

Ing. Agr. Mirian Barraco  
[suelosvillegas@correo.inta.gov.ar](mailto:suelosvillegas@correo.inta.gov.ar)

El cultivo de soja presenta una mayor demanda de nutrientes por tonelada de grano producida que el resto de los cultivos (Tabla 1) (Yamada 1999). En términos medios, para la producción de cultivos de soja de 4000 kg/ha de rendimiento se requieren aproximadamente 320 kg/ha de N, 32 kg/ha de P, 132 kg/ha de K, 28 kg/ha de S, además de la provisión adecuada de agua y otros nutrientes esenciales para el normal crecimiento de las plantas.

Tabla 1: Requerimientos de macro y micronutrientes en cultivos de soja, maíz y trigo (García 2000).

Nutriente	Requerimientos			Índice de cosecha		
	Soja	Maíz	Trigo	Soja	Maíz	Trigo
	kg/tn grano			%		
<b>Nitrógeno (N)</b>	<b>80</b>	22	30	<b>75</b>	66	66
<b>Fósforo (P)</b>	<b>8</b>	4	5	<b>84</b>	75	75
<u>Potasio (K)</u>	<b>33</b>	19	19	<b>59</b>	21	17
<u>Calcio (Ca)</u>	<b>16</b>	3	3	<b>19</b>	7	14
Magnesio (Mg)	<b>9</b>	3	3	<b>30</b>	28	50
<b>Azufre (S)</b>	<b>7</b>	4	4.5	<b>67</b>	45	25
<b>Boro (B)</b>	<b>0.03</b>	0.02	0.03	<b>31</b>	25	
Cloro (Cl)	<b>0.24</b>	0.44		<b>47</b>	6	
<u>Cobre (Cu)</u>	<b>0.03</b>	0.01	0.01	<b>53</b>	29	75
Hierro (Fe)	<b>0.30</b>	0.13	0.14	<b>25</b>	36	
Manganeso (Mn)	<b>0.15</b>	0.19	0.07	<b>33</b>	17	36
<b>Molibdeno (Mo)</b>	<b>0.01</b>			<b>85</b>	63	
Zinc (Zn)	<b>0.06</b>	0.05	0.05	<b>70</b>	50	44

## Nitrógeno

Las formas de abastecimiento de los requerimientos de N son variados pudiendo provenir tanto del suelo, a partir de la mineralización de la MO y de la aplicación de fertilizantes nitrogenados, como del aire a partir del proceso de fijación biológica (Crispido et al. 2001). Algunos autores han encontrado que en cultivos de altos rendimientos que requieren de una elevada disponibilidad de N el aporte de N por el suelo y la fijación biológica puede no resultar suficiente y una aplicación tardía de N puede resultar en aumentos de rendimientos (Wesley et al. 1998). Sin embargo estos resultados difieren de lo hallado por Gutierrez Boem et al. (2004), entre otros autores, quienes no encontraron aumentos de rendimiento mediante el agregado de N en estadíos de R3 o R5 de los cultivos.

En la región pampeana se han determinado aportes de N por FBN del orden del 30-70% de las necesidades totales de N del cultivo, dependiendo del nivel de fertilidad nitrogenada del suelo y las características climáticas de la estación de crecimiento (González, 1996). Por lo tanto, la inoculación eficiente de las semillas, junto con la adecuada nutrición del sistema soja- Bradyrhizobium, es una práctica indispensable para la adecuada provisión de N para los cultivos de soja (Fernández Canigia y Díaz- Zorita 1997). Díaz- Zorita et al. (2002b), entre otros autores, encontraron respuestas medias a la inoculación de aproximadamente 380 kg ha<sup>-1</sup>. Estudios regionales muestran que aún en

lotes rotados con este cultivo se recomienda el uso de inoculantes que aportan bacterias específicas para la eficiente FBN (Racca 2000, Peticari 1998; Peticari 2005).

La evolución de la fijación biológica de N se relaciona con la tasa de acumulación de carbono, por lo que restricciones ambientales y de nutrientes que interfieran con el normal desarrollo de los cultivos, afectan la tasa de acumulación de N atmosférico. Díaz-Zorita y col (1999) describieron que la adecuada nutrición fosfatada del cultivo permite una mayor producción de grano junto con una mayor nodulación y FBN (Fig 1).

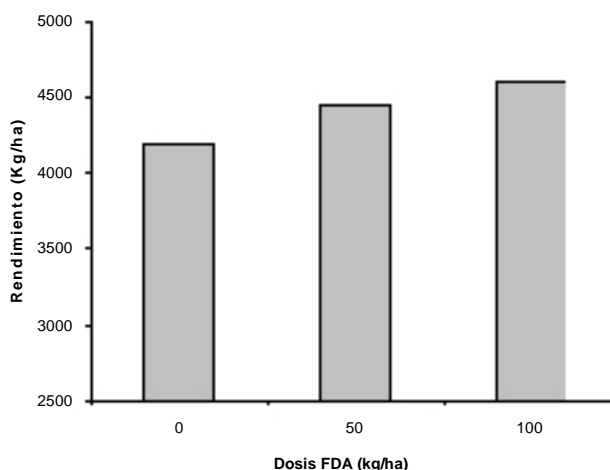


Fig. 1: Respuesta al agregado de P en cultivos de soja (Díaz- Zorita et al; 1999).

### Fósforo:

La adecuada disponibilidad de P es crítica para el logro de un crecimiento rápido y el desarrollo adecuado del cultivo tanto en su parte aérea como radicular. La respuesta de los cultivos a la fertilización fosfatada depende del nivel de P disponible en el suelo, pero también es afectada por factores del suelo, del cultivo y de manejo del fertilizante. Los niveles críticos de P en suelo, aquellos por debajo de los cuales se observan respuestas significativas a la fertilización, son menores para soja que para otros cultivos tales como alfalfa, trigo y maíz. Esta diferencia ha sido atribuida, entre otras causas, a cambios generados en el ambiente rizosférico del cultivo y al alto costo energético de los granos de soja (aceite + proteína). Melgar y col (1995) determinaron que en suelos con niveles de P menores a 9 ppm, determinados por el método de Bray y Kurtz 1, es factible obtener respuestas mayores a 300 kg/ha por fertilización fosfatada.

En cuanto a la forma de aplicación de fertilizantes, sería recomendable evitar la aplicación junto con la semilla, dada la susceptibilidad de la soja a los efectos fitotóxicos generados por la disolución de los fertilizantes (salinidad, pH, amoníaco). Estos efectos sobre la semilla son independientes de la fuente de fertilizante fosfatado (Fig. 2) y se magnifican en suelos de textura arenosa y con bajo contenido de humedad. Para evitar tales inconvenientes se aconseja la aplicación separada de la línea de siembra (2-3 cm) o el manejo de la oferta de P a partir de aplicaciones de este nutriente en otros cultivos de la rotación.

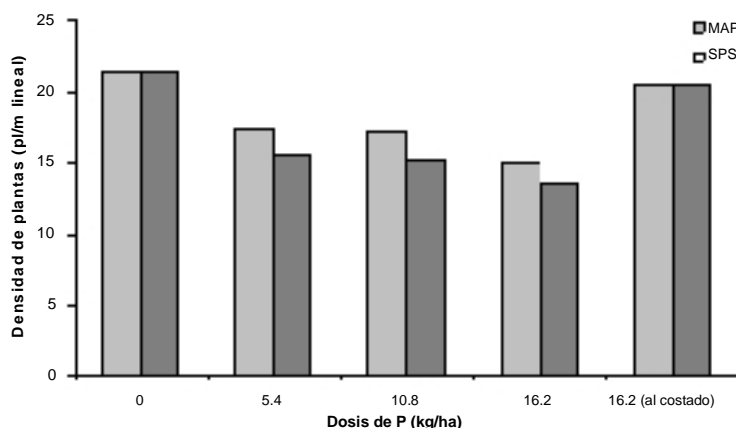


Fig. 2: efecto de la aplicación de dosis crecientes de P como SPS y MAP en la línea de siembra sobre la implantación de cultivos de soja (Barraco y col. 2006).

### Azufre

soja, principalmente en el centro y sur de Santa Fe, sudeste de Córdoba, centro, oeste y  
 En los últimos años se han observado respuestas a la fertilización azufrada en

norte de Buenos Aires y este de La Pampa. Las respuestas se observan principalmente en suelos degradados, con muchos años de agricultura continua (especialmente soja), y con historia de cultivos de alta producción con fertilización nitrogenada y fosfatada, y en suelos arenosos de bajo contenido de MO (Martínez y Cordone, 1998; Martínez y Cordone, 2000; Díaz Zorita et al., 2002). Estas respuestas han sido observadas tanto en cultivos de siembra de primera con aplicaciones directas, como en cultivos de segunda con aplicaciones de S en el cultivo antecesor, generalmente trigo. Las respuestas a S varían entre 300 y 800 kg/ha según el sitio (Fig. 3). Si bien hay claros indicios de cuales son los ambientes de respuesta a la fertilización azufrada, aun no se dispone de una metodología confiable para predecir los sitios con respuesta probable a S. Algunas redes de ensayos han permitido determinar umbrales críticos de S-sulfatos a 0-20 cm de profundidad en pre-siembra, con valores generalmente cercanos a 10 mg/kg S-sulfatos, por debajo de los cuales la respuesta es altamente probable.

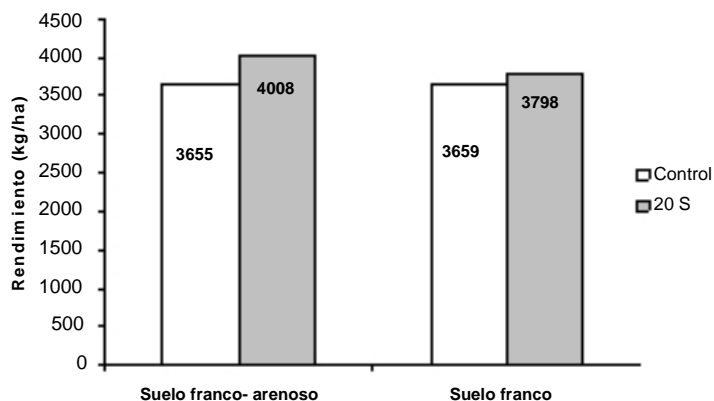


Fig. 3. Respuesta al agregado de 20 kg/ha de S como sulfato de amonio en soja en dos suelos característicos del noroeste bonaerense (Barraco 2005).

## Otros nutrientes

Las experiencias realizadas en los últimos años no han mostrado respuestas generalizadas a la aplicación de otros nutrientes más allá de P y S. Los que han demostrado mayores posibilidades de respuesta en soja son boro (B), calcio (Ca), magnesio (Mg), molibdeno (Mo) y cobre (Cu). La intensificación de la agricultura ha resultado en la disminución de los niveles de bases (calcio, magnesio) y pH en algunos suelos, con respuestas significativas a la aplicación de enmiendas calcáreas y/o dolomíticas en soja. Algunos trabajos también han demostrado la importancia de una adecuada nutrición con Molibdeno (Mo) y cobalto (Co) y respuestas en rendimiento cuando estos nutrientes se aplicaron con la semilla y el inoculante en lotes de alta producción (Fig. 4).

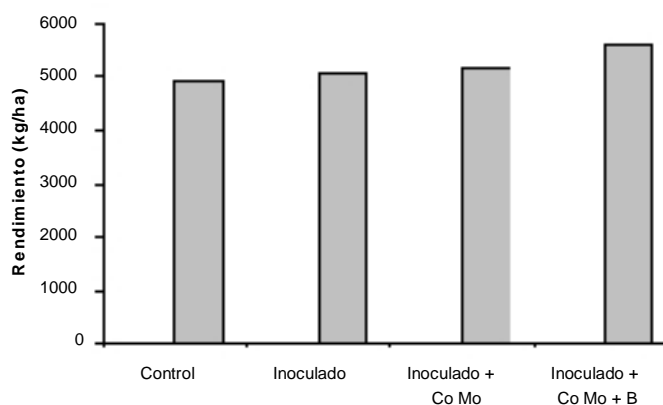


Fig. 4: efecto de la aplicación de micronutrientes en soja en un lote de producción de la pampa arenosa (Díaz- Zorita y col 2005).

## Referencias

- Díaz Zorita M. 2004. Nutrición balanceada y manejo de la inoculación. Cuadernillo Soja. Revista Agromercado. pp. 14-17.
- Díaz Zorita M., F. García y R. Melgar (coord.). 2002. Fertilización en soja y trigo-soja: Respuesta a la fertilización en la región pampeana. Boletín Proyecto Fertilizar. EEA INTA Pergamino. 44 pag.
- Díaz- Zorita, M; Barraco, M; Fernández- Canigia, M.V. 2002b. Fertilización nitrogenada e inoculación de cultivos de soja en el oeste de Buenos Aires. Ensayos de Inoculación en Argentina 2001/2. Editado por Nitragin. Pp 20-22.
- Díaz- Zorita M; Grosso G; Fernandez Canigia MV; Duarte G. 1999. Efectos de la ubicación de un fertilizante nitrógeno-fosfatado sobre la nodulación y la producción de soja en siembra directa en la región de la pampa arenosa, Argentina. Ciencia del suelo 17: 62-65.
- Fernández Canigia MV, Díaz-Zorita M. 1997. Nitrógeno: la economía de una buena nodulación. Fertilizar 8: 8-11.
- Gutiérrez- Boem F, Scheiner J, Rimski- Korsakov H, Lavado RS. 2004. Late season nitrogen fertilization of soybean: effects on leaf senescent, yield and environment. Nutrient Cycling in Agroecosystem 68: 109-115.
- Martínez F. y G. Cordone. 1998. Fertilización azufrada en soja. Jornadas de Azufre. UEEA INTA Casilda, Septiembre 1998. Casilda, Santa Fe, Argentina.
- Martínez F. y G. Cordone. 2000. Avances en el manejo de azufre: Novedades en respuesta y diagnóstico en trigo, soja y maíz. In Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilidad 2000". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

Yamada T. 1999. Adubacao balanceada da soja. En: INPOFOS Cono Sur Sur, Jornada de Actualización Técnica para profesionales "Fertilización de Soja", pp 12-17.

Wesley T, Lamond R, Martin V, Duncan S. 1998. Effects of late-season nitrogen fertilizer on irrigated soybean yield and composition. J. Prod. Agric 11: 331-336.

Peticari A. 2005. Inoculación de calidad para un máximo aprovechamiento de la FBN. Actas de Congreso. Mundo Soja 2005. 23 y 24 de junio de 2005. Bs As (Argentina). Pág: 121-126.

Peticari A. 1998. Inoculantes en soja. Agroquímicos 11: 37-39.

Racca RW. 2000. Inoculación: el socio silencioso. Fertilizar 20: 8-11.