

# **Las mejores prácticas de manejo de fertilizantes: Desafíos para soja y maíz en la campaña 2008/09 <sup>1</sup>**

**Fernando O. García**

*IPNI Cono Sur – Av. Santa Fe 910, Acassuso, Buenos Aires, Argentina*

[fgarcia@ipni.net](mailto:fgarcia@ipni.net)

El escenario actual de la producción de granos presenta condiciones especiales para definir el manejo no solamente del cultivo en general sino de los nutrientes y fertilizantes en particular. Los costos crecientes de la tierra y los insumos, en muchos casos no son compensados por los mejores precios de los granos, y a esto se le suma la incertidumbre en cuanto a las condiciones para el futuro cercano. En este marco, la intensificación, definida como la mayor y más eficiente producción por unidad de recurso y/o insumo involucrado, se presenta como una alternativa válida.

La intensificación debe responder a los objetivos del productor: productividad (P), rentabilidad (R), sustentabilidad del sistema de producción (S) y protección del ambiente (A). Por otra parte, estos objetivos deben responder a los objetivos de sustentabilidad económica, ecológica y social comunes a toda la sociedad (Bruuselma et al., 2008).

El manejo de los fertilizantes, y nutrientes en general, debe compatibilizarse con y responder a los cuatro objetivos del productor (P, R, S y A), por lo que las mejores prácticas de manejo (MPM) de nutrientes y fertilizantes se consideran un subconjunto de las mejores prácticas de manejo de cultivos a nivel de lote y/o establecimiento. Las MPM en el uso de fertilizantes se basan en la elección de una fuente correcta para ser aplicada en dosis, forma y momento adecuados (Bruuselma et al., 2008).

La Figura 1 muestra la relación existente entre los distintos niveles discutidos, las MPM de fertilizantes insertadas en el manejo productivo, rentable, sustentable y cuidadoso del ambiente de los cultivos, para responder a los criterios de sustentabilidad económica, ecológica y social demandados por la sociedad. Este marco general enfatiza la necesidad de implementar las MPM de los fertilizantes a partir de principios científicos probados que son globales y también aplicables a nivel de establecimiento. Las MPM deben ser evaluadas a través de indicadores que reflejen el impacto combinado de las mismas a nivel regional, nacional y global.

La aplicación de los principios científicos difiere ampliamente según el sistema de cultivo en consideración (características ecológicas de la región, rotaciones, etc.). Ejemplos de principios científicos aplicables para el desarrollo de las MPM son el conocimiento de los procesos y mecanismos de las transformaciones de los nutrientes, de la interacción entre nutrientes y con los otros factores de producción, de los efectos sobre calidad de los cultivos, de la compatibilidad de mezclas fertilizantes, etc.

---

<sup>1</sup> Presentado en la Jornada “Soja con Sustentabilidad: Soja + Maíz 2008”, organizada en Córdoba el 7 de Agosto de 2008 por Agroverdad y la Sociedad de Acopiadores de Córdoba.

Este resumen discute brevemente las MPM de los fertilizantes y nutrientes a nivel de lote, con énfasis en los cultivos de soja y maíz para las condiciones actuales de la producción de granos en Argentina.



**Fig. 1.** Marco global para las mejores prácticas de manejo (MPM) para el uso de los fertilizantes (Bruuselma et al., 2008).

### Mejores prácticas de uso de fertilizantes para los cultivos de soja y maíz

Los nutrientes generalmente deficientes para los cultivos en Argentina son el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el azufre (S). En los últimos años, se han observado deficiencias de algunos nutrientes secundarios (magnesio, calcio) y micronutrientes (boro, zinc, molibdeno) en algunas zonas, fundamentalmente a partir de la intensificación de la agricultura (mayores rendimientos y reducción de períodos bajo pastura), las cuales inevitablemente deben ser consideradas a partir de la información disponible.

Algunas consideraciones de importancia para tener en cuenta al discutir las MPM de los fertilizantes son:

- Para todos los nutrientes, las MPM en el uso de fertilizantes (dosis, fuente, momento y ubicación) interactúan entre ellas y con las condiciones edafoclimáticas y las otras prácticas de manejo de suelo y de cultivo.
- La combinación adecuada de dosis-fuente-momento-ubicación es específica para cada condición de lote y/o sitio.
- Las MPM no solo afectan al cultivo inmediato, sino frecuentemente a los cultivos subsiguientes en la rotación. Los efectos residuales del manejo de nutrientes pueden ser de gran significancia en muchos casos.

- Las decisiones de implementación de las MPM de fertilizantes impactan la productividad y sustentabilidad del suelo, un recurso finito no renovable sobre el que se basa la producción agropecuaria nacional.
- Las interacciones entre los nutrientes son muy importantes debido a que la deficiencia de uno puede restringir la absorción y la utilización de otros. Numerosos estudios han demostrado la importancia de una nutrición balanceada de los suelos y los cultivos.

### **Dosis Correcta**

Aplicaciones excesivas o en deficiencia pueden resultar en una eficiencia de uso de los nutrientes subóptima, en pérdidas de rendimiento o calidad del cultivo y/o en una menor rentabilidad. Los análisis de suelo son la mejor herramienta disponible para determinar la capacidad del suelo de proveer nutrientes, pero para realizar recomendaciones apropiadas se debe disponer de calibraciones actualizadas periódicamente.

### ***Nitrógeno***

En el caso de soja, la provisión de N para el cultivo debe ser canalizada a través de la adecuada inoculación para maximizar el aporte de N del aire por fijación biológica. Esta es la MPM de este nutriente no solamente para el cultivo, sino también para el sistema de producción.

En maíz, los umbrales críticos de disponibilidad de N a la siembra (N-nitratos suelo, 0-60 cm, + N fertilizante) constituyen el método más difundido para determinar las necesidades de N. Estos umbrales varían según la zona y el nivel de rendimiento objetivo. Evaluaciones de resultados experimentales más recientes indican que disponibilidades de 150-170 kg N ha<sup>-1</sup>, según el potencial de rendimiento, maximizan el beneficio económico de la fertilización nitrogenada.

Pueden utilizarse otras metodologías para determinar la dosis correcta de N si están calibradas para las condiciones de manejo locales, por ej. análisis de N-nitratos en suelo a 0-30 cm en estado de 5-hojas u otros.

### ***Fósforo***

La evaluación de la fertilidad fosfatada de los suelos se basa en el análisis en pre-siembra que determina el nivel de P Bray a 0-20 cm. Esta metodología ha sido probada y recomendada para todos los cultivos. Las calibraciones para maíz y soja sugieren niveles críticos por debajo de los cuales la probabilidad de respuesta es alta, de 10 a 16 mg/kg P Bray.

Una vez conocido el nivel de P Bray del suelo, el criterio de fertilización para P puede definirse como de suficiencia o de construcción y mantenimiento. El criterio de suficiencia resulta en recomendaciones de fertilización solamente por debajo del nivel crítico de P Bray buscando maximizar el retorno de la inversión en fertilizante y la eficiencia de uso del P aplicado en el corto plazo y se recomienda en suelos fijadores de P. El criterio de construcción y mantenimiento recomienda aplicaciones de fertilizantes fosfatados con el objetivo de subir o mantener el nivel de P Bray por arriba

del nivel crítico de manera de evitar pérdidas de rendimiento por limitaciones de abastecimiento de P, y busca maximizar la efectividad del sistema maximizando la eficiencia de uso del P a mediano y largo plazo.

La decisión por uno u otro criterio, a partir del conocimiento agronómico, es empresarial y depende de factores tales como la tenencia de la tierra (propietario, arrendatario), disponibilidad de capital, etc. Probablemente, en muchas situaciones, el criterio más adecuado involucre una situación intermedia entre ambas filosofías.

### ***Azufre***

Algunas redes de ensayos han permitido determinar umbrales críticos de S-sulfatos a 0-20 cm de profundidad en pre-siembra, con valores generalmente cercanos a 10 mg/kg S-sulfatos, por debajo de los cuales la respuesta es altamente probable. Sin embargo, no se han podido generalizar niveles críticos que sirvan de guía para la toma de decisión.

Los ambientes más frecuentemente deficientes en S incluyen una o varias de las siguientes condiciones: suelos degradados, con muchos años de agricultura continua (especialmente soja), con historia de cultivos de alta producción con fertilización nitrogenada y fosfatada; suelos arenosos de bajo contenido de materia orgánica; y/o suelos sin aporte de sulfatos por presencia de napas freáticas superficiales. Las dosis de S recomendadas varían, según el nivel de rendimiento esperado y la historia agrícola del lote, entre 10 y 15 kg/ha de S en soja de primera y entre 5 y 15 kg/ha de S en maíz.

### ***Otros nutrientes***

La intensificación de la agricultura ha resultado en la disminución de los niveles de bases (calcio, magnesio) y pH en algunos suelos, especialmente en el norte de la región pampeana, con respuestas significativas a la aplicación de enmiendas calcáreas y/o dolomíticas en alfalfa y soja. Se han determinado deficiencias y respuestas a boro (B) y zinc (Zn) en maíz y soja. Otros trabajos han demostrado la importancia de una adecuada nutrición con molibdeno (Mo) y cobalto (Co) y respuestas en rendimiento cuando estos nutrientes se aplicaron con la semilla y el inoculante.

En todos estos casos, se debe evaluar en detalle la información local disponible. Obviamente, es un área en la cual se deben enfatizar las futuras investigaciones para proveer bases científicas probadas para la toma de decisión.

### **Fuente, Momento y Forma Correcta**

#### ***Nitrógeno***

Consideraciones para el cultivo de maíz:

- Aplicaciones en 5-6 hojas son más eficientes bajo condiciones húmedas entre la siembra y la aplicación.

- Aplicaciones a la siembra presentan similares eficiencias con bajas precipitaciones entre la siembra y 5-6 hojas.
- La incorporación es la forma de aplicación más eficiente de cualquier fuente nitrogenada.
- Aplicaciones superficiales con temperaturas medias del aire mayores de 15°C durante 3-4 días resultan en pérdidas por volatilización de amoníaco a partir de fertilizantes que contengan urea.
- En aplicaciones superficiales de urea sobre un suelo/rastrojo seco, las pérdidas por volatilización son prácticamente nulas.
- Las pérdidas por volatilización e inmovilización serán potencialmente mayores a mayor cobertura de residuos.
- La aplicación en bandas superficiales concentradas de UAN o urea en superficie reduce el riesgo de volatilización y la inmovilización.
- En aplicaciones con la semilla en maíz se pueden producir efectos fitotóxicos con dosis superiores a 40 kg/ha de urea, o 100 kg/ha de nitrato de amonio, CAN o sulfato de amonio. Los efectos varían con la humedad del suelo.

### **Fósforo**

- Todas las fuentes solubles de P (FDA, FMA, SFT, SFS) presentan similares eficiencias de uso por unidad de P. Las diferencias entre fuentes dependerán de los otros nutrientes incluidos en cada fertilizante (N, S u otros). La decisión dependerá entonces del costo por unidad de P y el aporte de otros nutrientes necesarios para el cultivo.
- Las aplicaciones en bandas a la siembra son más eficientes en suelos fijadores, de baja disponibilidad de P (P Bray menor de 8-10 mg/kg) y/o con dosis bajas (menores de 15 kg/ha de P).
- Las aplicaciones al voleo en pre-siembra presentan eficiencias similares a las de bandas a la siembra en condiciones de suelos no fijadores, nivel de P del suelo mayor a 8-10 mg/kg, dosis mayor de 20-25 kg P/ha, una anticipación a la siembra de al menos 45-60 días, y lluvias post-aplicación mayores de 50 mm.
- En maíz, aplicaciones con la semilla superiores a 100 kg/ha de fosfato diamónico, 120 kg/ha de fosfato monoamónico, o 140 kg/ha de superfosfato triple pueden producir efectos fitotóxicos. Los efectos varían con la humedad del suelo.
- En soja, se recomienda no aplicar fertilizantes junto con la semilla por los efectos fitotóxicos sobre el inoculante. Para la semilla se observan efectos fitotóxicos con aplicaciones de 40 kg/ha o mas de FDA, FMA y SFT, según la humedad del suelo.

### **Azufre**

- Las aplicaciones de S pueden realizarse al voleo o en línea.
- Las fuentes azufradas que contienen sulfatos presentan similares eficiencias de uso. El yeso, de menor solubilidad, debe aplicarse en partículas de tamaño pequeño para permitir un buen contacto con el suelo y facilitar su disolución. En caso de usar yesos, se debe considerar la calidad química y física y verificar su registro en SENASA.

## Consideraciones finales

- El escenario actual de la producción de granos requiere que seamos eficientes en el manejo de los sistemas de producción y en el uso de los recursos e insumos involucrados. Frecuentemente, ante una relación de precios insumo/producto creciente, se toman decisiones inmediatas de reducción de uso de los insumos sin considerar la información científica disponible.
- La fertilización de cultivos debe manejarse en función de la cuantiosa información experimental existente y asociarse con otras prácticas de manejo de suelos y cultivos que maximizan la productividad y rentabilidad del sistema, y preservan y mejoran la sustentabilidad y calidad del recurso suelo (rotaciones, siembra directa, implantación de coberturas, manejo integrado de plagas y enfermedades, etc.).
- Es importante conocer el balance de nutrientes de los lotes en que se está trabajando y, como estos balances se relacionan con la disponibilidad de los nutrientes para los cultivos en rotación. El proceso productivo no se reduce a un único ciclo agrícola.
- Para lograr los objetivos de productividad, rentabilidad, sustentabilidad del sistema y calidad ambiental, es necesaria la aplicación de las MPM de fertilizantes: dosis correcta, fuente adecuada, momento correcto y ubicación correcta del fertilizante. La combinación de estos cuatro factores permite alcanzar rendimientos elevados, rentables y sustentables a corto y largo plazo, y maximizar la eficiencia de uso de los nutrientes beneficiando a los productores y a toda la sociedad.
- En una campaña “difícil” como la 2008/09, debemos tener presente las principales MPM:
  - Análisis de suelo como herramienta básica en la toma de decisión de la fertilización.
  - Mantener fertilizaciones balanceadas según las necesidades del lote y el cultivo. Inversiones en un nutriente “caro” como el P son muchas veces imprescindibles para obtener respuestas de otros nutrientes como N o S.
  - El uso de dosis correctas, es decir necesarias para alcanzar máximos rendimientos económicos, resulta en el mayor retorno económico, no solamente de la inversión en fertilizantes, sino también de la tierra, y de otros recursos e insumos.

## Referencias

Bruuselma T. C. Witt, F. Garcia, S. Li, T. N. Rao, F. Chen y S. Ivanova. 2008. Un marco global para las mejores prácticas de manejo (MPM) de los fertilizantes. *Informaciones Agronómicas* 38:1-4.