



Formas de aplicación de fósforo y dosis de fertilizante en trigo

Ing. Agr. M. Sc. Luis A. Ventimiglia*

Lic. en Econ. y Adm. Agr. Lisandro Torrens Baudrix

Desde hace algunos años y con la consolidación de la siembra directa, se ha ensayado experimentalmente otra forma de aplicación del fósforo en los cultivos extensivos, que es diferente a la aplicación en la línea de siembra. La aplicación propuesta es al voleo, en cobertura total, sin incorporación del fertilizante. A priori parecería algo descabellada la idea en función del tipo de fertilizante sobre el cual se realiza la práctica, el fósforo. Este es un nutriente muy diferente al nitrógeno y también al azufre, mientras estos últimos tienen una adecuada movilidad en el suelo, el fósforo por el contrario, es prácticamente poco móvil. Viéndolo así podríamos presumir que no funcionará el fósforo al voleo, sin embargo, a la luz de muchos trabajos realizados por distintos grupos de investigadores, se podrían esperar resultados diferentes a los que se presume.

Otras de las diyuntivas que se plantea es ¿qué dosis de fertilizante utilizo? ¿Tengo respuestas a dosis crecientes de fósforo? ¿Siguen teniendo la misma eficiencia las dosis adicionales a la primera? ¿Resulta esto económico? ¿Fertilizo primero el trigo y luego la soja de segunda, ó fertilizo el trigo pensando en este cultivo y también en la soja de segunda?

Pensando en estos interrogantes es que la Agencia INTA 9 de Julio realizó en la campaña 2007/08 una experiencia de fertilización en el cultivo de trigo. Seguramente alguno de los interrogantes que nos hemos planteado los podremos responder, en tanto otros, como por ejemplo, qué pasa con la soja de segunda, quedará para otra oportunidad, dado que la seca en nuestra zona y principalmente donde se ubicó el ensayo, fue tan intensa, que el cultivo de segunda se perdió.

La experiencia se realizó en el campo del Sr. Antonini en las proximidades de 9 de Julio sobre un suelo franco arenoso el cual tenía como antecesor a soja de primera. En el mes de junio se realizó un análisis de suelo el cual arrojó los siguientes datos, tabla 1.

Tabla 1: Análisis de Suelo (0- 20 cm)

Materia orgánica	3,14 %
pH	5,7
Nitrógeno total	0,16 %
Nitrógeno de nitratos	13,7 ppm
Fósforo asimilable	5,2 ppm
Azufre de sulfatos	11,1 ppm

El ensayo probó 4 dosis de fósforo y 2 formas de aplicación, en la línea de siembra y al voleo sin incorporación. El diseño fue el de parcelas subdivididas, siendo la parcela principal la fertilidad fosforada y la sub parcela la forma de aplicación del fósforo. El arreglo estadístico fue en bloques al azar con 4 repeticiones. La fertilización nitrogenada (217 kg/ha de urea) y azufrada (75 kg/ha de sulfato de calcio) fue similar para todos los tratamientos.

La siembra fue en directa el 4 de agosto, utilizándose una sembradora Agrometal GX2. La variedad utilizada fue Klein Tauro a razón de 130 kg/ha (peso de 1.000 granos = 42,2 gramos), equivalente a 308 granos/m². Cada unidad experimental dispuso de una

* Técnicos de la AER 9 de Julio - Desarrollo Rural INTA Pergamino

superficie de 31,5 m² (7 m de largo por 4,5 m de ancho). Respecto al fertilizante fosforado, se empleó superfosfato triple de calcio (46 % de Pentóxido de fósforo y 14 % de Calcio), probándose 4 dosis, a saber: 0 kg/ha; 50 kg/ha; 100 kg/ha y 150 kg/ha de producto comercial. La fertilización fosforada en la línea de siembra se realizó con la sembradora en el mismo momento de sembrar, en tanto que, la fertilización al voleo se efectuó con posterioridad a la siembra, el 16 de agosto. La aplicación de la urea y el sulfato de calcio se efectuaron en cobertura total el 11 de agosto para todos los tratamientos.

Los tratamientos ensayados respecto al fósforo y forma de aplicación, se presentan en la tabla 2. Se reitera que la cantidad de urea y sulfato de calcio fue similar para todos los tratamientos.

Tabla 2: Tratamientos ensayados

1.- 0 kg/ha Superfosfato triple de calcio
2.- 50 kg/ha Superfosfato triple de calcio en la línea de siembra
3.- 50 kg/ha Superfosfato triple de calcio al voleo
4.- 100 kg/ha Superfosfato triple de calcio en la línea de siembra
5.- 100 kg/ha Superfosfato triple de calcio al voleo
6.- 150 kg/ha Superfosfato triple de calcio en la línea de siembra
7.- 150 kg/ha Superfosfato triple de calcio al voleo

EL control de malezas se realizó con los productos tradicionales. En la etapa de espigazón se efectuó una aplicación de insecticida para el control de pulgón de la espiga. La cosecha se realizó manualmente, recolectándose 2 m² por cada parcela y repetición. El material cosechado luego fue trillado, pesado y llevado a humedad de recibo a efectos de expresar el rendimiento en kg/ha.

Resultados obtenidos

Para las condiciones ambientales que el cultivo soportó, los rendimientos obtenidos fueron muy buenos, tabla 3. Considerando el total de tratamientos ensayados, se manifestaron diferencias estadísticas entre todas las parcelas que recibieron fósforo de aquella que no recibió este nutriente (testigo de fósforo), sin embargo la estadística no pudo comprobar diferencias dentro de las dosis de fósforo probadas.

Tabla 3: Rendimiento (kg/ha) para todos los tratamientos ensayados

Tratamiento	Rendimiento kg/ha
150 kg/ha de fósforo al voleo	4.511 a
150 kg/ha de fósforo en línea	4.368 a
100 kg/ha de fósforo en línea	4.247 a
100 kg/ha de fósforo al voleo	4.193 a
50 kg/ha de fósforo al voleo	4.091 a
50 kg/ha de fósforo en línea	4.088 a
0 kg/ha de fósforo	3.328 b

Letras diferentes indican diferencias significativas por el Test DMS $p < 0,05$

Media general = 4.118 kg/ha

Coeficiente de variación = 9,6 %

Considerando la forma de aplicación del fósforo en el promedio de las dosis ensayadas, no se encontraron diferencias entre ellas: aplicación al voleo 4.265 kg/ha vs. aplicación en línea 4.234 kg/ha, este resultado se manifestó en forma aleatoria para las dosis ensayadas. Así por ejemplo, para la menor dosis (50 kg/ha producto comercial), la aplicación al voleo dio 3 kg/ha más, en la dosis intermedia (100 kg/ha producto comercial), la aplicación en la línea de siembra dio 54 kg/ha más, en tanto que, para la mayor dosis de fertilizante (150 kg/ha producto comercial), la aplicación al voleo superó a la de línea por 143 kg/ha, diferencias éstas que seguramente están más influenciadas por el error experimental que por los tratamientos ensayados, como así lo indica la estadística.

¿Por qué la aplicación al voleo sin incorporación funcionó igual que la aplicación en la línea de siembra?

Como comentamos anteriormente, el fósforo no tiene movilidad en el suelo, o mejor dicho es muy escasa, de todos modos, en un suelo como en el que se realizó la experiencia (5,2 ppm), debe de haber ocurrido algo para que el fósforo pueda ser aprovechado por el cultivo, esto quedó demostrado en la diferencia de rendimiento que lograron las aplicaciones al voleo respecto al testigo y la nula diferencia entre los sistemas de aplicación.

En general, lo que sucede es que en aquellos suelos que presentan una buena rotación, con buena cobertura vegetal, suelos con un estado físico adecuado, con una buena disponibilidad, principalmente macro y meso poros y si se producen lluvias adecuadas, el fósforo puede perfectamente llegar a las raíces a través de la movilización que ocurre por los espacios porosos del suelo a través del agua precipitada. Este efecto es difícil que pueda ocurrir en un suelo que no presente estas características.

Si bien esta campaña fue seca, en este caso el ensayo se implantó a principio de agosto, desarrolló su germinación emergiendo el 20 del mismo mes, durante setiembre comenzaron a producirse lluvias las que conjuntamente con las ocurridas en octubre y noviembre, totalizaron 223 mm, cantidad de agua más que suficiente para poder mover el fósforo hacia el lugar donde las plantas lo podían absorber. Otro factor clave en este proceso de absorción del fósforo es la temperatura, dado que una temperatura más alta contribuye favorablemente al proceso de difusión, proceso por el cual se absorbe el fósforo. Si bien la campaña 2008/09 presentó fuertes heladas, éstas se concentraron entre julio y agosto, habiendo algunas esporádicas y muy tardías, como por ejemplo, la registrada el 16 de noviembre. Pese a esto, los meses de octubre y noviembre fueron más cálidos que la media histórica, principalmente este último mes el cual registró una temperatura media diaria de 5° C por encima de la media histórica, esta situación seguramente también ha colaborado para que la aplicación de fósforo al voleo tenga tan buen comportamiento.

En esta experiencia la aplicación del fósforo al voleo se lo efectuó con posterioridad a la siembra, esta situación hace que el fertilizante quede homogéneamente distribuido en el suelo y que por otro lado, ya haya pasado la máquina sembradora, por lo cual no se generará ningún disturbio en la línea de siembra. Pese a esto, el punto clave es el de poder disponer de lluvias, por lo cual sería recomendable, poder hacer esta aplicación con anticipación a la siembra (2 – 3 meses antes de la siembra) a efectos de poder tener varias lluvias antes de sembrar que movilicen el fósforo en profundidad, de ocurrir esto, la perturbación que podría originar el tren de siembra, corriendo el fertilizante que encuentra superficialmente en su paso se vería minimizada.

¿Cuál fue la eficiencia del fósforo?

Dado que no se presentaron diferencias entre las formas de aplicación del fósforo como ya fue mostrado, para analizar las eficiencias se trabajó con el resultado promedio de cada dosis de fertilizante de ambos sistemas de aplicación y lógicamente con el testigo de fósforo, tabla 4.

Tabla 4: Eficiencia del fertilizante fosforado para distintas dosis de fósforo aplicado, promedio de dos sistemas de aplicación

Dosis de fertilizante comercial kg/ha	kg/ha extra de Trigo s/testigo	Eficiencia del fósforo	
		kg/ha trigo kg/ha fertilizante	kg/ha trigo kg/ha fósforo
50	761	15,2	76,0
100	892	8,9	44,6
150	1.111	7,4	37,0

Las eficiencias logradas son muy buenas, en todos los casos los resultados son positivos, esto lógicamente va a variar en función del precio del fertilizante y el precio del trigo. En este caso se trabajó con un precio de trigo de 500 \$/t y un precio del superfosfato triple de calcio de 2.275 \$/t, en consecuencia con estos valores, el punto de equilibrio se ubicaría en 4,55 kg de trigo por kg de fertilizante aplicado. De la tabla 4 se aprecia que la

peor situación (150 kg/ha de fertilizante), logró una eficiencia de 62 % por encima del punto de equilibrio (7,4 kg trigo/kg de fertilizante aplicado), es decir, aún en la peor situación sería conveniente aplicar fertilizante fosforado.

En las figuras 1 y 2 se presentan las producciones extra de trigo y eficiencia del fertilizante fosforado ajustados a una regresión lineal.

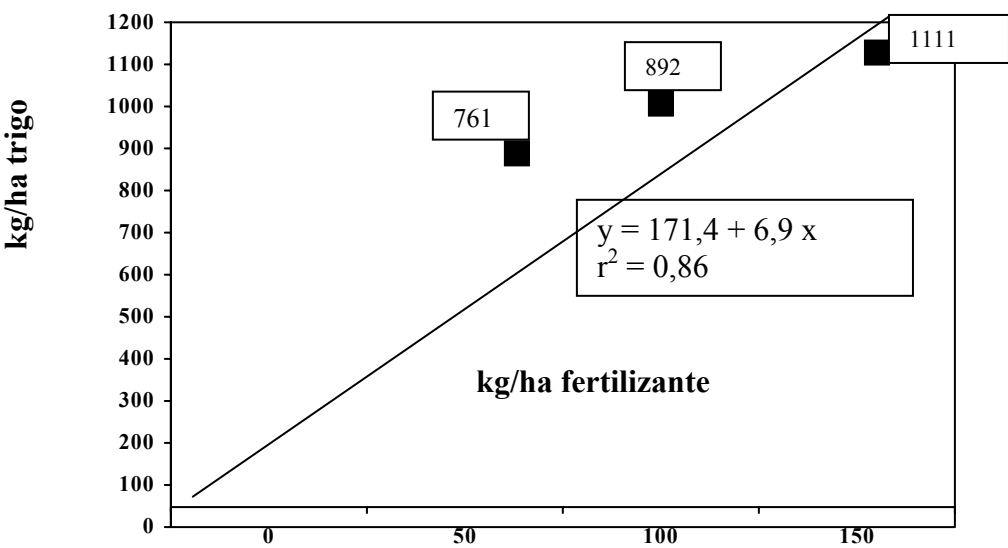


Figura 1: Producción extra de trigo entre 0 y 150 kg/ha de superfosfato triple de calcio Aplicado

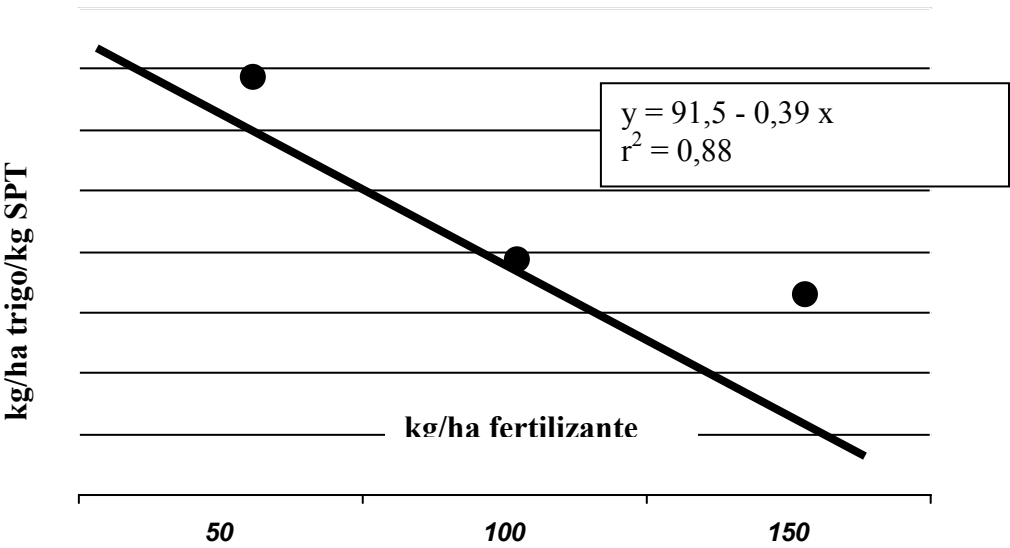


Figura 2: Eficiencia en el uso de fertilizante fosforado entre 50 y 150 kg/ha de superfosfato triple de calcio

Como se puede apreciar en el gráfico 2 y como normalmente sucede, la eficiencia agronómica en el uso del fertilizante disminuye a medida que la dosis de fertilizante aumenta, esto concuerda con la ley de los incrementos decrecientes, ley que se cumple habitualmente para aquellas tecnologías de insumos.

A efectos de cuantificar la práctica de fertilización fosforada se realizó un análisis económico parcial, tabla 5, como ya fuera explicado al analizar la eficiencia, todos los tratamientos presentaron un margen adicional positivo.

Tabla 5: Análisis económico de la fertilización fosforada

Tratamientos	Incremento	Costo de la	Ingreso	Margen
--------------	------------	-------------	---------	--------

	del rendimiento kg/ha	fertilización kg/ha	adicional \$/ha	adicional \$/ha
2	760	522	380	266
3	763	522	382	268
4	1.099	636	550	322
5	865	636	432	204
6	1.040	750	520	178
7	1.183	750	592	250

Comentarios finales

Como se puede apreciar en esta experiencia, la fertilización fosforada en el cultivo de trigo es muy importante. La mayoría de los lotes de nuestra zona presentan valores bajos a muy bajos de fósforo asimilable. De acuerdo a datos del ISETA (Instituto Superior de Tecnología Alimentaria) y del Laboratorio de suelo Suelofertil de ACA el 75 % de los análisis de suelos del partido de 9 de Julio presentan valores inferiores a 10 ppm de fósforo asimilable. La media del partido se ubica entre 6 y 7 ppm, en este ensayo el suelo presentó aún valores de fósforo menores a la media (5,2 ppm). Ante esta situación no cabe duda que la fertilización fosforada es una herramienta imprescindible y por otro lado, segura para el productor. Aún en esta circunstancia, en el cual el cultivo de soja de segunda se perdió, el remanente de fósforo aplicado con el fertilizante y no utilizado por el trigo, no se perderá y los cultivos que sigan en la rotación lo podrán utilizar. Este beneficio del fósforo remanente no está cuantificado en esta experiencia, pero debemos tenerlo presente en nuestras mentes a la hora de planificar las futuras siembras. La peor situación se presenta para aquel productor que realizó la siembra en un campo alquilado y que no lo volverá a alquilar, en su caso quedaría una residualidad de fertilizante que será usufructuado por otra persona. De todos modos, se tienen que quedar tranquilos en el sentido que el trigo solamente, aún en la dosis mayor de fósforo aplicado, pagó el costo del fertilizante utilizado y dejó un saldo económico positivo.

Se destaca nuevamente la importancia que tiene el análisis de suelo, conocer dónde estamos parados es clave, en situaciones como las presentadas en esta experiencia, son esperables respuestas muy seguras a la fertilización fosforada, pudiendo esperarse incrementos de rendimiento al aumentarse la dosis de fertilizante, resultado inverso si es que lo observamos desde el punto de vista de la eficiencia agronómica. Debe quedar claro que siempre la fertilización fosforada realizada en campo propio o arrendado por largo tiempo es una excelente inversión y colabora no sólo a mejores rendimientos físicos y económicos, sino también a mantener la sustentabilidad del sistema productivo.