



## MAÍZ: Fertilización con diferentes fuentes

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

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

La fertilización en maíz es una práctica inevitable que los productores de la pampa húmeda realizan anualmente en post de mejorar la productividad de este cereal, como así también, ayudar a mantener la fertilidad química de los suelos agrícolas. Hoy en día, la fertilización se realiza en general, con fósforo, nitrógeno, azufre y eventualmente con otros nutrientes. Normalmente el productor utiliza mezclas de fertilizantes, principalmente para aportar fósforo y azufre, aunque algunas de estas mezclas, también aportan calcio, potasio, magnesio, u otros nutrientes. También en los últimos años han aparecido en el mercado otros productos conocidos como mezclas pero que tienen un origen químico, es decir que los nutrientes que se aportan están mezclados balanceados en todos los gránulos. Estos fertilizantes son obtenidos en una reacción química de distintas fuentes nitrogenadas, fosforadas, azufradas, etc, las cuales son combinadas en diferentes proporciones, dando lugar así a mezclas con diferentes concentraciones de nutrientes.

La pregunta que mucha gente se hace es ¿son los fertilizantes formulados en mezclas químicas más eficientes que las mezcla físicas?. A fin de contestar esta pregunta, y otros aspectos de la fertilización en maíz, la Agencia INTA 9 de Julio planeó en la campaña 2007/2008 una experiencia en campo de productores.

El ensayo evaluó 6 tratamientos, a saber:

1. Testigo
2. 100 kg/ha DAP + 243 kg/ha de Urea
3. 100 kg/ha DAP + 220 kg/ha de Urea + 50 kg/ha de sulfato de amonio
4. 140 kg/ha de ME • S15 + 240 kg/ha de Urea
5. 115 kg/ha de ME • S10 + 252 kg/ha de Urea
6. 115 kg/ha de ME • MZ + 252 kg/ha de Urea

DAP Fosfato Diamónico (18% N • 46 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

Sulfato de Amonio: (21 % N - 23 % S)

ME • S15 • Mezcla 15 = (14 % N – 33 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 15 % S)

ME • S10 • Mezcla 10 = (12 % N 40 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> • 10 % S)

ME • 2 • Mezcla Zinc = (12 % N 40 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> • 10 % S • 1 % Zn)

N = Nitrógeno

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = Pentóxido de fósforo

S = Azufre

Zn = Zinc

En el cuadro 1 se presenta la cantidad de nutrientes en kg/ha aplicado con cada tratamiento

Cuadro 1: Cantidad de nutrientes (kg/ha) aplicados por tratamiento

Tratamiento	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	S	Zn	Tipo de mezclas
1	0	0	0,0	0,00	---
2	46	130	0,0	0,00	---
3	46	130	11,5	0,00	MF
4	46	130	21,0	0,00	MQ
5	46	130	11,5	0,00	MQ
6	46	130	11,5	1,15	MQ

MF: Mezcla física

MQ: Mezcla química

El maíz se sembró el 15 de octubre sobre un suelo que provenía de soja de segunda como cultivo antecesor, la siembra fue en directa, empleándose 84.000 semillas/ha, sembradas a 0,70 m entre hileras con el híbrido DK 699 MG.

La fertilización con DAP; ME 10; ME 15; MEZ, se aplicaron en la línea de siembra, en tanto que la urea y el sulfato de amonio, se aplicaron al voleo en cobertura total antes de la siembra. Antes de la implantación, se efectuó un análisis de suelo el cual arrojó los siguientes resultados:

#### Análisis de Suelo:

MO: 3,3 %  
 pH : 5,6  
 Nitrógeno de nitratos: 27 kg/ha (0 - 60 cm)  
 Fósforo asimilable: 5,6 ppm  
 Azufre de sulfatos: 9,4 ppm  
 Zinc: 1,22 ppm

Las semillas fueron tratadas antes de la siembra con insecticida Force (1 cc/kg de semilla). El control de malezas se realizó con 3 l/ha de atrazina + 1,3 l/ha de Dual Gold + 1 l/ha de glifosato con 120 l/ha de agua, aplicado en forma preemergente.

Cada tratamiento contó con una parcela de 5 surcos por 7 m de largo, con 4 repeticiones, arregladas en un diseño de bloques complementadas al azar.

La campaña de cosecha gruesa 2007/08 presentó algunas complicaciones principalmente desde el punto de vista climático. Las heladas registradas los días 4 – 10 y 15 de noviembre, provocaron un atraso en el cultivo, como así también pérdida de superficie fotosintética activa, de todos modos, todos los tratamientos se recuperaron bien, situación que no ocurrió en otras partes del partido donde se tuvieron que resembrar muchos lotes.

Las lluvias tampoco fueron todo lo abundantes que habían sido en campañas anteriores, pese a eso y gracias a una buena acumulación de agua en el perfil del suelo, como así también a la siembra directa, el cultivo pudo sortear bien este obstáculo.

El número de plantas logradas, como la uniformidad de siembra, fueron muy buenas, alcanzándose, promedio de todos los tratamientos, 90 % de logro, no presentándose diferencias estadísticas entre los tratamientos ensayados.

Otra problemática presente en la actual campaña fue la presencia, en forma muy abundante, del Mal de Río Cuarto. En promedio de todos los tratamientos se encontró 2,3 % de plantas dañadas, en tanto que el testigo presentó un nivel del 6,4 %, este mayor efecto esta ligado directamente con la nutrición de las plantas, quizás los otros tratamientos también tengan igual valor, pero mucho de los ataques más tardíos quedan enmascarados y suavizados por la buena nutrición que el cultivo dispuso.

La cosecha se efectuó en forma manual, recolectándose para cada unidad experimental dos surcos por 5 m de largo cada uno. El material cosechado fue luego trillado en una máquina estacionaria y fue pesado el producto obtenido. Con estos datos y con el contenido de humedad que cada tratamiento presentó, se calculó el rendimiento por hectárea a humedad de recibo (14,5 %). Con los datos de rendimiento se realizó un análisis de variancia y

al ser este significativo a una probabilidad inferior al 1 %, se procedió a comparar las medias mediante el test de la diferencia mínima significativa al 5 % probabilidad, cuadro 2.

Cuadro 2: Rendimiento (kg/ha) y comparación estadística entre tratamientos ensayados

Tratamientos	Rendimiento kg/ha	Nivel de significancia $p < 0,05$
4	13.907	A
6	13.302	AB
5	13.263	AB
3	12.724	AB
2	12.267	B
1	9.230	C

Media general: 12.449 kg/ha

Coefficiente de variación: 7,3 %

Letras diferentes indican diferencias significativas por el test de la diferencia mínima significativa  $p < 0,05$

De la comparación de medias se vislumbra al tratamiento 4 como el más destacado, aunque no se diferenció estadísticamente de los otros tratamientos fertilizados con nitrógeno, fósforo y azufre. Por otro lado, estos últimos tratamientos, no se diferencian del tratamiento que aportó nitrógeno y fósforo, en tanto que todos los tratamientos fertilizados se diferenciaron del testigo absoluto.

Se puede también, además de observar los resultados que brinda la estadística, comparar los valores absolutos de rendimiento y determinar las diferencias en kg/ha y en forma porcentual que cada uno de ellos obtiene con respecto al testigo, cuadro 3.

Cuadro 3: Rendimientos (kg/ha) y diferencias en kg/ha y porcentuales respecto al testigo

Tratamiento	Rendimiento kg/ha	Diferencia s/testigo	
		kg/ha	%
1	9.230	0	100,0
2	12.267	3.037	132,9
3	12.724	3.494	137,8
4	13.907	4.677	150,6
5	13.263	4.033	143,6
6	13.302	4.072	144,1

Un efecto muy destacado lo tuvo el aporte de azufre que recibieron los tratamientos, de esta manera si agrupamos todos los tratamientos que aportaron azufre (3 – 4 – 5) y lo comparamos con el tratamiento 2 (igual cantidad de nutrientes pero sin azufre), encontramos una diferencia de 1.031 kg/ha a favor de los que llevan azufre, representando esto un incremento de rendimiento del 8,4 %.

De todos modos ese incremento por azufre no es igual para todos los tratamientos que dispusieron de este nutriente, de esta manera tenemos:

Tratamiento 2 Vs tratamiento 3 = + 457 kg/ha = 3,7 % + de rendimiento

Tratamiento 2 Vs tratamiento 4 = + 1.640 kg/ha = 13,3 % + de rendimiento

Tratamiento 2 Vs tratamiento 5 = + 996 kg/ha = 8,1 % + de rendimiento

Por último el zinc, como nutriente no tuvo efecto sobre el rendimiento, dado que su aporte logró sólo 39 kg/ha más de rendimiento.

Al no tener efecto sobre el rendimiento el zinc podríamos agrupar todos los tratamientos que aportaron el fertilizante fosforado, azufrado y parte del nitrogenado, dentro de un mismo granulo (tratamientos 5 -6) y compararlos con la fertilización de la mezcla física (tratamiento 3), a igualdad de kilogramos de nutrientes suministrados. En este caso las mezclas químicas superaron a la mezcla física por 558 kg/ha (+ 4,4 %). Si comparamos

el tratamiento 4 (mezcla química), el cual dispuso de 9,5 kg/ha más de azufre que los tratamientos 5 y 6, también mezclas químicas, el tratamiento 4 produjo 625 kg/ha más de rendimiento (+ 4,7 %), esto equivale a 65 kg/ha más de maíz por cada kg extra de azufre aplicado. Si esa comparación la realizamos entre el tratamiento 4 (mezcla química) y el tratamiento 3 (mezcla física) la diferencia de rendimiento a favor del tratamiento 4 fue de 1.183 kg/ha (+ 9,3 %), aquí, al efecto positivo de la mezcla química, se le suma el efecto positivo de una mayor provisión de azufre.

Cuando apuntamos a altos rendimientos de maíz debemos recordar que el cultivo de maíz tiene altos requerimientos de este nutriente (4 kg/t de grano producido). En el caso de la experiencia, el tratamiento 4 casi llegó a las 14 t/ha, esto representaría una absorción de azufre de aproximadamente 56 kg/ha, con seguridad muchos suelos de la región pampeana no pueden aportar esa cantidad de azufre en un tiempo acotado como es el ciclo del maíz, no mayor a 6 meses, de los cuales no en todos estos meses lo puede absorber este nutriente.

Además del rendimiento físico que cada tratamiento obtuvo, es importante el rendimiento económico que cada uno alcanzó. A tal efecto se realizó un análisis económico simple para evaluar el beneficio de la práctica ensayada (fertilización), aquí no se consideraron los costos de producción general que el cultivo tuvo, ya que estos costos son comunes para todos los tratamientos, en consecuencia solo se tuvieron en cuenta los costos diferenciales, por lo tanto el resultado que a continuación se presenta no es un margen bruto.

Los valores con los cuales se trabajó fueron los siguientes:

<b>Precio del maíz</b>	<b>510 \$/t</b>
<b>Gastos de comercialización</b>	<b>30 %</b>
<b>Precio de venta libre</b>	<b>357 \$/t</b>
<b>Precio de la urea</b>	<b>1.650 \$/t</b>
<b>Precio del DAP</b>	<b>4.350 \$/t</b>
<b>Precio del sulfato de amonio</b>	<b>1.950 \$/t</b>
<b>Precio de la Mezcla 15</b>	<b>4.380 \$/t</b>
<b>Precio de la Mezcla 10</b>	<b>4.380 \$/t</b>
<b>Precio de la Mezcla SZ</b>	<b>4.650 \$/t</b>

Considerando estos valores, la cantidad de kg aplicados en cada tratamiento, el rendimiento obtenido y el precio del maíz, se obtiene el siguiente resultado, cuadro 4.

Cuadro 4: Beneficio económico de los tratamientos ensayados

Tratamiento	Rendimiento kg/ha	Ingreso \$/ha	Costo del Fertilizante \$/ha	Ingreso Parcial \$/ha	Beneficio de la práctica \$/ha
1	9.230	3.295	0	3.295	---
2	12.267	4.379	836	3.543	248
3	12.724	4.542	895	3.647	352
4	13.907	4.965	1.009	3.956	661
5	13.263	4.735	920	3.815	520
6	13.302	4.749	951	3.798	503

Como se puede apreciar en el Cuadro 4, las mezclas químicas son los tratamientos que tienen mayores costos, pero también son los que alcanzan mayores beneficios, llegando a duplicarse cuando se compara el mejor tratamiento Mezcla 15, con la fertilización de la mezcla física, que también aportó nitrógeno, fósforo y azufre (tratamiento 3).

Es real que aquí hay diferencias en la cantidad de azufre aplicado, además de la forma en la cual se encuentra el azufre, en el caso de las mezclas químicas, el azufre se encuentra 50 % como sulfato y 50 % como azufre elemental. Ahora bien, si comparamos el tratamiento 5 con el 3, en este caso tenemos igual cantidad de nutrientes aplicados e igualmente la mezcla química (Mezcla S10), superó a la mezcla física, en el rendimiento económico de la práctica por 47,7 %.

Algo que se debe destacar es que si bien el testigo absoluto logró un buen rendimiento, este lo consiguió en un buen suelo, entendiéndose que no todos los suelos de la región pampeana presentan características químicas, físicas y biológicas, como en el que se realizó la experiencia. Esto indicaría que en otro tipo de suelo se podrían alcanzar diferencias aún mayores, entre los tratamientos fertilizados y el testigo. Por otro lado debemos pensar, que parte del fósforo aplicado y posiblemente de azufre que aportaron los tratamientos fertilizados hayan quedado para cultivos posteriores, en tanto que en el testigo, no sólo no quedará nada, sino que además actúa como un verdadero drenaje de nutrientes, los cuales se fueron con los granos cosechados, representando esto una alta contribución a la no sustentabilidad del sistema productivo, hecho que se verá en este tipo de manejo, en un muy corto tiempo.

### **Comentarios finales**

De acuerdo a los resultados alcanzados en esta experiencia se pueden esbozar algunos comentarios

- Las mezclas químicas lograron una mayor producción las cuales se ubicaron, entre un 43 % y 50 % más de maíz cuando se lo comparó con el testigo, en tanto que la mezcla física logró un incremento de producción del 37 %.
- El azufre produjo incrementos de rendimientos que se ubicaron entre 3,7 % y 13,3 %.
- El mayor aporte de azufre produjo un mayor incremento de rendimiento, equivalente a 65 kg/ha de maíz por cada kg/ha extra de azufre aplicado.
- El aporte de zinc no produjo efectos sobre el rendimiento.
- Todas las mezclas químicas presentaron un rendimiento económico superior a las mezclas físicas.
- El mayor rendimiento económico logrado con la mezcla química, fue logrado con la mezcla que aportó mayor cantidad de azufre.

Los resultados aquí obtenidos, es necesario corroborarlos con nuevos ensayos, abren un camino importante a la hora de hacer eficiente el uso de algunos fertilizantes.