de posters.

El ejemplar tiene un costo de \$ 100.

Para más información comuníquese a info@fertilizar.org.ar





MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN

DE LA COLZA

UN CULTIVO EN ASCENSO

18

ING. Ricardo Melgar
melgar_m@yahoo.com.ar

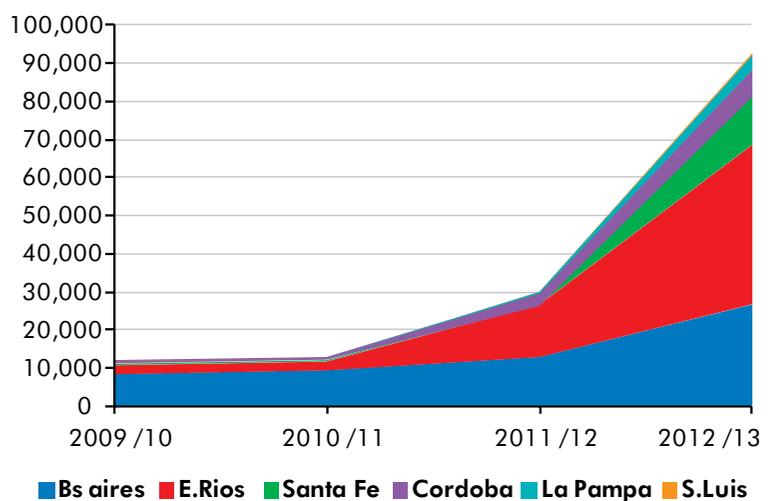
INTRODUCCIÓN

El área cultivada con colza, una oleaginosa invernal, viene creciendo en los últimos años en el país —especialmente en Entre Ríos— como resultado de la búsqueda de sustitutos al trigo en la rotación con los cultivos de verano, ya que este cereal tiene crecientes problemas de comercialización debido a las recientes regulaciones gubernamentales. También ayuda significativamente la rentabilidad del cultivo, con precios locales de la colza en el rango de los US \$ 400 y la buena demanda del grano en el mercado internacional. Los márgenes brutos son mucho más atractivos, ya que los futuros de trigo 2014 están por los US\$ 190, descontadas las retenciones. Se suma a ello la liberación temprana de los lotes para la siembra de soja de segunda, que elevan sus rendimientos potenciales, contribuyendo así a esta expansión por los mayores márgenes brutos de la secuencia colza-soja 2da., sobre la de trigo-soja 2da.

Por otra parte, los bajos rendimientos obtenidos en las experiencias realizadas por los productores locales, muy distanciadas de las obtenidas en parcelas de ensayos, retrae las intenciones de siembra. El Ing. Jorge González Montaner (2009) relata que el proyecto Colza —conducido por el grupo Cazenave— obtuvo promedios de rinde de parcelas de producción de una red de 22 sitios en dos años entre 1300 y 1500 kg/ha, estando los mejores lotes en el orden de 2000-2200 kg/ha y un máximo de 4313 kg/ha.

Las prácticas de manejo del cultivo de colza, la elección de la fecha de siembra óptima, el control de la polilla (*Plutella*) y la nutrición del cultivo son las principales determinantes del rendimiento alcanzado. Los bajos rindes son atribuibles por otra parte a siembras tardías, defectuosas por demasiada cobertura de rastrojo, baja reserva de agua en

Figura 1. Evolución del área sembrada con colza en los últimos años en las provincias pampeanas.



el perfil, enmalezamientos y variedades susceptibles a enfermedades como Pie negro o Necrosis del cuello (*Phoma lingam*).

La colza presenta altos requerimientos de nutrientes, que en el caso del nitrógeno y del azufre son superiores al de los cereales de invierno para algunos ambientes. No obstante, el fósforo no puede faltar y en algunos casos se han reportado respuestas al boro (Ferraris y col.).

LA FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO

Junto con el agua, el nitrógeno es el nutriente limitante más común para la producción de colza, y su fertilización generalmente produce incrementos importantes en los rendimientos de grano. Estudios realizados localmente han documentado ampliamente la respuesta al agregado de N, así como al de azufre, disponiéndose de métodos de diagnóstico y recomendación. Asegurar un suministro adecuado de N y S en el marco de las 4 correctas (Dosis, momento, fuente, y colocación correcta) dará respaldo al potencial de rendimiento. La genética de híbridos de alto rendimiento requerirá más N para sostener la productividad, pero también puede hacer más eficientes la extracción de N del suelo.

Considerando que la colza exige entre 60 y 72 kg de N por tonelada de rendimiento de grano, y que un rinde de 18 q/ha absorberá unas 50 a 60 kg de N, de las cuales el cultivo exportará unas 27 a 33 al cosecharlo, lo que el suelo no provea (de las reservas de N residual y por la mineralización de la MO durante el ciclo) deberá complementarse con fertilización.

Algo del N requerido provendrá de las reservas del suelo, como N inorgánico residual y por la materia orgánica (MO). Esta es un gran almacén de N orgánico pero tiene que ser descompuesto por los microbios del suelo antes de convertirse en disponible para la absorción por el cultivo. La mineralización es el proceso de descomposición de la MO del suelo y es bastante lenta y variable, generando entre 5 a 10 kg de nitrógeno por hectárea por cada punto porcentual de MO. Por ejemplo, un suelo con 3% de MO suministrará de 15 a 30 kg de N/ha a lo largo de la estación de crecimiento. Condiciones cálidas, una buena humedad y alta actividad microbiana aumentarán la tasa de mineralización. Otros factores de suelo tales como la labranza reducida, aplicación de abonos orgánicos, producción de altos rendimiento y devolución de residuos

Tabla 1. Respuestas promedios al nitrógeno obtenidos por distintos autores.

Región	Fósforo disponible en suelo - Bray 1		
Paraná y otras (Entre Ríos)	7	14.0	Melchiori y col.
Humboldt (Santa Fe)	1	7.6	Fontanetto y col.
Pergamino (Bs.As.)	1	3.9	Ferrari y col.
9 de Julio (Bs.As.)	1	6.7	Ventimiglia y col.
Magdalena (Bs.As.)	1	10.8	Chamorro y col.
SE Bs. As.	1	4.8	G. Montaner
SE Bs As	1	7.2	G. Montaner y Di Napoli
Tres Arroyos y otras (S Bs As)	7	6.7	Zamora y Massigoge
Mediana		7.0	

de cosecha de los cultivos antecesores pueden aumentar el nivel de N orgánico y afectará a la mineralización.

El resto del N necesario para el cultivo tendrá que venir del fertilizante, ya sea químico o abono orgánico (como estiércol o composta). Las calibraciones de respuestas realizadas en varios ensayos coinciden en que, para lograr los máximos niveles de rendimientos de la región pampeana, son necesarios alrededor de 150 kg de N entre el residual del suelo y el aplicado como fertilizante (Melchiori y col. G. Montaner). Es decir: si el perfil del suelo dispone a la siembra de 50 kg de nitrógeno/

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



Haciendo Extensión Agropecuaria



ha, para alcanzar el máximo rendimiento esperado del ambiente (en el promedio anual) deben agregarse unos 100 kg de N/ha.

Dosis menores implican rendimientos menores que el máximo potencial, pero con una alta relación de respuesta. La tabla 1 muestra las respuestas encontradas al N por distintos autores en diferentes experimentos a lo largo y ancho de la región pampeana, medidas en kg de grano de colza por kg de N aplicado. Estas respuestas van de unos 4 a 14 kg de colza por kg aplicado de N, con una mediana de 7 kg. Esto es, por cada kg de N aplicado se obtendrán 7 kg de colza, o bien si éste N es urea, la respuesta media esperada será de 3,2 kg de grano por kg de urea. A los precios actuales, de alrededor de \$ 600 por t de urea (o \$ 0,60 / kg) \$ 420 de colza (ó 0,42/kg), implica un retorno de \$ 1.35 por cada \$ 0,50, o sea: \$ 2,7 de retorno por cada dólar gastado en fertilizante.

La respuesta más obvia al N del fertilizante es un aumento general en el crecimiento de las plantas. La mayor disponibilidad de N del fertilizante aumenta el índice de área foliar, la duración de la hoja, el peso de la planta, la velocidad de crecimiento, el número de ramas con flores, la altura de planta, el número de flores, número y peso de las vainas y rendimiento de grano. Las plantas deficientes son delgadas, verde pálidas en comparación con aquellas con adecuado nitrógeno. Por lo tanto, una buena fertilidad nitrogenada es necesaria para producir unas hojas grandes, fotosintéticamente eficientes, que darán soporte a una gran cantidad de flores, vainas y rendimiento de semilla.

El agua disponible como reserva en el suelo es un factor limitante de primer orden para el potencial de rendimiento, y debe estimarse y considerarse al establecer los presupuestos y las dosis de fertilizante antes de la campaña. Sin embargo, una elevada fertilización nitrogenada puede reducir los rindes cuando buenas condiciones de humedad son seguidas de sequía. Bajo esta condición, el N estimula el desarrollo de hojas más grandes aumentando el uso de agua y la transpiración. Como resultado, se agota la humedad del suelo almacenada dejando poco para la floración, producción de vainas y llenado de las semillas. Una fertilización nitrogenada excesiva también puede reducir el rendimiento por vuelco, retraso de la madurez, daños por aumento de enfermedades foliares, debido a un denso canopeo.

Bajo condiciones de suelo seco, la actividad y crecimiento de las raíces se reducen, dando por resultado menos absorción de N. Además, la actividad microbiana del suelo es más lenta reduciendo la liberación de N

Las plantas de colza sanas con suministro de N adecuado tienen hojas verde oscuro. El nitrógeno es móvil dentro de la planta y puede transportarse desde hojas más maduras hacia las más jóvenes y las vainas. Por lo tanto, los síntomas de deficiencia de N primero aparecen en las hojas más viejas con colores verde pálido a amarillento, y a veces con tonos color púrpura. Estas hojas más viejas tienden a morir pronto, pasando a color marrón y caer prematuramente. En general el crecimiento de las plantas es lento, con pocos tallos y delgados, hojas pequeñas y algunas pocas ramas. La cantidad y el tiempo de la floración es restringida, y el número de vainas o silicuas es bajo. Normalmente las hojas de colza a la floración tienen una concentración no menor al 2,5 % de N.

UBICACIÓN DEL FERTILIZANTE NITROGENADO

Debido al pequeño tamaño de las semillas, estas son muy sensibles a la colocación del fertilizante. Por ello, la fertilización a la siembra debe siempre realizarse con maquinaria adecuada que disponga al costado y abajo en bandas, y no debe superar las 10 a 15 kg/ha de N. El resto del requerimiento calculado, que surja de contabilizar las reservas de N-NO3, debe aplicarse al voleo en cobertura luego de la emergencia al estadio de roseta.

Si bien las nuevas variedades híbridas con semillas más grandes y vigorosas pueden ser algo más tolerantes al estrés salino provocado por el efecto del fertilizante en la línea de las semillas, esto no debe ser motivo para arriesgar una baja población inicial de plantas.

FERTILIZACIÓN FOSFATADA

La colza necesita entre 25 a 31 kilos de fosfato (P2O5) por tonelada de rendimiento de grano. La cosecha exporta entre 18 a 22 kg/ha con el grano, dejando la diferencia en el campo en sus residuos, por lo tanto un cultivo de colza de 22 q/ha toma aproximadamente 65 kg/ha de P2O5 equivalente en fertilizantes y remueve 40 kg/ha con la cosecha.

La colza es más eficiente que el trigo para aprovechar y extraer P del suelo y de los gránulos del fertilizante. Sin embargo, al igual que con otros cultivos, absorbe más P que lo que muchos productores aplican, por lo que el agotamiento de los suelos con el tiempo es inevitable, a menos que se apliquen estrategias de enriquecimiento de los niveles de P del suelo con dosis de aplicación que excedan el retiro en los demás otros cultivos de la rotación.

Si un suministro adecuado de P, se reducirá el rendimiento del cultivo. Sin embargo, la colza es muy buena en la recuperación de P del suelo, y puede hacer un uso eficiente de éste, cuando sus niveles son moderados a altos.

No se han encontrado experiencias locales que cuantifiquen las respuestas al fósforo ni calibraciones de éstas con análisis de suelo para el extractante más difundido: Bray 1. Algunas tablas de recomendación publicadas en América del Norte muestran requerimientos medianos de acuerdo al objetivo de rendimiento (Tabla 2).

Si embargo, dada la alta sensibilidad de la semilla al nitrógeno, debe tenerse en cuenta que los fosfatos de amonio (mono y di, además de muchas mezclas que lo contienen) tienen el potencial de emisión de amoníaco y causar graves daños a la germinación si el fertilizante se coloca en la misma línea de siembra. A modo de guía, si solo se dispone de esta forma de aplicación no debe aplicarse más de 45 kg de FMA o 30 kg/ha de FDA en la línea. Si el suelo amerita una dosis mayor de P, debe aplicarse en presiembra o usarse sistemas de siembra que alejen la línea del fertilizante de la de semillas.

Con fechas de siembra tempranas, recomendadas para la colza, un fertilizante fosfatado de arranque, entre 15 a 20 kg de P/ha ubicado cerca pero no en contacto con la semilla garantiza, incluso en suelos con insuficiente P, lograr buenos rendimientos. La respuesta de la colza al fertilizante fosfatado dependerá principalmente de la cantidad de P disponible en el suelo, pero también será influida por la humedad y la temperatura. En suelos fríos, se reduce el movimiento y la disponibilidad de P, y la respuesta de la colza a la fertilización será mayor en estas

Tabla 2. Recomendación de fertilización fosfatada para colza según el objetivo de rendimiento y nivel de P disponible Bray 1.

Rinde esperado kg/ha	Fósforo disponible en suelo - Bray 1				
	0-5	6-10	11-15	16-20	+ 21
650	33	24	15	10	0
1000	49	36	23	10	0
1300	65	48	30	13	0
1600	82	60	38	16	0

de la MO del suelo, pero también reduce la inmovilización temporal del N por los microbios del suelo. Normalmente, queda más N disponible en el suelo después de una sequía que después de una estación húmeda.

IDENTIFICANDO LA DEFICIENCIA DE NITRÓGENO

- Las hojas en la parte inferior de la planta se amarillean prematuramente.
- Las plantas son pequeñas, finas y delgadas, con biomasa reducida.

condiciones.

IDENTIFICANDO LAS DEFICIENCIAS DE FÓSFORO

Los síntomas más notables son:

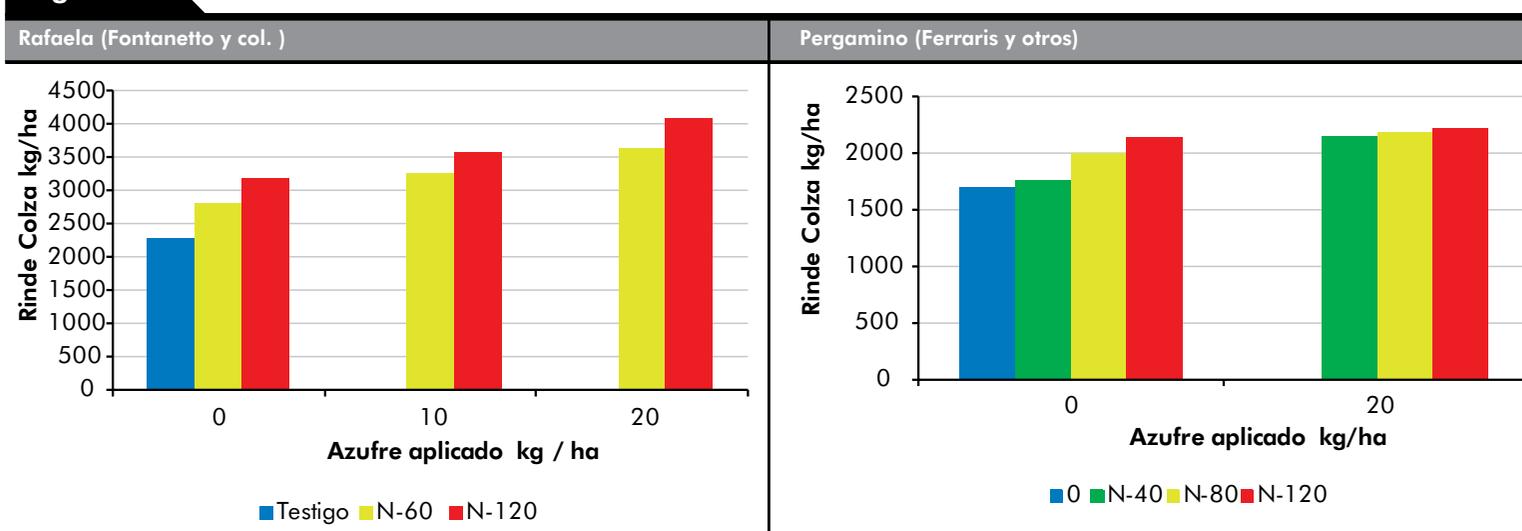
- Madurez tardía
- Plantas alargadas y débiles
- El P es móvil en la planta, por lo que las hojas más viejas mostrarán síntomas primero
- Los síntomas visuales de deficiencia de P en el cultivo a campo no son en general ni bastante pronunciados ni conclusivos como para tener diagnósticos definitivos. Estos síntomas pueden confundirse con respuestas a otros estreses, a menos que sea posible la compa-

ración directa del crecimiento en áreas adyacentes de zonas bien fertilizadas y no tratadas dentro del mismo lote.

Las plantas de colza con fuerte deficiencia de P pueden mostrar hojas más chicas y menos hojas que las plantas normales. Los síntomas de deficiencia no aparecen sino hasta la segunda semana de crecimiento ya que las plántulas obtienen suficiente P de las reservas de la semilla.

Las hojas deficientes en fósforo pueden tener un color verde azulado o verde oscuro ya que la clorofila y formación de proteínas son menos afectadas que la expansión de las células y las hojas. Bajo una deficiencia severa de P, puede surgir coloración púrpura por la acumulación de pigmentos de antocianina (aunque esta respuesta al estrés puede tener muchas causas). Plantas ligeramente deficientes pueden parecer normales, pero son pequeñas. El contenido de P en la parte aérea de la

Figura 3. Respuestas al azufre con distintas dosis de nitrógeno.



LA HERRAMIENTA PARA LLEGAR + LEJOS

Diseñamos la campaña a tu medida

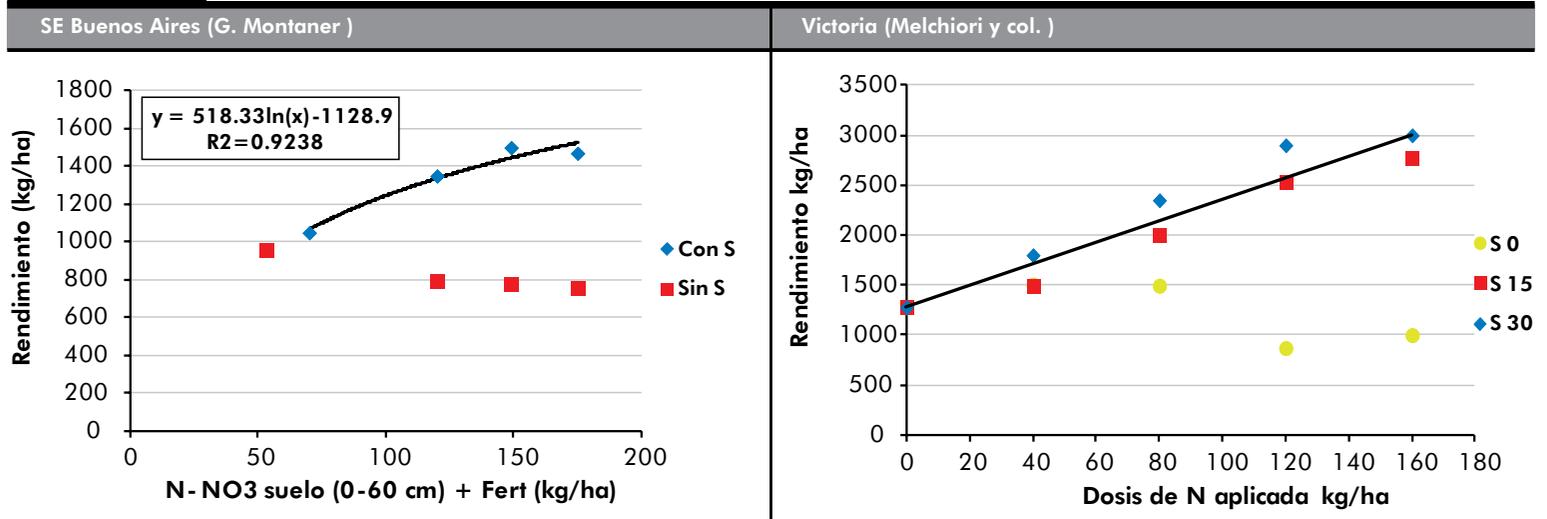
Envíos a nuestras bases de datos, con el costo mas bajo y el resultado mas efectivo del mercado

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

Figura 2. Respuesta negativa al N cuando no se cuenta con azufre disponible suficiente en el suelo.



planta en floración debe estar por encima de 0,24%.

El crecimiento de las raíces es menos afectadas por la deficiencia de P que las partes aéreas disminuyendo la relación tallo-raíz. Con deficiencias más severa, el desarrollo radicular se restringe, pero no tan drásticamente como las partes aéreas. Aunque la proliferación de las raíces se restringe en suelos deficientes, la densidad y longitud de los pelos de la raíz aumentan.

RESPUESTA AL AZUFRE

Las crucíferas en general, y la colza en particular, tienen altos requerimientos de azufre, por lo cual suelen determinarse respuestas a la fertilización azufrada en situaciones más frecuentes que los cereales. Gran parte de la importancia de su suministro para satisfacer las expectativas de rendimiento se debe a que la mayor consecuencia de la deficiencia de azufre es reducir significativamente la eficiencia de uso del nitrógeno.

Actualmente no existen estimadores confiables que permitan predecir la respuesta al agregado de azufre, aunque la respuesta a este nutriente se ha dado en especial en zonas con prolongada historia de uso agrícola, falta de rotaciones adecuadas y/o fertilizaciones desbalanceadas, entre otros factores. La porción orgánica del ciclo de azufre en el suelo está muy ligada a N debido a su asociación en las proteínas. Cada uno experimenta la mineralización de la materia orgánica, inmovilización, oxidación y reducción de compuestos inorgánicos.

Como el N, la principal reserva de S en el suelo está en la materia orgánica. Puede esperarse aproximadamente entre 2 y 3 kg/ha de azufre disponible para cada punto porcentual de MO. Así, un suelo con 3% MO podría proporcionar entre 6 y 9 kg de S disponible para el cultivo. Sin embargo, la tasa de mineralización de S es muy lenta y no puede equiparar la tasa de absorción del cultivo.

Normalmente se recomienda fertilizar con no menos de 10 a 20 kg/ha de azufre, sin importar el análisis de suelo. Debido a los variables niveles de azufre dentro del lote, la prueba del suelo compuesto puede mostrar niveles suficientes, a pesar de que las partes grandes del campo son deficientes.

Hay muchas fuentes de azufre disponibles por el productor, ya sea sulfato de amonio, superfosfato simple, yeso o azufre elemental. El azufre elemental en general no se convertirá en la forma de sulfato disponible a tiempo para la absorción adecuada en cantidades suficientes en la misma

campana de aplicación, ya que su mineralización dependerá de la temperatura del suelo, normalmente baja en la estación de crecimiento.

La respuesta de la colza al S del fertilizante varía mucho, dependiendo de los niveles de sulfato del suelo (cantidad, distribución espacial y temporal), disponibilidad de otros nutrientes (N, P y posiblemente del boro) y humedad del suelo, además del tipo, dosis y método de aplicación del fertilizante azufrado.

Relación N: S. Varias investigaciones han demostrado una disminución en la producción de colza como resultado de la aplicación de N aplicado en condiciones de suelos deficientes en azufre (Figura 2). A la inversa, también varios estudios han demostrado que la aplicación conjunta de N y S puede producir beneficios de rendimiento en suelos deficientes en ambos nutrientes.

En las experiencias conducidas en el país, varias indican una interacción positiva con el agregado de N. Aparentemente un relativo exceso de S por sobre las necesidades del cultivo no sería tan negativo como sí lo es para el exceso de N. Es notable en cambio la respuesta al azufre con dosis medias a altas de N (Figura 3). Más de 40 kg de colza por kg de S aplicado se observaron en los ensayos de Rafaela (Fontanetto y col.) similar a la reportada por Ferraris en Pergamino, con dosis bajas de N (40 kg N/ha). En este trabajo, en cambio, la respuesta al S baja a la mitad (20 kg de colza/kg de S) cuando la dosis de N aumenta a 80 kg/ha. Por otra parte, Melchiori y col. reportaron algunos ensayos sin respuesta al azufre, que atribuyó a bajos rendimientos del cultivo debido a otros factores, y por lo tanto con las exigencias satisfechas por el S nativo disponible en el suelo.

Estas respuestas son altamente eficientes en términos económicos. Si bien es difícil valorar el azufre contenido en un fertilizante, excepto en el yeso, uno puede verificarlo comparando el costo por unidad del nutriente acompañante. Así, con una urea (46% de N) de US\$ 500/t se tiene que la unidad de N tiene un valor de \$ 1,09 /kg (\$ 0,50/0,46). Por lo tanto, si el sulfato de amonio (21 % N, 24 % S) vale por ejemplo \$ 350/t y se valora su contenido de N al valor unitario del N de la urea (\$1,09/kg), su 21% de N vale \$228/t (\$1,09/kg x 210 kg). Por diferencia entonces (\$350 - 228 = 122), la unidad de S valdría \$ 0,51/kg (\$ 0,122/0,24). Similarmente podemos valorar el S contenido en el superfosfato simple comparando el valor de la unidad de P₂O₅ con el valor del superfosfato triple. Con los precios actuales del fertilizante el lector puede calcular el valor de la unidad de S/kg y estimar el retorno por kg aplicado en el

rinde estimado de respuesta.

IDENTIFICANDO LAS DEFICIENCIAS DE AZUFRE

Los síntomas visuales más conspicuos son:

- Hojas superiores pequeñas y estrechas, a veces curvadas, de color amarillento pálido.
- La floración se prolonga si el cultivo tiene problemas de fructificación, con flores pequeñas de coloración amarillo muy pálido.
- Vainas o silicuas cortas con pocas o ningunas semillas.
- Aspecto irregular a campo. El contenido de azufre es muy variable dentro de un lote, por lo que las deficiencias se ven generalmente en manchones. Las deficiencias de azufre son más típicas en suelos arenosos con poca materia orgánica.

El azufre tiene varios efectos en el crecimiento de la colza, ya que requiere S para la síntesis de la clorofila. La deficiencia de S afectará el color de las hojas. La síntesis de proteínas requiere S contenido en los aminoácidos y, por lo tanto, la deficiencia de S afectará más a las partes de rápido crecimiento, especialmente de las estructuras reproductivas.

Una leve deficiencia de S en general no causará síntomas notables, pero aún puede reducir el rendimiento. Deficiencias medianas no muestran síntomas hasta que comienza la etapa reproductiva. Cuando la carencia es severa los síntomas aparecen unas dos semanas después de la germinación.

A la floración, la deficiencia de S comienza a afectar los parámetros de rendimiento tales como ramas por planta, flores fértiles por planta, semillas por vaina y peso de semillas. Con una leve a moderada deficiencia de S, el peso de los granos normalmente no es afectado en forma significativa, ya que las plantas compensan reduciendo el número de semillas por vaina. La deficiencia de nitrógeno afecta más al número de silicuas por planta que la deficiencia de S, mientras que la deficiencia de S reduce más el número de semillas por silicua o vaina.

La manifestación de los síntomas de deficiencia de azufre varía según su severidad y el momento de la deficiencia en relación con la etapa de crecimiento del cultivo. En la etapa vegetativa, bajo severa deficiencia de S los síntomas aparecen en las hojas. Dado que el S tiene baja movilidad dentro de la planta, los síntomas se observan más fácilmente en las hojas más jóvenes, que son amarillo verdoso con respecto a la normal verde azulado. El amarillamiento (clorosis) comienza con los bordes de la hoja y el tejido alrededor de las venas de la hoja permanece verde. Posteriormente, los bordes de la hoja y fondos pueden resultar púrpuras. Además del color de la hoja, la deficiencia de S en las plantas jóvenes provoca hojas pequeñas y curvadas hacia arriba.

En la etapa de botón floral, las hojas nuevas de plantas carentes de S muestran clorosis, color púrpura y el ahuecamiento de las hojas. El color púrpura es causado por la síntesis de pigmentos (antocianina) debido a la acumulación de azúcares resultantes de la limitada síntesis de aminoácidos y proteínas. El grado de curvatura de la hoja depende de la deficiencia de S. Hay curvatura significativa cuando la deficiencia de S se produce antes de que se alcance la mitad del desarrollo de la hoja.

La aplicación de fertilizantes foliares con azufre son soluciones en etapas de desarrollo avanzado del cultivo, ya que el S pulverizado irá directamente al destino (órganos reproductivos).

En etapas tempranas, una aplicación en el cultivo de fertilizante a base de sulfato puede ser muy eficiente para rescatar la mayor parte del potencial de rendimiento del cultivo perdido si la colza muestra signos de deficiencia, y cuanto más temprano se aplica el fertilizante mayor será la absorción y superará el estrés.

CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados obtenidos en ensayos de fertilización locales por los distintos autores contribuyen al avance en el conocimiento del manejo de la fertilización de la colza en suelos, que requiere ser profundizado en mayor diversidad de ambientes y años.

Un programa de fertilización debe incluir:

Nitrógeno. En una dosis estimada en función del N disponible en el suelo y el objetivo de rendimiento, tomando como base los 150 kg de N/ha como techo propuestos coincidentemente por más de un grupo de trabajo. Esto si es que los indicadores de análisis de suelo, calidad de ambiente, reserva de agua edáfica o expectativas climáticas o de precio no sugieren dosis más generosas de fertilización.

Fósforo. Una dosis suficiente de fósforo (15 a 20 kg de P/ha) al menos equivalente a la reposición para rendimientos esperados, o modificada según el análisis de suelo.

Azufre. Un aplicación de azufre (10 a 20 kg de S/ha) también equivalente a la reposición para un rinde de 20 q/ha, normalmente aportado con una elección inteligente de la fuente de fósforo o de nitrógeno.

REFERENCIAS

- Colza Council 2014. *Colza Enciclopedia*. <http://www.colzacouncil.org/colza-encyclopedia/fertilizer-management/phosphorus-fertilizer-management/>
- Chamorro, A. R. Bezus y L. De Biasi. 2009. *Evaluación de la fertilización nitrogenada y azufrada en colza en el partido de Magdalena*. <http://ebookbrowse.com/fertilizacion-nitrogenada-y-azufrada-en-colza-arditi-pdf-d393697496>
- Ferraris G., L. A. Couretot y J. Urrutia. 2013. *Respuesta del cultivo de colza a nitrógeno, azufre y boro en dos espaciamientos. Campaña 2012/13*. Inédito. Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino, Proyecto Regional Agrícola, CRBAN
- Fertilizer Recommendations Guide*. 2005. Cooperative Extension Service / South Dakota State University / U.S. Department of Agriculture. http://pubstorage.sdstate.edu/AgBio_Publications/articles/EC750.pdf
- Fontanetto H.; Gianinetta G., Weder, E. Gambaudo S., Sillón M. y H. Boschetto. 2011. *Fertilización de colza con nitrógeno y azufre en la región central de Santa Fe*. Publicación Miscelánea N° 119. Información técnica de trigo y otros cultivos de invierno, Campaña 2011. INTA EEA Rafaela.
- González Montaner J. y M. Di Napoli 2009. *Resultados de experimentación en cosecha fina 2008/09. Zona Mar y Sierras, AACREA*. pp. 52.
- Gonzalez Montaner, J. 2009. *Trigo, cebada y colza en el sur bonaerense. Presentaciones del Simposio Fertilidad 2009, organizado por IPNI Cono Sur y Fertilizar AC en Rosario el 12 y 13 de Mayo de 2009*.
- Grant C. A. y L. D. Bailey 1993. *Fertility management in colza production*. *Can. J. Plant Sci.* 73: 651-670.
- Melchiori R.J.M., P.A. Barbagelata y L. Coll. 2010. *Fertilización de colza con nitrógeno y azufre en Entre Ríos*. INTA EEA Paraná. Actualización Técnica N° 1 – Cultivos de invierno 2010. Pp. 91-97.
- Ventimiglia, L., L. T. Baudrix y J.M. Fages. 2011. *Fertilización nitrogenada en colza*. INTA 9 de Julio. <http://inta.gov.ar/documentos/fertilizacion-nitrogenada-en-colza/>
- Zamora M. y Massigoge J. 2007. *Fertilización de colza: respuesta a la aplicación de N y S*. INTA . Barrow. <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2010/05/FERTILIZACION%20C3%93N-DE-COLZA-CON-NITROGENO-Y-AZUFRE-EN-EL-CENTRO-SUR-BONAERENSE-2005-2006.pdf>

DISTRIBUCIÓN DE SULFATOS

en profundidad en suelos del norte de Buenos Aires

Daniela Russi, Flavio Gutiérrez Boem, Pablo Prystupa, Gerardo Rubio y Sergio Acierne
drussi@agro.uba.ar



A diferencia de los nitratos, de alta movilidad, los sulfatos pueden ser retenidos en los arcillas y coloides orgánicos y quedar disponibles para ser absorbidos por las plantas en los estratos sub-superficiales, adonde en muchos suelos del norte de Buenos Aires se encuentran subsuelos de texturas mas arcillosas. Como estos sulfatos en profundidad pueden contribuir a la nutrición de los cultivos, éstos podrían enmascarar la verdadera capacidad de un suelo e indicar erróneamente respuestas la aplicación de azufre a partir de la determinación de sulfatos disponibles solamente en la capa superficial. Debido a las mayores dificultades que entraña un muestreo representativo de un lote que contemple horizontes sub-superficiales ,la posibilidad de estimar el contenido de sulfatos en el perfil a partir del dato de las capas superficiales solamente implica una importante contribución; equivalente a la obtenida cuando se demostró la relación existente para los nitratos, adonde una determinación en la capa superior puede aportar una buena estimación de la disponibilidad en el perfil hasta los 60 cm de profundidad del suelo.



Roberto Alvarez encontró que este patrón de distribución vertical permite realizar una buena estimación de los nitratos en el suelo midiéndolos solo en la primer capa (0 a 20 o 30 cm) del suelo.

En el norte de Buenos Aires existen suelos con una larga historia agrícola, donde se han reportado respuestas a la fertilización azufrada en varios cultivos. Sin embargo, las relaciones entre la concentración de sulfatos en el suelo y la respuesta de los cultivos a la fertilización azufrada son escasas. La presencia de sulfatos en capas más profundas del suelo a las habitualmente muestreadas podría explicar esta falta de relación. En esta región de la provincia se desconoce la distribución vertical de los sulfatos y por ende la importancia que tienen las capas del suelo más profundas como fuente de sulfatos para el cultivo.

El objetivo del presente trabajo fue determinar si existe una cantidad agrónomicamente relevante de sulfatos en profundidad, en la época de siembra de los cultivos de verano en la región Pampeana norte y comparar el patrón de distribución vertical de sulfatos con el de nitratos.

25

INTRODUCCIÓN

Una variable importante a la hora de realizar un diagnóstico correcto es la distribución vertical del azufre en el suelo, ya que se ha observado en varias ocasiones que una buena provisión de sulfatos en el subsuelo no es detectado en muestreos de rutina y puede ser aprovechado por el cultivo durante su ciclo de crecimiento. El análisis de datos de 20.000 perfiles de suelos de Estados Unidos reveló que los sulfatos habían sido agotados de la superficie y tendían a incrementarse de manera estable en profundidad, existiendo además una correlación significativa y negativa entre la concentración superficial y la cantidad total de sulfatos. En suelos de Alemania, el agua y el contenido de arcillas de los horizontes profundos (0.6-1 m), explicaron aproximadamente el 50 % de la variabilidad del nivel de azufre en la planta. Sobre suelos afectados por napas, el nivel de la napa en sí mismo explicó más del 87 % de la variabilidad del contenido de sulfatos del suelo.

En la región pampeana, un trabajo del Dr. Reussi Calvo reportó una estrecha relación entre la concentración de sulfatos en la capa superficial (0-20 cm) con la concentración hasta 60 cm de profundidad, pero no exploraron la presencia de sulfatos a mayor profundidad. En otro trabajo en la misma zona del sur bonaerense ya se habían observado en algunos suelos un aumento de la concentración de sulfatos con la profundidad.

Todos estos antecedentes sugieren que el patrón de distribución vertical de sulfatos puede ser diferente del de los nitratos, que normalmente se concentran en el horizonte superficial. En el caso de nitratos, el Dr.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se muestrearon suelos en 34 lotes en barbecho, en el momento previo a la siembra de cultivos de verano (septiembre, octubre), en localidades de la provincias de Buenos Aires (Viamonte, Rojas, Pergamino, Junín, Arenales, Lincoln, Alberti, Chivilicoy), Córdoba (Alejo Ledesma) y Santa Fe (Colonia Medici). Se tomaron muestras del perfil de suelo en incrementos de 20 cm de profundidad hasta los 160 cm y se les determinaron los contenidos de azufre disponible (por dos métodos) y nitratos en el laboratorio. Los datos se analizaron estadísticamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la profundidad en el contenido de S-sulfatos

El análisis estadístico realizado indicó una variación significativa del contenido de sulfatos debida a la profundidad con cualquiera de los dos métodos utilizados para determinar la concentración de sulfatos

Para poder comparar la distribución vertical de sulfatos versus nitratos, estos valores se transformaron con relación al más alto de cada nutriente, que en ambos casos se hallaban en la capa superficial de 0 a 20 cm (Figura 1). La figura muestra que los nitratos se concentran más superficialmente que los sulfatos, y lo hacen en forma similar al patrón de distribución de la materia orgánica. Un 57 % del contenido total de nitratos del perfil se concentra en los primeros 60 cm del suelo mientras que un 41 % de sulfatos lo hace en el mismo estrato.

Si se observan los valores de los desvíos estándar de cada estrato, en la Figura 1, se encuentra que para todas las profundidades (a excepción



Figura 1. Distribución vertical de sulfatos y de nitratos de 0 a 160 cm, media de 34 suelos analizados. Las barras indican el desvío estándar de la media.

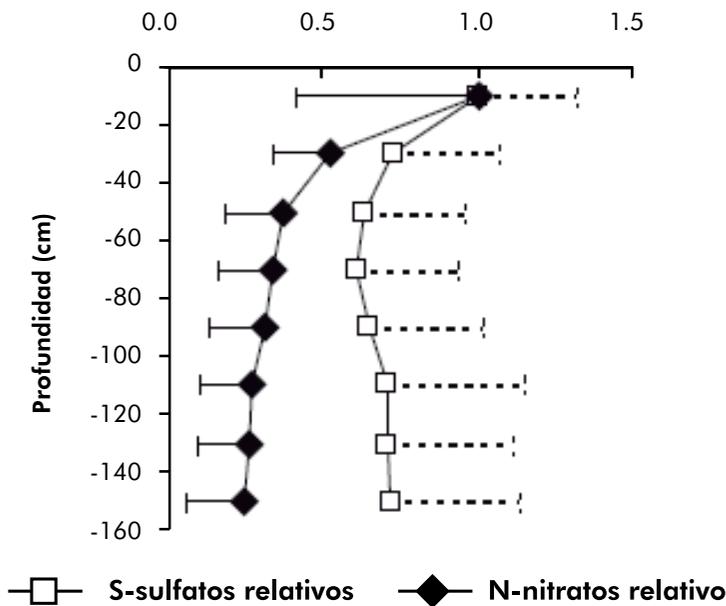


Figura 2. Distribución vertical de sulfatos, para 32 suelos analizados, de 0 a 160 cm, en estratos de 20 cm.

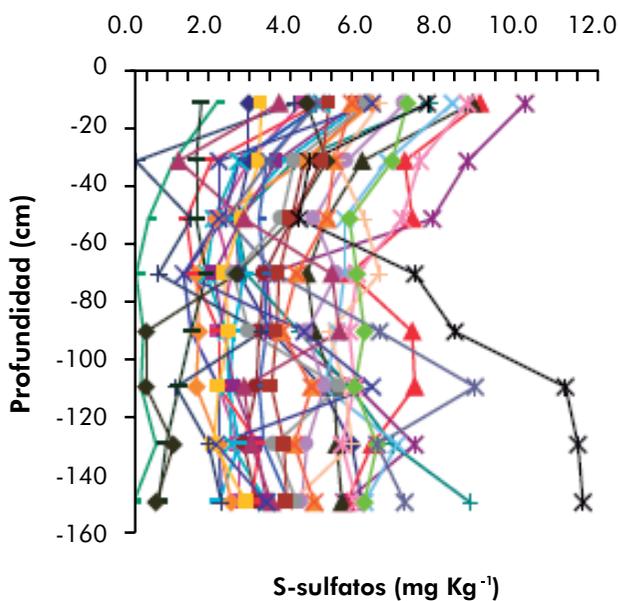


Figura 3. Estimación del contenido de sulfatos de horizontes subsuperficiales a partir del contenido de sulfatos de los estratos 0-20 cm, 0-40 cm o 0-60 cm.

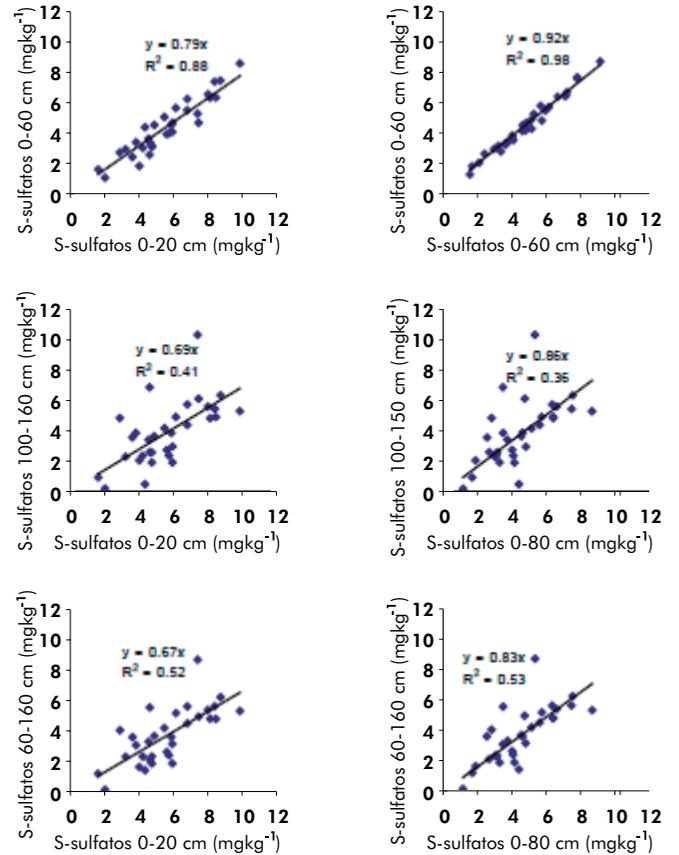
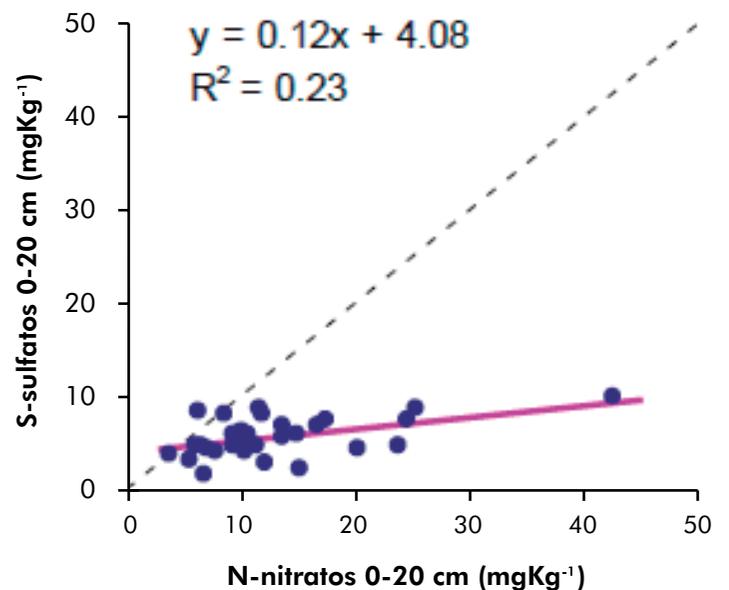


Figura 4. Relación lineal entre nitratos y sulfatos para la camada superficial.



de la capa 0-20cm) la variabilidad de las mediciones de nitratos en las capas o estratos de suelo es mucho menor que la de los sulfatos. Esta variabilidad por suelo se puede apreciar en la Figura 2. Se observó que hasta los primeros 60-80 cm hay una tendencia general a que decrezca el contenido de sulfatos, luego, al aumentar la profundidad el contenido de sulfatos puede aumentar, disminuir o mantenerse en el mismo nivel. Esta alta variabilidad del contenido de sulfatos en los estratos subsuperficiales (60-90 cm) ya fue reportada previamente.

Estimación del contenido de sulfatos en el perfil a partir de estratos más superficiales

Ante la posibilidad de que los sulfatos en profundidad contribuyan significativamente a la provisión de este nutriente para los cultivos, y dada la dificultad intrínseca de realizar muestreos en profundidad con precisión y rapidez, se buscó asociar estas variables procurando encontrar un estimador de la cantidad de sulfatos en profundidad a partir del dato del contenido de sulfato superficial.

Las mejores estimaciones para el contenido de sulfatos de los primeros 60 cm de suelo se obtuvieron a partir de conocer el contenido de sulfatos en los estratos 0-20 cm y 0-40 cm (Figura 3). La precisión del estimador para la estimación de sulfatos, a partir del contenido superficial, es similar al valor hallado para la estimación de nitratos en los mismos estratos. Igual precisión fue obtenida en los mismos estratos en suelo del Sudeste Bonaerense

La estimación de los sulfatos presentes en los estratos más profundos por debajo de 60 cm a partir de los primeros centímetros del suelo tuvo mucha menor precisión, lo que nos indica que el contenido de sulfatos por debajo de los 60 cm es variable y difícil de predecir.

ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE SULFATOS EN EL PERFIL A PARTIR DEL CONTENIDO DE NITRATOS

Para analizar si las concentraciones de sulfatos y nitratos estaban relacionadas, se calculó la correlación entre ellos para cada profundidad incremental de 20 cm y para estratos acumulados (0-60 cm, 60-160 cm y 100-160 cm). Sólo se encontró una asociación positiva significativa para el estrato superficial (Figura 4). Esta relación no es muy directa, por lo que no podría estimarse la concentración de sulfatos a partir de la medición de nitratos sin un gran error.

CONCLUSIÓN

- Un 60 % del contenido total de sulfatos del perfil estaría por debajo de los 60 cm, teniendo de esta forma un patrón diferente a los nitratos que se concentran en la superficie, con un 60 % del total de nitratos por sobre los 60 cm de profundidad.
- Es posible estimar el contenido de sulfatos en el perfil hasta los 60 cm de profundidad a partir de una evaluación en superficie (0-20 cm), con una precisión similar al que se obtiene para la estimación de nitratos en el perfil 0 a 60 cm.
- No se puede estimar con seguridad el contenido de sulfatos por debajo de los 60 cm.
- La relación entre el contenido de sulfatos y nitratos en las capas superficiales, si bien significativa tiene una alta dispersión, lo que no permitiría usar una determinación de nitratos para hacer una buena estimación de la concentración de sulfatos.

SEMBRANDO
SATELITAL
El Canal del Campo

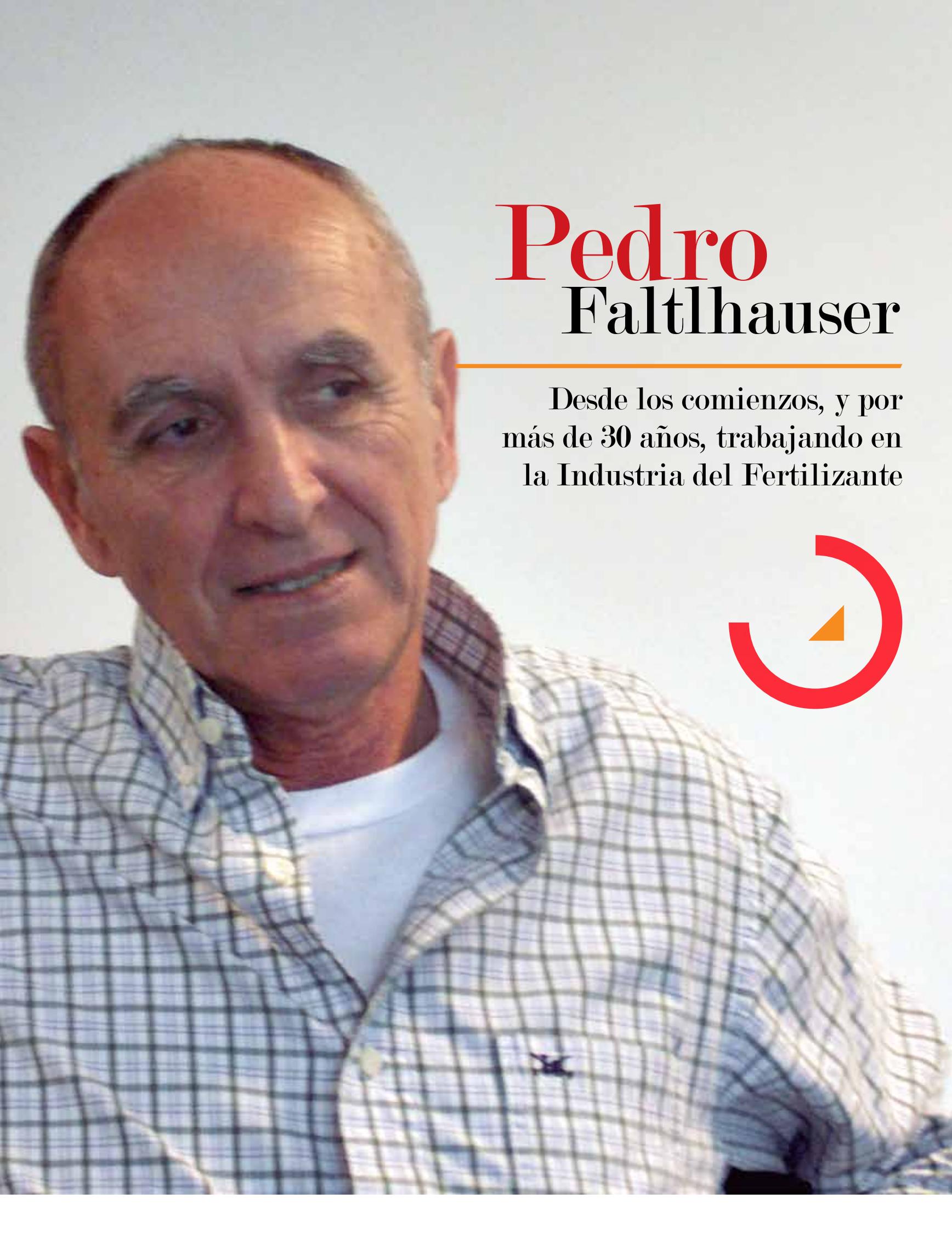
SEÑAL LIBRE Y GRATUITA

PÍDALO A SU OPERADOR DE CABLE LOCAL

TAMBIEN EN VIVO LAS 24 HORAS POR

www.sembrando.com.ar

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



Pedro Faltthausser

Desde los comienzos, y por
más de 30 años, trabajando en
la Industria del Fertilizante



Entrevistamos en nuestras nuevas oficinas a **Pedro V. Falthausser**, gerente de Desarrollo de la División Fertilizantes de Bunge Argentina S.A. Rememoramos sus comienzos y recordamos junto a él sus más de 30 años en este rubro y cómo fue evolucionando el mercado de fertilizantes en nuestro país.

Por: **Paula Vázquez** / Fotos: **Fertilizar**

¿Cómo fueron tus primeros pasos en el mundo de los fertilizantes?

El comienzo se gestó al poco tiempo que terminé mis estudios, primero anduve dando vueltas por el país buscando insertarme en el mercado laboral, pero al poco tiempo, en 1983, tuve la posibilidad de ingresar a Petrosur S.A., la primera empresa que produjo y comercializó fertilizante en Argentina. Y llamativamente no fue para trabajar en fertilizantes, sino por un acuerdo que hubo con una empresa de agroquímicos. Así fue que en el marco de ese convenio ingresé al ruedo del negocio. Al poco tiempo culminó ese acuerdo, pero me quede en Petrosur ya trabajando de lleno en fertilizantes

Básicamente ¿cuál era tu función?

Era la de Asesor Técnico, atendiendo a nuestra red de distribución en el manejo de agroquímicos. Tras la finalización del acuerdo, seguí en Petrosur dando soporte al área técnico-comercial de fertilizantes. No había tantos técnicos preparados en esa época. Luego de las elecciones del 83, en la provincia de Misiones había una sucursal que atendía Corrientes, Chaco, Misiones y Formosa y me trasladaron a esa zona para hacerme cargo de la sucursal en la parte comercial, técnica y logística.

En esa época se dio el primer salto en el consumo de fertilizantes, ya que a partir del “plan canje”, que nació durante la gestión de Alfonsín, en el cual el gobierno compraba fertilizantes para entregarlos a los productores en canje por granos, generó un crecimiento importante del mercado. Este fue el primer motor que empujó el crecimiento del consumo de fertilizantes en Argentina.

Estuve durante varios años radicado en Misiones hasta el momento en que Petrosur fue comprada por PASA (Petroquímica Argentina SA), que llegó con un aire de crecimiento y renovación.

¿Cómo continuó tu carrera y cómo fue la evolución del sector?

Por mi experiencia en el área técnica, me trasladaron nuevamente a Buenos Aires (1989), con el fin de crear un nuevo Departamento llamado “Departamento de investigación y Desarrollo”. El proyecto de PASA en fertilizantes era muy ambicioso y me ayudó mucho, porque se generó un contexto favorable para hacer crecer esa área.

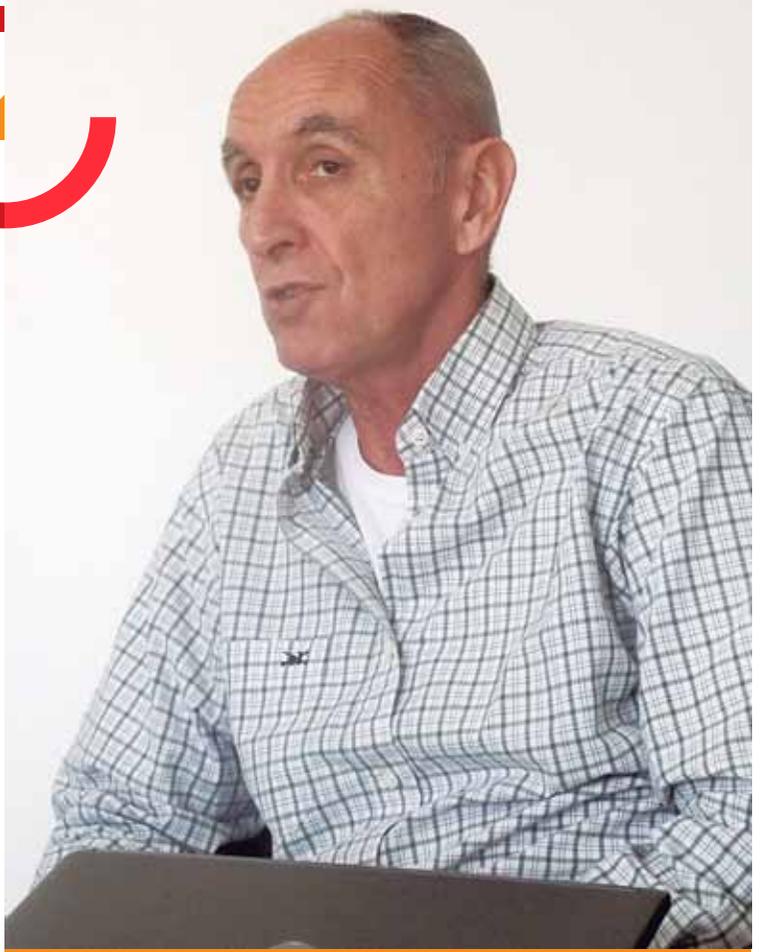
¿Y en los productores había interés?

Sí, porque al poco tiempo hubo un boom relativamente interesante de precios de los granos que hizo que el productor invierta en la tecnología. Hubo un crecimiento muy importante y gracias a estos factores tuve la suerte de capacitarme dentro y fuera del país (EEUU, Alemania, Israel entre otros destinos) con el fin de capacitarme en nutrición vegetal y los diferentes manejos de la fertilización en estos países que estaban mucho más desarrollados en estos aspectos

¿Qué productos eran los que se consumían?

En esa época se consumía urea y DAP o sea los tradicionales commodities. El objetivo del mercado era crecer con lo que había, no se pensaba en nada distinto (el mercado rondaba las 400.000 toneladas anuales). Otro factor que también en ese momento motorizó mucho nuestro negocio en particular, fue que PASA fue comprada por Pérez Companc.

Pérez Companc leyó este potencial crecimiento de Mercado y por eso avanzó con el proyecto de una nueva planta de urea en Bahía Blanca, pero habiendo sido la generadora del mismo dejó su concreción en manos de los otros dos socios que se habían unido a él, que fueron YPF y Agrium, Aquinacio Profertil.



¿Qué cambios percibiste a partir de esta etapa?

Ahí fue donde se dio otro cambio muy importante, con una inyección de fuerza muy grande en todo el negocio, y en particular para nuestra empresa, que fue la decisión de buscar productos más especializados. Aquí en el año 1994 nacen los fertilizantes líquidos en Argentina.

Se buscó generar innovación/diferenciación con respecto a la tradicional venta de commodities, y así fue que se decidió el lanzamiento de los fertilizantes líquidos a nivel comercial, algo muy importante en mi carrera.

Arrancamos con líquidos, siempre de la mano de Perez Companc, quien invirtió muchos recursos financieros y humanos para este nuevo enfoque del negocio. Luego, por diferentes causas, Perez Companc decidió retirarse del negocio a nivel macro y ahí fue cuando Petrobras nos adquiere.

¿Cómo fue la incorporación de Petrobras?

Eso fue en el 2001, donde Petrobras decide comprar parte de Perez Companc y dentro de todo ese paquete estaba el área de fertilizantes. Se siguió trabajando muy fuerte, pero antes de que Perez Companc decidiera entrar con los líquidos, hubo períodos también de buenas y malas. Todo este proceso me llevó también dentro de la empresa, no sólo a manejar la parte técnica, sino también estar en la parte de Ventas/Comercial. También estuve trabajando en el área de logística y en importación, o sea, fui desarrollándome en diferentes áreas de la empresa y del negocio de fertilizantes.

30

Otra faceta que me tocó transitar y me gusta mucho es la de generar nuevos recursos para la empresa. He logrado muy buenos resultados en esa área, junto a la gente de RRHH, habiendo concretado el ingreso de profesionales que comenzaron su desarrollo en la parte técnica, pasando luego al área Comercial y con gran éxito dentro de la misma, o sea crecieron profesionalmente dentro de la empresa.

El perfil de las empresas lo da la gente. El grupo humano y la forma de relacionarse con la gente fue una característica que siempre tuvo relevancia entre nuestros clientes y eso creo que ha sido un valor que he logrado inculcar a los que han trabajado conmigo, agregando valor.

¿Podés contarnos algo más de este rol de formador de grupos?

En la época del boom del crecimiento del negocio, como te conté, salíamos con la gente de RRHH y recorriamos el país, haciendo entrevistas, giras de casi 10 días buscando profesionales. Por cultura, hay zonas donde es mejor que la gente que se tome sea local; en cambio hay otras en donde hay que buscar un equilibrio entre lo local y lo extrazona. La premisa de esa época era crecer, desarrollarse, con una presión muy fuerte y motivadora al mismo tiempo.

Si tenés que buscar un momento importante en tu trabajo emparejado con la evolución de lo que es la fertilización, ¿cuál sería ese punto?

Con el boom del 94, 95 se juntaron varios factores, no sólo en fertilizantes sino en lo que es el manejo general de los cultivos de Argentina. Se vivió una época de muy buenos precios en cuanto a lo que producía el productor agropecuario. Eso es algo que vi a lo largo del tiempo; los grandes saltos de consumo que se vieron apalancados cuando el productor tiene una buena retribución por su trabajo, una buena renta. Otra virtud muy grande que se vio en la agricultura en Argentina y especialmente en la parte de fertilización, es que hay mucha información. Cuando llegó el momento de producir más, la información estaba disponible. Esos años también fueron el boom de la genética, de la maquinaria agrícola. Como demostración de esto, fueron los mejores años



YO CREO QUE LA AGRICULTURA EN ARGENTINA, CON CIERTAS CONDICIONES DE PREVISIBILIDAD, TIENE QUE CRECER. LA TECNOLOGÍA Y LA GENTE QUE LA ADOPTA, ESTÁ”.

de las exposiciones agrícolas. El interés del productor por todo lo que era tecnología fue muy grande y se dio con la unión de estos factores: precio y tecnología disponible. Ahí se dio una bisagra en lo que es la agricultura argentina. Luego, diferentes factores hicieron que ese crecimiento sea fluctuante.

Año el 2035... ¿cómo imaginás la relación industria-productor?

Creo que la agricultura en Argentina, con ciertas condiciones de previsibilidad, indefectiblemente tiene que crecer. La tecnología y la gente que la adopta, está. Las capacidades humanas y técnicas existen. Los alimentos seguirán siendo cada vez demandados en el mundo entero.

Según el INTA, la erosión de suelos alcanza a 2 millones de pérdidas

La erosión de suelos es un tema que a través de Fertilizar y también en particular a través de cada empresa que está en el mercado lo vemos día a día, tratando de concientizar a los productores y a las autoridades. Necesitamos el esfuerzo y el trabajo de muchos, para poder revertirlo.

Un buen ejemplo concreto en este camino, es el de Uruguay, en donde se promulgó una ley que obliga una rotación de cultivos, buscando la sustentabilidad. Como te comenté son varios los actores que deben participar para lograr el éxito en este sentido. Esfuerzos aislados no conducirán al éxito de frenarla.



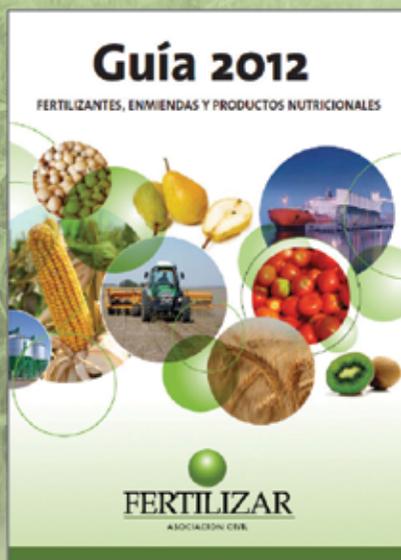
Precio: **\$50** para el público general y **\$40** para socios y suscriptos a la revista de la entidad + gastos de envío



Precio: **\$70** para el público general y **\$50** para socios y suscriptos a la revista de la entidad + gastos de envío



Precio: **\$150** para el público general y **\$110** para socios y suscriptos a la revista de la entidad + gastos de envío



Precio: **\$70** para el público general y **\$50** para socios y suscriptos a la revista de la entidad + gastos de envío



Precio: **\$100** para el público general y **\$80** para socios y suscriptos a la revista de la entidad + gastos de envío



Precio: **\$100** para el público general y **\$80** para socios y suscriptos a la revista de la entidad + gastos de envío

Venta de publicaciones especializadas consulte



FERTILIZAR

ASOCIACION CIVIL

Más información en: www.fertilizar.org.ar o info@fertilizar.org.ar

MI PRIMER ARTÍCULO

CAROLINA ALVAREZ
caroalvar@hotmail.com

Stock de carbono en el suelo y emisiones anuales de óxido nítrico en la región semiárida pampeana argentina

INTRODUCCIÓN

La materia orgánica (MO) es un componente asociado a la productividad de los agroecosistemas. El cultivo de las tierras causa, normalmente, una disminución de su contenido en el suelo, muchas veces debido a la disminución en el aporte de residuos y a la aceleración de la mineralización de materia orgánica del suelo a causa de las labores.

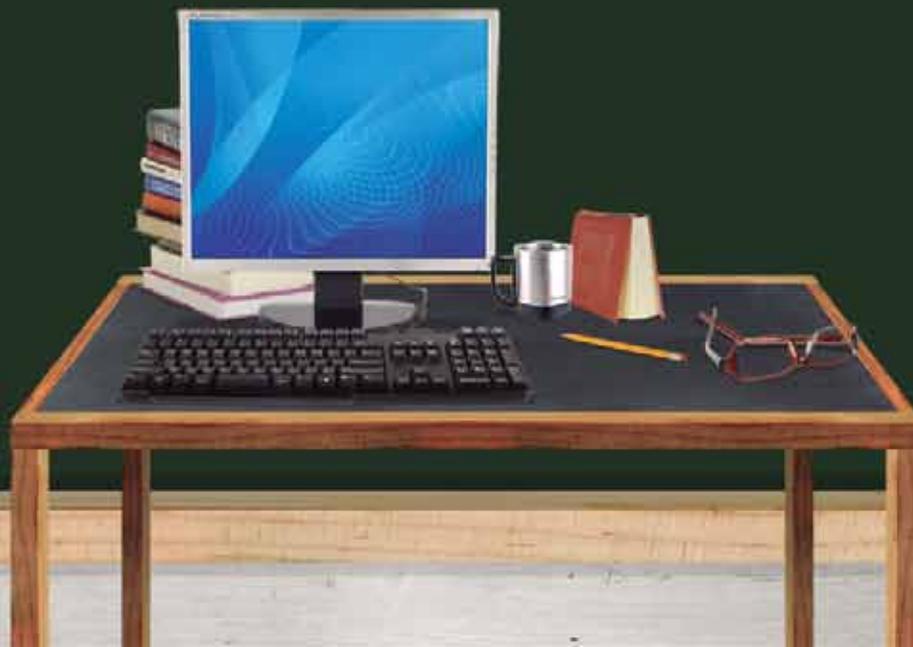
La MO es una importante fuente de nutrientes para las plantas y su disminución está directamente asociada con el aumento de dióxido de carbono (CO_2) atmosférico, uno de los principales gases de efecto invernadero (GEI) del planeta. Varias investigaciones han destacado la importancia ambiental del secuestro de C en el suelo y su impacto sobre el cambio climático al mitigar la emisión de este elemento, especialmente en forma de CO_2 . El suelo tiene un importante papel en la producción de CO_2 y otros gases de efecto invernadero.

Las emisiones de GEI desde el sector agrícola cobraron importancia en los últimos años debido a la problemática del cambio climático. Las pérdidas de algunas formas gaseosas de carbono y nitrógeno del suelo contribuyen a incrementar las concentraciones de dichos gases en la atmósfera. Ciertos manejos agrícolas pueden promover la acumulación de carbono en el suelo, pero también

podrían generar condiciones edáficas y ambientales que predisponen la emisión de óxido nítrico (N_2O). Este gas posee un poder de calentamiento global 310 veces mayor que el dióxido de carbono.

La siembra directa fue propuesta como una alternativa al sistema de labranza convencional para reducir la degradación de los suelos, y podría también reducir las emisiones de GEI. Otros autores mencionan que la adopción de la siembra directa como única práctica de manejo no mejora los contenidos de carbono orgánico total (COT) del suelo. Para aumentar los contenidos COT del suelo deberían incluirse gramíneas en la rotación, ya que su eliminación en la secuencia de cultivo es otro factor que ha influido en forma negativa sobre el contenido de C en los suelos. Los cultivos de cobertura (cc) en los sistemas agrícolas actuales pueden constituir una importante herramienta agronómica, que mejora la eficiencia de uso del agua y del nitrógeno, y los transforma en biomasa vegetal, evitando pérdidas de agua del perfil y lixiviación de nitratos que de no ser implantados no serían aprovechables.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes secuencias de cultivo y sistemas de labranza sobre el stock de carbono del suelo y las emisiones anuales de óxido nítrico. Se pretende determinar cuáles de los manejos estudiados contribuyen a un mayor secuestro de carbono y menores emisiones de óxido nítrico desde el suelo.



MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en un ensayo de larga duración localizado en la Estación Experimental Agropecuaria de INTA Manfredi, Córdoba, Argentina (31,5° S, 63,5° O, 292 m.s.n.m.), dentro de la región semiárida pampeana. La región central de la provincia de Córdoba posee un régimen de precipitaciones que se concentra en primavera-verano (80 % octubre a marzo) con promedio medio anual de 750 mm. La temperatura media anual de la región es de 16,6°C, el clima de esta región se clasifica como subhúmedo seco.

El ensayo de larga duración fue iniciado en el año 1995. El suelo es un Haplustol éntico serie Oncativo, profundo, bien drenado, desarrollado sobre materiales franco limosos, con una capacidad de almacenaje de agua disponible de 307 mm hasta los 200 cm de profundidad (INTA, 1987). El diseño del experimento es un arreglo bifactorial. Un factor es el sistema de labranza, cuyos niveles son: siembra directa con barbecho químico (SDB), siembra directa con cultivo de cobertura, triticale (SDcc) y labranza reducida (LR), con rastra de discos como labor primaria (LR). El factor secuencia de cultivo tiene los niveles: soja-soja (sj-sj) y soja-maíz (sj-mz). A través de la combinación de los distintos niveles de cada uno de los factores quedan conformados 6 tratamientos: sj-sj LR, sj-mz LR, sj-sj SDB, sj-mz SDB, sj-sj SDcc y sj-mz SDcc.

Para determinar el COT se obtuvieron muestras a los 15 años del inicio del ensayo en las profundidades 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-50, 50-70, 70-100 cm. Se realizaron con auto analizador de combustión completa. La densidad aparente se determinó a través del método de cilindro. Para comparar los stocks de COT (Mg ha⁻¹) del perfil del suelo corrigieron a masa equivalente hasta la profundidad que se evaluó.

Las emisiones de N₂O fueron medidas a campo durante un año en algunos de los tratamientos mencionados anteriormente. El procedimiento simplificado de extracción de las muestras del gas se realizó con cámaras estáticas a campo. Además, se monitoreó el contenido de nitrógeno como nitratos (N-NO₃⁻) y la humedad gravimétrica en el suelo hasta los 5 cm de profundidad en cada fecha en las que se determinaron las emisiones de N₂O. De acuerdo con las directrices del IPCC (2006) se calculó el inventario de emisiones de N₂O con el fin de compararlas con las medidas a campo.

Se realizaron los correspondientes análisis estadísticos para el análisis de la información generada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Stock de carbono orgánico total

Los stocks de COT a masa constante, se calcularon a través de la ecuación descrita por Sisti et al. (2004) utilizando las concentraciones de C de cada capa y calculando la masa de suelo por estrato utilizando los valores de densidad aparente. A los fines de este estudio se calcularon los stocks a las profundidades 0-30, 0-50 y 0-100 cm que se muestran en las Figuras 1 y 2.

Considerando el stock de COT hasta los 30 cm de profundidad (Figura 1) se observa que los tratamientos de la rotación sj-mz en combinación con siembra directa (sj-mz SDcc y sj-mz SDB) tienen la mayor cantidad de COT, mientras que los tratamientos bajo LR (sj-sj y sj-mz) presentan los menores valores. Se observó una tendencia de los tratamientos bajo siembra directa a presentar mayores stocks de COT respecto de los tratamientos bajo LR. Cuando se analizó el stock COT hasta los 50 cm, los sistemas de labranza se diferenciaron entre sí, siendo SDcc>SDB>LR (Figura 2a); las secuencias de cultivo también se diferenciaron observando que sj-mz>sj-sj (Figura 2b). Al analiza la totalidad del perfil estudiado (100 cm), la rotación sj-mz (Figura 2b) presentó un stock de COT significativamente mayor que en sj-sj y respecto a los sistemas de labranza, LR presentó un menor stock de COT que los tratamientos bajo siembra directa (Figura 2a), hayan sido estos con barbecho invernal o con cultivo de cobertura en esa misma estación

Figura 1. Stock de carbono orgánico total (Mg/ha), hasta 30 cm de profundidad corregido por unidad de masa.

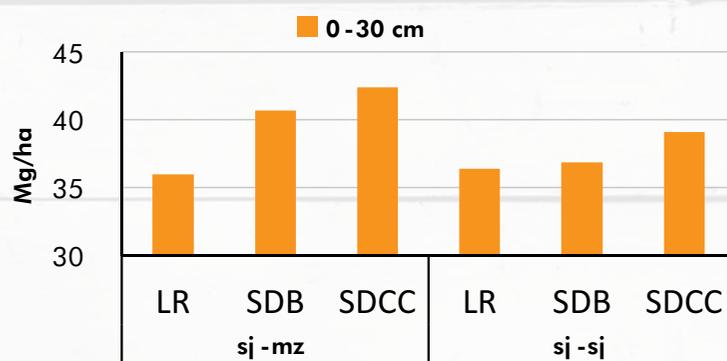
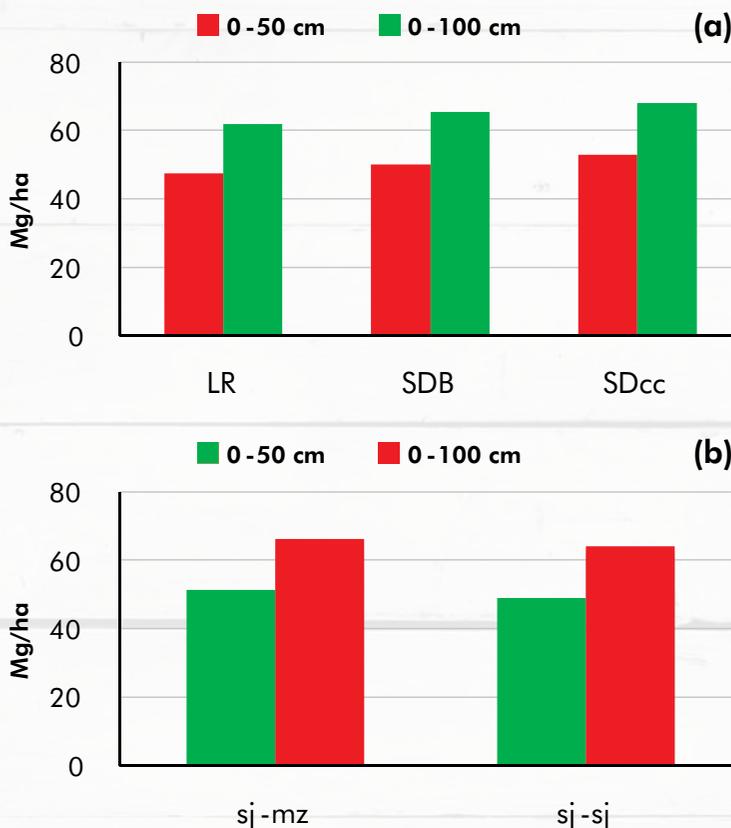


Figura 2. Stocks de carbono orgánico total (Mg/ha), hasta 50 y 100 cm de profundidad corregido por unidad de masa (a) sistemas de labranza; (b) rotaciones de cultivo.



Al analizar los stocks de COT hasta los 50 cm se observan diferencias entre los sistemas de labranza, presentando SDB 2,58 Mg C ha⁻¹ y SDcc 5,45 Mg C ha⁻¹ más que LR, respectivamente. Sin embargo, al considerar hasta 100 cm sólo se diferencia LR de los sistemas en SD, dicha diferencia es de 4,96 Mg C ha⁻¹. El menor stock de COT en LR respecto de las parcelas trabajadas bajo siembra directa pueden atribuirse a que las prácticas de labranza favorecen la mineralización de la materia orgánica por mayor temperatura y menor protección física, provocando liberación de nutrientes y pérdidas de C como CO₂ (Abril et al., 2005). Por otra parte, para que se produzca acumulación de materia orgánica es necesario además de un aumento de los aportes de residuos carbonados por los cultivos un ingreso extra de N (Sisti et al., 2004). Por debajo de los 30 cm se mantienen las diferencias en los stocks de COT debidas a los sistemas de manejo, lo que resulta concordante con lo encontrado por varios investigadores (Sisti et al., 2004). Es probablemente por esta razón que algunos autores consideran que no es necesario realizar muestreos a tanta profundidad para encontrar diferencias entre manejos, y que la determinación de stock de COT hasta los 15 cm o 30 cm pueden ser suficientes para detectar diferencias entre manejos. Desde el punto de vista de un balance entre el secuestro de carbono y las emisiones de gases de efecto invernadero es importante considerar mayores profundidades.

En relación a las secuencias de cultivo, tanto hasta 50 como hasta 100 cm el stock de COT fue mayor en sj-mz que en sj-sj. La rotación sj-mz acumuló en promedio para ambas profundidades 2,33 Mg C ha⁻¹ más que sj-sj. Esto puede deberse a los mayores aportes de residuos que se realizan por la participación del cultivo de maíz en la secuencia. Comparando el impacto sobre el stock de COT del sistema que presentan las labranzas usadas y la rotación, se observó un mayor impacto por parte de las primeras. La SD hasta 100 cm acumuló 330,7 kg C ha⁻¹ año⁻¹ más respecto que LR, mientras que sj-mz sólo acumuló 147,3 kg C ha⁻¹ año⁻¹.

Al calcular la tasa de acumulación de COT de la SD respecto de LR hasta 0-30 cm observamos que fue de 239 kg C ha⁻¹ año⁻¹. Si la comparamos con la tasa estimada por Alvarez & Steinbach (2006) para la Pampa Ondulada argentina que fue de 460 kg C ha⁻¹ año⁻¹ para SD respecto de LR, entre los 4 y 9 años luego de incorporada la SD. En nuestro trabajo, la tasa de acumulación fue menor y puede atribuirse a que el ensayo tiene más años (15 años) y las tasas disminuyen con el tiempo.

Emisiones anuales de óxido nitroso medidas y estimadas en base a IPCC

La emisión anual de N₂O fue calculada mediante la interpolación lineal entre fechas sucesivas acuerdo a Jantalia et al. (2008). Las emisiones medidas de N₂O mostraron valores que variaron entre 1,09 y 2,41 kg N-N₂O ha⁻¹ año⁻¹ (Tabla 1). En general las emisiones anuales bajo LR fueron mayores que en SD y en la secuencia sj-mz (A) (maíz en el período de cultivo) mayores a las demás. En esta secuencia se puede observar el efecto que tuvo la fertilización del cultivo de maíz, único fertilizado con nitrógeno, durante el período del cultivo. El tratamiento con mayor emisión anual fue LR sj-mz (A) (maíz en el período de cultivo) y el valor de menor emisión anual de N-N₂O fue el tratamiento SD mz-sj (B) (soja en el período de cultivo). Las emisiones anuales de este tratamiento fueron similares a las emisiones anuales del testigo.

Las emisiones estimadas según IPCC (2006) con los rendimien-

Figura 3. Emisiones anuales de N-N₂O medidas y estimadas a través de IPCC (2006). Valores de la rotación soja-maíz (sj-mz) y soja-soja (sj-sj) en siembra directa (SD) y labranza reducida (LR).

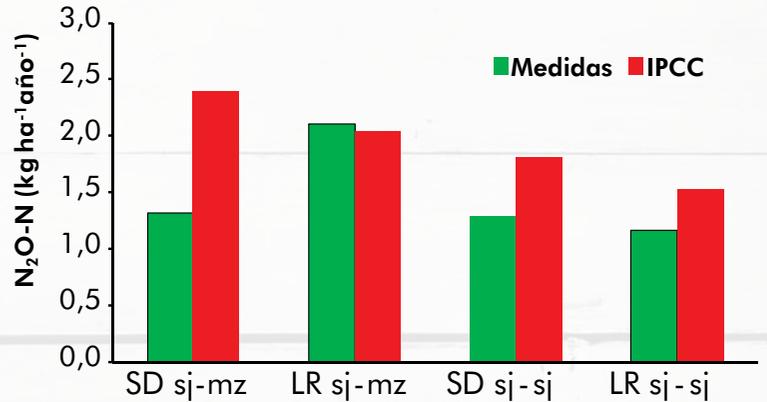


Tabla 1. Estimación de pérdida de N como N₂O (kg N-N₂O ha⁻¹) de dos sistemas de labranza: SDB y LR, dos secuencias de cultivo: sj-mz y sj-sj, y el testigo desde marzo 2009 a marzo 2010.

Secuencia	Sistema de labranza		Media
	SDB	LR	
		(kg N-N ₂ O ha ⁻¹ año ⁻¹)	
sj-mz (A)	1,55	2,41	1,98
sj-mz (B)	1,09	1,80	1,45
sj-sj	1,29	1,16	1,23
Media	1,31	1,79	
Testigo	1,10		

tos del ensayo y las emisiones medidas, ya expresadas en la Tabla 1, se presentan en la Figura 3. Dicha Figura muestra que las pérdidas anuales de N-N₂O medidas fueron en términos generales inferiores a las estimadas con la metodología de IPCC para las situaciones evaluadas.

La siembra directa se sugiere a menudo como una práctica para reducir las emisiones netas de GEI. En este estudio se observó que está condicionada por la rotación, siendo 0,78 kg N-N₂O ha⁻¹ año⁻¹ menor respecto a la LR con la secuencia sj-mz y 0,13 kg N-N₂O ha⁻¹ año⁻¹ mayor que LR cuando se llevó a cabo monocultivo de soja.

Teniendo en cuenta el potencial de calentamiento global del N₂O, las menores pérdidas de óxido nitroso observadas en SD respecto LR en la rotación sj-mz, representan 104 kg C ha⁻¹ año⁻¹. Si la comparamos con la tasa de secuestro de COT, mencionada anteriormente, en SD respecto de LR (239 kg C ha⁻¹ año⁻¹), la emisión anual de óxido nitroso, medida en equivalentes de CO₂ es ampliamente compensada por la tasa de secuestro de carbono.

CONCLUSIONES

La siembra directa promueve la acumulación de COT, sobre todo cuando se incluyen gramíneas en la rotación. En general emisiones medidas fueron menores a las calculadas por la metodología IPCC, recomendamos la realización de un mayor número de evaluaciones, ya que de mantenerse esta tendencia se esta-

ría incurriendo en una importante sobrestimación utilizando la metodología del IPCC (2006).

AGRADECIMIENTOS

Al Grupo de Manejo de Cultivos y Recursos Naturales de INTA EEA Manfredi.

BIBLIOGRAFÍA

Abril, A; P Salas; E Lovera; S Kopp; N Casado-Murillo. 2005. Efecto acumulativo de la siembra directa sobre algunas características del suelo en la región semiárida central de la Argentina. *Ciencia del Suelo (Argentina)*. 23 (2):179-188.

Alvarez, R & H Steinbach. 2006. Efecto del sistema de labranza sobre la materia orgánica. En: *Materia Orgánica, valor agronómico y dinámica en suelos pampeanos*. Alvarez R. (ed). Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires. 69-78.

INTA. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Recursos Renovables de la Nación. 1987. Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja

3163-32-Oncativo.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use. Volumen 4.*

Jantalia, CP; HP dos Santos; S Urquiaga; RM Boddey; BJR Alves. 2008. Fluxes of nitrous oxide from soil under different crop rotations and tillage systems in the South of Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 82 (2): 161-173.

Salas, HP; E Lovera; M Basanta; JP Giubergia; E Martellotto; A Salinas. 2005. Producción de Soja y Maíz en función de la rotación del sistema de manejo en un Haplustol típico de la región central de Córdoba. *Disponibilidad de agua y rendimiento*. INTA EEA Manfredi. 11 p.

Sisti, CPJ; HP dos Santos; R Kohhann; BJR Alves; S Urquiaga; RM Boddey. 2004. Changes in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. *Soil Till. Res.* 76: 39-58.



!!!Nos mudamos!!!



*A partir del 7 de junio de 2013,
las nuevas oficinas de Fertilizar Asociación Civil
se encuentran en Bartolomé Mitre 1332 – 4to piso (C1036AAZ),
manteniendo la misma línea telefónica.*

*(54-11) 4382-2413
info@fertilizar.org.ar*



FERTILIZAR

ASOCIACION CIVIL

www.fertilizar.org.ar