

# SOJA: ALGUNOS ASPECTOS A CONSIDERAR PARA EL LOGRO DE ALTOS RENDIMIENTOS



Ing. Agr. Jorge Sawchik  
Ing. Agr. Deborah Gaso  
Ing. Agr. Agustín Núñez

Programa Nacional de Cultivos de Secano

El objetivo de este artículo es repasar y sintetizar conceptos de ecofisiología y nutrición de cultivos que es necesario tener en cuenta para la concreción de altos rendimientos en el cultivo de soja.

En primer lugar se describen los factores que afectan el rendimiento potencial del cultivo sin limitantes hídricas o nutricionales. Luego se enumeran las variables que se deben considerar en nuestras condiciones, en donde el rendimiento es afectado principalmente por el déficit hídrico y finalmente se detallan aspectos de nutrición del cultivo imprescindibles para el logro de altos rendimientos.

El rendimiento potencial del cultivo de soja depende de las condiciones de radiación, temperatura y fotoperiodo de cada sitio y de la variedad. La variabilidad en el rendimiento potencial está relacionada con la variabilidad

de radiación entre años, la cual define la disponibilidad de recursos en el período crítico.

Durante el período crítico del cultivo, definido entre R3-R6, ocurre en forma simultánea la aparición, crecimiento y muerte de flores y vainas. La mortandad de los órganos reproductivos es la principal fuente de variabilidad en los rendimientos. La sobrevivencia y desarrollo de estos órganos depende de la disponibilidad de recursos durante el período crítico, por tanto de la oferta de radiación, la interceptación de la misma y la eficiencia de conversión en recursos para la planta.

En condiciones de rendimiento potencial, las variables de manejo que deben ser tenidas en cuenta y que junto a los determinantes ambientales del rendimiento (radiación y temperatura) definen el potencial son: a) la fecha de siembra, b) la elección del genotipo y c) el arreglo es-

pacial del cultivo (densidad de plantas y espaciamento entre hileras).

a) La fecha de siembra permite acoplar la oferta de radiación al cultivo y optimizar la disponibilidad de recursos durante el período en que se define el rendimiento. Por otra parte, el rendimiento potencial para cada sitio depende del genotipo. Esta variable está condicionada por la respuesta del cultivo al fotoperiodo, la cual condiciona el área de adaptación de cada genotipo.

b) La elección del grupo de madurez define el rendimiento potencial, debido a que condiciona la fecha de floración, y por tanto la ubicación del período crítico, y la fecha de ocurrencia del estadio R5. Esto determina el número de nudos, el índice de área foliar (IAF) máximo alcanzado y las condiciones ambientales durante el llenado. El carácter de crecimiento de cada genotipo está relacionado al rendimiento potencial.

El carácter indeterminado favorece la aparición de nudos en el tallo principal, logrando un número final de nudos mayor respecto a los genotipos de carácter determinado. En fechas tempranas es donde se expresan las mayores diferencias entre grupos de madurez y donde es más importante el carácter indeterminado.

c) Las variables de manejo asociadas al arreglo espacial del cultivo (densidad y distancia entre hileras) determinan la evolución de la intercepción de radiación y por tanto la captura de recursos en el período crítico. En este sentido la población de plantas objetivo debe ser aquella que alcance al menos los valores de IAF crítico al inicio de dicho período. Densidades por debajo de 250.000 plantas por hectárea no llegan al IAF crítico en este período, por tanto se estará comprometiendo rendimiento.

La variable espaciamento entre hileras interactúa con la intercepción de radiación. Distancias entre hileras menores adelantan el momento de máxima intercepción e incrementan la intercepción por unidad de IAF. La reducción de la distancia entre hileras redundará en un incremento del rendimiento en la medida en que en hileras distantes no se alcance plena intercepción al inicio del período crítico.

El rendimiento final del cultivo está altamente influenciado por la disponibilidad de agua durante el período crítico. En nuestras condiciones el déficit hídrico es el principal factor responsable por la pérdida de rendimiento en los cultivos de verano. A su vez existe una gran variabilidad interanual en el régimen de precipitaciones. Esto implica conocer en detalle como interaccionan las diferentes prácticas de manejo con el ambiente en el cual sembramos el cultivo.

Entonces, en primer lugar debemos conocer mejor el ambiente que le estamos dando al cultivo de soja. Esto es relevante ya que en nuestro país el cultivo se siem-

bra sobre suelos de diversa capacidad de almacenaje de agua. Esta variable está influenciada fundamentalmente por la textura y la profundidad del suelo. Así, aún cuando dependemos de la recarga del perfil por precipitaciones, existen situaciones que brindan un mejor perfil hídrico para el cultivo.

En este sentido, los resultados de la Red de Experimentos INIA-CALMER-AUSID llevada a cabo durante 4 años indican que en siembras de noviembre los rendimientos más altos y estables se logran sobre suelos relativamente profundos de textura media a pesada.

Otros puntos relevantes a considerar son: i) la duración y el manejo del barbecho previo y ii) la presencia de limitantes físicas que retardan o impiden la captura del agua de las precipitaciones; barbechos demasiado cortos o situaciones con problemas de compactación superficial o sub-superficial ofrecen al cultivo una peor oferta hídrica y una menor probabilidad de alcanzar rendimientos altos.

El otro concepto a manejar es que aún en los mejores suelos del país siempre dependemos de la recarga por precipitaciones, fundamentalmente durante el período crítico del cultivo. Es decir tenemos un poder buffer limitado por la profundidad de nuestros suelos. Esto es porque los requerimientos hídricos del cultivo de soja para altos rendimientos son de alrededor de 500 mm, mientras que los suelos de mayor capacidad de almacenaje alcanzan como máximo 160 mm. Mediante el trabajo con modelos de simulación puede observarse fácilmente que existen techos de potencial de rendimiento que varían con el tipo de suelo, lo que implica delinear estrategias de manejo diferentes.



Una vez que conocemos nuestra situación ambiental (tipo de suelo, cómo manejamos el barbecho, etc.) es clave poder ubicar el período crítico en el momento en el que exista la menor probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico. Así, la época de siembra y la elección del grupo de madurez son los factores más relevantes para manejar el cultivo en función del ambiente en el que sembramos.

En nuestras condiciones, los resultados de investigación llevados a cabo por INIA muestran que para un amplio rango de épocas de siembra los rendimientos promedio son más altos en siembras de mediados de noviembre. Aún cuando existe una gran variabilidad interanual, en estas fechas se logra ubicar el período crítico en un momento con menor probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico.

Los resultados de la Red de experimentos mencionada anteriormente muestran que en este tipo de siembras los rendimientos más estables se logran con cultivares

de los grupos de madurez 4 largos, 5 o 6 dependiendo de los ambientes de producción (Ceretta y Sawchik, 2006). En condiciones de riego la estrategia cambia, pues lo que debemos buscar es que el período crítico coincida con el período de mayor radiación y días largos (enero). En este caso podemos considerar la siembra de materiales de grupos de madurez cortos, en los cuales bajo condiciones de riego suplementario son esperables respuestas físicas de 6-10 kg grano/mm de lámina neta aplicada, según datos experimentales de INIA.

Por otra parte, para concretar el rendimiento alcanzable es fundamental asegurar una correcta nutrición del cultivo que evite que los nutrientes sean un factor limitante. A nivel nacional se cuenta con información y herramientas de diagnóstico que permiten identificar y decidir la fertilización en aquellas situaciones donde es más probable que existan deficiencias. En el Cuadro 1 se presenta un resumen de los principales factores a considerar para decidir la fertilización del cultivo de soja.

**Cuadro 1** - Aspectos a considerar en la fertilización del cultivo de soja.

Nutriente	Herramientas y recomendaciones de manejo	Referencias
<b>Nitrógeno</b>	Aporte vía Fijación Biológica de Nitrógeno: fertilización no necesaria en la mayoría de las situaciones. Fundamental asegurar la nodulación y sobrevivencia de rizobios mediante una correcta inoculación Extracción en grano 48-54 kg N/tonelada	Marschner (1995); Morón (2007)
<b>Fósforo</b>	Nivel crítico 10-12 ppm P Bray I Eficiencia esperada 6 kg grano/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Condiciones predisponentes de deficiencia: suelo frío o seco, compactación. Extracción en grano 4-5 kg P/tonelada de grano	Morón (2005)
<b>Potasio</b>	Nivel crítico 0,34 meq/100g K int Relación K/CIC recomendada: 2,5-5% Condiciones predisponentes similares al P. Las reservas del suelo (K no int) pueden ser una fuente efectiva de nutriente para el cultivo Extracción en grano 14-17 kg K/tonelada	Barbazán et al. (2011); García Lamothe y Quincke (2012); Núñez y Morón (2013)
<b>Azufre</b>	Nivel crítico aproximado 10 ppm S-SO <sub>4</sub> Dosis recomendada: 10-15 kg S/ha Eficiencia 11-23 kg grano/kg S Considerar situaciones de alto rendimiento, suelos pobres con baja materia orgánica, barbechos prolongados o compactación Extracción en grano 3 kg S/tonelada	García Lamothe y Sawchik (s/p); Morón (2005)
<b>Micronutrientes</b>	Deficiencias asociadas a condiciones de pH alto (> 7,2), suelos pobres con baja materia orgánica, problemas de drenaje. En condiciones de estrés pueden ocurrir deficiencias complejas de varios micronutrientes. Una identificación temprana de deficiencias puede ser corregida con aplicaciones foliares.	García Lamothe (2012)

Extracción estimada según IPNI (García y Correndo, 2013) y datos observados (2013).



Una situación particular, que debe ser considerada y afecta a la mayoría de los nutrientes, es su menor disponibilidad en los cultivos de segunda, lo cual es agravado luego de cultivos de invierno de alto rendimiento. Además de lo exportado en el grano, son inmovilizadas en el rastrojo cantidades variables de nutrientes, no estando disponibles para el cultivo de soja hasta que los restos comienzan a descomponerse.

Esto debe ser tenido en cuenta en esquemas donde se decide fertilizar únicamente el cultivo de invierno con el objetivo de que sea suficiente también para la soja, o a la hora de decidir la fertilización en función del análisis de suelo del otoño. La recomendación es corroborar la disponibilidad de nutrientes previo a la siembra del cultivo de verano y, en caso de fertilizar sólo un cultivo, estimar cuánto nutriente será inmovilizado por el cultivo de invierno (paja + grano) para definir la dosis a aplicar.

Además de la información presentada, y que permite la toma de decisiones para la fertilización del cultivo, se debe considerar el balance de nutrientes si el objetivo de largo plazo es lograr la estabilidad de los rendimientos en buenos niveles. A modo de resumen, dos situaciones deben ser consideradas: (1) el balance negativo de nitrógeno que presenta el cultivo y que, junto con el poco aporte de rastrojos, compromete el mantenimiento de la materia orgánica y (2) la alta extracción de nutrientes en el grano de soja.

Para mejorar los balances de carbono y nitrógeno se deben considerar estrategias de rotación de cultivos o uso de coberturas que permitan aporte de rastrojos de buena calidad (baja relación C/N) para lograr un ingreso efectivo de materia orgánica al suelo.

El balance negativo de nutrientes poco móviles (fósforo, potasio) puede ser manejado por medio de una estrategia de reponer lo extraído por el cultivo en forma de fertilizante, para evitar disminuciones importantes en la fertilidad del suelo.

#### BIBLIOGRAFÍA

Barbazán, M., Bautes, C., Beux, L., Bordoli, J.M., Cano, J.D., Ernst, O., García, A., García, F., Quincke, A., 2011a. Fertilización potásica en cultivos de secano sin laboreo en Uruguay: rendimiento según análisis de suelos. *Agrociencia*, 15, 93-99.

Ceretta, S., Sawchik, J. 2006. Presentación de Resultados Convenio INIA CALMER AUSID. Serie Actividades de Difusión No. 467.

García, F., Correndo, A. 2013. Cálculo de requerimientos nutricionales-Versión 2013. IPNI Cono Sur. Disponible en <http://lacs.ipni.net/topic/nutrient-requirements>.

García Lamothe, A. 2012. Deficiencias de hierro en soja. *Revista INIA* N° 30: 28-31.

García Lamothe, A., Quincke, A. 2012. El potasio en la producción de cultivos de invierno. En: *Jornada Cultivos de Invierno INIA La Estanzuela*. Mercedes. Serie Actividades de Difusión N° 677.

García Lamothe, A., Sawchik, J. Respuesta del cultivo de soja al azufre en argiudoles típicos de Uruguay. En revisión.

Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd edition. 889 p. Academic Press.

Morón, A. 2005. Informe de resultados de la red de ensayos de fertilización de soja 2002-2003. En: *Jornada Técnica Cultivos de Verano*. INIA La Estanzuela. Serie Actividades de Difusión N° 417.

Morón, A. 2007. El aporte de nitrógeno vía fijación biológica en el cultivo de soja. En *Seminario internacional de nutrición vegetal*. Criterios para la fertilización de cultivos y pasturas. EEMAC Facultad de Agronomía. Paysandú. 7 p.

Núñez, A., Morón, A. 2013. El rol de las reservas de potasio en los suelos agrícolas del Uruguay. En: *Simposio Potasio en sistemas agrícolas de Uruguay*. Facultad de Agronomía, Canpotex, IPNI. Mercedes. P 11-15.

