

# Estrategias de Fertilización Fosfórica en la Región Pampeana \*

Ing. Agr. M. Sc. Tomás Loewy

EEA INTA Bordenave

CP 8187 – BORDENAVE, Prov. de Buenos Aires

tloewy@cosma.com.ar

Publicado en Informaciones Agronómicas del Cono Sur, N°16, Diciembre 2002

## Introducción

El fósforo (P), como insumo, es un elemento estratégico de gran impacto en la producción agropecuaria. En la región pampeana, su utilización excede la tecnología propia de los cultivos, afectando al sistema productivo y su sustentabilidad. Como nutriente, a su vez, interacciona frecuentemente con el nitrógeno (N). De hecho, la principal fuente utilizada, como fertilizante, es nitrofosfórica.

La modalidad de fertilización puede presentarse en el marco de un cultivo o en estrecha relación con los demás componentes del sistema. La parcialización de las técnicas agropecuarias sigue siendo un problema de significación, tanto a nivel de investigación como de asesoramiento (Loewy, 2002). Dentro de una revalorización general de un criterio abarcativo, el uso del fósforo resulta paradigmático.

En un contexto con balance del elemento, históricamente negativo (García, 2001; Vazquez, 2002), el incremento actual de la fertilización debe procurar altos niveles de racionalidad. Esta premisa se justifica en términos agronómicos, económicos y de protección ambiental. El encarecimiento actual del insumo enfatiza, más aún, este concepto. En la oferta y demanda tecnológica, sin embargo, se detectan fuertes imperfecciones. Frente al avance de insumos que apelan al oportunismo o el margen bruto de un cultivo, los productos de una investigación responsable deberían enfatizar el sistema como objetivo relevante (Doran et al., 1996). El objetivo de esta exposición es ponderar las ventajas de un enfoque tecnológico sistémico, utilizando el elemento fósforo como un ejemplo válido.

## Objetivos de la fertilización fosfórica

Un abordaje amplio del tema implica reconocer, simultáneamente, factores agronómicos, ecológicos y económicos. Esto requiere adoptar criterios de planificación, intentando compatibilizar las necesidades de corto, mediano y largo plazo. Es posible identificar esta visión con el cultivo, la rotación y el suelo, respectivamente, aunque los efectos son siempre interactivos. Sin acotarse a un objetivo específico, la práctica de fertilizar se promueve en términos de implantación/

nutrición del cultivo y mejoramiento/mantenimiento, de la fertilidad del suelo.

Aceptando el análisis de P extraíble como herramienta básica del diagnóstico, podemos fijarnos la meta de mejorar la fertilidad fosfórica del suelo, a través del tiempo. En este caso, un objetivo razonable sería alcanzar un valor cercano al nivel de suficiencia, en la disponibilidad del elemento. Cumplida esta etapa, sería útil sostener este valor, en función de la remoción de los cultivos y otras características del suelo. Es decir, a una etapa inicial de desarrollo o edificación de la fertilidad, sigue una de mantenimiento (Colwell, 1994). Planteado este modelo, quedan por definir los medios que mejor se adapten a cada suelo y sistema productivo.

## Tecnología de fertilización

Cualquier estrategia o enfoque de la fertilización, sólo puede materializarse a partir de los conocimientos disponibles. Más allá del diagnóstico de fertilidad, los recursos técnicos más relevantes son la dosis y la forma de aplicación. Las variables de estos recursos se describen en la Tabla 1.

La fuente es importante, en cuanto a su condición de nitrofosforada o no. En la región pampeana se utiliza al superfosfato triple (SPT), el fosfato monoamónico (PMA) y en particular, el fosfato diamónico (PDA). Este último producto, armoniza con las demandas de nitrógeno, más generalizadas en el área. En suelos con deficiencia N-P, del SO bonaerense, el PDA es significativamente más eficiente que el SPT (Loewy y Ron 2002). A pesar del actual crecimiento, aún es incipiente el uso de fuentes líquidas.

Los cultivos no sólo varían en su modelos de respuesta. También tienen diferentes grados de restricción a los niveles de fertilización, formas de aplicación y potencial efecto residual del P. Además son de importancia, en el resultado final, las cuestiones operativas y de compatibilización con los requerimientos nitrogenados. Las técnicas de fertilización, con criterios de eficiencia no pueden obviar una serie de factores. Las variantes más importantes, a tener en cuenta, se mencionan en la Tabla 2.

Tabla 1. Variables técnicas de la fertilización fosfórica, mediante productos sólidos hidrosolubles.

Diagnóstico de fertilidad	Tipo de fertilización	Forma de aplicación
Análisis de suelo	De arranque	En línea
Textura – Materia Orgánica	De reposición o requerimiento	Al voleo
Capacidad de regulación	De enriquecimiento del suelo	Línea/voleo

## Planificación de la fertilización y monitoreo de la fertilidad

El uso racional del fósforo requiere como mínimo considerar el mediano plazo en su implementación. Incluso el diseño de las rotaciones de cultivo puede aportar una mayor eficiencia en el uso del fósforo (Karlen et al., 1994). Los contratos de arrendamiento por 1, 2 ó 3 años comprometen, en principio, esa posibilidad, excepto que haya cláusulas específicas entre las partes. Esta circunstancia resulta más dramática en cuanto a la protección del recurso suelo. El uso sustentable de tierras e insumos debería ser legislada en general y para los contratos temporarios, en particular.

Existen pautas técnicas que se pueden considerar comunes, para cultivos extensivos de la región pampeana. Cada sistema de producción, sin embargo, tiene características propias. A título de muestra, mencionaremos un par de trabajos que ilustran este tema. En un Argiudol Típico se han estudiado modelos de residualidad del fósforo, para secuencias de trigo-trigo o girasol-trigo (Berardo y Grattone, 2000). Impactos de la fertilización fosfórica, a más largo plazo (en el suelo y en el subsuelo), fueron experimentadas en Rothamsted (Johnston, Poulton 1992).

El requerimiento de fertilización está íntimamente ligado al análisis químico del suelo. Esta práctica, además de su alto valor diagnóstico es el principal recurso de monitoreo de las tecnologías adoptadas. Cada método de producción o de labranza puede requerir una frecuencia diferencial de determinaciones. Las rutinas de muestreo y análisis, en cambio, deben estar adecuadamente calibradas y estandarizadas.

Las aplicaciones en línea, ciertas labranzas mínimas o verticales dificultan el seguimiento. En cultivos densos, empero, un par de labores con discos producen una homogenización aceptable del fósforo residual. Los problemas de monitoreo, aumentan dramáticamente en cultivos de escarda (mayor distancia entre surcos)

Tabla 2. Alternativas de cultivo y labranza que afectan la técnica de fertilización

Convencional/siembra directa	Invierno/Verano
Denso/Escarda	Anual/perenne
Leguminosa/No leguminosa	Anual/doble cultivo

y en siembra directa. La frecuencia de muestreo puede ser de 1 a 4 años, pero solo puede definirse para cada rotación de cultivos, en particular.

## Adopción de un enfoque sistémico

Pretender que cada cultivo requiere una tecnología independiente, puede ser un error técnico o una estrategia consumista. Es importante dotar a la fertilización fosfórica de un enfoque sistémico, pensando en el cultivo, la rotación y el suelo. A modo de ejemplo y de propuesta de análisis, expondremos el caso de un sistema de producción mixta, en el SO bonaerense. Un uso racional del suelo, en esta área, consiste en la alternancia de cultivos anuales y praderas perennes. Cada módulo varía entre 4 y 6 años de duración. En ciclo de anuales es común contar con 2 o 3 cultivos densos de invierno.

Comenzaremos a exponer una estrategia de fertilización, a partir del cultivo de trigo, que puede ser aplicado a otros cereales de invierno. Los niveles de dosificación adoptados, con relación al diagnóstico, se observan en la Tabla 3.

Este esquema asume como niveles críticos 10-15 mg kg<sup>-1</sup> y 15-20 mg kg<sup>-1</sup> de P- Bray, para suelos con texturas medias y gruesas, respectivamente. Los valores de 20 y 25 mg kg<sup>-1</sup> serían los objetivos óptimos de alcanzar, en cada caso. El ajuste de la dosis podría completarse, en muchos casos, conociendo la capacidad de adsorción o el poder fijador de cada suelo (Quintero, 2002).

Es evidente que estos cultivos juegan un rol esencial en la posible modificación de la fertilidad fosfórica. Permiten elevar niveles de P, en el suelo o aportar efecto residual al cultivo siguiente (Ron y Loewy 1987; García et al., 2001). Aun fertilizando con dosis próximas al óptimo económico, sucesivamente, se logra una edificación en la fertilidad edáfica (Prabhakaran, 1996).

Otros eslabones del sistema tienen aportes más pasivos o neutros, si queremos mantener la eficiencia global de la práctica. Por ejemplo, los cultivos de verano no admiten dosis de base y menos aun de enriquecimiento: la distancia entre surcos aumenta mucho la concentración localizada, con muy bajo poder residual. Por último, las praderas permiten aportes de enriquecimiento, si fuera necesario, en aplicaciones al voleo o voleo/línea. Así, cada componente productivo acepta un rol diferenciado, hacia el objetivo general.

Tabla 3. Tipo de fertilización fosfórica en trigo, según diagnóstico y objetivo, en el SO bonaerense.

Diagnóstico de Fertilidad de Suelo, 0-12 cm	Textura del suelo		Objetivos no excluyentes		Dosis de P kg ha <sup>-1</sup>
	Franco y Franco arenoso	Areno-franco. y Arenoso	Planta	Suelo	
P – Bray mg kg <sup>-1</sup> pH ≤ 7	≤ 10	≤ 15	Requerimiento	Enriquecimiento	18 – 20
	11 – 14	16 – 19	Requerimiento	Enriquecimiento	15 – 17
	15 – 19	20 – 24	Implantación	Reposición	11 – 14
	≥ 20	≥ 25	Implantación	Reposición	6 – 10

Nota: multiplicar por 5, para expresar dosis en productos (SPT-PDA)

### Pautas generales de fertilización

Todos los cultivos anuales se favorecen con aplicaciones de P en la línea de siembra. Solo en presiembra de praderas, partiendo de una baja fertilidad, se justifica una aplicación al voleo o voleo/línea. Los cultivos de escarda, generalmente a 70 cm entre surcos, no son aptos para aplicaciones de base o requerimiento. Este segmento de la rotación puede admitir un balance anual negativo (del P), sin comprometer su performance y la fertilidad del suelo.

En siembra directa, niveles de enriquecimiento no serían apropiadas, por la frecuencia de los aportes y la baja posibilidad de homogenización en el suelo. Es conocido, por otra parte, la tendencia a la estratificación del fósforo con este sistema que, además, se potencia con la fertilización (Scheiner, Lavado 1998).

Para lograr estos patrones tecnológicos se requiere planificación, criterios sistémicos y monitoreo en la evolución de la fertilidad edáfica. Una síntesis de las pautas técnicas de eficiencia, en la fertilización fosfórica, se presentan en la Tabla 4.

Todos los cultivos y sistemas admiten las aplicaciones en línea a las dosis de arranque o implantación. La distribución al voleo es la técnica más restrictiva, desde el punto de vista agronómico y operativo, sobre todo en suelos de baja y mediana fertilidad (Ron y Loewy, 2000). La siembra directa tiene patrones que remiten al sistema de labranza, más que a los cultivos.

### Conclusiones

El presente aporte tiende a abrir un debate sobre la necesidad de adoptar criterios sistémicos en la fertilización fosfórica. El enfoque se proyecta a las modalidades de oferta y demanda del insumo, a la rentabilidad de la producción y el impacto ambiental de la práctica. También tiene implicancias en las metodologías de investigación, extensión y transferencia tecnológica, frecuentemente atomizadas por cultivo y por insumo. Este análisis crítico no se restringe al fósforo, siendo extensivo a otras técnicas de producción.

En el SO bonaerense, las praderas y los cereales de invierno son aptos para incrementar o mantener la fertilidad fosfórica del suelo. Bajo siembra directa se requieren estudios específicos del balance fosfórico en el suelo. Este Simposio y aportes posteriores, seguramente podrán enriquecer y fundamentar modelos más sustentables de fertilización fosfórica, para distintos sistemas productivos.

### Bibliografía

➤ **Berardo A. y Grattone F.D.** 2000. Fertilización fosfatada requerida para alcanzar niveles objetivos

- de P-Bray, en un Argiudol Típico. Actas XVIII Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo (Mar del Plata).
- **Colwell J.** 1994. Estimating Fertilizer Requirements. A Quantitative Approach. CAB International Optimal Fertilizer Application Rates. Chapter 3: 34-64.
- **Doran J.W; Sarrantonio M. y Liebig M.A.** 1996. Soil Health and Sustainability. *Advances in Agronomy* 56:1-54.
- **García F.O.** 2001. Balance de fósforo en los suelos de la región pampeana. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, 9: 1-3. INPOFOS
- **García F.O; Fontanetto H. y Vivas H.** 2001. La fertilización del doble cultivo Trigo-soja. *INPOFOS. Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. 10:14-17.
- **Johnston A.E. y Poulton P.R.** 1992. The Role of Phosphorus in Crop Production and Soil Fertility: 150 years of Field Experiments at Rothamsted, United Kingdom. *In Phosphate Fertilizers and the Environment*. IFDC, Florida USA.
- **Karlen D.L; Varvel G. E; Bullock D. G. y Cruise R.M.** 1994 Crop Rotation for the 21st Century. *Advances in Agronomy*, 53:1-14.
- **Loewy T.** 2001. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. En "Trigo, avances en la tecnología del cultivo". INTA Bordenave. Miscelánea n° 4. Pág. 58 – 60.
- **Loewy T.** 2002. Campo y Tecnología. *Granos y Forrages Agribusiness Journal*. N°74.
- **Loewy T y Ron M.M.** 2002. Eficiencia comparativa del PDA y el SPT en la fertilización del trigo. Actas XVIII Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. Pto. Madryn, Chubut.
- **Prahakaran Nair K.P.** 1996. The Buffering Power of Plant Nutrients and Effects on Availability. *Advances in Agronomy*, 57:237-287.
- **Quintero C.** 2002. Dosificación del Fósforo según tipos de suelos. *En Simposio: "Enfoque sistémico de la fertilización fosfórica"*. Actas XVIII Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. Pto. Madryn, Chubut.
- **Ron M. M. y Loewy T.** 1987. Efecto residual de la fertilización fosfórica en trigo sobre un Haplustol Típico. *Ciencia del Suelo*, 5: 65-70.
- **Ron M. M. y Loewy T.** 2000. Effect of Phosphorus Placement on Wheat Yield and Quality in South Western Buenos Aires (Argentina). *Comm Soil Sci. Plant Anal.* 31: 2891 – 2900.
- **Scheiner J.D. y Lavado R.S.** 1998. The role of fertilization on phosphorus stratification in no-till soils. *Comm. Soil Sci. Plant. Anal.* 29:2705-2711.
- **Vazquez, M.** 2002. Balance y fertilidad fosforada en suelos productivos de la región pampeana. *En Simposio: "Enfoque sistémico de la fertilización fosfórica"*. Actas XVIII Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. Pto. Madryn, Chubut.

Tabla 4. Tipo de fertilización y forma de aplicación, según cultivo y sistema (Loewy, 2001).

Cultivo o Sistema	Forma de aplicación		Tipo de fertilización		
	Línea	Voleo	Arranque	Base	Enriquecimiento
Denso	Si	No	Si	Si	Si
Escarda	Si	No	Si	No	No
S. Directa	Si	No	Si	Si	No
Pradera	Si	Si	Si	Si	Si