

## Nutrición en el Cultivo de Soja

### (1era parte)

*Ing. Agr. Roberto Rotondaro (ACA Nutrición de Cultivos).*

Para poder realizar un adecuado manejo nutricional del cultivo de soja es necesario conocer la oferta de nutrientes del suelo y la dinámica de los mismos, la demanda de nutrientes del cultivo y como interactúa el mismo con el suelo (relación suelo/planta).

Para el caso de soja nos vamos a referir en este artículo a 2 nutrientes principales, nitrógeno (N) y fósforo (P). En uno próximo, abordaremos el azufre (S) y los micronutrientes.

#### **1) El nutriente más demandado: Nitrógeno.**

La soja se caracteriza por ser un cultivo muy demandante en N, requiriendo alrededor de 80 kg/ha para producir una tonelada de grano. Este requerimiento supera en forma muy considerable a la necesidad de los principales cultivos de grano implantados en la Región Pampeana (ver tabla 1).

Tabla 1. Necesidades de nutrientes de los principales cultivos.

	N	P	K	S	Ca	Mg
	.....kg/tn de rinde.....					
MAIZ	22	4	19	4	3	3
TRIGO	30	5	19	4	3	3
<b>SOJA</b>	<b>80</b>	<b>8</b>	<b>33</b>	<b>7</b>	<b>16</b>	<b>9</b>
GIRASOL	40	5	28	5	18	11

*Fuente: IPNI, Cono Sur.*

El manejo de la nutrición nitrogenada de las leguminosas en general y de la soja en particular, difiere significativamente respecto de los cereales. Esto se debe a que en cultivos de leguminosas, parte de la necesidad de nitrógeno del cultivo es cubierta por la **fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico (FBN)** y parte a partir del nitrógeno mineral del suelo. La FBN es un proceso microbiológico bastante complejo efectuado por bacterias del género *Rhizobium* y *Bradyrhizobium*.

Teniendo en cuenta los elevados requerimientos de N de la soja, y la ventaja comparativa con otras especies, es importante la **optimización del manejo de la inoculación** y el conocimiento del funcionamiento de la FBN. Estas son las bases

fundamentales para sostener sistemas de producción de soja de alta productividad, rentabilidad y sustentabilidad.

### **FBN y manejo de la inoculación**

En el proceso de FBN los rizobios presentes en el suelo (o los provenientes del inoculante) infectan los pelos absorbentes del sistema radicular y van formando unidades denominadas nódulos, dentro de los cuales tiene lugar la transformación del N atmosférico en formas disponibles por las plantas. Desde el punto de vista energético, todo este mecanismo implica un gasto de energía (ATP) para la planta, mientras que los rizobios se benefician aprovechando biomoléculas generadas por la planta. La enzima que efectúa este proceso bioquímico es la nitrogenasa. Diferentes estudios experimentales reportados en la literatura técnica y científica sobre nutrición y fertilización indican que para lograr altas eficiencias en la FBN es necesario que el cultivo no tenga limitaciones nutricionales severas en una serie de nutrientes esenciales que participan en el crecimiento y desarrollo de estructuras radiculares y nodulares: **fósforo, calcio, magnesio, cobalto, molibdeno, cobre.**

Los suelos agrícolas con antecesor soja, si bien presentan poblaciones de rizobios; muchas veces las cepas presentes poseen bajas eficiencias de FBN pero sí gran habilidad competitiva para sobrevivir en el ambiente edáfico. Estas bacterias pueden infectar las raíces y formar nódulos, pero los mismos presentan escasa o nula FBN y por ende representa un costo energético para el cultivo sin ningún rédito nutricional.

**Por ello es necesario efectuar inoculaciones anuales para aportar cepas de rizobios con alta eficiencia en FBN y que permiten formar nódulos efectivos.**

La cantidad de N que puede aportar la FBN es variable y depende de los siguientes factores:

- **Del cultivo:** Disponibilidad de fotosintatos (carbohidratos), ritmo de crecimiento, estado hídrico y nutricional, estado sanitario.
- **Del sistema suelo-planta:** Temperatura y pH del suelo, relación C/N del suelo, disponibilidad de MO lábil (o joven), estabilidad de agregados, presencia de capas compactadas superficiales, variaciones térmicas en el suelo, etc.
- **De las cepas de Rizobios:** Eficiencia de FBN, cantidad de bacterias en inoculante, infectividad.

En el siguiente gráfico (figura 1.) se muestra del N total asimilado por el cultivo, cuanto proviene de la FBN. Como se puede apreciar, a medida que aumentamos el N demandado (mayor rendimiento), la proporción de N fijado por el cultivo es mayor.

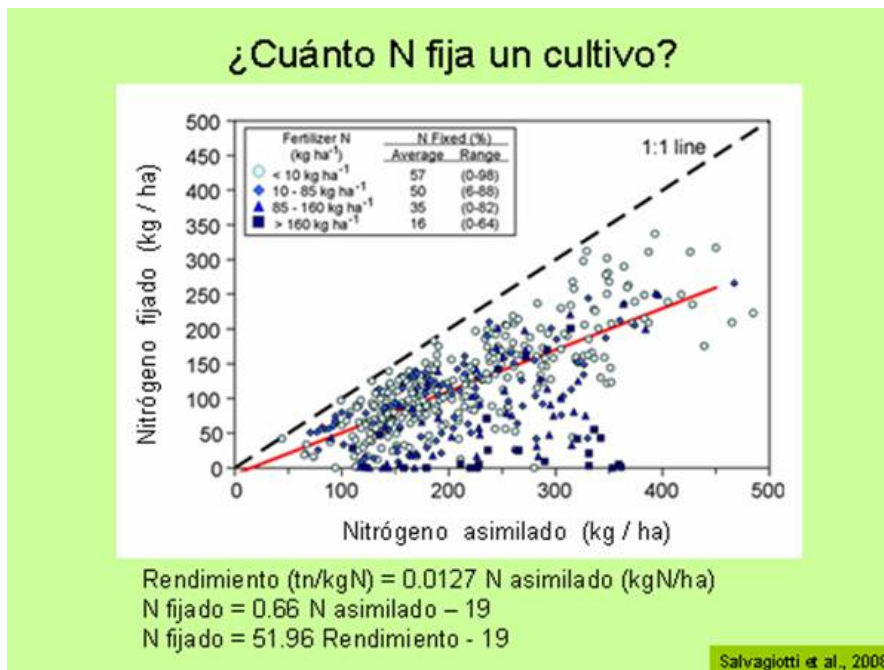


Figura 1. Cuanto N fija el cultivo?, F. Salvagiotti et al, 2008.

Para que la **inoculación resulte exitosa**, es necesario seguir una serie de pautas de manejo, que van desde la compra del producto hasta su aplicación a la semilla. El producto inoculante debe ser de calidad comercial reconocida y probada.

La ventaja del aporte del N proveniente de la FBN es que el mismo se presenta durante el llenado de granos; ventana fenológica crítica para la definición del rendimiento del cultivo (ver figura 2).

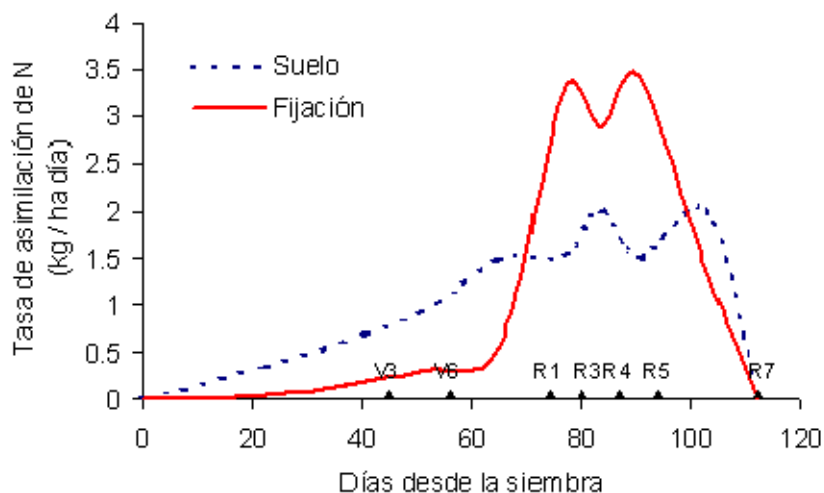


Figura 2. Contribución de las diferentes fuentes de N en los distintos momentos de desarrollo del cultivo. Zapata et al, 1987.

En ese momento del ciclo, el N mineral (nitratos+amonio) presente en el perfil es bajo debido al consumo efectuado por el cultivo y por las pérdidas que se podrían haber presentado (lavado, desnitrificación y volatilización). Para evaluar la **eficiencia de nodulación a campo** es posible observar la nodulación. En este sentido, la mayor eficiencia de nodulación se evidencia con las siguientes características:

- Nódulos grandes en la raíz principal, en situaciones óptimas más de 25-30/planta.
- Nódulos que al cortarlos muestran una coloración rojiza, que corresponde a la leghemoglobina, indicadora de un activo funcionamiento.

## **2) Un nutriente clave: el fósforo (P)**

Al considerar la fertilización fosforada hay que conocer su **dinámica**. Desde el punto de vista del manejo nutricional, el principal aspecto a considerar es su baja movilidad en el suelo y la interacción con la fase sólida del mismo. Las consideraciones previas tienen implicancias importantes en el manejo de la fertilización. Por un lado la baja movilidad del fósforo (P) permite independizarnos del efecto del clima (lluvias) sobre la dinámica del nutriente en el suelo, siendo las pérdidas por lavado y escorrentía despreciables desde el punto de vista práctico. Por otro lado, el fertilizante fosforado que se aplica al suelo es utilizado en parte por el cultivo de ese año y el resto queda disponible para los cultivos subsiguientes. Esto se llama efecto residual y desde el punto de vista de la práctica de fertilización nos da gran flexibilidad operativa.

### **Como hacemos el diagnóstico.**

La soja posee la capacidad de crecer y desarrollarse con niveles de P más bajos que los cultivos de cereales. Existen diferentes hipótesis que explican este fenómeno, una de ellas es que la soja liberaría enzimas fosfatasas a nivel rizosférico (ambiente cercano a la raíz) que permitirían solubilizar formas de P menos disponibles para otras especies.

Con respecto al diagnóstico de fertilización, el análisis de suelo es una clara herramienta de decisión. En el Laboratorio se utiliza la determinación de fósforo disponible por la metodología **Bray y Kurtz Nº 1**, en las muestras de suelo extractada de **0 a 20 cm de profundidad**. Numerosos ensayos realizados en el marco del Proyecto Fertilizar han determinado un nivel crítico en el suelo de alrededor de 12-13 ppm. Es decir por debajo de este nivel sería esperable tener una respuesta significativa al uso de fertilizantes.

En la siguiente tabla (ver tabla 2) se muestra una recomendación de fertilización para soja. Esta tabla relaciona el contenido de P en el suelo con el rendimiento objetivo del cultivo.

**Tabla 2.** Necesidades de fertilización fosfatada (en kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) según nivel de P en el suelo y rinde estimado.

Resultado	Rinde objetivo (desde - hasta) Tn/ha					
	1,8--2,2	2,3--2,7	2,8--3,2	3,3--3,7	3,8--4,2	4,3--4,7
Bray 1						
(desde-hasta)						
1-- 4	40	47	53	59	66	72
4,1-- 6	35	41	49	54	61	67
6,1-- 9	31	37	43	50	56	61
9,1-- 12	26	32	37	45	51	56
12,1-- 16	21	27	33	40	46	52

Fuente: Echeverría, H E. y García.

### **Manejo de la fertilización.**

Cuando pensamos en fertilizar una rotación tenemos que conocer cual de los cultivos que integra la misma es el más exigente en P. El plan de fertilización tendría que buscar lograr un nivel de P en el suelo que no limite el rendimiento de ese cultivo. Por ejemplo, si pensamos en una rotación del tipo: trigo/soja-maíz-soja 1era, es necesario que el suelo disponga algo más de 18-20 ppm, nivel crítico del cultivo más exigente (trigo).

Con respecto a que criterio de fertilización a utilizar va a depender en que situación estemos, si es campo propio o alquilado.

En campo propio, puedo establecer un criterio de reconstrucción de los niveles de P en el suelo, en el caso que sean bajos. Es decir, fertilizo al cultivo y al suelo, pensado en la rotación y en elevar los niveles del nutriente en el suelo. Si el nivel de P del suelo es bueno, el criterio es mantenerlo, fertilizando la cantidad que extraen los granos.

Cuando estamos frente a campos alquilados, el criterio de fertilización debería cambiar, sobretodo si el contrato es por una campaña. En este caso, el criterio de fertilización va a depender del nivel de P en el suelo y la expectativa de de respuesta de la soja. En el gráfico que sigue (ver figura 3) se muestra el nivel de respuesta promedio obtenida en 22 ensayos realizados en el centro-norte de Buenos Aires y sur de Sta. Fe (G. Ferraris, INTA Pergamino).

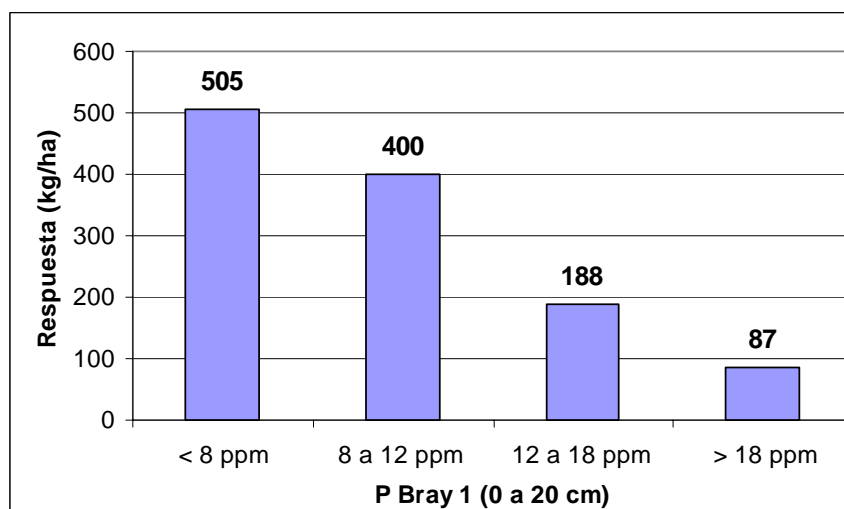


Figura 3. Respuesta a la fertilización fosforada en función del nivel de P en el suelo. Dosis de 16 a 20 kg/ha de P. Ferraris, et al.