



Martín Torres Duggan^{1,2,3} / José Lamelas¹ /

Luis Berasategui² / Martín Weil¹ /

Alberto Ongaro / Luis Taquini¹

torresduggan@teconoagro.com.ar

Criterios para el manejo de la fertilización en el cultivo de trigo

El objetivo del presente artículo es discutir los criterios vigentes para la definición de la tecnología de aplicación de nutrientes en el cultivo de trigo.

Las mejores prácticas del manejo de los fertilizantes

Las mejores prácticas de manejo en el uso de los fertilizantes son las que permiten definir el fertilizante (fuente) correcto, la dosis correcta (que surge de un proceso de diagnóstico), la forma de colocación correcta y en el momento correcto ("4C"). Estas abarcan el concepto de cómo las aplicaciones de fertilizantes pueden ser manejadas para alcanzar los objetivos económicos, sociales y ambientales, que garantizan un uso sustentable de los recursos.

Existe una interconexión entre los componentes de las "4C". Esto implica que cada uno de los componentes (dosis, fuente, momento y forma de aplicación) condiciona e incide de un modo interactivo con los demás componentes. Así por ejemplo el tipo de fertilizante definido incide en las demás decisiones de la estrategia de fertilización como el momento y forma de aplicación.

También puede ocurrir lo contrario, que la preferencia por un determinado momento y/o forma de aplicación, implique la ventaja de utilizar un tipo particular de fertilizante.

Es relevante destacar que la dosis de los nutrientes a aplicar debe surgir de un proceso de diagnóstico, cuyo pilar es el análisis de suelos. Actualmente se dispone de diferentes modelos de fertilización para los diferentes nutrientes y zonas de producción, los cuales deben ser adaptados a las condiciones sitio-específicas del sistema de producción.

Fertilizante, momentos y formas de aplicación

Nitrógeno

Tipo de fertilizante

En términos generales no se han observado diferencias considerables entre los diferentes fertilizantes nitrogenados en cuanto a su capacidad de proveer nitrógeno (N) a los cultivos. Sin embargo, es importante tener presente que existe una gran diversidad de condiciones agro-ecológicas en las diferentes zonas trigueras, donde factores como el tipo de suelo y/o las condiciones

¹ Tecnoagro S.R.L.,

² Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (AACS), 3Docente Regular, Especialización en Fertilidad del suelo y Fertilización, Escuela para Graduados, Facultad de Agronomía (UBA).

Tabla 1: Datos medios de experimentos realizados en la Región Pampeana en los que se comparó concentración de proteína en tratamientos fertilizados y no fertilizados con nitrógeno (Álvarez y Steinbach, 2012).

Momento de fertilización	Datos (n)	Dosis media	Proteína testigo	Proteína fertilizado	Incremento proteína/dosis
		kg N/ ha	%	%	% proteína/kg N
Siembra y/o macollaje	131	67	10,7	11,7	0,016
Hoja bandera-floración	104	32	10,6	11,5	0,032

ambientales imperantes pueden originar pérdidas de N del sistema suelo-cultivo y diferencias en la eficiencia de uso del N (EUN).

En las zonas trigueras ubicadas en el Norte del país y/o en el Litoral, donde las temperaturas medias durante el ciclo del cultivo son más elevadas, aumentan la probabilidad de ocurrencia de pérdidas de N por volatilización de amoníaco cuando se aplica urea al voleo. Asimismo, la cobertura de rastrojos puede contribuir a generar procesos de inmovilización de N y pérdidas por volatilización de amoníaco. En este tipo de ambientes, la utilización de fuentes con baja volatilización (e.g. UAN), que no volatilizan (e.g. CAN) o el uso de inhibidores de la ureasa (e.g. NBPT) son estrategias para incrementar la EUN.

A diferencia de lo mencionado para estas zonas, en la región triguera tradicional (Sur de Buenos Aires) las pérdidas por volatilización de amoníaco son bajas, mientras que se han reportado pérdidas por lixiviación leves asociadas a la mayor frecuencia de lluvias entre siembra y macollaje, que es un rasgo climático de dicha región.

También es posible que se presenten pérdidas por lavado (lixiviación de nitratos) en suelos con texturas arenosas, cuando se presentan eventos de precipitaciones intensas en estadios tempranos del ciclo del cultivo posteriores a la aplicación del fertilizante. Hay pocos estudios sobre lixiviación de nitratos en trigo y si bien en general se asume que las pérdidas son bajas, es necesario considerar los factores predisponentes mencionados antes en el propio sistema de producción.

Momentos y formas de aplicación

La fertilización nitrogenada puede tener dos objetivos, aumentar el rendimiento (el más habitual) y también mejorar el contenido de proteína en grano.

La fertilización de base (la realizada en la siembra y/o en macollaje), en términos generales impacta de un modo más significativo sobre el rendimiento en grano y en

menor medida sobre la calidad del grano. Esto último depende de la disponibilidad de N en el suelo y el nivel de rendimiento. La aplicación del N a la siembra garantiza una temprana disponibilidad del nutriente.

En la zona húmeda de la Región Pampeana (Pampa Ondulada, Pampa Plana), el fraccionamiento de la dosis entre siembra y macollaje no constituye una ventaja en términos de eficiencia agronómica. En las zonas trigueras ubicadas en la Pampa Arenosa y/o en la Región Semiárida Pampeana, la decisión del momento de aplicación del N se debe analizar teniendo en cuenta la distribución de lluvias para optimizar la interacción entre el N y el agua. En el sur de la Región Pampeana (principal zona triguera), la EUN es mayor cuando el N se aplica en macollaje comparado con la siembra debido a ocurrencia de lluvias entre la siembra y macollaje que promueven pérdidas por lavado y desnitrificación.

Cuando el objetivo es lograr un rápido aumento en el contenido de N en el grano, la fertilización foliar en el estadio de hoja bandera y/o antes representa el modo más efectivo para hacerlo. En la **Tabla 1** se presentan los resultados de un análisis de la información disponible en la Región Pampeana, donde se puede observar el impacto de la fertilización temprana y/o tardía sobre la concentración de proteína del grano de trigo.

En estos experimentos, el N se aplicó en floración utilizando soluciones de urea foliar con bajo biuret, en dosis variables (20-35 kg/ha de N). En la **Figura 1** se representa el esquema con las ventanas de aplicación de los diferentes nutrientes que limitan el rendimiento de trigo en la Región Pampeana.

Fósforo

Tipo de fertilizante

Los principales fertilizantes fosfatados utilizados en la Argentina son fosfatos de amonio (MAP, DAP) y los superfosfatos de calcio (SFS, SFT). Más recientemente,

Figura 1: Periodos del ciclo del trigo en donde se pueden realizar aplicaciones de N, P y S.

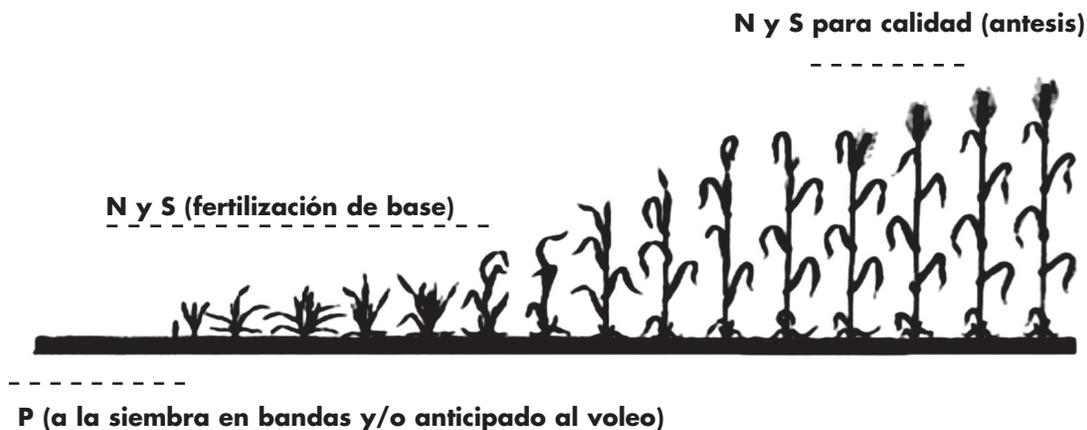
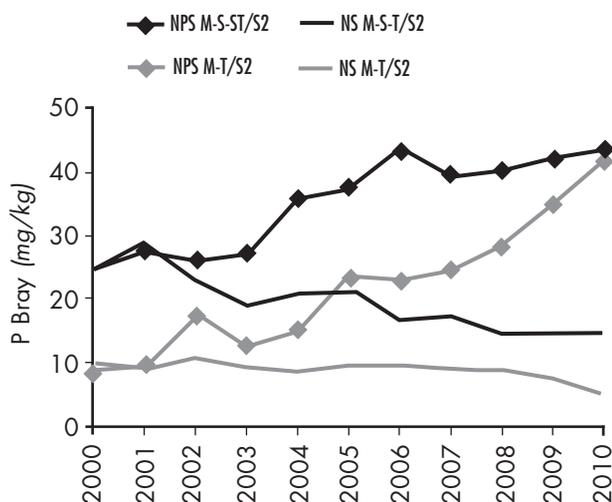


Figura 2: Evolución del contenido de P del suelo según rotación en experimentos de larga duración.

Referencias: M-S-T/S (maíz-soja-trigo/soja2) y M-T/S (maíz-trigo/soja2). NPS: tratamientos fertilizado con nitrógeno, fósforo y azufre. NS: tratamientos fertilizados con nitrógeno y azufre, sin fósforo. La dosis de P correspondió a la extracción + 5-10% (García et al. 2010).



se observa un creciente interés y experimentación con fuentes fosfatadas líquidas, en especial soluciones formuladas en base a ácido fosfórico.

En términos generales, no se han observado diferencias en eficiencia de uso de fósforo (EUP) entre los diferentes fertilizantes fosfatados. Las formas líquidas de fósforo (P) pueden representar una ventaja agronómica (mayor efectividad que fuentes sólidas) sólo en suelos con muy alto contenido de carbonatos de calcio debido a la reducción del proceso de precipitación de fosfatos (Lombi et al. 2004; McLaughlin, 2012).

Asimismo, pueden representar una ventaja operativa en sistemas de producción donde se tenga incorporado el circuito logístico necesario para el manejo de este tipo de fertilizantes.

Momento y forma de aplicación

El momento tradicional de aplicación del P es a la siembra, por debajo y al costado de la línea de siembra. Sin embargo, en los últimos años se realizaron varios ensayos que indican la posibilidad de realizar aplicaciones al voleo en forma anticipada a la siembra, con similar eficiencia. Este tipo de estrategia se recomienda en planteos de siembra directa de varios años, con dosis relativamente altas de P.

La aplicación de P al voleo puede ser de utilidad en estrategias de fertilización donde se tenga como objetivo incrementar la dotación de P del suelo hasta alcanzar un valor adecuado para las rotaciones de cultivos (e.g. 15-20 ppm de P Bray 1). Estos sistemas o filosofías de manejo del P pueden combinar aplicaciones a la siembra y al voleo durante la fase de “enriquecimiento” del P del suelo, y una vez alcanzado el objetivo de disponibilidad de P, se puede utilizar tanto aplicaciones en bandas (a la siembra) o al voleo.

La **Figura 2** muestra la evolución del P disponible (P Bray 1) en ensayos de larga duración realizados por el CREA Sur de Santa Fe-IPNI-ASP en el período 2000-2010 para diferentes rotaciones (maíz-soja-trigo/soja 2^{da}; maíz-trigo/soja 2^{da}), donde se puede ver claramente los cambios en la disponibilidad del P del suelo en planteos con balances de P positivos (los tratamientos que incluyen aplicación de P con dosis superiores a la extracción) y negativos (tratamientos sin agregado de P).

Azufre

Tipo de fertilizante

Actualmente se dispone en el mercado de una variada oferta de fertilizantes azufrados. Las fuentes más utilizadas son el tiosulfato de amonio (fertilizante líquidos que se comercializa en mezclas con UAN), yeso (sulfato de calcio bihidratado) y superfosfato simple de calcio. Más recientemente comenzó a comercializarse mezclas químicas NPS y NPSZn que tienen la característica de presentar diferentes formas químicas de azufre (S), sulfatos y azufre elemental micronizado (AEM).

En términos generales, no se han observado diferencias significativas en efectividad (respuesta en grano) ni en la eficiencia de uso del azufre (EUS) entre fertilizantes azufrados que contienen el azufre en forma de sulfatos. Todas presentan similar capacidad de proveer S disponible para el cultivo.

Con respecto a la *performance* de los fertilizantes que incluyen AEM, la información experimental es más escasa, pero es posible definir algunos principios y recomendaciones de manejo.

La oxidación del azufre elemental depende principalmente de las propiedades físicas del azufre elemental utilizado (tamaño de partícula y capacidad de dispersión en el suelo) y de factores ambientales, principalmente la temperatura y humedad edáfica.

Estudios recientes realizados en la Región Pampeana Central (e.g. Pampa Ondulada y Pampa Plana) indican similar performance agronómica del AEM y fuentes sulfatadas, que indicarían de un modo indirecto, adecuadas condiciones termo-hídricas para la oxidación del AEM (Torres Duggan et al. 2012). Sin embargo, en sitios con baja disponibilidad hídrica (lluvias) posteriores a la aplicación, la efectividad de fertilizantes sulfatados fue mayor que el AEM, posiblemente debido a una reducción de la tasa de oxidación del azufre elemental.

En el Sur de la Región Pampeana, la menor temperatura imperante a la siembra y/ en estadios vegetativos tempranos, podrían reducir la oxidación del azufre elemental, pero hay muy poca información publicada al respecto. La **Figura 3** muestra un esquema conceptual de apoyo a las decisiones de selección de fertilizantes azufrados (fertilizantes sulfatados y azufre elemental micronizado).

TECNOAGRO S.R.L.

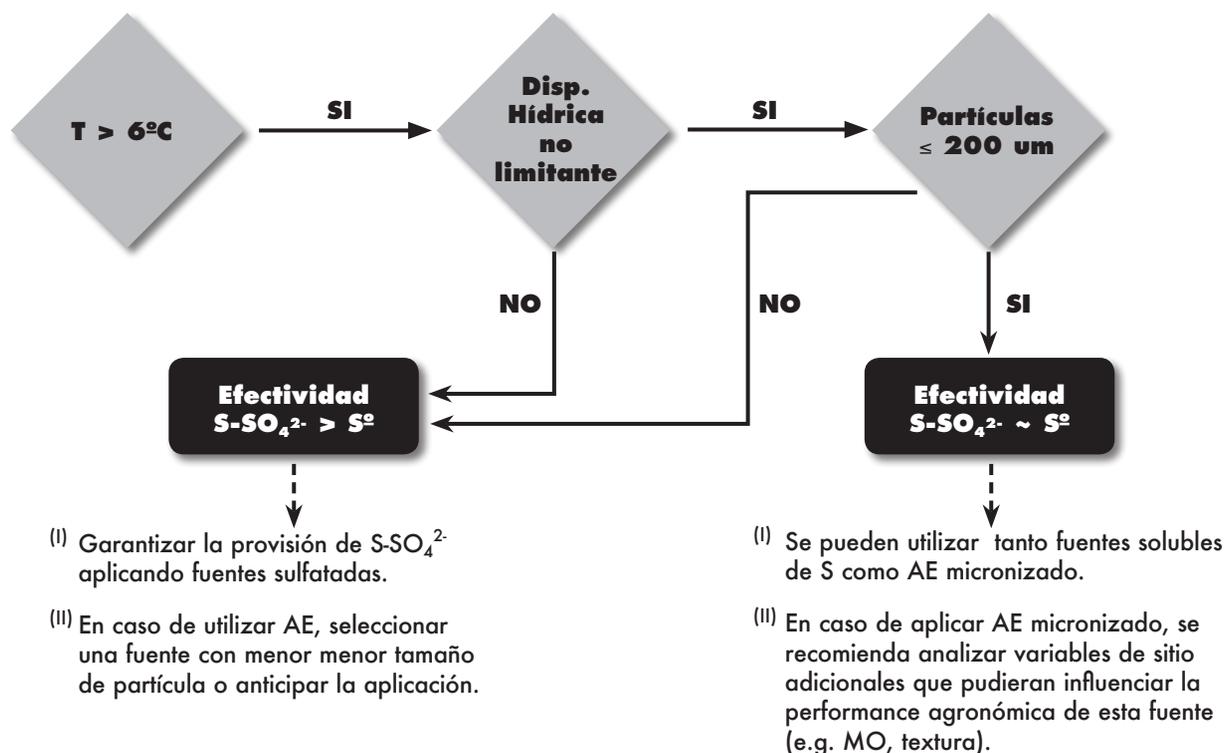
LABORATORIO INAGRO

Girardot 1331 - (C1427AKC) Buenos Aires - (011) 4553-2474 (líneas rotativas)
tecnogro@tecnogro.com.ar laboratorio@tecnogro.com.ar www.tecnogro.com.ar

ANÁLISIS de SUELOS, FOLIARES, AGUAS y FERTILIZANTES
RECOMENDACIONES de FERTILIZACIÓN
MAPAS de SUELOS
ASESORAMIENTO en la COMPRA de CAMPOS
SUBDIVISION de CAMPOS
MANEJO y CONSERVACIÓN de SUELOS y AGUAS

Ings. Agrs.: Luis Berasategui - Martín Weil - Alberto Ongaro - Luis Taquini
José Lamelas - Brenda Lüders - Martín Torres Duggan - Alberto Sánchez

Figura 3: Modelo conceptual para la selección de fertilizantes azufrados sulfatados y azufre elemental (Torres Duggan, 2012).



Momentos y formas de aplicación

Los fertilizantes azufrados sulfatados se pueden aplicar en una amplia gama de posibilidades de momentos y formas de aplicación, sin esperar diferencias marcadas en EUS entre los diferentes fertilizantes (e.g. yeso, sulfato de amonio, tiosulfato de amonio) y momentos de aplicación (e.g. siembra, macollaje). Así, es posible realizar aplicaciones a la siembra o en macollaje, utilizando fertilizantes sólidos y/o líquidos.

¿Otros nutrientes?

Los nutrientes abordados en este artículo son los que limitan en mayor medida el rendimiento del trigo en los agro-ecosistemas pampeanos. Sin embargo, existen algunos antecedentes de respuestas al agregado de micronutrientes como cloro y zinc en el cultivo de trigo (Prystupa et al. 2012).

Las deficiencias de estos nutrientes no son generalizadas y la información científica publicada sobre los mismos es aún escasa. Por lo tanto, es necesario avanzar en la investigación sobre el diagnóstico y métodos de aplicación como base para brindar recomendaciones de fertilización.

Fertilización en la secuencia trigo/soja 2^{da}

De acuerdo a numerosos ensayos realizados en la Región Pampeana en la secuencia trigo/soja 2^{da}, no se han observado diferencias significativas en la EUP y en la EUS entre aplicar estos nutrientes a la siembra de cada cultivo (trigo y soja) o aplicar toda la necesidad de P y S del doble cultivo (trigo + soja 2^{da}) en el trigo, aprovechando los efectos residuales de la fertilización.

Así, aplicando la necesidad de P y S en el trigo (a la siembra o al voleo anticipada a la misma), se evita el manejo de fertilizantes en la soja de segunda, mejorando la eficiencia de siembra en este cultivo, donde la demora en la fecha de siembra determina pérdidas de rendimiento.

Sin embargo, es importante considerar que la magnitud de la residualidad puede ser menor en suelos con muy alta capacidad de retención de fosfatos como los vertisoles y/o argiudoles vérticos (e.g. Entre Ríos, norte de Buenos Aires, Uruguay). En este tipo de suelos, la decisión de aplicar los nutrientes en el trigo o en cada cultivo (trigo y soja), dependerá del tipo de suelo, capacidad de retención de fosfatos (asociado al contenido y tipo de arcillas) y la dosis de aplicación