

# **Resultados de los Ensayos de Fertilización en Soja**

## **Campaña 1998/99**

Ing. Agr. PhD. Ricardo Melgar y Javier Lavandera  
FERTILIZAR - INTA –  
Est. Exp. Pergamino. INTA C.C. No. 31 2700 PERGAMINO

### ***INTRODUCCION***

Si bien los fertilizantes son algo cotidiano en la producción de cereales, son pocos los productores que fertilizan soja, uno de los cultivos pampeanos más extractivos de nutrientes. Aun cuando hay más de 7 millones de has sembradas, se fertiliza menos del 10 % mientras que el área fertilizada con trigo y maíz están casi en su máximo, 75 a 95 % según la región.

A los rendimientos promedio, el doble cultivo trigo-soja extrae y exporta anualmente del sistema 47 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Los residuos de soja son escasos en cantidad y calidad, y devuelven muy pocos nutrientes al suelo. Si no hay otros aportes en la rotación, el sistema es insostenible ya que no hay otro mecanismo de reposición del P o del S o de otros nutrientes excepto N, que no sean el agregado de fertilizantes.

La falta de adopción de la práctica en parte sería por falta de información utilizable para tomar decisiones y en parte por falta de un criterio claro de interpretación del valor de P o S disponibles según los análisis de suelos. Por otra parte, para el productor es difícil visualizar respuestas en grano de la misma magnitud que en cereales, ya que el producto es de mayor valor biológico (proteínas y aceites vs. carbohidratos) y si bien el equivalente glucosa de la producción y de los aumentos por fertilización son similares, el rendimiento físico de grano es menor.

El objetivo de esta presentación pretende proveer evidencias de aumentos de rindes producidos por la fertilización con distintos nutrientes en distintos ambientes durante la última campaña.

### ***RESPUESTAS OBTENIDAS A LA FERTILIZACIÓN CON DIFERENTES NUTRIENTES***

#### ***Respuesta al fósforo***

La respuesta al fósforo no se discute en los lotes con bajos niveles de P asimilable ó disponible, como tampoco se discute la necesidad de fertilizarla si se pretenden resultados económicos. Varias regiones del país normalmente incluyen esta práctica en sus planteos de producción. En un trabajo previo se identificaron límites de clases de probabilidad de respuesta que acoplados a la geografía del área sojera de hecho funcionan indicando el uso de fertilizantes. Los productores de áreas deficientes del sudeste de Bs.As. y de Entre Ríos, por ejemplo, normalmente aplican al menos 50 kg/ha de fosfatos a la siembra. Hacia el oeste, en cambio, en muchas zonas conocidas como de altos valores de P disponible, es impensable e ilógico esperar aumentos e rendimientos con el agregado de fertilizante fosfatados solamente. Los valores límites de clases indudablemente podrán diferir levemente entre categorías, según el set de datos que origine el análisis. En un trabajo de revisión de 65 ensayos de la región pampeana se seleccionaron como valores límites a 9 y 14 ppm, (Melgar y otros 1995).

Recientemente en Tucumán Mejail y otros (1998) señalan cifras levemente diferentes, 7 y 17 ppm de P-Bray, sobre una red de ensayos de mas de 30 sitios en campos de productores. Una vez mas en este caso, el análisis de suelos resultó indicativo de las respuestas obtenidas con la fertilización fosfatada.

Tabla 1. Resultado del agrupamiento en 3 clases de interpretación de análisis de suelo (Melgar y otros, 1995).

Clase de probabilidad de respuesta	Valor limite de clase ..ppm..	Incremento medio por fertilización ...kg/ha...
ALTA	< 9	355
MEDIA	9 - 14	214
BAJA	> 14	34

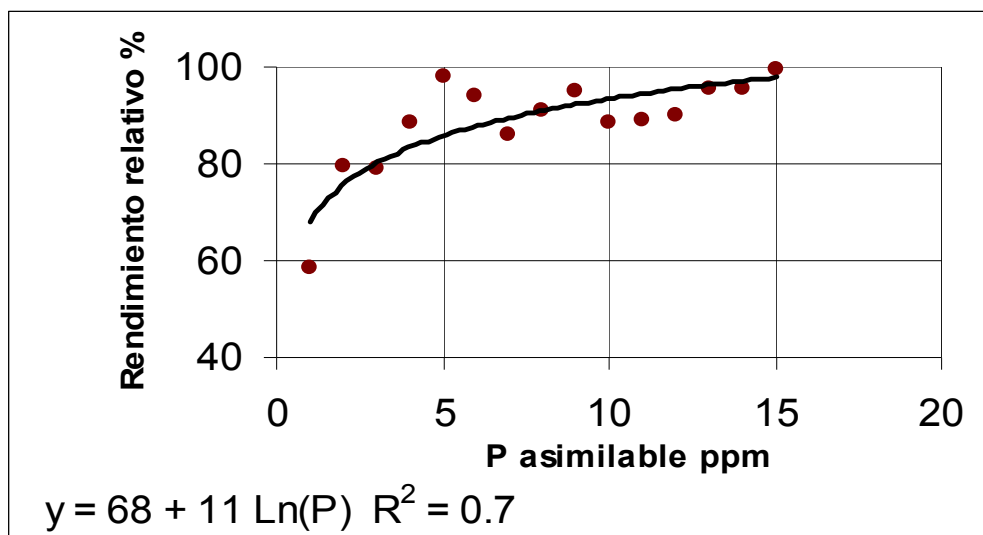


Figura 1. Rendimientos relativos de soja de los tratamientos sin fertilización, respecto al máximo rendimientos logrados con fertilización fosfatada en relación al nivel de P disponible (Bray 1). (Adaptado de Mejail y otros 1998)

Las mayores dudas surgen al menos en dos situaciones, la 1ra, donde los valores sean intermedios, digamos entre 10 y 20 ppm de P-Bray, la mayoría geográfica del área sojera, y en situaciones donde se pretende lograr y asegurar un alto rendimiento de grano. Presentaremos dos ejemplos, también logrados en la última campaña. Otra duda surge en relación al agregado de P en la soja de segunda o de primera. Los datos en este caso fueron presentados por Fernando Solari de AAPRESID en la última reunión de Actualización (1997). Las diferentes respuestas en soja de 1ra. y 2da. dependen del potencial de respuesta, resultando en mayores incrementos en los sitios con suelos mas deficientes .

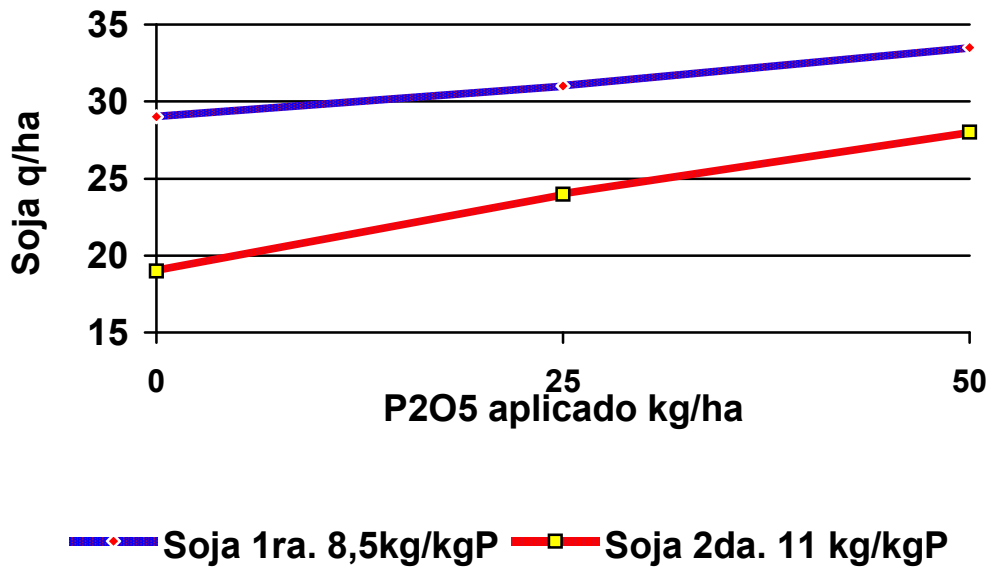


Figura 2. Respuestas promedio observadas en campos de productores de siembra directa al agregado de fósforo en soja de 1ra. y de 2da.

El encalado ha sido citado como un medio para aumentar los rendimientos con excelentes demostraciones de respuestas. Algunas evidencias indirectas de este aumento de rendimiento provienen del efecto de una mejora en la disponibilidad de fósforo por el aumento del pH por el encalado. Se ha citado (Lemos E. Comunicación personal), que al mejorar el pH, los valores de P disponible han pasado de 13 a 19 ppm. Los ensayos conducidos con el encalado deberían diseñarse de manera tal de poder discriminar este efecto de otros relacionados al aumento de pH, por ejemplo mayor sobrevivencia de rizobios, mayor disponibilidad de molibdeno.

### **Respuesta al Azufre**

El azufre indudablemente, la vedette de toda charla o Jornada o reunión entre productores. Indudablemente la posibilidad de lograr aumentos de producción entusiasma a muchos y ya se han verificado respuestas económicas no solo en soja sino también en maíz, trigo y alfalfa. Normalmente se aplica el S como sulfato para asegurar una rápida disponibilidad para el cultivo

La utilización de azufre como sulfato podría no ser la única vía. Durante la campaña anterior se llevaron a cabo ensayos en cuatro localidades, Arequito, Santa Teresa, Pergamino y San Pedro. El ensayo base incluyó cuatro dosis de azufre: 0, 10, 20, y 30 kg/ha de S, aplicado como sulfato de amonio (24 % de S) y como azufre elemental micronizado y granulado **Sulfer®** (95 % de S) en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones en parcelas de 5 x 10 m. Todos los tratamientos además contaban con una aplicación a la siembra de 50 kg/ha de FDA, Además se compara el efecto de una aplicación en presiembra en relación a otra realizada en al comienzo de la fructificación (R3) del S como sulfato de amonio. Para descartar el efecto del nitrógeno aportado con el sulfato de amonio, todos los tratamientos fueron igualados con aplicaciones crecientes de urea en presiembra o con nitrato de amonio calcáreo en R3. Se incluyeron también tratamientos sólo con N en cada momento para estudiar el efecto del N sin S. El diseño del ensayo es en bloques al azar con cuatro repeticiones. Las parcelas tienen 25 m<sup>2</sup> (7 líneas x 5 m).

Los ensayos fueron instalados en Argiudoles Típicos o verticos (San Pedro) según se detalla a continuación. En todos los casos el producto se aplicó y se incorporó a la capa arable con la última labranza. A pesar que el azufre agregado como S elemental no resultó en ninguna modificación de los niveles de S foliar a diferencia del S aplicado como sulfato de amonio; los resultados no difirieron estadísticamente aunque tampoco las respuestas obtenidas son de la magnitud presentada en otras reuniones. De acuerdo a la tendencia observada la respuesta medida es igual a 16 kg de soja por kg de S aplicado. No habría un máximo económico ya que en el rango ensayado, el mayor rinde se observó con la máxima dosis probada de 30 kg. y el incremento total promedio logrado es de 5 qq/ha. Es interesante destacar que los sitios eran todos altos en S asimilable: 12,15,15, y 16 ppm de S-SO<sub>4</sub>.

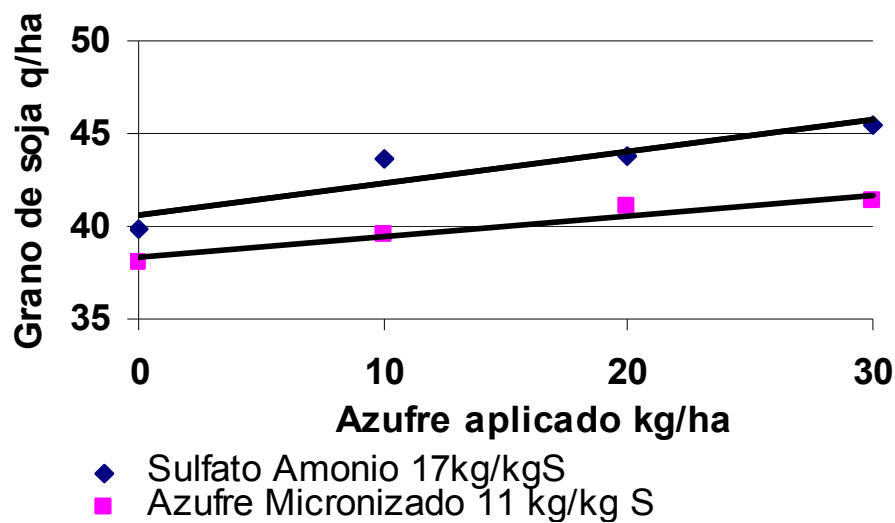


Figura 4. Respuestas promedios de tratamientos con dos fuentes de azufre en cuatro localidades

### **Respuesta al Nitrógeno**

La posibilidad que los rendimientos de soja puedan mejorarse con el agregado de nitrógeno siempre es una posibilidad negada por los agrónomos en general por varias razones, principalmente porque la soja satisface sus requerimientos de cultivo a través de la simbiosis con bacterias fijadoras del N atmosférico. Sin embargo algunos agrónomos consideran que otras opciones son posibles ya que al observar el desarrollo del cultivo de soja, es fácil ver como sus mayores necesidades de N se determinan (40 al 50 %) después que comienza el llenado de granos en las vainas.

Es importante aclarar que la nodulación de la planta también se detiene en ese estado ( R-5), ya que a partir de ese momento la planta se especializa en llenar las semillas en las vainas. En este punto, todo el N de la planta se moviliza a la semilla. En algunas experiencias realizadas en Argentina, mas bien aisladas, donde se evaluaron respuestas al N, la fertilización falló en responder debido a un erróneo momento de aplicación. En general, en estas experiencias las aplicaciones se realizaron a la siembra, pero la soja no puede aprovechar mas que unos 20 a 30 kg/ha de N; cantidades mayores provocan un exceso de crecimiento vegetativo. Además, y esto también ha sido documentado en todo el mundo, altos niveles de nitratos conducen a una disminución en la intensidad de la nodulación. Ya que el cultivo aparenta ser mas eficiente usando el N aplicado que el fijado por ella misma, ya que éste le consume energía metabólica.

Los principios generales de la aplicación de N que pueden aumentar los rendimientos a través de un mayor número y peso de semillas son los siguientes. 1) Aplicar N hasta 30 kg/ha antes o a la siembra puede satisfacer las necesidades iniciales de N del cultivo. 2) Aplicar N no antes de R-3, cuando comienza la fructificación, proveyendo N complementario cuando la planta más lo necesita. El siguiente ensayo es un resumen de los presentados

Tabla Nº 2. Rendimientos promedio de algunos tratamientos con N y S aplicados en dos momentos

	S. Teresa	Arequito	Pergamino	San Pedro	<b>Promedio</b>
	kg /ha.....				
<b>Testigo</b>	4,590	3,528	4,025	3,089	<b>3,808</b>
<b>Aplicación a la siembra</b>					
Nitrógeno	5,603	3,624	4,324	4,203	<b>4,438</b>
Nitrógeno +Azufre	4,995	3,865	4,830	4,270	<b>4,490</b>
<b>Aplicación en R-3</b>					
Nitrógeno	4,725	4,298	4,140	3,989	<b>4,288</b>
Nitrógeno +Azufre	4,950	4,793	4,186	3,990	<b>4,480</b>
Desvío Estándar de la Media ( $S_x$ )	251	378	300	219	
CV %	10.2	19.9	13.8	11.6	

Muchas respuestas observadas al azufre se obtuvieron en ensayos donde se utilizan fuentes que contienen N haciéndose difícil discriminar el efecto del aumento de rinde como debida al azufre o al nitrógeno. En la campaña 1997/98, en Gral. Villegas se evaluó el rinde de grano y MST en tres sitios la aplicación de 120 kg/ha una solución N-S 23-00-3S en el estadio de dos hojas (V-2). Los resultados presentados en la Figura 5 indican una mejora con el tratamiento respecto al testigo, que no puede atribuirse solo al N o al S.

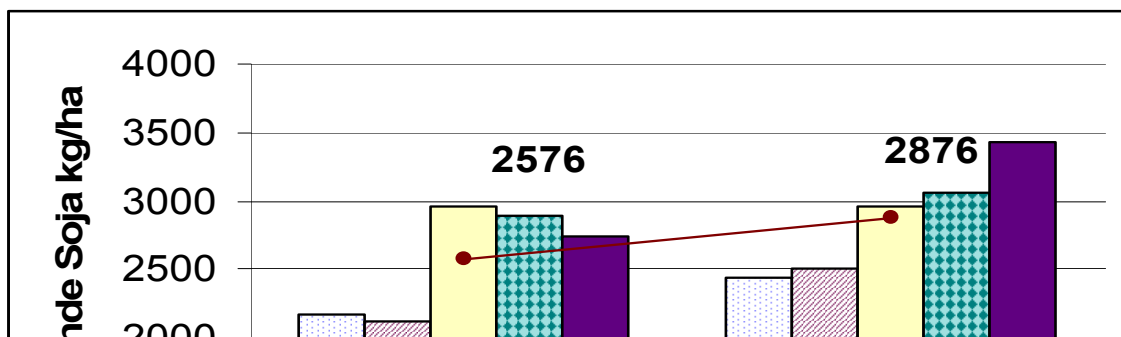


Figura 5. Resultados de rendimientos logrados con el agregado de fertilizantes fluidos con N y S.

### **Respuesta a micronutrientes**

De los nutrientes más frecuentemente deficientes: Boro, Zinc y Cobre, ninguno es crítico para soja, a diferencia de otros cultivos como girasol y maíz, particularmente sensibles a boro y a zinc respectivamente. De aquellos micronutrientes citados como más sensibles para la soja: Manganeso y Hierro, su deficiencia se asocia a pH's altos o suelos recién encalados, situaciones que no son frecuentes en la región pampeana.

Con la finalidad de recabar información preliminar sobre posibles respuestas a micronutrientes se evaluaron durante la campaña pasada la respuesta en dos tipos de ensayos. En el primero de ellos, los micronutrientes se agregaron en presiembra, en mezclas físicas con fosfato diamónico (FDA), y en el segundo ensayo conducido también en Santa Teresa y en Fontezuela, se evaluaron productos aplicados en la semilla, combinados con aplicaciones foliares

En el 1er. ensayo se evaluaron tres dosis de Zn, de Mn: 0, 2.5 y 5 kg/ha de Zn y Mn, ) y de Boro (0, 0,5 y 1 kg/ha) aplicado como **Zincogran®** (30 % de Zn) **Nutriman®** ( 30 % de Mn) y de una mezcla de ambos aplicado como **FTE BR12®** (2% Mn, 9% de Zn, 1.8 % de B, 0.1 de Mo, 0,8 % de Cu y 3 % de Fe). El diseño del ensayo fue de bloques al azar con cuatro repeticiones en parcelas de 5 x 5 m. Los ensayos fueron instalados en Argiudoles Típicos en Santa Teresa y Arequito, según se detalla a continuación. En todos los casos los productos se aplicaron y se incorporaron a la capa arable con la última labranza, excepto el boro, que se aplicó como Solubor (17% de B) a los 35 días de emergido el cultivo. Todos los tratamientos de micronutrientes se aplicaron en dos niveles de fertilización con FDA: 65 y 130 kg/ha (30 y 60 kg P2O5/ha).

En el sitio Santa Teresa no hubo ninguna respuesta evidente a los micronutrientes, observándose en cambio un contraste significativo entre el testigo (47 q/ha) y los niveles crecientes de fosfato aplicado.(50 y 53 q/ha). En cambio en Arequito se observaron tendencias a mayores rendimientos en los tratamientos con la aplicación más alta de fósforo y de Zinc (39,5 q/ha), y Boro (37,7 q/ha) respecto de los que no tenían micronutrientes (36 q/ha) , y sin diferencias con la dosis baja de fósforo, ni al manganeso o la combinación con todos los micronutrientes

En el segundo ensayo, Santa Teresa y Arequito, se evaluó la aplicación de un tratamiento de Cobalto (Co) y Molibdeno (Mo) (Co-Mo®) aplicado en la semilla con el inoculante, combinado

con una aplicación foliar de 4 l/ha de un compuesto complejo con 5% de Zn, 3 % de Mn, 0,5% de Cu, 0,5 de B y 4 % de S (Starter®). Como alternativa a este tratamiento se aplicó el cobalto y molibdeno junto con el compuesto multinutriente Starter. Los resultados se muestran en la tabla de abajo donde se observan algunas tendencias a mayores rendimientos con el tratamiento ensayado.

Tabla 3. Respuestas obtenidas con el agregado de micronutrientes en soja de 1ra.

	Arequito	Santa Teresa	Promedio
	.....kg/ha.....		
Testigo	3,431	4,245	3,838
Co-Mo con inoculante + Complejo micros	3,504	4,624	4,064
Co-Mo foliar + Complejo micros	3,648	4,444	4,046

### **Fertilizaciones balanceadas**

La respuesta no es a un solo nutriente sino a una fertilización balanceada. La estrategia de investigación tiende a privilegiar el estudio de un nutriente por vez, dejando constantes los demás a un nivel considerado adecuado y que no afecte la respuesta al nutriente en estudio. Sin embargo, esto ha recibido críticas cuando se trata de lograr los máximos rindes, bajo un criterio de satisfacción de los nutrientes según los valores extraídos por el cultivo. En ese sentido la utilidad de los análisis de suelos es cuestionada, ya que evalúan algunos factores de la disponibilidad de nutrientes, y no todos. Como resultado, y en particular en situaciones donde la producción de un cultivo se realiza en suelos de mediana a alta fertilidad, las fertilizaciones completas, son las que siempre tienden a rendir más que aquellas donde se aplican uno o dos nutrientes.

Como ejemplo citaremos dos casos, uno de ellos, corresponde a experiencias de llevadas a cabo en la Estación Exp. Pergamino, donde se estudió el efecto directo de tratamientos de fertilización sobre soja de 1ra, y el efecto residual de tratamientos de fertilización sobre trigo, pero evaluados en soja de 2da. A la siembra del cultivo, se aplicaron 2 tratamientos: 18-46-0, y 18-46-33-33S-17Mg-5Zn, (en kg/ha de nutrientes) aplicados con y sin enalado, (1 ton/ha), más un testigo sin fertilizantes. Los resultados son mostrados en la figura siguiente.

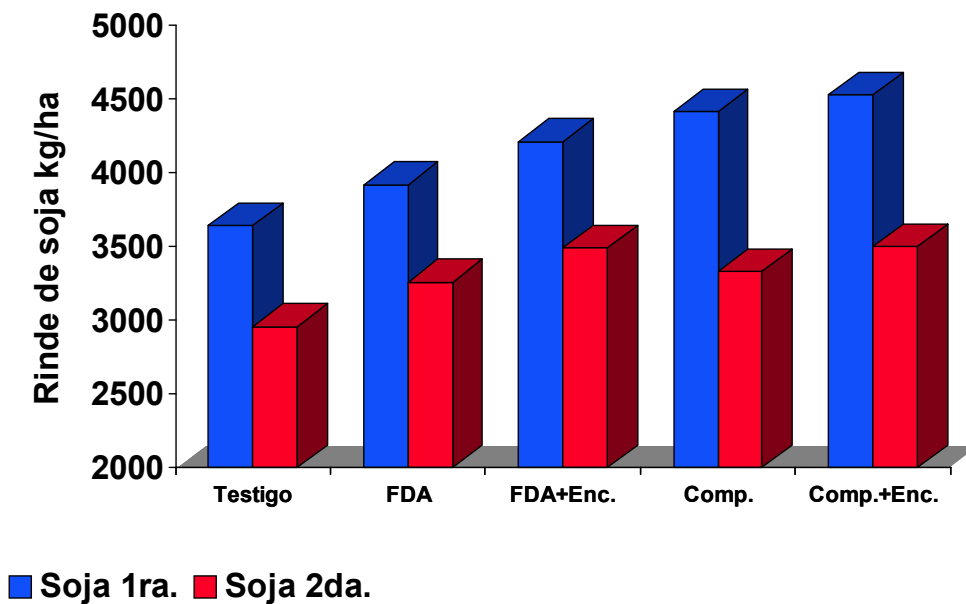


Figura 6. Resultados de rendimientos promedios de tratamientos logrados con fertilización con fosfato diamónico y con una mezcla completa de nutrientes combinado con y sin encalado

En el segundo ejemplo corresponde a una evaluación de la respuesta a la fertilización con varios elementos sospechados deficientes o limitantes para un mayor rendimiento, en campos de fertilidad media a alta bajo siembra directa continua. Los tratamientos fueron cinco, y evaluaron las respuestas al agregado de fósforo, azufre, potasio, magnesio y micronutrientes. Los distintos tratamientos fertilizantes se evaluaron por vía de la experimentación adaptativa en campos de productores de siembra directa, según el siguiente detalle:

Localidad -	Región -	Productor
Los Surgentes -	SE Córdoba -	Gabriel Pellizón
Monte Buey -	SE Córdoba -	Jorge Romagnoli
San Carlos Centro -	C Santa Fe -	Primo y Colussi
Caferata -	S Santa Fe -	Martín Ambrogio
Bragado -	C Buenos Aires -	Pablo Spelanzon

NUTRIENTE / FUENTE	DOSIS kg/ha
<b>Fósforo</b> (PMA: 54 kg/ha);	<b>5-28 -0-0</b>
<b>Azufre</b> (SA: 38 kg/ha),	<b>8-0-0-9S</b>
<b>Fósforo+Azufre</b> (92 kg/ha mezcla (60/40 PMA/SA),	<b>13-28-0-9S</b>
<b>Fósforo+Azufre+Magnesio+Potasio</b> (60/40 SPT/SPMg)	<b>0-28-9-9S-7Mg</b>
<b>Completa:</b> P-K-S-Mg + Micros (60/40 SPT/SPMg+Co-Mo)	<b>0-28-9-9S-7Mg+Co+Mo</b>

Los fertilizantes se aplicaron con la siembra en la línea, asegurándose que no hubo riesgo de fitotoxicidad al no superar los 100 g/ha de producto. Cada uno de estos tratamientos se aplicó en franjas suficientemente largas, separadas por áreas sin fertilizar.



Las dosis agregadas de P, S y Mg se corresponden aproximadamente a las cantidades extraídas por una cosecha promedio de 22,0 qq/ha. Específicamente equivalen a las siguientes cantidades extraídas en el grano, sin considerar lo absorbido por el resto de la planta y devuelto al lote: **P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 13 kg/ton; S: 4 kg/ton y MgO: 4 kg/ton**. De este modo esta fertilización evitaría un empobrecimiento adicional de reservas de nutrientes. Los resultados obtenidos en los lotes de producción, confirman el creciente aumento de rendimientos logrados con los tratamientos mas completos.

Tabla 4. Resultados obtenidos con tratamientos de fertilización n soja de 2da en cinco localidades.

	S.Carlos	Surgentes	Bragado	Caferata	M.Buey	Media	Dif. Testigo
	qq/ha.....						
Testigo	22.3	30.23	24.93	21.72	26.53	<b>25.1</b>	
Fósforo (P)	21.7	26.58	22.05	22.94	26.63	<b>24.0</b>	-1.2
Azufre (S)	21.9	30.03	26.22	23.86	26.53	<b>25.7</b>	0.6
P + S	22.9	31.02	26.65	24.77	26.96	<b>26.5</b>	1.3
P+ S +K+Mg	22.9	31.92	25.98	25.15	27.26	<b>26.6</b>	1.5
P+S+K+Mg+Mic	24.9	31.92	25.12	24.58	27.96	<b>26.9</b>	1.8

## Referencias

- Mejail J., J.J Marto,H. Sanchez, D.A. Guevara, C. Hernandez, M. Morandini y R.Rufino. 1998. Red de ensayos de fertilización fosfatada en soja. Convenio INTA-AGD - EEAOC - Hydro Agri. EEAOC- Avance Agroindustrial. Octubre 1998 21-23.
- Melgar, R.J. E. Frutos, M.L.Galetto y H.Vivas. 1995. El análisis de suelos como predictor de la respuesta de la soja a la fertilización fosfatada. Compendio de trabajos presentados en 1er. Congreso Nacional de Soja y 2da. Reunión Nacional de Oleaginosas. Pergamino Octubre de 1995. Tomo I. Pag. 167-174.
- Solari, F. 1997. Análisis de los resultados de la siembra de soja de la campaña 96/97 en regional II Sud Centro de Bs.As. En Jornada de intercambio Técnico de soja. Septiembre de 1997 AAPRESID. Pag. 35-43