

Trigo

¿Privilegiamos la productividad o la rentabilidad económica?

* Ing. Agr. M. Sc. Luis A. Ventimiglia
* Lic. en Econ. y Adm. Agr. Lisandro Torrens Baudrix
* Ing. Zoot. Jonatan Camarasa

Los precios de los granos se han incrementado notablemente en los últimos años, así como ha crecido el precio del trigo, maíz, girasol, soja, etc. También lo han hecho los precios de los insumos agropecuarios: semillas, herbicidas, fungicidas, fertilizantes, etc. Considerando el cultivo de trigo y observando la variación de precios de los últimos doce meses, tenemos lo siguiente:

Variación de precios en los últimos doce meses (Febrero 2007 a Enero 2008).

Insumos	Cantidad a comprar	kg necesarios de trigo	
		Febrero 2007	Enero 2008
Gasoil	100 litros	396	278
Valor UTA (*)	1	142	97
Metsulfuron + Dicamba	1 litro	277	185
Fosfato diamónico	1.000 kg	3.217	3.542
Urea	1.000 kg	2.467	2.588

(*) Unidad Tractor Arando.

Fuente: Revista Agromercado n° 273. Enero 2008-03-22

Como podemos apreciar, a excepción de los fertilizantes, en enero de este año, pese a los aumentos, la relación producto/insumo era más beneficioso que en febrero del 2007. Con el tema de los fertilizantes no pasó lo mismo, la relación es inversa, principalmente para el fosfato diamónico. Hoy en día todo el mundo sabe que es necesario fertilizar, si es que aspiramos alcanzar buenos rendimientos, la pregunta es cuánto debemos agregar. Pese a que los granos han aumentado, a muchos productores les cuesta demasiado tomar la decisión y meter la mano en el bolsillo para adquirir un determinado tipo y cantidad de fertilizante.

Uno de los problemas que puede limitar muchas veces y entorpecer la decisión, pasa porque las cuentas se hacen en el cortísimo plazo (solo en el cultivo al que se aplicó el fertilizante) y/o porque el

campo donde se trabaja (alquila), presenta cierta inestabilidad contractual que no permiten hacer planes a mediano o largo plazo.

A fin de evaluar en la producción de trigo/soja de segunda el efecto de ciertas combinaciones de fertilizantes desde el punto de vista productivo y económico, la Agencia INTA 9 de Julio desarrolló durante la campaña 2007/2008 una experiencia en un campo de la zona. En este informe se evalúa lo ocurrido en el trigo.

La experiencia se condujo sobre un suelo franco arenoso en la proximidad del cruce de la ruta nacional 5 y provincial 65. Antes de la siembra se cuantificó las características químicas del suelo mediante un análisis, el cual arrojó los siguientes valores:

Análisis de suelo previo a la siembra

Materia orgánica (%)	2,35
pH	5,9
Fósforo asimilable (ppm)	5,1
Nitrógeno de nitratos 0 - 20 = 7,8 (ppm)	= 15,6 kg/ha de nitrógeno
20 - 40 = 4,8 (ppm)	= 9,0 kg/ha de nitrógeno
40 - 60 = 1,9 (ppm)	= 2,0 kg/ha de nitrógeno
Azufre de sulfatos (ppm)	8,3

El ensayo contó con dos variedades: Don Mario Cronox y Baguette 9, y 4 dosis de fertilizantes. El diseño estadístico fue de parcela subdividida, arregladas en bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela principal fue la variedad, en tanto que, la subparcela fue la dosis de fertilizante. En lo que respecta a las dosis utilizadas las mismas fueron:

T 1 = Testigo absoluto

T 2 = 80 kg/ha de fosfato monoamónico +100 kg/ha de urea

T 3 = 170 kg/ha de fosfato monoamónico + (170 - x) de nitrógeno + 50 kg/ha de sulfato de amonio

T 4 = Igual a T 3 más el agregado de 20 kg/ha de nitrógeno en hoja bandera expandida en forma foliar.

Esto representa para cada tratamiento la adición de las siguientes cantidades de nitrógeno, fósforo y azufre:

Tratamiento	Nitrógeno	Fósforo	Azufre
	----- <i>(kg/ha)</i> -----		
1	0	0	0
2	54	18	0
3	116	36	12
4	136	36	12

Las dosis de nitrógeno 170 - x en los tratamientos 2 y 3 corresponde a la cantidad de urea a aplicar resultante de restarle a 170 el valor x, siendo esta la cantidad de nitrógeno contenido en el suelo hasta los 60 cm, antes de la siembra y la cantidad de fertilizante nitrogenado aplicado (con el fosfato monoamónico y con el sulfato de amonio).

El ensayo se planteó tratando de visualizar tanto el comportamiento del trigo como la soja de segunda cuando el cultivo de trigo no se lo fertiliza (T 1), cuando se aplican dosis estándar de fertilizante (T2), cuando se piensa en un criterio de reposición de nutrientes, principalmente en fósforo y azufre (T3) y cuando además de esto se piensa en la calidad del grano producido (T4).

Las fertilizaciones fosforadas, nitrogenadas, azufradas, a excepción de la fertilización foliar, se efectuaron previo a la siembra en cobertura total e incorporados los nutrientes con un disco doble acción.

La fertilización foliar se realizó con el producto Sol Mix, producto éste que contiene nitrógeno y azufre. En este caso, el nitrógeno que posee ésta principalmente como UAN y tiosulfato de amonio, en ambos casos el nitrógeno contenido no tiene bajo biuret y esto llevó inexorablemente a producir quemado de hojas, sobre todo cuando estos productos se aplican en épocas del año con buenas temperaturas ambiente y radiación solar. Si bien los resultados se van a presentar para la totalidad de los tratamientos ensayados, se aclara que el tratamiento 4, al tener un quemado de hojas importantes, principalmente hoja bandera y bandera menos 1, se vio afectado en su capacidad fotosintética, lo cual seguramente perjudicó su comportamiento productivo. El fertilizante foliar se lo aplicó el 16 de octubre (hoja bandera totalmente expandida) a la dosis indicada y diluido en agua con un caudal de 300 l/ha.

La siembra de las variedades se realizó el 5 de julio, empleándose una máquina de placa monosurco, la distancia entre hileras fue de 17,5 cm.

El control de malezas se realizó con el producto tronador (6,7 g/ha de aminopyralid + 6,7 g/ha de metsulfuron + 120 cc/ha de humectante + 120 l/ha de agua).

El 6 de noviembre, con el cultivo totalmente espigado, se efectuó una aplicación de fungicida: Amistar extra (Cyproconazole 80 g/l + Azoxistrobina 200 g/l) a la dosis de 500 cc/ha a los efectos de controlar mancha amarilla y roya de la hoja.

La cosecha se efectuó en forma mecánica utilizando una cosechadora Wintersteiger, la misma cosechó 5 m² de cada unidad experimental. Previo a la cosecha se realizó un recuento de espigas/m². Con el trigo ya trillado se calculó el peso de 1.000 granos, el número de granos/m², el rendimiento (kg/ha) a humedad de recibo y mediante análisis de laboratorio, el contenido de proteína y gluten en grano.

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de variancia y cuando se requirió, se compararon las medias mediante el test de la diferencia mínima significativa al 5% de probabilidad y cuando fue necesario, la interacción variedad x fertilización.

Resultados obtenidos

El número de espigas/m² presentó diferencias estadísticas para la interacción variedad por dosis de fertilizante. Para las dos variedades la cantidad de espigas estuvo influenciada por la dosis de fertilizante, en general, a mayor dosis de fertilizante, mayor cantidad de espigas, Tabla 1.

Tabla 1. Número de espigas por variedad de trigo DM Cronox y Baguette 9 para cuatro dosis de fertilizante

Tratamientos	Variedad	
	DM Cronox	Baguette 9
4	700 a	583 a
3	674 a	485 b
2	614 b	449 b
1	385 c	359 c

CV = 4,1 % DMS = 5 % = 41

Letras diferentes dentro de una misma variedad indican diferencias significativas mediante el test DMS $p < 0,05$

Analizando el comportamiento varietal para las cuatro dosis de fertilizante, a excepción del Testigo (tratamiento 1), el cual no recibió ningún fertilizante, las demás dosis presentaron diferencias estadísticas significativas en favor de la variedad DM Cronox, Tabla 2.

Tabla 2. Número de espigas/m² de las variedades DM Cronox y Baguette 9 para cada una de las dosis de fertilizantes evaluadas.

Variedad	Dosis 1	Dosis 2	Dosis 3	Dosis 4
DM Cronox	395 a	614 a	674 a	700 a
Baguette 9	359 a	449 b	485 b	583 b

Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas por el test DMS $p < 0,05$

CV % para Variedades = 4,1 CV % para Dosis = 5,2 DMS 5 % = 41

El peso de 1.000 granos fue influenciado por los efectos principales evaluados, es decir, la variedad y la dosis de fertilizante. Respecto a la variedad Baguette 9 obtuvo un peso de 42,7 g y DM Cronox 34,4 g, estos pesos son diferentes estadísticamente con un CV% = 1,4 y una diferencia mínima significativa al 5 % de 1,03. Respecto a la dosis de fertilizante tuvo el comportamiento que se muestra en el Tabla 3.

Tabla 3. Peso de 1.000 granos para cuatro dosis de fertilizantes.

Tratamiento	Peso de 1.000 granos (g)
2	39,7 a
3	38,5 ab
1	38,4 ab
4	37,5 b

Letras diferentes indican diferencias entre los tratamientos por el test DMS $p < 0,05$

CV % = 3,6 DMS 5 % = 1,46

Si bien la diferencia de peso entre dosis para el peso de 1.000 granos no es muy grande, la misma responde, con cierta variación, en forma indirecta a la dosis de fertilizante. Por lo general, las dosis mayores dan granos más livianos motivados por un mayor número de espigas/m² y seguramente un mayor número de granos/m². Respecto a esta última variable, el análisis estadístico mostró algo similar al peso de 1.000 granos. Se registró una diferencia al 5 % para las variedades. DM Cronox que presentó 14.171 granos/m², en tanto que, Baguette 9 obtuvo 11.010 granos/m². Analizando la dosis, la misma respondió en forma directa a la cantidad de fertilizante aplicado, Tabla 4.

Tabla4: Número de granos/m² para las dosis de fertilizantes evaluados

Tratamiento	Nº de granos/m²
4	14.676 a
3	14.625 a
2	12.402 b
1	8.661 c

Letras diferentes indican diferencias significativas mediante el test DMS $p < 0,05$

CV % = 7,9

DMS 5 % = 1.055

Analizando el rendimiento solamente se establecieron diferencias para la dosis de fertilizante, Tabla 5.

Tabla 5. Rendimiento (kg/ha) para cuatro dosis de fertilizante.

Tratamiento	Rendimiento kg/ha
4	5.535 a
3	5.455 a
2	4.820 b
1	3.266 c

Letras diferentes indican diferencias significativas mediante el test DMS $p < 0,05$

CV % = 7,1

DMS 5 % = 358

Como se aprecia en el Tabla 5, los dos tratamientos que recibieron la mayor dosis de fertilizante, se comportaron de igual manera, diferenciándose de los demás tratamientos, por otro lado, el tratamiento 2 con menor dosis de fertilizante, también se diferenció del testigo.

En el Tabla 6 se presentan los datos de proteína (%), y el rendimiento en grano respectivo.

Tabla 6. Contenido de proteína % y por hectárea para DM Cronox y Baguette 9, para cuatro dosis de fertilizante.

Tratamiento	Variedad DM Cronox		Variedad Baguette 9	
	Rendimiento (kg/ha)	Proteína (%)	Rendimiento (kg/ha)	Proteína (%)
1	3.289	12,4	3.244	10,8
2	4.846	11,6	4.793	10,2
3	5.803	11,8	5.268	10,6
4	5.547	12,5	5.364	11,2

La variedad DM Cronox presentó para todas las dosis de fertilizantes evaluados, mayor contenido de proteína, tanto porcentualmente como así también en kg/ha.

El tratamiento 4 presentó para las dos variedades un mayor contenido de proteína que el tratamiento 3, recordemos que estos dos tratamientos son iguales, la diferencia radica que el tratamiento 4 recibió el aporte de fertilizante foliar en hoja bandera. El rendimiento no sufrió mayores diferencias, aunque para la variedad DM Cronox esta diferencia fue de 256 kg/ha, es posible, que como ya explicamos el quemado parcial de la hoja bandera y la inferior próxima a esta, hayan contribuido a no potenciar el rendimiento. Sin embargo, es posible que el cultivo algo haya absorbido en virtud que el contenido de proteína en el grano se vea incrementado en este tratamiento.

¿Cual fue la mineralización de nitrógeno por parte del suelo y cuál la tasa de aprovechamiento del fertilizante aplicado?

A partir del tratamiento testigo se trató de calcular la posible tasa de mineralización que tuvo el suelo, para eso se utilizaron los datos de rendimiento, contenido de proteína, biomasa total y contenido de nitrógeno en paja. Para estimar el aprovechamiento del nitrógeno presente en el suelo a la siembra, se empleó un índice de 0,7. Los resultados obtenidos se encuentran en el Tabla 7.

Tabla 7. Posible mineralización de nitrógeno a partir del suelo.

Rendimiento promedio del testigo	3.266 kg/ha
Contenido medio de proteína en grano	11,6 %
Índice de cosecha aparente	0,4
Biomasa total	8.165 kg/ha
Contenido de nitrógeno en grano	67,6 kg/ha
Contenido de nitrógeno en paja	49,0 kg/ha
Absorción total de nitrógeno por cultivo	116,6 kg/ha
Disponibilidad inicial en el suelo	27,0 kg/ha
Aprovechamiento con tasa de 0,7 %	18,9 kg/ha
Aporte del suelo = mineralización	97,7 kg/ha

Los 97,7 kg/ha corresponden a nitrógeno absorbido por parte de la planta desde el suelo, este valor podríamos considerarlo como mineralización neta, dado que no existe eficiencia del 100 %, es lógico pensar que la liberación de nitrógeno por parte del suelo fue mayor. Considerando el índice de 0,7, la mineralización bruta que el suelo pudo generar, habría sido de 139,5 kg/ha.

Tabla 8. Por ciento de recuperación de nitrógeno a partir de los fertilizantes para los tratamientos fertilizados.

	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Rendimiento medio de granos	4.819 kg/ha	5.535 kg/ha
Contenido medio de proteína	10,9 %	11,2 %
Índice de cosecha	0,4	0,4
Biomasa total	12.047 kg/ha	13.837 kg/ha
Contenido de nitrógeno en grano	92,1 kg/ha	110,7 kg/ha
Contenido de nitrógeno en paja	72,2 kg/ha	83,0 kg/ha
Absorción total de nitrógeno	164,3 kg/ha	193,7 kg/ha
Disponibilidad promedio de N en suelo	27,0 kg/ha	27,0 kg/ha
Aprovechamiento de N del suelo	18,9 kg/ha	18,9 kg/ha
Mineralización neta de nitrógeno	97,7 kg/ha	97,7 kg/ha
Absorción cultivo - (mineralización + N en suelo)	47,7 kg/ha	77,1 kg/ha
Absorción de nitrógeno del fertilizante	47,7 kg/ha	77,1 kg/ha
Tasa de recupero del fertilizante	88,0 %	73,4 %

Siguiendo el mismo razonamiento y teniendo ahora la tasa de mineralización por parte del suelo, asumiendo por otro lado, que la misma cantidad de nitrógeno tomado por el testigo del suelo, lo han tomado los otros tratamientos, se puede calcular cual fue el recupero de nitrógeno a partir del fertilizante aplicado, Tabla 8.

Como se puede apreciar en el Tabla 8, las tasas de recupero del fertilizante nitrogenado han sido muy altas, 88 y 73,4% para el tratamiento 2 y 3 respectivamente, esto estaría indicando que muy poco nitrógeno podría quedar como remanente para el cultivo siguiente.

¿Qué pasó con el fósforo aplicado?

Considerando que los tratamientos aplicados tendrían la misma posibilidad de absorber el fósforo disponible en el suelo y asumiendo una tasa de absorción del cultivo de 4 kg/ha de fósforo por tonelada de grano producido (Ciampitti y García, 2007), tendríamos que, el testigo habría absorbido del suelo 13 kg/ha de fósforo (3.266 t x 4 kg/t). De esta manera entonces tendríamos para los demás tratamientos las absorciones, recuperaciones y remanente de fósforo que se indica en el Tabla 9.

Tabla 9. Tasa de aprovechamiento, recuperación física y económica del fósforo aplicado.

	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Absorción de fósforo por el testigo desde el suelo (kg/ha)	13,0	13,0
Aporte de fósforo como fertilizante (kg/ha)	18,0	38,4
Necesidad del cultivo (kg/ha)	19,2	22,1
Fósforo remanente del fertilizante (kg/ha)	11,8	29,3
Tasa de aprovechamiento (%)	34,4	23,7
Fósforo remanente producto comercial (kg/ha)	59,4	146,5
Fósforo remanente (\$/ha)	179,4	442,5

Las tasas de recuperación de fósforo se ubican en 34,4 y 23,7% para los tratamientos 2 y 3 respectivamente. Como sabemos, el fósforo remanente no se pierde como puede ocurrir con otros nutrientes móviles, como es el caso del nitrógeno y del azufre, por lo tanto, el fósforo residual puede ser utilizado por los cultivos siguientes en la rotación. Es así que el residual del fósforo llevado a producto comercial, como podría ser superfosfato triple de calcio, daría un residual de 59,4 kg y 146,5 kg/ha, lo que en \$/ha simbolizan 179,4 y 442,5 \$/ha.

Analizando los costos y los beneficios

A efectos de verificar los gastos e ingresos, se efectuó un análisis económico para los tratamientos 1, 2 y 3, el cual se detalla en el Tabla 10.

Tabla 10. Análisis económico para los tratamientos ensayados (\$/ha).

	Tratamientos		
	1	2	3
Total de labores	365,20	365,20	365,20
Total de insumos	237,80	674,00	1.207,42
Cosecha	136,81	201,90	231,86
Total de comercialización	286,50	422,12	484,82
Total de gastos	1.025,86	1.663,22	2.289,30
Total de ingresos	1.926,94	2.843,80	3.265,65
Beneficios	901,08	1.180,58	976,35

Para el análisis se utilizaron los siguientes datos:

Precio bruto del trigo 590 \$/t; precio neto del trigo 502 \$/t; cosecha 7,1 % del ingreso bruto; seguro agrícola cobertura contra granizo por 1.000 \$; comisión 2 % del ingreso bruto; impuestos 1,15 % del ingreso bruto; flete corto 10,7 \$/t de 1 a 10 km; distancia a planta 5 km; flete largo 0,2 \$/t/km; distancia a puerto 265 km; valor de la UTA 88 \$.

El análisis económico presentó un beneficio de 31% y 8,3% superior para los tratamientos 2 y 3, respectivamente, en relación al testigo. Algo que se debería considerar es el fósforo residual, el cual seguramente será aprovechado por los cultivos siguientes en la rotación. Si esto es considerado, el beneficio de los tratamientos 2 y 3 subirían a: 1.359,98 \$ y 1.418,85 \$ respectivamente, en este caso, el beneficio del tratamiento 3 superaría al tratamiento 2 por 4,3 %.

Considerando el precio del trigo y de los fertilizantes utilizados, se calculó también los kg de trigo necesarios para cubrir el costo de un kg de fertilizante, como así también los kg de trigo obtenidos por cada kg de fertilizante aplicado, Tabla 11.

Tabla 11. Determinación de los kg extras de trigo obtenidos por cada fertilizante aplicado para los tratamientos 2 y 3.

	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Precio del trigo \$/kg	0,502	0,502
kg de fertilizante aplicado	180	404
\$/ha por fertilizante	435,6	955,6
kg de trigo necesarios	867,7	1.903,5
kg de trigo por kg de fertilizante	4,8	4,7
Diferencia de rendimiento s/testigo	1.554	1.889
kg de trigo extra producido por kg de fertilizante	8,63	4,67

Para los tratamientos 2 y 3 se realizó también un análisis de sensibilidad, en el mismo se puede observar la producción de trigo necesaria (kg) para pagar una unidad de fertilizante (kg) para distintos niveles de precio, tanto del trigo como del fertilizante, Tablas 12 y 13.

Tabla 12. Análisis de sensibilidad para el tratamiento 2, kg de trigo para cubrir un kg de fertilizante.

Precio del Fertilizante (\$/t)	Precio del trigo \$/t				
	400	450	502	550	600
2.100	5,25	4,67	4,18	3,82	3,50
2.200	5,50	4,89	4,38	4,00	3,67
2.300	5,75	5,11	4,58	4,18	3,83
2.365	5,91	5,26	4,71	4,30	3,94
2.420	6,05	5,38	4,82	4,40	4,03
2.400	6,00	5,33	4,78	4,36	4,00
3.440	8,60	7,64	6,85	6,25	5,73
3.870		8,60	7,71	7,04	6,45
4.315			8,60	7,85	7,19
4.730				8,60	7,88
5.160					8,60

Al momento del cálculo el precio combinado del fertilizante por tonelada, considerando 80 kg MAP y 100 kg de urea, era de 2.420 \$, el precio del trigo 502 \$/t, por lo tanto, se necesitaban 4,82 kg de trigo extra por kg de fertilizante aplicado, en este caso, este tratamiento produjo 8,63 kg de trigo por kg de fertilizante aplicado, por lo cual quedaría una rentabilidad de 3,81 kg de trigo por kg de fertilizante aplicado. Este Tabla permite simular que pasaría, tanto si el fertilizante aumenta o baja, como así también el precio del trigo aumenta o baja, el mismo nos indicaría cuantos kg de trigo necesitaríamos obtener por cada kg de fertilizante aplicado para poder pagar el fertilizante utilizado.

Tabla 13. Análisis de sensibilidad para el tratamiento 3. kg de trigo para cubrir un kg de fertilizante.

Precio del Fertilizante (\$/t)	Precio del trigo \$/t				
	400	450	502	550	600
2.100	5,25	4,67	4,18	3,82	3,50
2.200	5,50	4,89	4,38	4,00	3,67
2.240	5,60	4,98	4,46	4,07	3,73
2.365	5,91	5,26	4,71	4,30	3,94
2.520		5,60	5,02	4,58	4,20
2.810			5,60	5,11	4,68
3.080				5,60	5,13
3.360					5,60

En este caso, el costo de cada unidad de fertilizante fue de 4,71 kg de trigo, el tratamiento produjo 4,67 kg de trigo por kg de fertilizante, por lo cual el beneficio, considerando solamente el fertilizante, es negativo, dado que nos faltaría 0,04 kg de trigo por cada kg de fertilizante aplicado para poder cubrir sus costos.

Comentarios finales

- La mineralización de nitrógeno a partir de la materia orgánica del suelo fue muy alta para un cultivo de invierno, quizás el tipo de suelo, arenoso, buena actividad biológica y condiciones ambientales han contribuido a que esto pueda ocurrir.
- El cultivo de trigo tuvo una alta respuesta a la fertilización química.
- El trigo tuvo una alta tasa de recuperación del nitrógeno aplicado.

- La tasa de aprovechamiento de fósforo, como es lógico, fue menor que la de nitrógeno, pero se ubicó igualmente en valores muy buenos.
- Se debe considerar el fósforo remanente que queda luego de realizar el cultivo de trigo, de considerarse el mismo, los beneficios económicos cambiarían, posicionando en mejor lugar al tratamiento que más fertilizante recibió. Con los precios actuales se debería tener una producción extra de aproximadamente 4,8 kg de trigo por kg de fertilizante aplicado para cubrir los costos de tal insumo.
- Las respuestas unitarias son más elevadas cuando la cantidad de fertilizante aplicado fue menor.
- Se puede privilegiar, si se consideran algunos aspectos, la producción física y la rentabilidad, esto permitiría contribuir mínimamente a la sustentabilidad del sistema productivo.

Agradecimiento: Los autores agradecen al Consejo Asesor de la Agencia INTA 9 de Julio, por el apoyo recibido, como así también al Sr. Lizarralde, propietario del establecimiento donde se realizó la experiencia. Un agradecimiento muy especial al laboratorio de semillas Cargill – Chivilcoy, por la realización de los análisis de calidad de los distintos tratamientos.