

FERTILIZAR

ASOCIACION CIVIL

Agosto 2012 | N° 23

**MUESTREO DE SUELOS PARA
MANEJO DE LA NUTRICIÓN
DE CULTIVOS**
POR AGUSTÍN BIANCHINI

**FERTILIZACIÓN NITROGENADA
DE CEBADA EN LA PROVINCIA
DE BUENOS AIRES**
POR PABLO PRYSTUPA

**ENTENDIENDO AL
FÓSFORO LÍQUIDO**
POR RICARDO MELGAR

Entrevista con Miguel Taboada
"El gran agujero negro que tiene
esta revolución agrícola es el
cuidado del medio ambiente"

NUEVA SECCIÓN



Sumario

REVISTA FERTILIZAR - N° 23 - Agosto 2012

EDITORIAL

Por María Fernanda González Sanjuan

▶ 28



Muestreo de suelos para manejo de la nutrición de cultivos

Por Agustín Bianchini

▶ 04

08 ◀

Entrevista a Miguel Taboada

Por Paula Vázquez



Fertilización nitrogenada de cebada en la provincia de Buenos Aires

Por Pablo Prystupa

▶ 12

18 ▶

Entendiendo al Fósforo líquido

Por Ricardo Melgar



Fertilización fosforo-azufrada en soja. Estrategias basadas en dosis, localización y momentos de aplicación

Por Gustavo N. Ferraris, Lucrecia A. Couretot y Juan Urrutia

▶ 22

28



Infografía Gira fluvial

Por Fertilizar

▶ NUEVA SECCIÓN



Mi primer artículo: Valoración Económica y Social del Contenido de Carbono Orgánico del Suelo: Proyecciones para el Sur de Santa Fe, Argentina, 2020

Por: Matías Trossero

▶ 30

STAFF

FERTILIZAR
Asociación Civil**Presidente**

Pablo Pussetto (Profertil S. A)

Vicepresidente 1º

Fernando Bautista (MOSAIC S.A.)

Vicepresidente 2º

Jorge Bassi (Bunge Argentina S.A.)

Secretario

Eduardo Caputo (YPF)

Prosecretario

Camila López Colmano (Nidera S.A.)

Tesorero

Manuel Santiago (Bunge Argentina S.A.)

Protesorero

Marco Prenna (ACA Coop. Ltda.)

Vocales Titulares

Federico Daniele (ASP)

Florencia Schneeberger (YARA)

Pedro Faltthausser (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

NITRAGIN NOVOZYMES	ACA
PROFERTIL	ASP
RASA FERTIL	BUNGE
RIZOBACTER	COMPO ARGENTINA
STOLLER ARGENTINA	EL BATEL
TIMAC AGRO ARGENTINA	EMERGER
TRANSAMMONIA	FÉLIX MENÉNDEZ
VALE ARGENTINA	HELM ARGENTINA
YARA	KEYTRADE AG
YPF S.A.	MOSAIC
	NIDERA

Asesor de Contenidos

Ricardo Melgar

Corrección

Martín L. Sancia

Coordinación General

Paula Vázquez

Producción

Horizonte A Ediciones

EDITORIAL ▶



A partir de esta edición, nuestra revista llegará a los lectores no sólo con un diseño renovado, que vuelve su lectura más activa y dinámica, sino también con la ampliación de su contenido, ya que hemos decidido incorporar dos nuevas secciones fijas: la sección correspondiente a la **Entrevista principal**, mediante la cual dialogaremos con referentes del sector para conocer su trayectoria, sus trabajos y proyectos a futuro, así como también para conocerlos mejor en otros ámbitos; y la sección **“Mi primer artículo”**, en donde invitaremos a futuros profesionales a que compartan sus tesis de grado o postgrado vinculadas a la fertilización de cultivos y reposición de nutrientes. Queremos que nuestra revista sirva para estimular a jóvenes investigadores en la divulgación de sus trabajos.

Además de estas nuevas secciones, trataremos, como siempre, mediante artículos técnicos escritos por destacados especialistas, los siguientes temas: *Fertilización de cebada; Fósforo líquido; Fertilización fósforo-azufrada en soja: Estrategias basadas en dosis, localización y momentos de aplicación* y *Muestreo de suelos para manejo de la nutrición de cultivos*. Además, compartimos algunas cifras sobre las características y capacidad de almacenamiento y transporte de las terminales portuarias ubicadas en la rivera del río Paraná en San Lorenzo, provincia de Santa Fe y un análisis realizado por la Ing. Agr. Graciela Cordone del INTA Casilda acerca del cálculo de la cantidad de nutrientes extraídos con los granos que son “exportados” a través de los buques y los kilos de nutrientes no repuestos en nuestros suelos, que, silenciosamente contribuyen a sostener esta producción.

Como es nuestro objetivo lograr que la información llegue al público interesado en el tiempo y forma deseado por cada uno, a partir de este número usted podrá recibir la revista de la manera que prefiera. Tanto en su versión en papel como en su versión digital. (Ver en página 17)

Tanto esta revista como las diversas actividades que realizamos permanentemente buscan alcanzar una mejor difusión de tecnología de fertilización y nutrición mineral de cultivos. Recientemente hemos participado del Congreso Mundo Soja Maíz 2012. En nuestro stand se atendieron las consultas de los asistentes y se realizó la venta de publicaciones. Asimismo, organizamos junto con el IPNI, el módulo de Nutrición y Fertilización en maíz y soja donde especialistas en el tema se refirieron a la necesidad de profundizar los conocimientos en cuanto a la contribución real que realiza la nutrición y la fertilización en los suelos cultivados.

Por otra parte, hemos lanzando a la venta el libro *“Fertilidad de Cultivos y Pasturas: diagnóstico y recomendación en la Región Pampeana”*, editado por la Editorial de la Facultad de Agronomía y en la que sus autores, en su mayoría docentes de la Facultad de Agronomía de la UBA, ofrecen un profundo y exhaustivo recorrido por los temas centrales de la fertilización de cultivos y el uso de los fertilizantes.

Estaremos presentes en el XX Congreso de Aapresid “20 veces sí”, con un stand institucional para atender las consultas de los asistentes y la venta de nuestras publicaciones, y a través de la organización, junto con el IPNI, de talleres referidos al manejo de suelos donde se tratarán temas como: *“Adelantando el futuro en biología aplicada de suelos”*; *“Correcto muestreo de suelos”* e *“Interpretación de análisis de suelo”*.

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

Cordialmente.

Ing. Agr. Ma Fernanda González Sanjuan
Gerente Ejecutiva



Muestreo de suelos

para manejo de la nutrición de cultivos

Ing. Agr. (M. Sc.) Agustín Bianchini
Asesor Privado
abianchini@arnet.com.ar

4

El análisis de suelos es la herramienta básica para evaluar el nivel de fertilidad y diagnosticar necesidades de fertilización.

Para realizar un buen diagnóstico de la fertilidad de un lote es necesario contar con información confiable, y para ello, se debe partir de un buen muestreo de suelos. Es importante tener en cuenta que en determinadas situaciones, los análisis de suelo pueden presentar algunas limitantes. Esto se debe a que el muestreo es la fuente de error más importante en el uso del análisis de suelo (Cline, 1944). Este error, debido al muestreo, es generalmente varias veces superior al error originado en laboratorio, por lo tanto es necesario que el muestreo del lote sea lo más representativo posible. Generalmente, hay alta variabilidad lateral, en profundidad, y a través del tiempo para los principales nutrientes. Sin embargo, el mayor inconveniente es que la cantidad y estructura de la variabilidad cambia entre nutrientes, entre lotes, y dentro de los propios lotes (Mallarino, 2003).

Existe variabilidad de diferentes orígenes que ocurre a diferentes escalas:

- **Variabilidad natural, que es debido a tipo de suelo, pendiente, etc., y ocurre en gran escala**
- **Variabilidad por manejo, que es debido a erosión, cultivos antecesores, aplicación previa de fertilizantes, etc., y ocurre en gran y pequeña escala.**

La variabilidad en pequeña escala es especialmente alta con siembra directa, debido a la mínima mezcla de fertilizantes con

el suelo, con fertilización en bandas, y para nutrientes inmóviles y con mucha residualidad como fósforo (Mallarino, 1996).

Los errores de muestreo pueden ser minimizados, siguiendo técnicas de muestreo apropiadas. Siempre es bueno asegurarse la limpieza del barreno, en lo posible fabricado en acero inoxidable. En segundo lugar, dicho barreno debe estar bien afilado para producir un corte uniforme en todo el perfil y no generar variaciones involuntarias en la profundidad de muestreo.

Tanto el tiempo como la frecuencia y la profundidad del muestreo dependen de la movilidad del nutriente. Para nutrientes móviles como el nitrato o sulfato, el muestreo debe realizarse con una frecuencia anual o una profundidad de 60 cm o mayor en algunos casos.

El momento de muestreo debe ser lo más cercano a la siembra, cuando se reduce la actividad biológica, o lo más cercano posible a la aplicación de fertilizante. Para aquellos nutrientes poco móviles, como fósforo y potasio, es suficiente con una profundidad de 20 cm y no es necesaria una frecuencia anual de muestreo (Roberts y Henry, 1999).

Una vez que las muestras han sido extraídas, es necesario etiquetarlas con buen criterio y acondicionarlas antes de que sean enviadas al laboratorio para que los resultados no sean afectados. Si dentro de las determinaciones a realizar se incluye el análisis de nitratos, es conveniente que las muestras se mantengan refrigeradas hasta llegar al laboratorio.

Técnicas de muestreo de suelos

La parte más crítica en un buen programa de análisis de suelos es la obtención de una muestra que sea representativa del lote (Petersen y Calvin, 1986). Un esquema sencillo, y el más usado para obtener muestras representativas, consiste en tomar submuestras al azar a lo largo del campo, mezclándolas luego para obtener una muestra compuesta que se enviará al laboratorio, o analizando individualmente cada submuestra. Una muestra compuesta es apropiada pero no da idea de la variabilidad del lote. El envío individual de cada submuestra es más costoso, pero provee información de la variabilidad del lote, que puede alterar las recomendaciones de aplicación de fertilizantes.

Otra alternativa es la división del campo en sub-unidades, dentro de las cuales se toman muestras compuestas al azar (Fig. 1 A). Este es un esquema de muestreo al azar estratificado y es semejante al muestreo por paisaje, por topografía, por tipo de suelo, por zonas de manejo o dirigido. Este esquema incrementa la precisión, sin aumentar sustancialmente los costos. El muestreo de áreas de referencia es un tipo de muestreo al azar estratificado. Involucra la selección de un área pequeña (aproximadamente 1/10 de ha) considerada representativa del lote de la cual se toman muestras al azar. Este tipo de muestreo asume menor variabilidad que el de todo el campo, porque el área muestreada es menor. Eligiendo bien el sitio de muestreo, este sistema reduce costos, reduciendo los problemas asociados con el muestreo de un área extensa y de importante variabilidad.

Un plan de muestreo que también puede ser usado es el sistemático o de grilla (Fig. 1 B y C). Las muestras son tomadas a intervalos regulares en todas las direcciones. Este tipo ha sido extensamente aceptado en EE.UU. debido a la mejora potencial en la exactitud de los análisis de suelos. Es el programa de muestreo más caro, por la gran cantidad de muestras extraídas, pero provee información muy valiosa acerca de la variabilidad del lote, siendo la herramienta necesaria para la adopción exitosa de sistemas de agricultura de precisión y aplicación sitio-específica de nutrientes en algunas regiones.

El plan ideal de muestreo debería incluir la menor área posible que el productor pueda tratar como unidad. Generalmente, existe un compromiso entre el área mínima deseada para lograr la mejor exactitud, y la aceptada por menores costos de muestreo (Roberts y Henry, 1999).

En síntesis, se recomienda evitar los muestreos a ciegas. Además, al tomar la decisión de muestrear, considerar historia del campo y su manejo, relieve o topografía, fotos aéreas, mapas de suelo y/o rendimiento. Es importante recordar que ningún esquema de muestreo es mejor para todos los lotes y nutrientes y, obviamente, la clave consiste en adaptar el método a las condiciones específicas de cada lote (Mallarino, 2003).

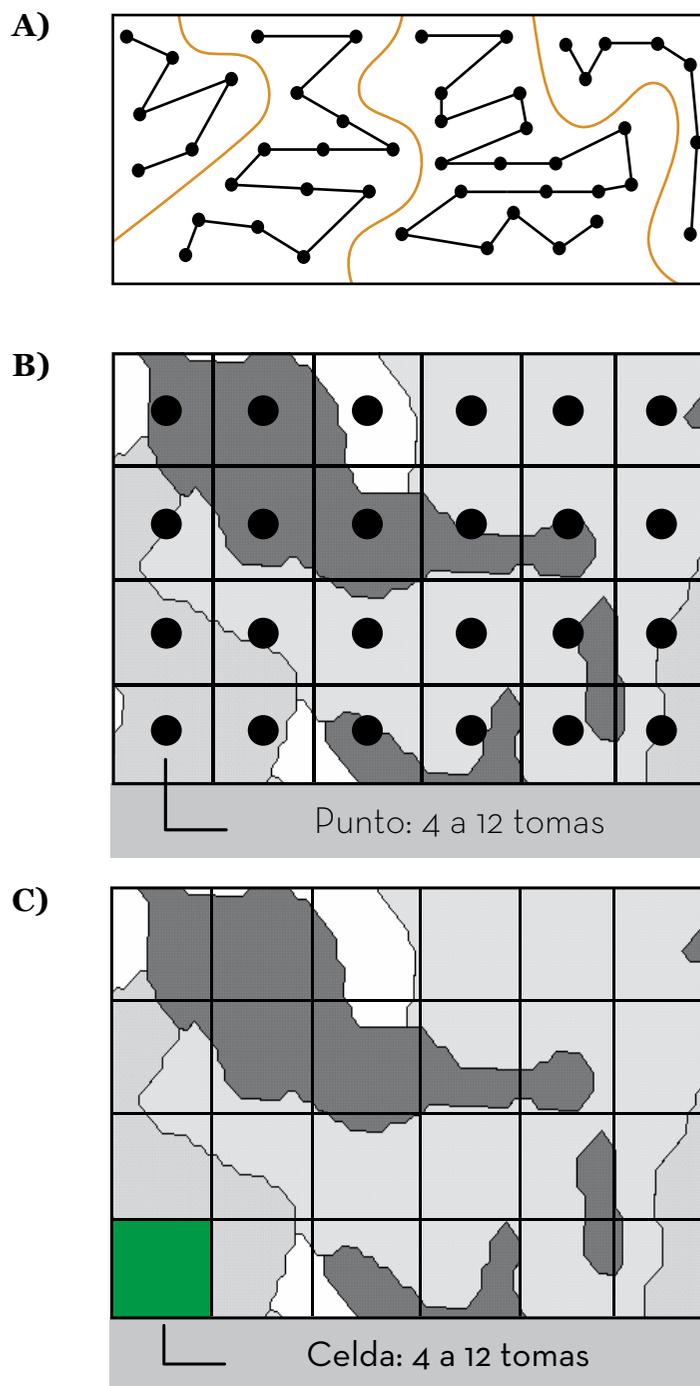


Fig. 1. Técnicas de muestreo de suelos. A) Al azar estratificado, B) En grilla de puntos, y C) En grilla de celdas (Mallarino, 2003).



*Para nutrientes móviles como el nitrato o sulfato, el muestreo debe realizarse con una frecuencia anual o una profundidad de **60 cm** o mayor en algunos casos.*



Muestreo de suelos para aplicación sitio-específica de nutrientes

El primer paso crítico en agricultura de precisión consiste en determinar apropiadamente la variabilidad espacial. Con frecuencia, se observa alta variabilidad en pH, P y K del suelo en lotes de productores (Pierce et al., 1995; Mallarino, 1996). Las características de Ca, P y K en los suelos sugieren que el encalado y la fertilización con P y K son muy factibles para el manejo de precisión porque la residualidad del encalado o fertilización es alta y la variabilidad temporal es baja comparada con el N (Pierce y Nowak, 1999).

Los patrones de variabilidad para estos nutrientes no siempre están relacionados a las unidades de mapeo de suelos, porque la fertilización y el encalado frecuentemente han incrementado los valores de los análisis de suelos y han creado nuevos patrones de variabilidad (Mallarino y Wittry, 1998). Lotes donde los fertilizantes (P y K) han sido aplicados en bandas o donde altas dosis de nutrientes o estiércol han sido usadas, muestran una gran variabilidad de nutrientes (Mallarino, 1996). Los patrones cíclicos en pequeña escala (1 m o menos) resultan de aplicaciones bandeadas de fertilizante o estiércol, mientras que las tendencias cíclicas en mayor escala (15-18 m) resultan de la aplicación al voleo de fertilizante o estiércol a granel con esparcidores comerciales (Mallarino, 1996).

Diferentes técnicas de muestreo pueden ser usadas para recolectar muestras de suelo de los lotes. El muestreo de suelos en grilla comenzó a ser usado a principios de 1990 en el Cinturón Maicero de EE.UU., y se refiere a un proceso mediante el cual un lote es dividido en muchas celdas pequeñas para propósitos de muestreo. Los resultados de los análisis son combinados con coordenadas geográficas de cada muestra para crear mapas (Pocknee et al., 1996). La intensidad de muestreo requerida para un uso efectivo de la tecnología de dosis variable (TDV) no está claramente definida y puede ser diferente para diversos análisis de suelos, lotes y regiones geográficas. El muestreo de suelos para pH, P y K basado en grillas cuadradas de 1 ha está en uso en el Cinturón Maicero y otras regiones. La investigación mostró que el muestreo de suelos en grilla de puntos a densidades de 0.4 y 0.1 ha incrementado la precisión del mapeo del análisis de suelo (Franzen y Peck, 1995). Mallarino (1996) encontró que la variabilidad del P y K del suelo dentro de las

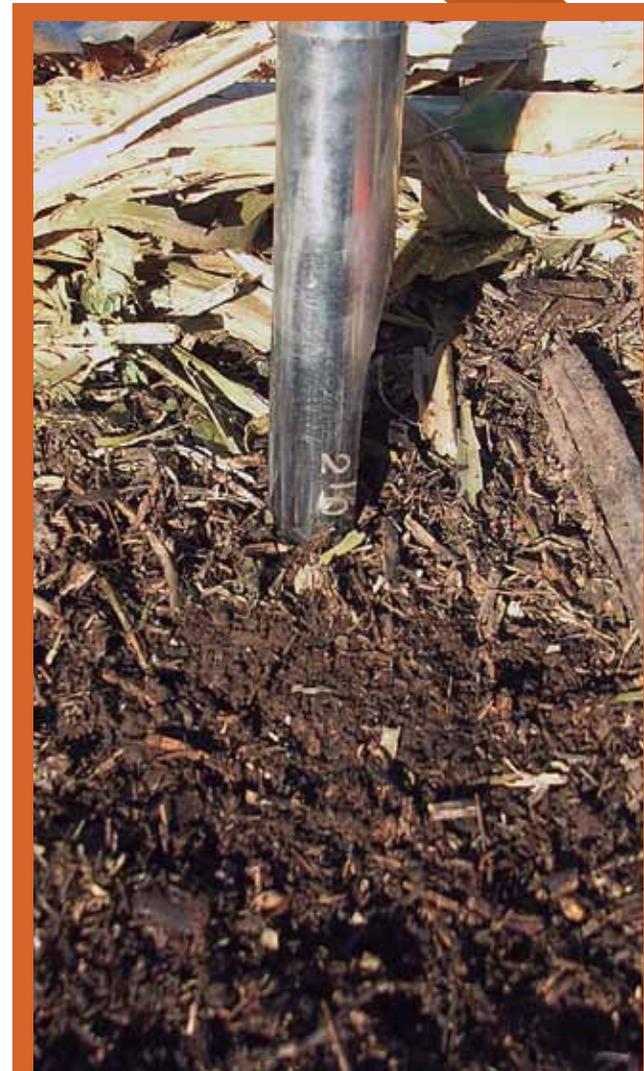


celdas de la grilla de ese tamaño, puede ser tan grande como la variabilidad a lo largo de un lote completo. Más aún, otros encontraron que el muestreo de suelos en grillas cuadradas, puede conducir a una pérdida de la información de variabilidad espacial, si los patrones de análisis de suelo son largos y angostos o si los patrones tienden a seguir ciclos (Wollenhaupt et al., 1994).

Recientemente, se ha sugerido que el muestreo por zonas reduce los costos de muestreo mientras mantiene una información razonablemente buena sobre niveles de nutrientes. El muestreo por zona asume que se pueden identificar áreas de muestreo en base a zonas con suelo o características de cultivo diferentes a través de un lote, y que es probable que los patrones se mantengan temporalmente estables (Franzen et al., 2000).

El criterio usado para delinear zonas de manejo varía. Topografía e imágenes de suelo y de canopia de cultivos pueden ser usadas para identificar zonas de manejo, porque pueden reflejar diferentes propiedades de suelo, son no invasivas, y pueden ser de bajo costo (Schepers et al., 2000). La conductividad eléctrica de suelos (CE), que puede ser estimada usando métodos de inducción electromagnética no invasivos, ha sido útil para estimar la profundidad del horizonte superficial (a un horizonte arcilloso u otra capa que limita el crecimiento radicular), propiedades físicas y químicas del suelo, y para explicar la variabilidad de rendimiento (Doolittle et al., 1994; Kitchen et al., 2000). Los mapas de rendimiento pueden ser usados para definir áreas de productividad de suelos diferente, que junto a otras capas de información pueden ser usadas como base para la fertilización con dosis variable. Sin embargo, Colvin et al. (1997) concluyeron que patrones estables de rendimiento dentro del lote pueden ser observados en algunos lotes, pero no en otros

En síntesis, las tecnologías como el mapeo de inducción electro-magnética (EM-38 y Veris), los mapas de rendimiento, y las fotografías aéreas pueden utilizarse para ayudar a delinear las zonas de manejo. El muestreo de suelo por zonas de manejo ha demostrado ser muy efectivo, más accesible y de menor costo que el muestreo en grilla.



Miguel Taboada

“El gran agujero negro que tiene esta revolución agrícola es el cuidado del medio ambiente”

Fuimos hasta el **INTA** Castelar para entrevistar al Director del Instituto de Suelos **Miguel Taboada**, un tipo simple, fanático de San Lorenzo y abuelo reciente, nos habla de sus inicios, de sus logros y del futuro en un mundo que lo encuentra cada vez más comprometido con el cuidado del medio ambiente.

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

Periodista (P): Tetocóser estudiante en un país convulsionado por la política en los 70, contanos un poco sobre esos días en el Nacional Buenos Aires y una UBA muy diferente a la de hoy.

Miguel Taboada (MT): Me recibo de Ing. agrónomo en 1979, tenía 24 años. En ese momento la UBA era muy distinta a lo que es ahora, tenía un perfil más bien profesionalista, la única cátedra que hacía investigación era la de fisiología y por ese momento era difícil hacer vida universitaria. Yo sólo asistía a dar los exámenes y presenciar las clases teóricas. Eran años complicados y la facultad siempre estuvo muy politizada. Yo venía del Nacional Buenos Aires, egresando en el 73, con el golpe de Allende en Chile, la facultad tomada, Cámpora en el poder. Al año siguiente muere Perón y al poco tiempo la universidad se cierra por 3 ó 4 meses y yo decido ir a trabajar con mi viejo. A la distancia veo que la universidad continuó como algo muy cerrado, no se sabía lo que era un centro de estudiantes, había muy poca vida interna.

P: ¿Ya sabías cuál sería tu especialización al terminar la carrera o apareció después?

MT: En esa etapa de mi carrera se venía perfilando en mi cabeza el tema de los suelos. Tenía en claro que me interesaban los cultivos, la lechería, las pasturas y los suelos. Tenía un perfil bastante heterogéneo. El día que me recibí ya estaba casado y con un hijo y para no desligarme de la carrera asistía a cátedras, pero con la angustia de no saber bien cómo ni cuándo podría ejercer el título que había logrado.

P: ¿Cómo te vinculaste con el INTA y empezaste a transitar este camino, que hoy te sitúa como Director?

MT: Por el año 80 un amigo me contacta con una persona del INTA, Angel Terranova, quien a su vez se conecta con Juan Carlos Musto, que ocupaba el lugar que yo ocupó ahora y él me deriva con quien fue mi primer director, José Barbagallo. Empecé con una beca de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, en marzo del 81, en el tema que tenía que ver con la hidrología y el manejo de aguas en campos bajos. Comencé trabajando en El Salado, básicamente fue mi “primera novia” en la profesión y que nunca la abandoné, y luego trabajé como becario de la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires.

P: Raúl Lavado fue una persona que influyó mucho en tu carrera, ¿cómo lo conociste?

MT: Te cuento que por discrepancias con quien era mi jefe, en el 83, decido irme. Consigo una entrevista con Alberto Soriano, un gran maestro en la investigación, y me conecta con una persona que venía de Canadá, Raúl Lavado, y que necesitaba un becario. Nos conocimos y el 21 de septiembre de 1983 empezamos a trabajar juntos. Él hoy para mí es un padre, con eso lo digo todo. Yo comienzo como becario en la cátedra de fisiología que hoy en día evolucionó y se llama IFEVA, el mayor lugar de investigación en ciencias agrícolas de la Argentina a nivel del CONICET. Ahí conocí gente muy importante.

P: ¿Qué cosas crees que fueron de gran importancia en cuanto a tu despegue profesional?

MT: Hubo dos impactos que a mí me cambiaron la cabeza, uno fue haber ido al Nacional Buenos Aires donde entrás siendo una cosa y salís siendo otra mucho mejor, sin dudas, y el otro fue haber trabajado 10 años aproximadamente en ese grupo de la Cátedra de Fisiología Vegetal y Fitogeografía, que me dejó una agenda de amigos que aún sigo teniendo.

Mientras estuve en esa cátedra, entre el 83 y el 90, siempre con Raúl Lavado, llega a la Argentina la democracia y en la universidad se vivían vientos de cambios, junto con la necesidad de hacer posgrados. Yo fui tomando oportunidades que me dio la vida y en el 87 entro a la Maestría en Ciencias del Suelo de la Escuela Para Graduados de la Facultad de Agronomía UBA. El objetivo era hacer una tesis para medir el impacto del pisoteo del ganado en los suelos en los pastizales del Salado. En el 91 termino la maestría.

En ese interín viene el que era profesor titular de la cátedra de Fertilidad y Fertilizantes de la Facultad, Luis A. Barberis, quien me invita a entrar a la

“Sigo defendiendo la figura del agrónomo clínico, con una visión integradora y sistémica”.



“El momento actual es muy apasionante, mucho más que cuando me recibí”.

cátedra. Al poco tiempo también entra Lavado, y lamentablemente se enferma Luis Barberis muy seriamente. Junto con Lavado nos hacemos cargo de la cátedra de Fertilidad luego de la enfermedad de Barberis, impulsando más la investigación desde nuestro cargo. Fue una época difícil por el contexto nacional y por los conflictos internos por diferentes visiones de cómo manejar la cátedra.

P: ¿En qué momento la agricultura da un vuelco de 180°?

MT: En los 90 se vivió una gran revolución en la agricultura argentina, con la siembra directa, la sojización, los eventos transgénicos es ahí donde la agricultura argentina empieza a cambiar. Por eso hoy se precisa un *aggiornamento* permanente para estar a la altura de las circunstancias. Siento que en parte yo fui actor de esa revolución, en el espacio que ocupaba, pero consciente de que ese cambio vino desde afuera, por parte de los productores. La UBA y el INTA estuvieron muy a la altura de la situación, incentivando las maestrías, los posgrados, la investigación; el mundo exigió tener más conocimientos.

P: Y hoy día sos Director del Instituto de Suelos del INTA. ¿Cómo llegaste a ese cargo?

MT: En el año 2009 sale a concurso el cargo de director del Instituto donde yo había estado, me presento y lo gano. Entro al INTA el 1° de diciembre del 2009 y de algún modo regreso a lo que fue mi primer lugar, luego de haber estado como investigador del CONICET. Mis tres lugares actuales son el INTA, el CONICET y la facultad donde sigo dando clases. Hoy me dedico a la dirección del INTA, tengo becarios que trabajan en cuestiones de fertilidad y otros que trabajan en cuestiones del cambio climático y emisiones de gases de efecto invernadero. Ya no trabajo tanto en la región pampeana, sino más bien en el NEA evaluando el impacto de la agricultura en suelos que vienen del desmonte, que es otro agujero negro: ¿Qué sucede en esas áreas en Argentina?

P: El foco en tus investigaciones, ¿por dónde pasa hoy?

MT: Estoy trabajando con los inventarios de gases de efecto invernadero y la medición de emisiones de gases a campo, particularmente óxido nitroso, el gas

“La Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes se crea en la década del 70 por Luis Barberis, quien además fue un pionero que supo ver la necesidad de fertilizar y reponer nutrientes en los suelos”.

principal que se emite desde suelos agrícolas. Esto comenzó cuando me invitan a participar del grupo que hace medición de gases para la Segunda Comunicación Nacional para el Cambio Climático y yo quedo como responsable de la parte agrícola, otros de lo industrial, otros del ganadero, etc.

P: Seguramente la revolución agrícola tiene sus pros y sus contras. ¿Cuáles son los agujeros negros que ves a partir de dicha revolución?

MT: El gran agujero negro que tiene esta revolución agrícola es el cuidado del medio ambiente a nivel mundial. Argentina, junto a otros países, es un gran productor de *commodities* y con la llegada de la siembra directa se evitó la erosión de los suelos, que es algo que sucedía anteriormente, pero existe una extracción de nutrientes – principalmente fósforo- provocado por la siembra de soja, que al no reponerse genera déficit en los suelos. Otro problema es que se está usando control químico de malezas con pesticidas y no se sabe bien aún cuál será el impacto en suelos y acuíferos. Y el otro gran agujero negro tiene que ver con la huella de carbono, que llegó a mediados de los 90 con el Protocolo de Kyoto y que tiene que ver con la cantidad de gases de efecto invernadero que se emiten para producir.

P: ¿Cuál es la importancia de la huella de carbono a nivel mundial?

MT: Hoy tiene importancia desde lo ambiental y desde lo económico, porque Argentina corre riesgos de que le metan barreras para arancelarias, porque hoy día cada litro de aceite, cada queso, cada grano de soja que se exporta a Nueva Zelanda, viene con un cartelito que dice “cuál es su huella de carbono”. Lo que se exige es que cada producto que se vende o exporte tenga una baja huella de carbono.

La huella de carbono no es sólo lo que se emite en el campo, sino también fuera de él, como en los procesos industriales y transportes. Entonces quienes exportamos a través del mar, estamos en un riego grande; detrás de eso están las barreras para arancelarias.

P: Evidentemente la agronomía actual es mucho más compleja que la de años anteriores.

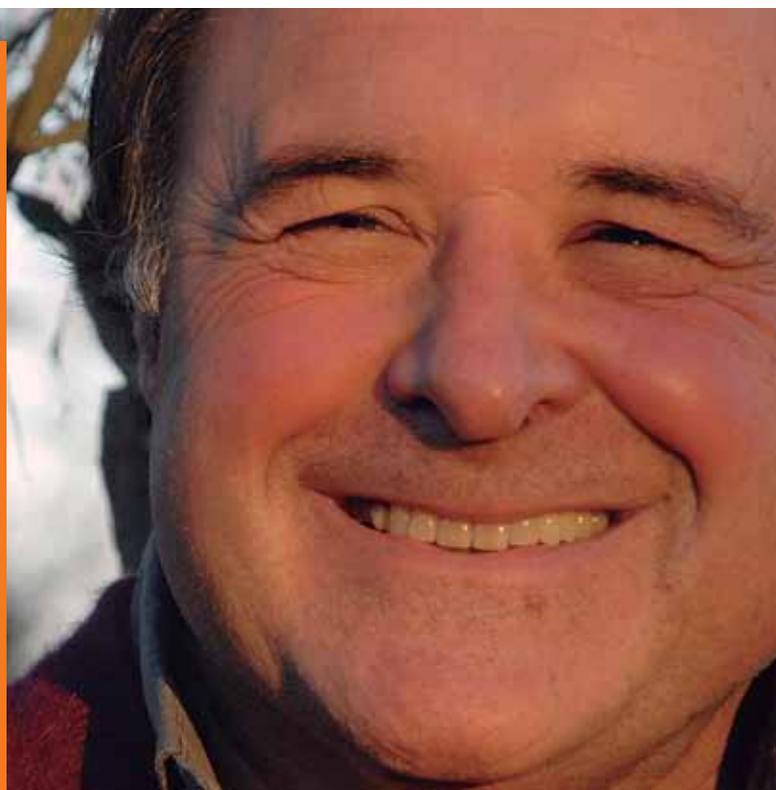
MT: Por eso digo que la agronomía de cuando me recibí, donde lo importante era cómo producimos y cómo logramos un buen rendimiento, hoy día no es igual. Hoy vivimos una agronomía donde además de eso hay que atender los temas ambientales, que tienen un peso enorme. Hay que saber cuánto producimos y cuánto emitimos. De todos modos, el momento actual es muy apasionante, mucho más que cuando me recibí.

P: ¿Cómo ves al INTA en el contexto de nuestro país?

MT: Hay un sector de la población que hace agricultura que vive más desvinculado del ámbito del productor de punta, ese que asiste a los Congresos de Aapresid, al de Fertilizar; que, seguramente está menos tecnificado, que de alguna manera realiza una agricultura mas familiar, pero que genera el 25 % del producto bruto de la agricultura en Argentina y que creo que deben ser mejor atendidos. De alguna manera los atienden las Cooperativas Agrarias. Por su carácter federal, el INTA tiene el potencial de llegar mejor a esos productores. El rol del INTA debe estar en la generación del conocimiento y del avance de esta gran frontera que estamos viendo en cuanto a la tecnificación. El INTA posee una fuerza que es fenomenal y hoy día está experimentando sufriendo un recambio generacional muy importante.

Acerca de Miguel Taboada:

Es Ingeniero Agrónomo, egresado de la Universidad de Buenos Aires (1979), donde también obtuvo su maestría en Ciencias del Suelo (1991). Además, realizó su doctorado en 2006 y se graduó de Doctor en Eco y Agrosistemas otorgado por IL'Institut National Polytechnique de Toulouse de Francia en 2006. Se especializó en física de suelos; manejo y conservación de suelos y agua; fertilidad de suelos; sistemas de labranza y su relación con el suelo; calidad de suelos e indicadores; suelos salinos-sódicos calidad ambiental y emisiones de gases con efecto invernadero.



Fertilización nitrogenada de cebada

en la provincia de Buenos Aires

Pablo Prystupa

*Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Fac. de
Agronomía, U.B.A.*

El cultivo de cebada viene aumentando en superficie, rendimiento y producción desde hace más de una década. Sin embargo, en los dos últimos años se produjo un incremento notable en la producción nacional de este cultivo: pasó de alrededor de un millón y medio de toneladas a tres millones en el año 2010 y a cuatro millones en el año 2012.



Impulsado por los problemas del mercado del trigo en los últimos años y por las menores retenciones aplicadas a la cebada, se estima que la superficie sembrada este año volverá a crecer notablemente. Esto indica que muchos productores con poca experiencia en la producción de cebada se volcarán a este cultivo.

Además, en el último año ha ocurrido un cambio importante en el mercado de este cereal. Históricamente la producción de cebada argentina estaba destinada a la fabricación de malta (tanto para la industria nacional como para la exportación), mientras que su uso como forrajera era marginal. El año pasado se abrió la exportación al principal mercado mundial de cebada forrajera: Arabia Saudita. Alrededor del 10% de la cosecha del 2011 se está exportando a ese país.

A la hora de planear el manejo de un cultivo de cebada, el destino que se le dará al grano no es una cuestión menor. El estándar de comercialización de la cebada forrajera es bastante simple: además de los requisitos de humedad y granos dañados, se requiere que el peso hectolítrico sea mayor a 56 kg/hl. En cambio, los requisitos de calidad de la cebada cervecera son mayores:

a) Debe tener pureza varietal

b) El poder germinativo debe ser alto (mayor a 95%).

c) Calibre: el 85% del peso del cereal debe quedar retenido en una zaranda de 2,5mm y menos del 3% por debajo de la zaranda de 2,2mm.

d) Contenido proteico: no se aceptan partidas de este cereal con más de 12% de proteínas. Con las variedades que se utilizan actualmente en nuestro país, es muy raro que esto ocurra, pero es importante destacar que se pagan bonificaciones por las partidas de cebada con valores intermedios de proteínas (la máxima bonificación se obtiene con granos que poseen entre 11 y 12%).

Dado que alcanzar los requisitos de calidad de la cebada forrajera es relativamente fácil, el productor puede verse tentado a producir con este fin. Debe tenerse en cuenta que el mercado de la cebada forrajera en nuestro país es, por el momento, de mucha menor magnitud que el de la cervecera y que el precio pagado por la cebada destinada a la industria es mayor que el de la forrajera

La variedad más difundida es el cultivar cervecero Scarlett

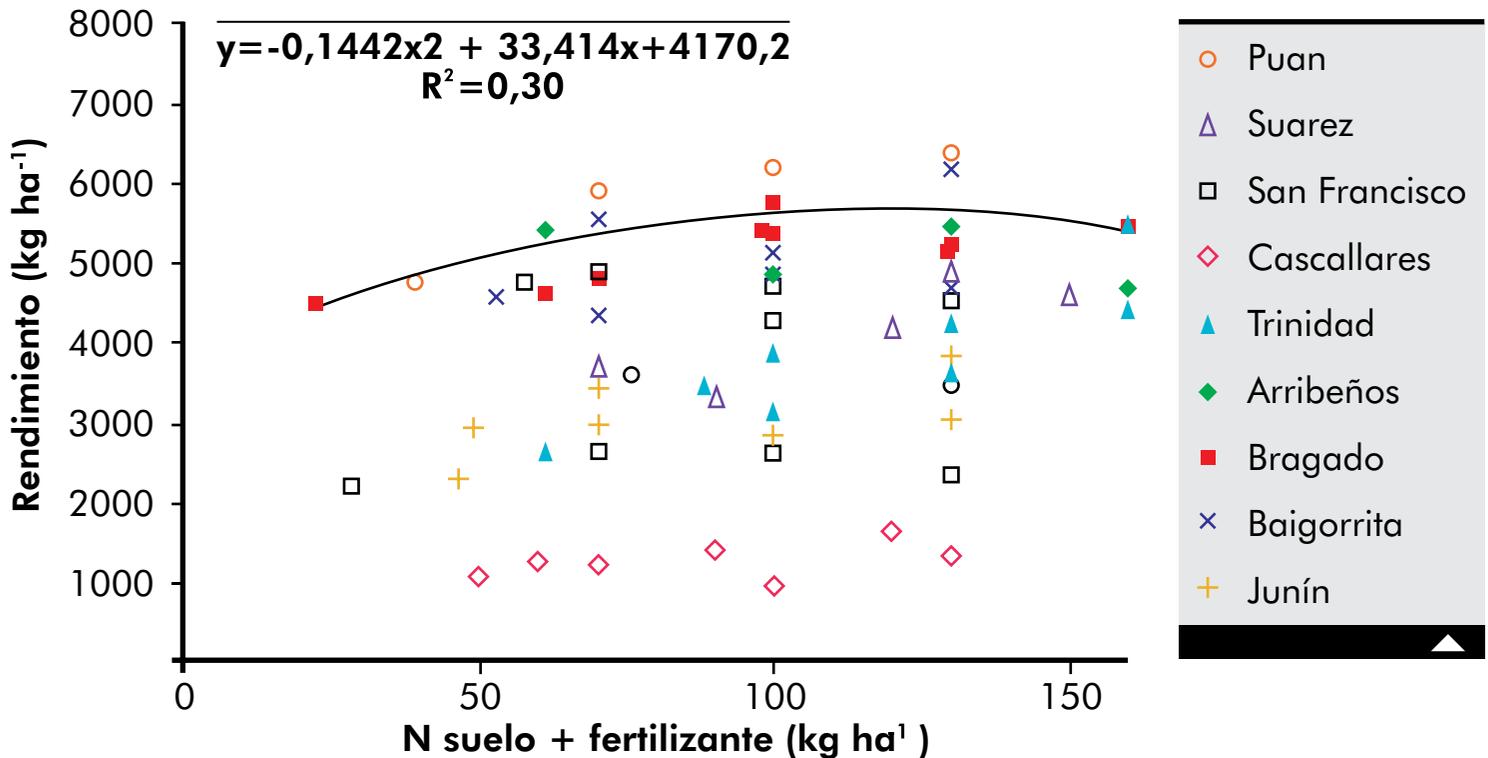


Las variedades actualmente cultivadas en nuestro país tienen un alto potencial de rendimiento, comparable a los mejores trigos, y tienden a tener bajo contenido proteico en los granos. Si bien una parte de la producción se comercializa como forrajera y parte como maltera, en nuestro país prácticamente toda la producción se realiza empleando variedades cerveceras. La variedad más difundida es el cultivar cervecero Scarlett. Por lo tanto, las experiencias obtenidas en cebada cervecera son válidas para el cultivo de forrajera.

Las variedades actualmente cultivadas en nuestro país responden muy bien a la fertilización nitrogenada. En una red de 19 ensayos realizada en las zonas productoras de cebada del sur y norte de la provincia de Buenos Aires empleando la variedad Scarlett, se observó una respuesta media de 820 kg/ha, con dos casos que superaron los 1500 kg/ha de respuesta. En los ambientes con mayor potencial productivo (que representarían situaciones cercanas al potencial de rendimiento para la región), la mínima dosis que permitió obtener el máximo rendimiento, estuvo comprendida entre 100 y 130 kg N/ha, en promedio 115 kgN/ha (sumando el nitrógeno de los nitratos del suelo hasta 60cm de profundidad + fertilizante) (Fig. 1). Por lo tanto, se puede considerar que si en un lote fertilizamos con una dosis que nos permita llegar a los 120kgN/ha, el rendimiento no estará limitado por falta de nitrógeno.

En ensayos realizados en trigo en el centro, norte y oeste de Buenos Aires, se observó que para alcanzar el 95% del rendimiento máximo, se requieren 130 kg N/ha. Por lo tanto, la cebada tendría no sólo un umbral crítico algo inferior, sino que además una pendiente de respuesta menos pronunciada, sugiriendo mayor adaptación a ambientes con carencias de nitrógeno.

Figura 1. Rendimiento en función de la oferta de nitrógeno (suelo + fertilizante, 0 - 60 cm). La línea indica la función ajustada a los cinco ambientes de mayor rendimiento (Prystupa et al., 2008).



14

Si la cebada va a tener un uso forrajero, el objetivo de la fertilización nitrogenada sería solamente maximizar los rendimientos. Por el contrario, si el grano se destinará a un uso maltero, deberían tenerse en cuenta, además, los efectos sobre el contenido proteico de los granos. En la red de ensayos descrita previamente, el contenido proteico de los granos aumentó, en promedio, 0,03% por cada kilogramo de nitrógeno aplicado por hectárea. Es decir, que la fertilización nitrogenada (ya sea a la siembra o en macollaje) tiene dos efectos positivos: aumentar el rendimiento y aumentar el precio obtenido al aumentar el contenido proteico.

Para estimar la cantidad de nitrógeno que se necesita para obtener un determinado contenido proteico es necesario considerar que:

- i) **cuanto más nitrógeno dispone el cultivo, mayor será el contenido proteico de los granos**
- ii) **generalmente, cuando se obtienen altos rendimientos, los contenidos proteicos tienden a ser bajos y viceversa.**

En consecuencia, puede considerarse que el contenido proteico de los granos es una consecuencia de la relación entre la oferta de nitrógeno y el rendimiento. Si se estima la disponibilidad de nitrógeno del cultivo (calculada sumando el nitrógeno presente en los nitratos del suelo hasta 60 cm de profundidad más el nitrógeno aportado por los fertilizantes considerando el fertilizante nitrogenado aplicado en cualquier momento del ciclo más los fertilizantes fosforados o azufrados que contiene nitrógeno) y se la divide por el rendimiento obtenido en la cosecha, se obtiene la disponibilidad de nitrógeno por tonelada de grano (la Nd/R). El contenido proteico de los granos se asocia significativamente a este cociente (Fig. 2).

La función obtenida permite estimar la cantidad de nitrógeno por tonelada de grano necesaria para alcanzar un determinado contenido proteico. Para alcanzar un contenido proteico entre el 10 y el 12% se debe disponer entre 22,1 y 40,0 kg N/Tn grano. En la Tabla 1 se indican los niveles de nitrógeno disponible necesarios para alcanzar diversos valores de contenido proteicos.



Figura 2.

Relación entre el contenido proteico de los granos y el cociente entre la disponibilidad inicial de nitrógeno en el suelo más el aportado por el fertilizante y el rendimiento obtenido (Nd/R) (Prystupa et al., 2008). Se indica la ecuación ajustada ($n = 183$).

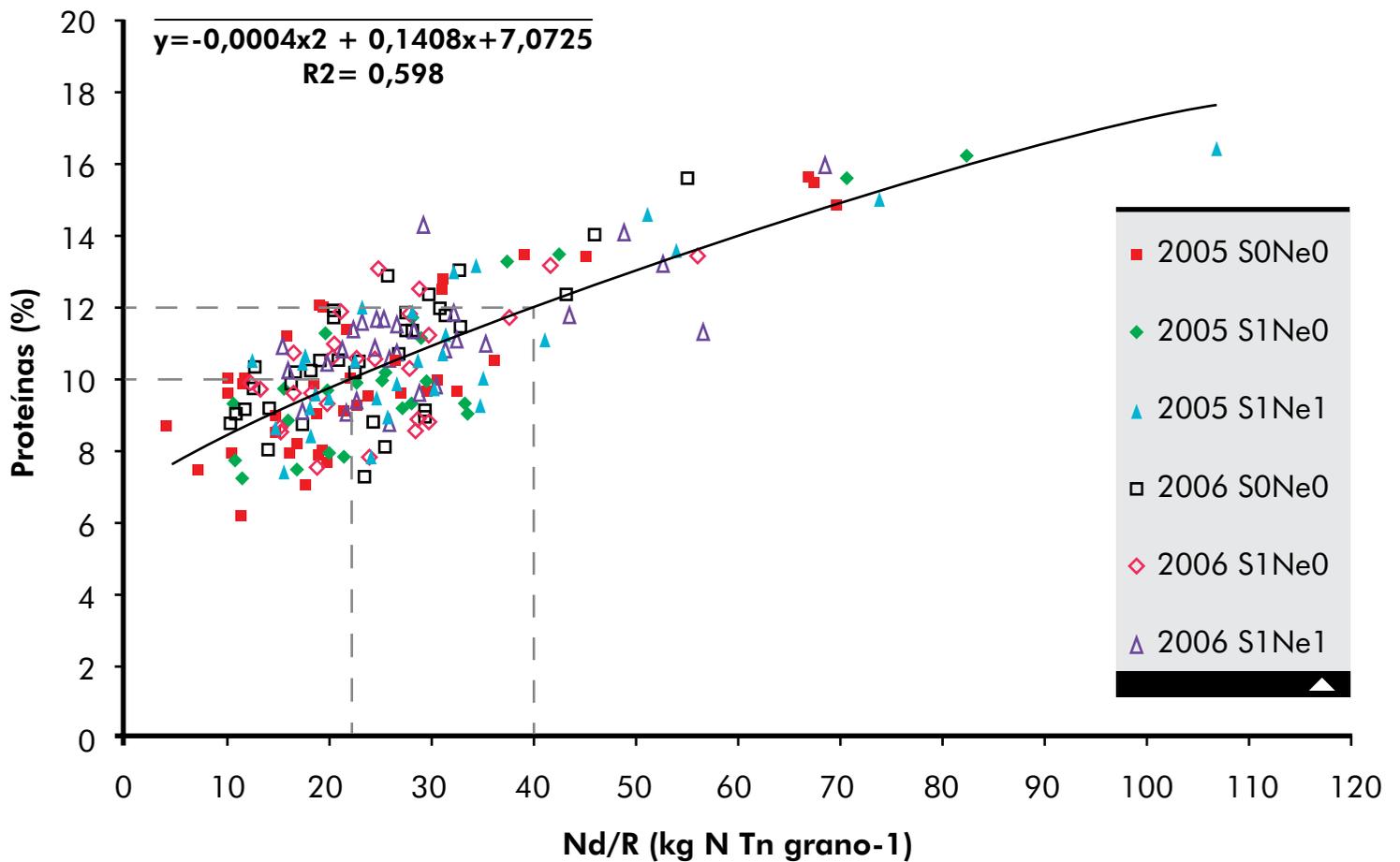


Tabla 1.

Nitrógeno disponible calculado como la suma de los nitratos en el suelo hasta 60 cm de profundidad más el contenido de nitrógeno presente en el fertilizante, por tonelada de grano (Nd/R) necesario para alcanzar un determinado contenido proteico.

Contenido proteico (%)	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0
Nd/R (kg N/Tn grano)	22,1	26,4	30,8	35,3	40,0

El contenido proteico de los granos es una consecuencia de la relación entre la oferta de nitrógeno y el rendimiento

Esta relación puede ser utilizada para calcular la dosis de fertilizante nitrogenado. Para calcular los requerimientos de fertilizante nitrogenado se debe:

a) Estimar un rendimiento esperado en el lote. Esto puede realizarse promediando los rendimientos obtenidos en el lote en los últimos años, o a través de una evaluación basada en la experiencia del técnico que recomienda la fertilización.

b) Establecer qué contenido proteico quiero obtener. A partir de ello se calcula el Nd/R empleando la Tabla 1 o la Figura 2.

c) Utilizando la siguiente ecuación, calcular el objetivo de fertilización nitrogenada

$$\text{Nd (kg N/ha)} = \text{Nd/R (kg N/Tn grano)} \times \text{Rend (Tn grano/ha)}$$

Donde: Nd: nitrógeno en nitratos hasta 60cm en siembra más nitrógeno en el fertilizante, y Rend: rendimiento esperado.

d) Determinar los nitratos presentes en el suelo hasta 60 cm de profundidad a la siembra. Si le descontamos al objetivo de fertilización, el nitrógeno presente en el suelo a la siembra y el que aporta el fertilizante nitrofosforado, podemos calcular la dosis de fertilizante nitrogenado.

Considerando que en ambientes de alto potencial de rendimiento (de más de 5 Tn/ha de rendimiento) se requiere entre 100 y 130 kgN/ha para maximizar los rendimientos, si se quiere obtener un contenido proteico de granos de 11,5% en un cultivo que rinde 5Tn/ha, se deberá fertilizar con 166,5kg N/ha.

Es decir, que para obtener altos rendimientos y una calidad aceptable en las variedades actuales de cebada, deberemos fertilizar pensando en obtener altos contenidos proteicos (165 kg N/ ha) y no en maximizar el rendimiento (100 – 140 kg N/ ha).

En conclusión, la cebada es un cultivo muy eficiente en el uso del nitrógeno. Es posible obtener altos rendimientos con menos fertilizante que en trigo, pero si el grano se destinará a un uso cervicero, se deberá aplicar un plus de fertilizante nitrogenado para alcanzar el contenido proteico requerido. El productor debe considerar que este mayor costo le significará luego un mayor precio y, probablemente, una mayor seguridad a la hora de vender la mercadería, considerando que el mercado de la cebada forrajera es, por el momento, sólo un porcentaje menor de la demanda de este cereal.



Suscríbese a la mejor información

Revista Fertilizar

Actualidad del sector ● Notas técnicas ● Opinión de especialistas



FERTILIZAR

ASOCIACION CIVIL

Si desea recibir la revista en su domicilio (abonando solamente el costos de envío) o de manera digital en su correo electrónico, envíenos sus datos a suscripciones@fertilizar.org.ar indicando su preferencia.

Entendiendo al Fósforo líquido

Ricardo Melgar

En el presente trabajo destacamos las principales diferencias entre las distintas formulaciones y su relación con los sólidos granulados

En los últimos años, se han introducido en el mercado diversas formulaciones de fertilizantes fluidos con fósforo, agregándose al más conocido menú de soluciones NS o nitro azufradas.

A las ventajas logísticas de los fluidos en relación a su precisión de la dosificación, manipulación y versatilidad en la colocación, esta presencia en el mercado agrega y amplía las formas de uso de los fluidos, al permitir su uso como arrancadores a la siembra, compitiendo con los tradicionales fosfatos mono y diamónico y mezclas que lo contienen.

Los fabricantes ofrecen distintas fórmulas y grados, y este artículo pretende informar sobre las opciones que dispone el productor, en particular las diferencias entre ellas. Todas están

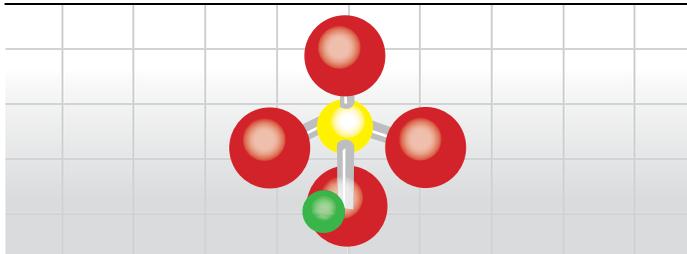
registradas en **SENASA** y con ellas se han conducido ensayos por profesionales independientes con buenos resultados en general.

¿Cuánto tiene de fósforo?

Esta es la primera pregunta que hay que hacerse; siempre considerando que este valor en los fertilizantes fosfatados suele comúnmente expresarse como equivalente pentóxido, o anhídrido fosfórico o P_2O_5 . Esta forma no es la más adecuada, ya que el pentóxido no existe libremente ni las plantas absorben esta forma química. Las plantas absorben los iones fosfato como ortofosfato, mono o di, y su proporción en el suelo o la solución del suelo está en función del pH.

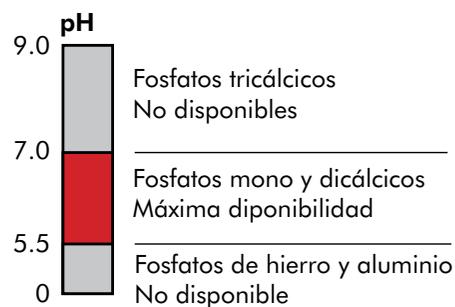
Absorción de fósforo por las plantas:

Anión orto fosfato (mono): $H_2PO_4^-$ (pH < 7.0)



Anión orto fosfato (di): HPO_4^{2-} (pH > 8.0)

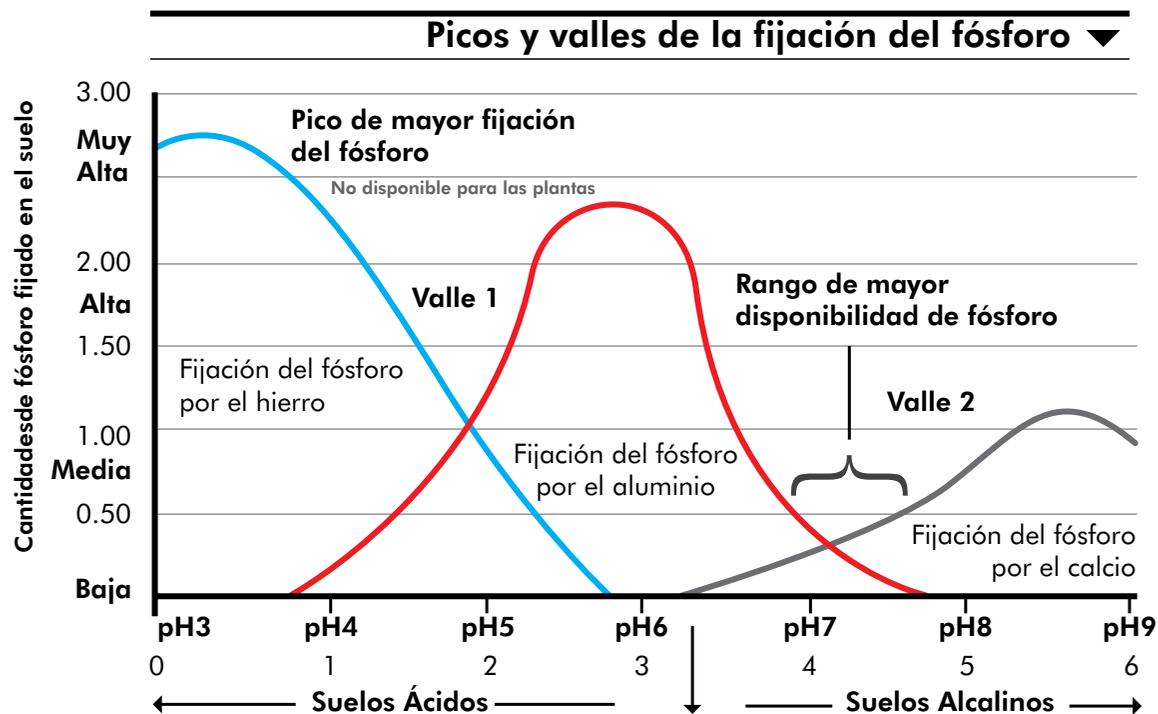
En Función del pH:



Según el pH, los ortofosfatos forman precipitados insolubles con **Ca, Mg, Al, Fe**

Por esa razón y para evitar confusiones, los organismos públicos que regulan el comercio de fertilizantes exigen la declaración del contenido como elemento P, que es equivalente a la molécula de pentóxido de fósforo: P_2O_5 , por el factor 2.29 o su inversa 0.436.

Es decir, para transformar una unidad de P en una de P_2O_5 debe multiplicarse por 2.29. A la inversa, si se quiere transformar un contenido de fósforo expresado como P_2O_5 en el contenido como P elemento se debería dividir por 2.29, o lo que es igual, multiplicar por 0.436.



El otro punto fundamental de la expresión de la cantidad de fósforo tiene que ver con su relación al peso o al volumen. Dado que estamos hablando de fertilizantes líquidos, la expresión en volumen es más cómoda y fácil de medir, pero hay que considerar la densidad o gravedad específica, es decir: cuál es el peso de un determinado volumen.

Así, un fertilizante de grado 0-10-0 (como P), puede tener un contenido de 10 %, es decir tal cual esa cifra, si se expresa en peso sobre peso (p/p), o igual a 0-12-0 si se expresa en peso sobre volumen (p/v), si es que este fertilizante hipotético tuviera una densidad de 1.2 kg/litro (kg/dm^3). A la inversa, si el denominador 0-10-0 se expresara como peso sobre volumen, su contenido o concentración en peso sobre peso en realidad sería 0-8.3-0.

Estas mismas consideraciones juegan para la expresión del grado de N (nitrógeno) y de S (azufre), cuando nos referimos a fertilizantes líquidos.

¿Qué clase de fósforo?

Las soluciones de fósforo líquido que se encuentran en plaza son de dos clases: las formuladas a base de ácido fosfórico y las formuladas a base de ácido súper fosfórico o polifosfatos.

La principal diferencia entre ambas, es que los segundos son cadenas del primero. Dado que el ácido fosfórico es un ácido fuerte y difícil de manejar, las formulaciones a partir de éste son sales amoniacaes que conforman las soluciones NP.

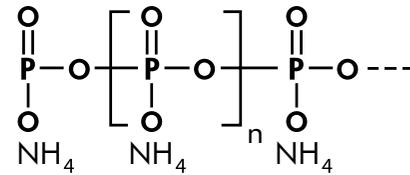
El ácido super fosfórico se fabrica con un proceso similar al del ácido fosfórico, pero clarificado y concentrado desde 68 a 72 % por filtrado y centrifugación en dos procesos; el ácido es de color verde oscuro y de gran viscosidad. Se forman polifosfatos cuando una o dos moléculas de ácido fosfórico son químicamente combinados, quitando el agua. Estos materiales se fabrican a partir del ácido generado por proceso húmedo, pero también algo desde ácido de proceso seco fue utilizado antes de los años 70.

De la misma manera que con las sales amoniacaes del ácido fosfórico, con el ácido súper fosfórico se fabrican las soluciones NP. El fertilizante disponible más común a partir de los polifosfatos es el polifosfato de amonio, un material líquido con

un análisis 10-34-0 u 11-37-0 según el proceso de fabricación (APP en ingles, ammonium polyphosphate). El APP se fabrica haciendo reaccionar el ácido súper fosfórico (poli fosfórico) con amoníaco y agregando agua, usando el calor de reacción para formar el polifosfato. El proceso no convierte el 100% del ortofosfato en polifosfato. Típicamente, el líquido 10-34-0 contiene más de 65-70 % del P total en forma de polifosfato, siendo el 30 - 35 % restante ortofosfato.

Así, el polifosfato de amonio es una sal inorgánica del ácido poli fosfórico y amoníaco. El largo de las cadenas (**n**) del compuesto polímero es variable y ramificado, y **n** puede ser mayor a 1000. APP de cadenas cortas y lineales ($n < 100$) son mas solubles, fácilmente hidrolizables y menos estables térmicamente que los APP de cadenas largas ($n > 1000$), que muestran una muy baja solubilidad en agua ($< 0.1 \text{ g/ } 100 \text{ ml}$).

Fórmula química y estructura:



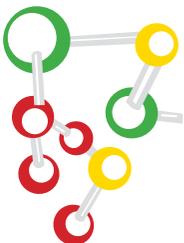
Formulaciones en plaza

La **tabla 1** muestra un breve resumen de los productos registrados. Puede verse que el pH del producto nos dice claramente que las dos últimas formulaciones son derivadas del ácido poli fosfórico, por el pH más elevado, mientras que las demás son originadas por el ácido fosfórico.

Igual que con los fertilizantes sólidos, el usuario o asesor debe balancear los requerimientos de nitrógeno, fósforo y azufre del cultivo a fertilizar, con los grados disponibles para determinar las dosis de aplicación. Eventualmente, evaluará otras condiciones del producto, como presentación, financiación y otros servicios de su proveedor antes de finalizar su decisión.

Tabla 1. Formulaciones líquidas de Fosforo actuales en el mercado argentino

Fabricante/ Producto	Grado N-P-K-S	Grado Equiv. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O-S	Densidad a 20-25 °C	pH	Reacción en el suelo
Ejemplo 1	0-4.3-0 p/p	0-10-0	1.08	2.2 (al 1%) – 1.8 (al 10%)	Ácida
	6 – 3.4 – 0 p/p	6 - 8 – 0	1,09	2.2 (al 1%) – 1.8 (al 10%)	Ácida
	4-3.3-0-5 p/p	4-7.5-0-5	1.17	2.4 (al 1%) – 1.9 (al 10%)	Ácida
Ejemplo 2	0-4.4-0 p/p 0-4.8-0 p/v	0-10-0 p/p 0-11-0 p/v	1.07-1.09	(a 1 g/l agua) 2.0-2.5	Ácida
	6-3.4-0 p/p 7-3.9-0 p/v	6-8-0 p/p 7-9-0 p/v	1.09-1.10	(a 1 g/l agua) 2.5-3.0	Ácida
	4.5-3.5-0-5S p/p 5-3.9-0-6S p/v	4.5-8-0-5S p/p 5-9-0-6 p/v	1.15-1.17	(a 1 g/l agua) 2.0-2.5	Ácida
Ejemplo 3	4.5-9.6-0-3.4 p/p 5.8-12.2-0-4.1 p/v	4.5-22-0-3.4 p/p 5.8-28-0-4.1 p/v	1.28	1.8	Neutra
Ejemplo 4	6-8.7-0-5 p/p	6-20-0-5	1.28	2.0	Neutra
Ejemplo 5	11-16.1-0 p/p	11-37-0	1.44	7.0	Neutra
	11-13.1-0 p/p	11-30-0-5	1.41	7.0	Neutra



Elegir la formulación más apropiada implica en muchos casos decidir sobre la dosis. Según la forma de colocación podría haber problemas de fitotoxicidad, si es que se dispone el producto muy cerca de la semilla, en particular cuando las dosis son elevadas y cuando el N tiene potencial de emitir amoníaco. Estos factores, además, deben ponderarse con el espaciamiento, tipo de suelo, contenido de humedad, sensibilidad de la semilla y otras variables de sitio.

Reacción en el suelo de los fertilizantes líquidos

Las principales diferencias en su reacción en el suelo entre estas dos formas de fósforo, orto o polifosfatos, es que éstas son químicamente diferentes.

El ion ortofosfato de los fertilizantes derivados del ácido fosfórico, sean sólidos o líquidos, está presente en la solución del suelo en cuanto los fertilizantes se agregan al suelo. *La mayor o menor presencia relativa del ion ortofosfato o hidrogenofosfato HPO_4^{2-} , está en equilibrio junto con el ion di-hidrógeno fosfato $H_2PO_4^-$ según el pH del suelo. El ion fosfato (orto o di) tienen carga negativa, y son inmediatamente asimilables por las plantas.*

En cambio, los polifosfatos deben transformarse a ortofosfatos en el suelo para que sean asimilables por las plantas. En el suelo, los iones polifosfato se convierten fácilmente a iones ortofosfato en presencia del agua. Esta conversión es rápida y, con temperaturas normales del suelo, puede completarse en pocos días. El proceso de conversión es realizado por una enzima llamada pirofosfatasa, abundante en la mayoría de los suelos.

La mayoría de las investigaciones de campo que fueron realizadas en los 70-80, fueron para comparar si las formas ortofosfatos son mejores que las polifosfato. Un trabajo de Raun Lohry (2001) resume las principales conclusiones sobre casi 40 años de investigación, adonde presenta fuertes evidencias de la rapidez de la hidrólisis de fosfatos. Si la hidrólisis es completa en pocos días o semanas, el proceso es lo suficientemente rápido para suministrar suficientes formas asimilables a las plantas en el área radicular cuando éstas lo necesitan.

Los estudios que examinaron la conversión de fosfatos condensados a ortofosfatos informan de vida-media de menos de uno a más de 100 días. (Vida-media es el tiempo necesario para convertir la mitad del poli a ortofosfato). Algunas condiciones que influyen en la velocidad de conversión son: temperatura, pH, aireación, actividad biológica y mineralogía. Los polifosfatos líquidos se convierten más rápido que los secos. Los polifosfatos solubles en agua se convierten más rápido que los solubles en ácido.

Ventajas agronómicas de una u otra formulación

El efecto de los fertilizantes a base de orto y polifosfato en el rendimiento de los cultivos se ha evaluado con numerosos experimentos de campo. Los resultados obtenidos de varios ensayos en general no demuestran ninguna ventaja de uno sobre el otro, en particular sobre suelos neutros o ácidos. El investigador George Rehm y otros colaboradores de la Universidad de Minesotta, en un estudio conducido en cinco sitios sobre suelos de más de pH 7.3, no encontró diferencias entre una y otra fuente de fósforo. Rehm, G., M. Schmitt, J. Lamb, G. Randall, and L. Busman. 1998. Understanding Phosphorus fertilizers.

www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/DC6288.html

Para tener resultados comparables “líquido vs sólido” es fundamental saber cuánto hay de P elemento y que la dosis se calcule en función al % en peso.

La forma de fosfato no tiene ningún efecto en el rendimiento si hay una rápida conversión de polifosfatos a ortofosfatos, y resultados similares al estudio de Rehm se informan en todo el Corn Belt. Sin embargo, a veces se informan resultados que indican la superioridad de una u otra fuente.

En suelos calcáreos, no obstante se han encontrado ventajas de los polifosfatos. *En Australia, Lombi y colaboradores llevaron a cabo experiencias controladas para demostrar las diferencias de reacción entre dos fuentes de P, MAP líquido y granular, aplicando iguales dosis de P en un suelo fuertemente calcáreo, (> 60%) típico del SW de Australia, de su región productora de trigo.*

Se observó una mejor difusión, solubilidad y disponibilidad de P de la forma líquida en comparación con la forma sólida granular de MAP. Estas diferencias son el resultado de diferentes zonas de gradiente de humedad, movilidad y productos de reacción del área inmediata alrededor del punto de aplicación del fertilizante. Asimismo, los gránulos del MAP no se disolvieron completamente aun después de 5 semanas, por la presencia de minerales insolubles de Calcio, en contraste con la formas líquidas con mucho menor fijación y por lo tanto más concentración de P soluble. La precipitación de P en forma de fosfato octocálcico y compuestos similares a la apatita, es el mecanismo dominante responsable por la disminución en disponibilidad de P en suelos calcáreos. Este proceso fue de menor importancia cuando el fertilizante fue aplicado en forma fluida al suelo.

Esta es la razón que explica las diferencias en respuestas observadas en experiencias de campo, conducidas por los autores en otros experimentos. En éstos, con una dosis de 8 kg/ha de P, la fuente de P líquido produjo entre 22 y 27 % más de rendimiento de grano que los productos sólidos.

Conclusiones

En definitiva, es un gran salto cualitativo contar con productos líquidos, un avance tecnológico que permite al productor una mayor precisión en la dosificación, en particular en situaciones donde se pretende una alta eficiencia de uso por una colocación precisa en la cama de siembra.

Es muy importante considerar la cantidad de fósforo aplicado al cultivo, el cual estará en función de la concentración del producto y de la dosis aplicada, y de que el cálculo de la dosis sea realizado en función del porcentaje en peso para tener resultados comparables con las formulaciones sólidas.

Los productos a base de polifosfatos tienen mayor concentración por unidad de peso, y deben transformarse en el suelo en unos pocos días para estar disponibles para el cultivo. También tienen una reacción menos agresiva para las semillas. Los productos a base de ácido fosfórico, pueden ser más baratos por unidad de peso, pero en todo caso, es importante considerar siempre el valor por unidad de fósforo, y en especial puesto en el lote, descontado los costos de flete.



FERTILIZACIÓN

FOSFORO-AZUFRADA EN SOJA



ESTRATEGIAS BASADAS EN DOSIS, LOCALIZACIÓN Y MOMENTOS DE APLICACIÓN

El presente trabajo expone los resultados de dos años de un ensayo de larga duración, destinado a evaluar estrategias que difieren en cuanto a dosis, momento y forma de localización.

La Soja es una especie con un comportamiento nutricional muy peculiar. Si bien es capaz de mantener rendimientos elevados en condiciones de baja fertilidad, por otra parte presenta mayores requerimientos de nutrientes por tonelada de grano cosechado que los demás cultivos extensivos sembrados en la región pampeana (Ciampitti y García, 2007). El fósforo (P) es el nutriente al que se han observado respuestas de mayor magnitud en este cultivo. En la actualidad se cuenta con una metodología precisa para su cuantificación en suelos neutros a ligeramente ácidos como el método Bray y Kurtz N°1 (Bray y Kurtz, 1945). Para la región pampeana, se ha determinado que la respuesta aumenta cuando la disponibilidad de P en la capa superficial del suelo (0-20 cm) disminuye (Ferraris et al., 2011). En el norte de Buenos Aires, las calibraciones efectuadas a partir de ensayos regionales permiten recomendar el agregado de este nutriente cuando su nivel en suelo es inferior a un rango de 12 a 16 ppm (Ferraris et al., 2011). Estas calibraciones fueron realizadas en experimentos de una campaña de duración, mediante aplicación de fertilizantes localizados en bandas al momento de la siembra. Sin embargo, ha sido menos estudiado el comportamiento del cultivo cuando

se realizan aplicaciones anticipadas a la siembra, o estrategias combinando fertilización anticipada y a la siembra. Por otra parte, es necesario cuantificar los efectos residuales de la fertilización sobre el nivel de P en suelo, y la productividad de los siguientes cultivos de la rotación.

El presente trabajo expone los resultados de dos años de un ensayo de larga duración, destinado a evaluar estrategias que difieren en cuanto a dosis, momento y forma de localización. Hipotetizamos que 1. La soja responde a la fertilización fósforo-azufrada del cultivo. 2. La eficiencia de uso de P y azufre (S) no se modifica cuando se realizan aplicaciones anticipadas y/o combinando aplicaciones anticipadas y a la siembra, con respecto a la forma tradicional de aplicación de los fertilizantes a la siembra. 3. El incremento en la dosis total de fertilizante aplicado se traduce en aumentos en el rendimiento de los cultivos. 4. La dosis de P y S aplicados afectan la disponibilidad final del nutriente en el suelo, otorgando residualidad para los próximos cultivos de la secuencia.

Palabras clave: Soja, fósforo, azufre, cobertura total, anticipación, residualidad.

INTA EEA PERGAMINO-FERTILIZAR ASOCIACIÓN CIVIL
Resultados de dos años de experimentación

Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris¹, Lucrecia A. Couretot¹ y Juan Urrutia²

1. UCT Agrícola - Área de Desarrollo Rural. INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 B2700WAA Pergamino 2. Bunge Fertilizantes SA
nferraris@pergamino.inta.gov.ar

Materiales y métodos

El ensayo se conduce en la localidad de Ferré, partido de General Arenales (Bs As), sobre un suelo serie Rojas, Argiudol típico, Clase de uso 1 de muy buena productividad. En 2010, la siembra se efectuó el día 1 de Diciembre en Siembra Directa, con la variedad Don Mario 4970 RR. El antecesor fue soja de primera. Se sembraron parcelas de 6 m de ancho y 9 m de longitud. La semilla fue inoculada para asegurar adecuada provisión de nitrógeno (N). En 2011, sobre esas mismas parcelas se sembró la variedad DM 4870 RR, el día 1 de noviembre de 2011.

El ensayo se conduce utilizando un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y seis tratamientos, los cuales se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos evaluados. Fuentes y localización de fertilizantes fosforados en Soja. La Trinidad, General Arenales, Bs As. Campañas 2010/11 y 2011/12.

Denominación	Criterio para P	Momento aplicación	Localización	Dosis S Siembra kg/ha
T1	Testigo			SC 100
T2	Reposición	anticipado Junio	voleo	SC 100
T3	Arrancador	siembra Diciembre	localizado	SC 100
T4	Reposición dividida	anticipado Junio siembra Diciembre	voleo localizado	SC 100
T5	Reposición	siembra Diciembre	localizado	SC 100
T6	Reposición sin S	siembra Diciembre	localizado	SC 0

Las fuentes de fertilizante utilizadas fueron Superfosfato Triple de Calcio (SPT, 0-20-0) y Sulfato de Calcio (SC, 0-0-0-S18).

El análisis de suelo del sitio experimental al inicio del ensayo –Marzo 2010- se presenta en la Tabla 2. Se destaca un nivel de materia orgánica normal, bajo de P y un textura franco limosa muy equilibrada.

Tabla 2. Análisis de suelo al momento de la siembra.

Prof	pH	Materia Orgánica	N total	S-Sulfatos	P-disp.	Textura			Humedad	Condición física
						Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)		
Cm	Agua 1:2,5	%		ppm	ppm					
0-20	6,1	2,8	0,097	6,0	13,9	28,3	48,4	23,1	120 mm (1 m)	Sin compactación

En inicio de formación de vainas, se realizó una estimación indirecta del contenido de N por medio del medidor de clorofila Minolta Spad 502, la cobertura mediante procesamiento con software específico de imágenes digitales. En madurez fisiológica, se midió la altura final de plantas. La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza y comparaciones de medias. Sobre muestras de grano se evaluó la concentración de P, para poder realizar un balance del nutriente. Sobre cada una de las parcelas se evaluó el contenido de P y S residual en el suelo (0-20 cm).

“ El fósforo (P) es el nutriente al que se han observado respuestas de mayor magnitud en este cultivo”



“Para la región pampeana, se ha determinado que la respuesta aumenta cuando la disponibilidad de P en la capa superficial del suelo (0-20 cm) disminuye”



Fig. 1

Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádicos, considerando 2 m de profundidad. La Trinidad, General Arenales (Bs As), campaña 2010/11. Precipitaciones totales 514 mm. Déficit acumulado 10 mm.

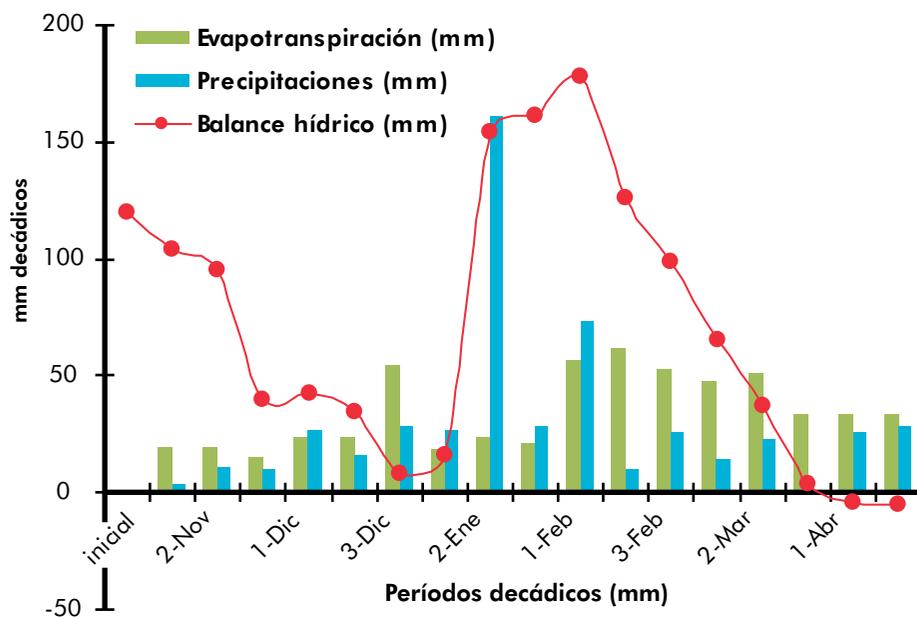
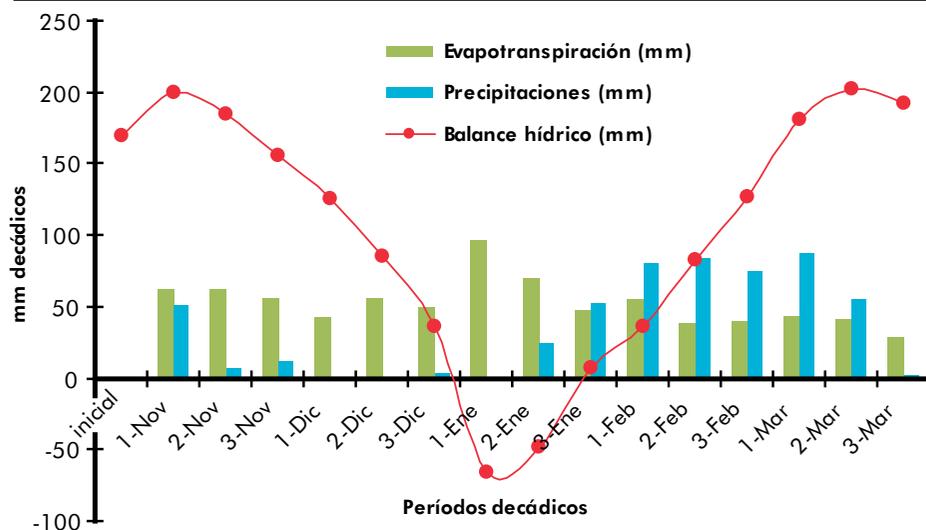


Fig. 2

Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádicos, considerando 2 m de profundidad. La Trinidad, General Arenales (Bs As), campaña 2010/11. Precipitaciones totales 534,5 mm. Déficit acumulado 114 mm.



Resultados y discusión

a) Condiciones ambientales

En las Figuras 1 y 2 se presentan las precipitaciones determinadas en el sitio experimental y la evapotranspiración del cultivo, así como el balance hídrico decádico. El ambiente climático fue contrastante entre campañas. En el primer año las precipitaciones fueron ajustadas pero bien distribuidas, con un período de déficit acotado a finales de diciembre pero sin carencias marcadas durante el período crítico. Este breve déficit no impidió que se obtuvieran rendimientos elevados. En el segundo año en cambio, el ambiente fue más restrictivo, acumulando un déficit de 114 mm (Figura 2).

b) Resultados del ensayo

En la Tabla 3 se presentan algunas variables intermedias de cultivo. En 2010 y 2011 se observó un comportamiento similar. La fertilización fosforada incrementó la altura final de las plantas, la cobertura e interceptación de radiación con relación al testigo, siendo escasa las diferencias entre las distintas estrategias. Por el contrario, las diferencias fueron más aleatorias en la intensidad de verde medida por Spad. El fósforo ha sido frecuentemente asociado al crecimiento y la acumulación de biomasa, pero rara vez con el contenido de clorofila y la eficiencia fotosintética, por lo que no es esperable que modifique sustancialmente los valores de Spad.

La materia seca total acumulada a cosecha en 2010 varió entre 8381 y 8875 kg ha⁻¹ (Tabla 4), y los rendimientos lo hicieron en un rango de 4057 a 5001 kg ha⁻¹ (Tabla 4, Figura 3). Las diferencias en materia seca y rendimientos no fueron significativas, aunque alcanzó una magnitud considerable siendo el máximo de 944 kg ha⁻¹ (23,3 %). Se determinó una relación muy ajustada entre rendimiento y materia seca acumulada (Figura 4). La fertilización fosforada, además del crecimiento, mejoró levemente el Índice de cosecha del cultivo (Tabla 4).

Respecto de la localización, la aplicación de P en banda a la siembra no ofreció ventajas sobre el voleo anticipado. Se determinaron ventajas de 130 kg ha⁻¹ por incrementar la dosis de SPT de 50 a 125 kg ha⁻¹, y diferencias

Tabla 3. Altura final de planta (cm), cobertura e intensidad de verde medida por Spad en R3. Dosis, momentos y localización de fertilizantes fosforados en Soja. La Trinidad, General Arenales, Buenos Aires. Campaña 2010/11.

Tratamiento	Ciclo 2010/11			Ciclo 2011/12		
	AFP (cm)	Cobertura R3 (%)	Spad	AFP (cm)	Cobertura R3 (%)	Spad
T1	96	88	42,5	85	85,0	45,0
T2	104	>95	41,2	88	93,5	45,6
T3	98	>95	43,3	89	92,8	44,5
T4	106	>95	43,6	92	95,0	44,0
T5	105	>95	43,6	92	94,2	44,2
T6	102	>95	43,2	95	92,1	43,0

Tabla 4. Materia seca total (kg ha⁻¹), rendimiento de grano (kg ha⁻¹), Índice de cosecha y diferencia de rendimiento absoluta o relativa con el testigo (Tn-T1). Dosis, momentos y localización de fertilizantes fosforados en Soja. La Trinidad, General Arenales, Buenos Aires. Campaña 2010/11.

Tratamiento	Materia seca total (kg ha ⁻¹)	Rendimientos (kg ha ⁻¹)	IC	NG	PG x 1000	Diferencia con Testigo (Tn-T1)	
						(kg ha ⁻¹)	(%)
T1	8381	4057	0,48	2633,9	143,2		
T2	8875	4405	0,50	2597,8	129,7	348	8,6
T3	8714	4280	0,49	2516,2	146,3	223	5,5
T4	8759	5001	0,57	2883,6	137,1	944	23,3
T5	8813	4410	0,50	2639,8	142,5	353	8,7
T6	8563	4380	0,51	2495,5	141,3	323	8,0
Sign est. (P)	0,99 n.s.	0,14 n.s.		0,11 n.s.	0,002		
CV (%)	14,4 %	10,0 %		7,2 %	3,3 %		

Tabla 5. Materia seca total (kg ha⁻¹), rendimiento de grano (kg ha⁻¹), Índice de cosecha y diferencia de rendimiento absoluta o relativa con el testigo (Tn-T1). Dosis, momentos y localización de fertilizantes fosforados en Soja. La Trinidad, General Arenales, Buenos Aires. Campaña 2010/11.

Tratamiento	Materia seca total (kg ha ⁻¹)	Rendimientos (kg ha ⁻¹)	IC	NG	PG x 1000	Diferencia con Testigo (Tn-T1)	
						(kg ha ⁻¹)	(%)
T1	7337,5	2974,8	0,41	1807,2	170,0		
T2	7892,5	3338,8	0,42	1969,0	163,7	364	12,2
T3	7117,5	3012,5	0,42	1780,5	165,0	38	1,3
T4	9217,5	3462,3	0,38	2107,5	164,0	487	16,4
T5	7720,0	3238,0	0,42	1872,3	165,3	263	8,8
T6	7052,5	3087,5	0,44	1917,9	164,0	113	3,8
Sign est. (P)	0,57 n.s.	0,06.		0,07	0,14 n.s.		
CV (%)	13,1 %	7,37 %		7,8 %	2,03 %		

medias de 145 kg ha⁻¹ entre la media de los tratamientos fertilizados con PS y aquel que sólo recibiera P (Tabla 4, Figura 3). Sin embargo, la estrategia de mejor performance fue aquella que combinó una aplicación anticipada (SPT 75) y a la siembra (SPT 50). Este pareciera ser un esquema válido para permitir la reposición del P exportado con los granos, sin afectar la logística de siembra ni asumir excesivos riesgos de pérdidas de plantas por fitotoxicidad.

Con relación a los componentes numéricos del rendimiento, se determinaron diferencias significativas en PG (P=0,002) pero estos no alcanzaron un nivel estadístico para NG (P>0,10). Sin embargo, este último componente fue el de mayor relevancia por su alta relación con los rendimientos (r²=0,73) en comparación a PG (r²=0,27).

c) Residualidad de los nutrientes a cosecha

En las Figuras 4 y 5 se presentan los resultados y niveles de nutrientes determinados en suelo a cosecha. El P fue sensible al balance, manteniendo valores bajos en el testigo e incrementando su disponibilidad en los fertilizados, con relación al valor inicial y al de la campaña 2010/11. Luego de dos años, el valor mínimo corresponde al testigo y a la fertilización de suficiencia, aun cuando hayan estado sometidos a menor extracción por sus rendimientos más bajos en comparación con el resto. No obstante, la medida de P estaría afectada por el muestreo, más aún considerando que algunos tratamientos recibieron fertilización en línea, y otros en cobertura total (Tabla 2, figura 4).

“ La estrategia de mejor performance fue aquella que combinó una aplicación anticipada (SPT 75) y a la siembra (SPT 50). Este pareciera ser un esquema válido para permitir la reposición del P

Fig. 3 Rendimiento (kg ha⁻¹) como resultado de estrategias consistentes en diferentes dosis, momentos y formas de localización en Soja. Línea inferior: dosis de SPT (0-20-0) anticipada en Junio. Línea media: dosis de SPT (0-20-0) aplicada a la siembra. Línea superior: Dosis de SC (0-0-0-S18) aportada a la siembra del cultivo. Columnas azules: Campaña 2010/11. Columnas en verde: Campaña 2011/12. Para un mismo año, letras distintas sobre las columnas indican diferencias significativas entre tratamientos. Las barras verticales representan la desviación Standard de la media. La Trinidad, General Arenales, Buenos Aires,

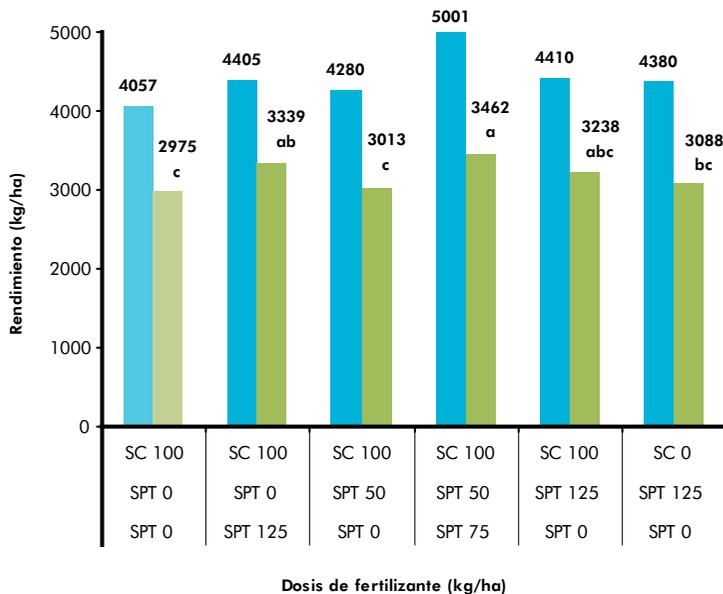


Fig. 5 Nivel final de S en suelo a cosecha (kg ha⁻¹) como resultado de dosis -S0 y S18- aplicadas en Soja. Línea inferior: dosis de SPT (0-20-0) anticipada en Junio. Línea media: dosis de SPT (0-20-0) aplicada a la siembra. Línea superior: Dosis de SC (0-0-0-S18) aportada a la siembra del cultivo. Columnas azules: Campaña 2010/11. Columnas en verde: Campaña 2011/12. Nótese el valor inferior de S-sulfatos en el tratamiento con SC 0, para ambas campañas. La Trinidad, General Arenales, Buenos Aires.

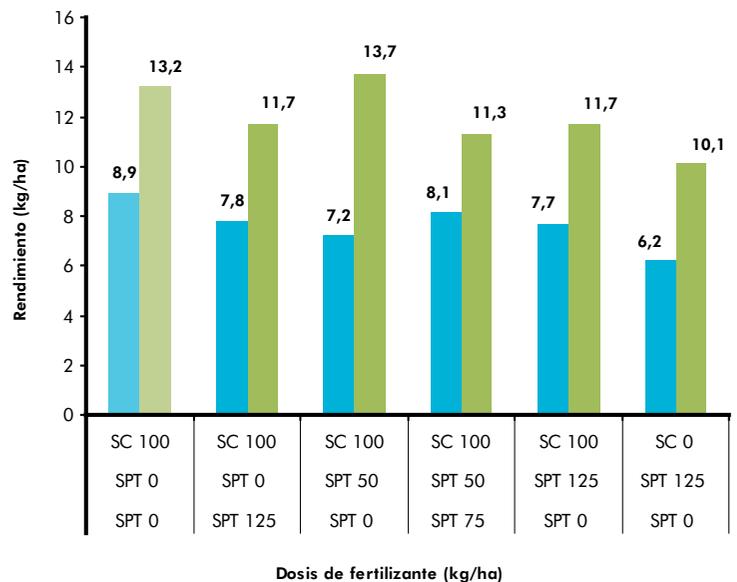
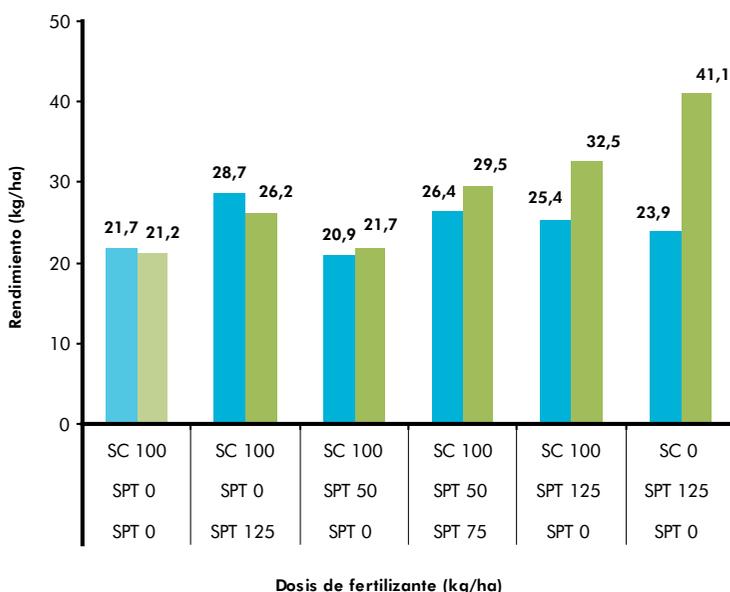


Fig. 4 Nivel final de P en suelo a cosecha (kg ha⁻¹) como resultado de estrategias consistentes en diferentes dosis, momentos y formas de localización en Soja. Línea inferior: dosis de SPT (0-20-0) anticipada en Junio. Línea media: dosis de SPT (0-20-0) aplicada a la siembra. Línea superior: Dosis de SC (0-0-0-S18) aportada a la siembra del cultivo. Columnas azules: Campaña 2010/11. Columnas en verde: Campaña 2011/12. La Trinidad, General Arenales, Buenos Aires.



El S, a pesar de su mayor movilidad con relación al P, evidenció efecto de tratamientos siendo mínimo en aquel no fertilizado (última columna a la derecha), tendencia repetida en los dos años que evidencia efectos residuales también en este elemento (Figura 5).

En la Tabla 5 se presentan los aportes, extracción y balance de nutrientes en grano para 2010/11. El balance real de nutrientes fue positivo con relación al estimado, ya que los tratamientos destinados a reposición de P sobreestimaron la extracción pese a los buenos rendimientos del ensayo, dejando un crédito de P en suelo. La concentración de P y S en grano no fue afectada por el tratamiento de fertilización ni guardó relación con el nivel de productividad (Tabla 5), siendo el balance dependiente del nivel de fertilización y la productividad del cultivo.

Tabla 6.

Aporte, (kg ha⁻¹), rendimiento de grano (kg ha⁻¹), Índice de cosecha y diferencia de rendimiento absoluta o relativa con el testigo (Tn-T1). Dosis, momentos y localización de fertilizantes fosforados en Soja. La Trinidad, General Arenales, Buenos Aires. Campaña 2010/11.

Tratamiento	Aporte P (kg/ha)	Aporte S (kg/ha)	Rend. (kg/ha)	P en grano (%)	S en grano (%)	Extracción P (kg/ha)	Extracción S (kg/ha)	Balance P (kg/ha)	Balance S (kg/ha)
T1	0	18	4057	0,405	0,20	16,4	8,1	-16,4	9,9
T2	25	18	4405	0,408	0,21	18,0	9,0	7,0	9,0
T3	10	18	4280	0,408	0,20	17,4	8,6	-7,4	9,4
T4	25	18	5001	0,413	0,21	20,6	10,4	4,4	7,6
T5	25	18	4410	0,403	0,20	17,8	9,0	7,2	9,0
T6	25	0	4380	0,408	0,20	17,8	8,9	7,2	-8,9

CONCLUSIONES

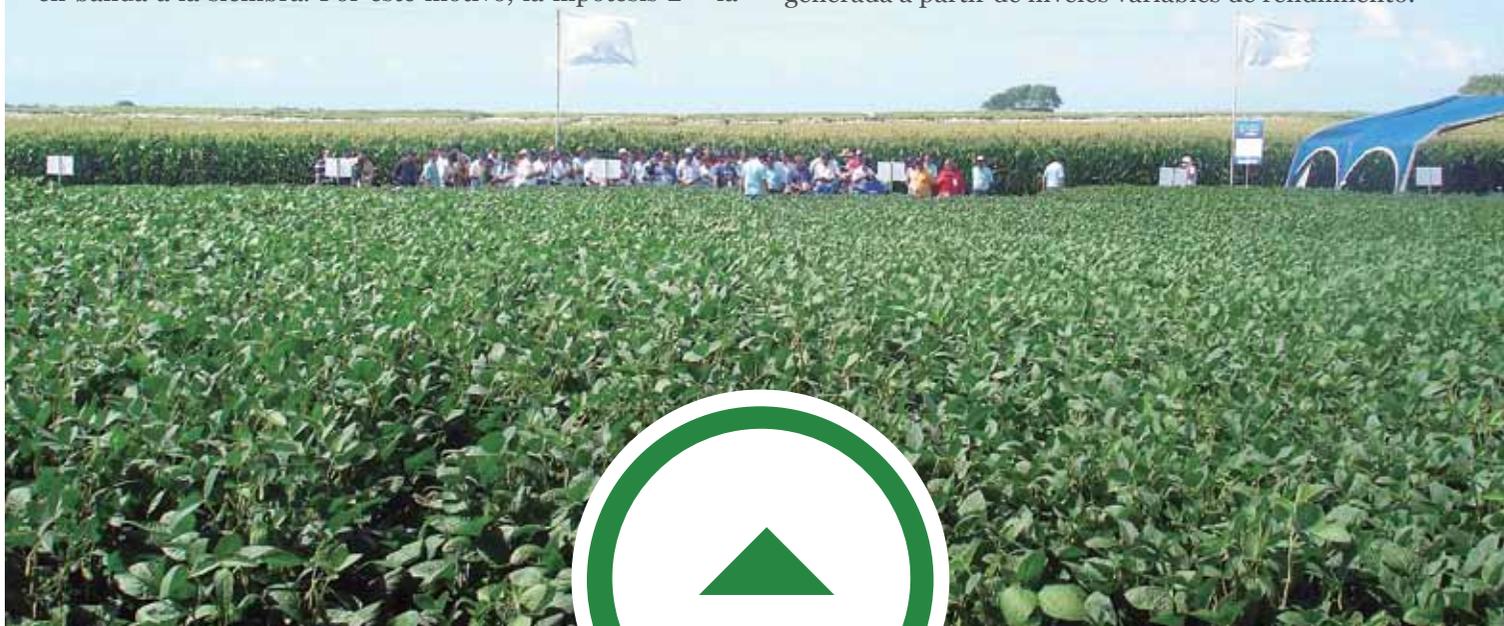
* Bajo buenas condiciones ambientales, la fertilización fosforada incrementó los rendimientos, en un rango de 223 a 994 kg ha⁻¹ (5,5 a 23,3 %) el primer año, y entre 38 y 487 kg ha⁻¹ el segundo. Estos incrementos son explicables a partir de un mayor crecimiento, cobertura, intercepción de radiación, índice de cosecha (especialmente el primer año) y número de granos (el segundo). Las diferencias fueron significativas recién el segundo año, probablemente reflejando efectos acumulativos. De igual modo, el agregado de S aumentó los rendimientos en 145 y 175 kg ha⁻¹ el primero y segundo año diferencia no significativa, pero que tiende a ampliarse al igual que en el caso del P. Por lo analizado, la hipótesis 1 – la soja responde a la fertilización- es aceptada.

* La aplicación anticipada al voleo demostró similar eficacia que la misma dosis localizada a la siembra. La partición entre una aplicación anticipada y a la siembra resultó en mayores rendimientos que la misma dosis puesta en su totalidad en banda a la siembra. Por este motivo, la hipótesis 2 – la

respuesta a la fertilización no disminuye cuando se utilizan estrategias alternativas a la fertilización tradicional en banda a la siembra-es aceptada.

* La hipótesis 3 – existe respuesta a dosis de P- es aceptada, por la ganancia de 130 kg ha⁻¹ al pasar de SPT 50 a SPT 125 durante el primer año, y especialmente por el incremento significativo en los rendimientos del segundo año, de 334 kg ha⁻¹.

* La hipótesis 4 – la estrategia de fertilización afecta el nivel residual de los nutrientes en el suelo- es aceptada, ya que la concentración final se incrementó conforme lo hiciera la dosis aplicada, siendo válido no sólo para P sino también para S. En 2010, la concentración del nutriente en grano no fue afectada por el nivel de fertilización, dependiendo el balance de PS de los aportes por fertilización y la extracción generada a partir de niveles variables de rendimiento.





EN LA ARGENTINA

CON CADA COSECHA
SE EXPORTAN NUTRIENTES
QUE NO SE REPONEN



REFERENCIAS

- Eje Atlántico
- Conexiones
- Hidrovía
- N.C.A. - Ferrocarril Nuevo Central Argentino
- F.E.P.S.A. - Ferroexpreso Pampeano
- Ferrocarril Gral. Belgrano (Línea de Cargas)

El puerto de San Lorenzo, llamado actualmente Complejo Portuario San Lorenzo - Puerto General San Martín y que abarca la totalidad de las terminales de embarques y muelles existentes entre el Km 435 y 459 del Río Paraná, es la conjunción de terminales privadas.

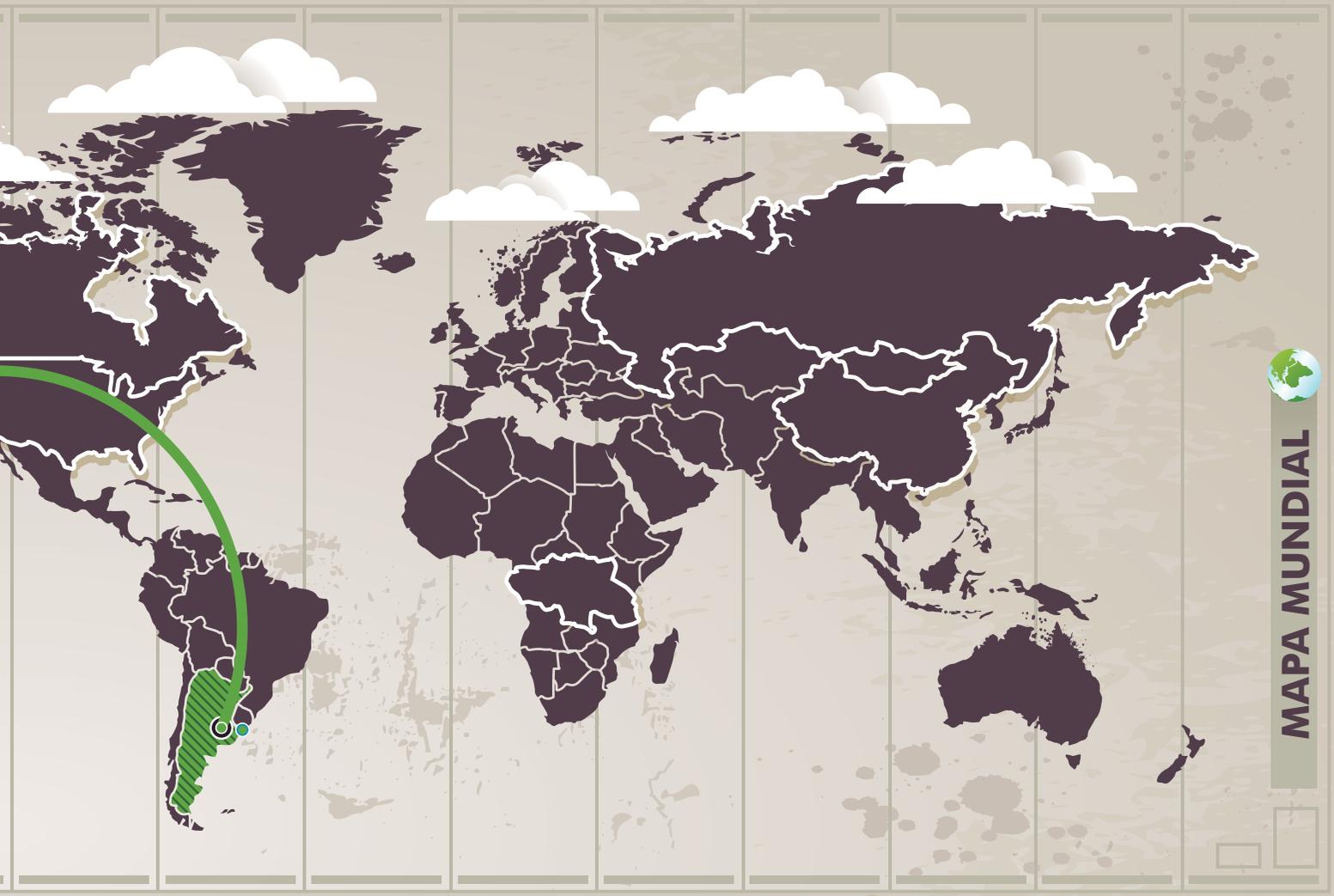
Este Complejo Portuario es un conglomerado de terminales de embarques y muelles privados que abarca los rubros cereales / subproductos, aceites, combustibles, hidrocarburos, minerales, químicos y petroquímicos, y es sin duda alguna uno de los polos exportadores más importante del país.

Drenan por sus terminales la producción cerealera de un vasto territorio que abarca centro, litoral y noroeste del país. A la actividad cerealera del complejo hay que agregarle la destacada actividad de sus puertos en rubros hidrocarburos y derivados, gas, químicos, petroquímicos y actualmente minerales.



40.000

En un barco cargado con **40.000** toneladas de soja, se exportan 40.000 toneladas de nutrientes; en un barco cargado con trigo, **1.176** toneladas de nutrientes; en un barco cargado con maíz, **966** toneladas de nutrientes, destacando que es la soja la que en mayor cantidad de nutrientes se lleva al extranjero.



MAPA MUNDIAL

” Fertilizar destacó que la reposición de nutrientes es, desde hace décadas, insuficiente, lo que genera un enorme desbalance en el agro-ecosistema.



Principales macronutrientes que se van en un barco cargado con 40.000 toneladas de granos

Nutriente	Toneladas / barco		
	SOJA	MAÍZ	TRIGO
NITRÓGENO	2400	581	792
FÓSFORO	184	120	150
AZUFRE	104	72	45
POTASIO	780	160	129
MAGNESIO	108	34	60

Equivalente en fertilizante de los nutrientes que se van en un barco con 40.000 toneladas de poroto de soja

Nutriente	Contenido (Tm/barco)	Fertilizante considerado	Equivalente	
			Fertilizante (Tm/barco)	Camión/Barco
NITRÓGENO	2400	UREA	5217	
FÓSFORO	184	SPT YESO	920	
AZUFRE	104	CLORURO DE POTASIO	578	
POTASIO	780	POTASIO	1300	
MAGNESIO	108	SULFATO DE MAGNESIO	720	
TOTAL	3576		8735	291

De los nutrientes que se "van" con un barco de 40.000 toneladas de poroto de soja, transformándolos en fertilizantes consumidos, sobre 3.576 toneladas de nutrientes extraídos (nitrógeno, fósforo, azufre, potasio y magnesio) equivalen a 8.735 toneladas de fertilizantes (urea, superfosfato simple, cloruro de potasio y sulfato de magnesio).

Para compensar la cantidad de nutrientes que se exportan en un buque cargado de soja, se deberían devolver al campo unos 300 camiones cargados de fertilizantes.

Sólo se reponen 100 camiones los restantes 200 los aporta el suelo.



000
n 3.576
o cargado
en uno
adas,
que mayor

MI PRIMER ARTÍCULO

TROSSERO MATÍAS

Directora: Laura Donnet

Co-Directora: Graciela Cordone

Trabajo final entregado como requerimiento parcial para obtener el título de Magister en Agronegocios, Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Austral.

Valoración Económica y Social del Contenido de Carbono Orgánico del Suelo: Proyecciones para el Sur de Santa Fe, Argentina, 2020

RESUMEN

El suelo constituye el recurso económico escaso esencial de los sistemas productivos extensivos. La sustentabilidad de estos sistemas depende del cuidado que hagan de él. El carbono orgánico del suelo (COS) es un indicador de su calidad. Este trabajo proyecta la evolución 2010-2020 del COS para el centro-sur de la provincia de Santa Fe (Argentina) y determina su impacto económico en el sistema productivo y social. El objetivo fue obtener un indicador que pueda incorporarse en la evaluación económica de los sistemas productivos. Para la proyección del COS y de su impacto económico en la producción primaria se utilizaron modelos de simulación locales y datos de superficie y producción de Fundación Producir Conservando. El impacto social se determinó como el valor de los productos industriales perdidos y del CO₂ emitido valorado en el mercado internacional de carbono. La pérdida acumulada a 10 años fue 3,06 Mg COS

ha⁻¹ y la pérdida económica total de la producción primaria, agroindustrial y del Estado de 248,69 U\$S ha⁻¹, resultando el valor del COS en 81,3 U\$S Mg COS⁻¹. La pérdida acumulada del Estado es de 57.456.363 U\$S y equivale a la construcción de 23 km de autopista, 1753 viviendas ó 103 escuelas, considerando la superficie analizada, menor al 3% del área nacional con cultivos extensivos. El costo derivado del cambio climático es de 154,07 U\$S ha⁻¹. La pérdida total del área igual a 196.490.964 U\$S induce a desarrollar herramientas de gestión para que productores, políticos y público en general perciban el efecto del manejo actual del suelo y se instrumente el uso sustentable del recurso.

Palabras Clave: sustentabilidad, carbono del suelo, monocultivo de soja, impacto económico, impacto social.



INTRODUCCIÓN

Argentina es uno de los principales países excedentarios en la producción de alimentos. La alta calidad de sus suelos representa una ventaja comparativa que ha permitido producir cultivos de altos rendimientos y calidad. La intensificación de la producción mediante la incorporación de tecnología y gestión de las empresas agrícolas ha permitido triplicar la producción agrícola durante las últimas dos décadas.

A pesar de la importancia del suelo como recurso estratégico, no se ha considerado cómo evolucionará su calidad después de años de agricultura y cuál será el impacto económico en los sistemas productivos y a nivel de la sociedad en su conjunto. El mantenimiento de la calidad del suelo adquiere particular relevancia para sostener esta ventaja y la competitividad del país como productor de alimentos.

El productor reconoce al suelo como el recurso esencial de la producción. La intensificación de la producción agrícola y el predominio del cultivo de soja impactan negativamente en la calidad del mismo. Sin embargo con la utilización creciente de insumos, muchos de los efectos del deterioro del suelo pueden resultar ocultos.

El Carbono Orgánico del Suelo (COS) es el indicador más representativo de la calidad del mismo, y constituye uno de los componentes claves de los ecosistemas terrestres. La materia orgánica del suelo (MOS) contiene en promedio un 58 % de carbono, por lo que resulta indistinto hablar de COS o MOS a los fines prácticos.

La importancia del suelo como depósito de carbono del planeta fue reconocida a través del protocolo de Kyoto. Las emisiones de carbono pueden ser reducidas disminuyendo la tasa a la cual se emiten a la atmósfera o incrementando la tasa por la cual esos gases son retirados de la atmósfera gracias a los sumideros. Los suelos agrícolas tienen potencial para expandir el secuestro de carbono y de esta manera mitigar la creciente concentración atmosférica de CO₂ (FAO, 2002). El aumento del contenido de materia orgánica de los suelos no sólo conducirá a un aumento en la productividad, sino también a la reducción de los efectos negativos del cambio climático.

La producción agrícola modifica la calidad del recurso suelo en el que se desarrolla y depende del tipo de cultivo y de las prácticas utilizadas. Dentro de un enfoque sustentable, el cambio en la calidad del suelo es parte de la rentabilidad de las empresas agrícolas y del bienestar social. En el enfoque tradicional solamente se tiene en cuenta la producción de bienes para evaluar la eficiencia y contribución económica de un sistema agrícola y ha llevado a un deterioro del recurso. Este

enfoque no tiene en cuenta las interacciones entre la producción y los recursos medioambientales y el bienestar social.

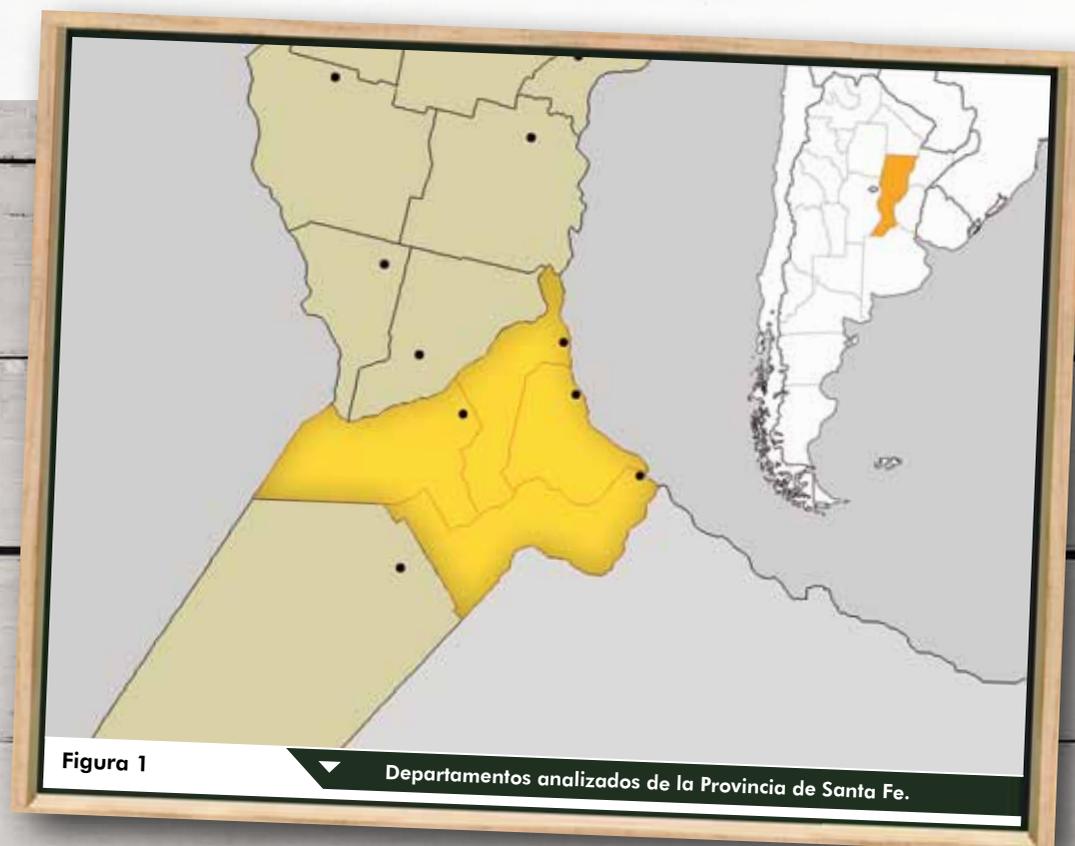
La evaluación económica del deterioro del suelo presenta algunas dificultades. Görlach (2004) sostiene que los resultados económicos pueden ocultar su pérdida de valor debido al aumento de productividad por incremento en la utilización de insumos (fertilizantes, adecuadas prácticas de manejo, etc.). Propone evaluar el deterioro de la calidad como “costos de los daños en sitio (privados)” y mide el impacto económico del descenso del contenido de MOS en el rendimiento de los cultivos. También considera los “costos fuera de sitio (sociales)”, los que afectan a otros participantes, e.g. impactos en la etapa de industrialización de los productos primarios y por el cambio climático derivado en la alteración del ciclo de C por disminución MOS.

Sparling *et al.* (2006) encontraron el valor económico de la MOS en la producción de leche contabilizando la modificación de la producción de pastura y como depósito de carbono y nitrógeno. El valor económico de la disminución de sólidos en leche por menor producción de pastura producto de la pérdida de MO, fue 42 a 73 veces menor que el valor hipotético de MOS como agente secuestrante de carbono (C) y nitrógeno (N).

El presente trabajo aborda y analiza la evolución de la intensificación productiva a partir de la estimación de parámetros productivos y económicos. El objetivo fue valorizar el COS a través del impacto económico atribuible al cambio en el contenido de MOS sobre la productividad primaria, la industrialización de soja y a nivel del Estado, así como la alteración del ciclo de C según su cotización en el mercado internacional. Permitirá desarrollar herramientas de gestión para que productores, políticos y público en general perciban el efecto del manejo actual del suelo y se fomenta el uso sustentable del recurso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estimó el valor del C edáfico a través de la pérdida acumulada de productividad asociada a la variación de su stock en el período 2010-2020 para los departamentos Caseros, San Lorenzo, Constitución y Rosario, ubicados en el centro-sur de la provincia de Santa Fe, República Argentina (Figura 1). La superficie sembrada con los principales cultivos de esta área, promedio del trienio 2008-2010, es de 802.700 has. Los suelos predominantes de la región corresponden al orden Molisoles y al Gran Grupo de Argiudoles **típicos, series** Chabás, Pergamino y Casilda y de Argiudoles vérticos, series Peyrano y Roldán (INTA. 1974, 1979, 1983 y 1988).



Para determinar la evolución 2010-2020 de superficie y rendimiento de los cultivos anuales se utilizaron los datos de Oliverio & López (2010). La superficie de soja de segunda se consideró igual a la de trigo. La discriminación de rendimientos de soja de primera y segunda se calculó utilizando datos históricos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (Fonda C, SAGPyA, com. pers.). Para el cálculo de la evolución de producción y superficie de cada cultivo se fijó un incremento/decremento lineal de los valores. En función de la proporción relativa de superficie ocupada por cada cultivo en la superficie total de los departamentos analizados se definió la rotación promedio como la frecuencia de siembra de cada cultivo en los 10 años de la proyección.

Se utilizó el modelo AMG (Andriulo et al., 1999) para simular la evolución del Carbono orgánico del suelo y se determinó su proyección 2010-2020 ingresando la secuencia de cultivos y rendimientos previamente definidos. De una muestra de 331 datos de MOS de los primeros 20 cm del perfil, proporcionados por laboratorios referentes de la zona, se obtuvo un valor promedio inicial igual a 2,69%, equivalente a un stock de 39 Mg C ha⁻¹ considerando una densidad aparente de 1,25 Mg m⁻³. Se asumió que los cultivos de la secuencia fueron manejados bajo siembra directa y en suelos serie pura en fase sin erosión.

Se calcularon las pérdidas asociadas a la etapa de producción primaria, industrial y del Estado, derivadas de la disminución de MOS. El valor de la tonelada de COS se obtuvo relacionando estas pérdidas con la pérdida simulada de COS. Los resultados económicos anuales fueron actualizados considerando tasas de descuento del 3,5 (libre de riesgo) y 10 % de acuerdo a metodología seguida por Sparling et al. (2006).

Para el cálculo del impacto económico sólo se consideró al cultivo de soja, ya que entre el de primera y segunda fecha de siembra, ocupa aproximadamente el 90% del área bajo análisis. La pérdida de rendimiento del cultivo se calculó utilizando el modelo de simulación de Bacigaluppo et al. (2006). Se hizo variar el contenido de MOS de acuerdo a los datos simulados por el modelo AMG dejando constante las otras variables.

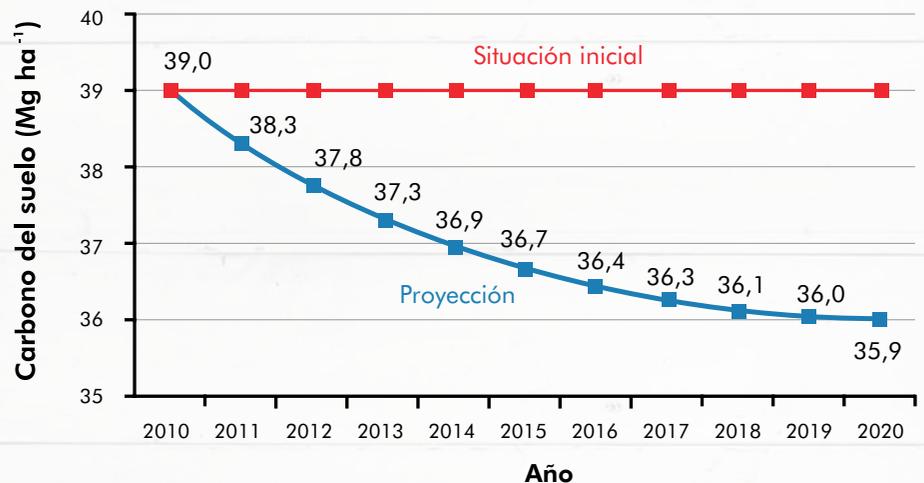
La pérdida económica de la producción primaria se calculó multiplicando la pérdida simulada de rendimiento del cultivo por su precio. Se utilizó el precio proyectado al 2020 por USDA igual a 385 U\$S tn⁻¹ (citado por Oliverio & López, 2010).

Se consideró la implicancia que la pérdida de producción tendría en la etapa de industrialización. Se tomaron los valores nacionales de industrialización y precios promedio de los productos del trienio 2008-2010. La molienda representa el 74,06% de la producción total, el rendimiento de aceite y de harina del grano de soja es del 20% y 80%, respectivamente. El aceite de soja empleado para la producción de biodiesel es el 21,88% de la

Fig.3 Pérdida de rendimiento de soja proyectada según modelo Bacigaluppo S, 2006.



Fig. 2 Evolución del COS según modelo AMG



producción total de aceite, la relación de transformación aceite:biodiesel es 1:1 y por cada tonelada de biodiesel se producen 112 kg de glicerina cruda. El precio neto (descontada la retención) del aceite, harina, biodiesel y glicerina cruda es 634,86; 243,15; 779,57 y 190 U\$S tn⁻¹, respectivamente (CIARA, 2011; Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, 2011; Cotización Dólar, 2011).

También se calculó la pérdida económica que sufriría el Estado por menor recaudación en concepto de derechos de exportación. La exportación promedio del trienio 2008-2010 es 22,81; 74,20; 86,65 y 78,72% de la producción de poroto, aceite, harina y biodiesel de soja, respectivamente. (CIARA, 2011 & CARBIO, 2011). Se comparó esta pérdida con el costo de obras públicas llevadas a cabo por el Estado.

El valor de la tonelada de COS se obtuvo relacionando la suma de las pérdidas de producción, industrialización y del Estado con la pérdida simulada de COS.

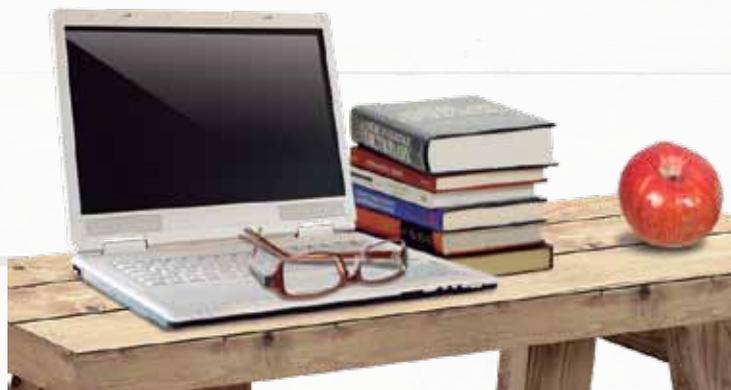
Para la valoración del COS en el mercado internacional se convirtieron los valores anualmente perdidos en equivalentes CO₂ y se multiplicó por la cotización de los Certificados de Emisiones Reducidas (CERs). Se consideró un precio de los CERs de 10,80 Euros tn⁻¹ (Carbon Point, 2011) y un tipo de cambio de 1,44 U\$S Euro⁻¹ (Euroresidentes, 2011) al día 1 de julio de 2011.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cultivo de soja de primera, trigo/soja de segunda y maíz ocupan, en promedio, el 79,6, 12,2 y 7,2% del área analizada, respectivamente. Por lo tanto, la rotación promedio se definió como: 8 años de soja de primera, 1 año de trigo/soja de segunda y 1 año de maíz. Si bien el cultivo de sorgo aumenta su participación en la superficie, sólo representa el 1%, por ello no formó parte de la rotación promedio.

Se obtuvo una disminución del COS del 7,84% del valor inicial (Figura 2). En la Figura 3 se representa la pérdida de productividad del cultivo de soja. La pérdida acumulada resultó igual a 3,06 Mg COS ha⁻¹ y 705,4 kg ha⁻¹ de soja.

En la Tabla 1 se resume la pérdida económica por hectárea y total del área relacionada a las etapas de producción, industrialización y del Estado por menor recaudación en concepto de derechos de exportación. La superficie media proyectada del área es de 790.104 has. Considerando la pérdida total acumulada de 248,69 U\$S ha⁻¹, (equivalente a una pérdida media de 24,87 U\$S ha⁻¹ año⁻¹) para una tasa de actualización del 3,5%, y la pérdida acumulada de COS de 3,06 Mg ha⁻¹, se obtuvo 81,3 U\$S Mg COS⁻¹. La pérdida acumulada del Estado debido sólo a la menor recaudación en concepto de derechos de exportación alcanza los 72,72 U\$S ha⁻¹ y totaliza 57.456.363 U\$S para la superficie



analizada y para una tasa de actualización del 3,5%. En la Tabla 2 se presenta un listado de obras públicas llevadas a cabo por el Estado y su costo de realización y la pérdida de proyectos equivalentes. Se tomó como tipo de cambio 4,15 \$ U\$S⁻¹ (Cotización Dólar, 2011).

Tabla 1. Pérdida económica acumulada 2010-2020 por etapa de la cadena agroindustrial según tasa de actualización (1).

Etapa de la cadena	Pérdida económica al 3,5%		Pérdida económica al 10%		Pérdida relativa (%)
	(U\$S ha ⁻¹)	Total del área (U\$S)	(U\$S ha ⁻¹)	Total del área (U\$S)	
Producción primaria	142,07	112.250.075	98,68	77.967.463	57,13
Industria	33,89	26.776.625	23,54	18.599.048	13,63
Estado	72,72	57.456.363	50,51	39.908.153	29,24
Total	248,69	196.490.964	172,73	136.474.664	100,00

(1) Se calculó en base a las siguientes retenciones: soja: 35%; aceite y harina de soja: 32%; biodiesel: 14%.

Tabla 2. Pérdida del Estado relacionada a proyectos nacionales.

Proyectos	Valor total (\$)	Valor total (U\$S)	Cantidad pérdida	Descripción
Autopista Rosario-Córdoba	3.200.000.000	771.084.337	7,5%	Autopista de 312 km de extensión. La pérdida es de 23 km de autopista
250 Viviendas para 5 personas cada una	34.000.000	8.192.771	7	Ubicadas en el partido de Pilar. 250 viviendas de 55 m ² . Alberga a 1250 habitantes. La pérdida es de 1753 casas
Programa "700 escuelas", "Más escuelas" y "Más escuelas II"	4.200.000.000	1.012.048.193	5,7%	Proyecto a finalizar de 1816 escuelas. Valor promedio de la escuela 560.000 U\$S. La pérdida es de 103 escuelas

Fuente: Secretaría de Obras Públicas

Estas pérdidas sociales derivan sólo de la superficie analizada, que no llega a representar 3% de la superficie país cultivada con soja, maíz, trigo, sorgo y girasol, de aproximadamente 30 mill. has. Por lo tanto, la pérdida económica del Estado equivale a varios km de autopista, viviendas y escuelas, ya que la soja, de bajo aporte de rastrojo y rápida mineralización, representa más de la mitad de la superficie país con cultivos agrícolas.

La disminución de COS también genera un costo social relacionado al cambio climático derivado de la emisión de C equivalente a 154,07 U\$S ha⁻¹ y 50,38 U\$S Mg COS⁻¹ para una tasa de actualización del 3,5%, mientras que es igual a 125,75 U\$S ha⁻¹ y 41,12 U\$S Mg COS⁻¹ para la tasa del 10%. A diferencia de lo encontrado por Sparling *et al.* (2006) trabajando con C y N, en este estudio el valor económico del COS derivado de la disminución de productividad es mayor a su valor hipotético en el mercado de C.

Simultáneamente con la pérdida de productividad por disminución de MO se emite C, ambos costos deberían sumarse. Los valores ascenderían a 131,7 U\$S Mg Cos⁻¹ y a 402,8 U\$S ha⁻¹ (acumulado) a una tasa del 3,5%. Al evaluar la eficiencia y contribución económica del sistema agrícola, el enfoque tradicional no considera las interacciones entre producción, recursos medioambientales y bienestar social; presupone que el dueño del recurso elige el nivel de uso que le resulta más rentable en función de su tasa de descuento. Este nivel óptimo individual puede no coincidir con el nivel óptimo social, comportamiento que en la práctica ha deteriorado el recurso.

La alta proporción de tierra trabajada por productores que no son propietarios del recurso y la corta duración de los contratos de arrendamiento representan un obstáculo para revertir el escenario hacia una mayor proporción de cultivos que aporten mayor cantidad de rastrojos.

CONCLUSIÓN

Los sectores más afectados por la degradación del suelo bajo el actual sistema productivo son la producción primaria y el Estado, por menor recaudación en concepto de derechos de exportación, absorben el 57,1 y 29,2% de la pérdida total, respectivamente. Las pérdidas de producción primaria, agroindustrial y Estado determinaron un costo de 81,3 U\$S Mg COS⁻¹ y el equivalente CO₂ emitido, cotizado en el mercado de C, fue de 50,38 U\$S Mg COS⁻¹ para una tasa de actualización del 3,5%.

La creación de consciencia del deterioro del suelo se ve dificultada en un escenario de aumento de rendimiento de los cultivos; sin embargo, en ese aumento crece un costo oculto social y de producción.

La información producida puede ser utilizada como herramienta de gestión para planificar el uso sustentable del recurso incorporando el impacto económico de la evolución de la calidad del suelo en el resultado económico de la empresa y del país en su conjunto.

AGRADECIMIENTOS

A mi Directora de tesis Laura Donnet por su colaboración en la revisión bibliográfica, redacción y corrección del trabajo de tesis y a mi Co-Directora Graciela Cordone por su intensa colaboración en la revisión bibliográfica, corrección del trabajo de tesis, su gran paciencia, dedicación de tiempo y esfuerzo en las etapas metodológica y de obtención de resultados.

Al Dr. Adrian Andriulo (INTA Pergamino) por su colaboración en la proyección del COS y al Lic. Gustavo López (Fundación Producir Conservando) por aportar los datos de producción.

SEMBRANDO SATELITAL
El Canal del Campo

SEÑAL LIBRE Y GRATUITA

PÍDALO A SU OPERADOR DE CABLE LOCAL

TAMBIÉN EN VIVO LAS 24 HORAS POR

www.sembrando.com.ar

Victorino Rodríguez 1964 (X5009D50) Córdoba - Argentina
Tel. Fax. 0054 - 0351 - 4814381
E mail: sembrando@sembrando.com.ar

TodoAgro

El camino más directo para llegar al campo

TodoAgro Eventos

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

TodoAgro

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

TodoAgro.com.ar

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

TodoAgro TV

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

Súmesese a este camino

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



FERTILIZAR

ASOCIACION CIVIL

Para alcanzar el potencial productivo
de sus cultivos y conservar
el recurso suelo, **FERTILICE.**