

SUMARIO



ASAGIR
Asociación Argentina de Girasol
Av. Corrientes 119
C1043AAB
Ciudad de Buenos Aires - Argentina
info@asagir.org.ar
www.asagir.org.ar

Cuadernillo Informativo N°3
Agosto / 2002
REPUBLICA ARGENTINA
2da Edición
Distribución Gratuita

Diseño
Sleepless/Estudio
Impresión
Chivilcoy Continuos S. A.

Capítulo 1

Requerimientos nutricionales y ambientales
Radiación y temperatura | p5
Agua | p5
Nutrientes | p6

Capítulo 2

Fósforo
En el suelo | p7
En el cultivo | p7
Diagnóstico y fertilización | p8

Capítulo 3

Nitrógeno
En el suelo | p9
En el cultivo | p9
Diagnóstico y fertilización | p9

Capítulo 4

Boro
En el suelo | p12
En el cultivo | p12
Diagnóstico y fertilización | p13

Capítulo 5

Otros nutrientes

Capítulo 6

Estrategias regionales para el manejo de la fertilización del cultivo
Región semiárida pampeana | p16
Región subhúmeda pampeana | p18
Referencias | p20
Estadios fenológicos del girasol
Recomendaciones para la toma de muestras de suelo | p22
¿ Cómo tomar muestras para jugos de pecíolos? | p22
Extracción de los jugos y determinación de nitratos | p22



Apuntes para el manejo nutricional de cultivos de girasol de alto rendimiento

Martín Díaz-Zorita

Gustavo A. Duarte

Eleonora Plante

M.V. Fernández-Canigia

| Fotografías: Gentileza del Dr. F. Blaney



El propósito general de esta publicación es comunicar a los profesionales y productores de girasol información actualizada y validada regionalmente para el manejo eficiente de la oferta de nutrientes para el logro de cultivos de alta producción.

En particular, veremos algunos ejemplos de manejo de recursos del ambiente en sistemas de secano (radiación, tempera-

tura, agua) y sus efectos sobre los rendimientos de girasol en interacción con prácticas de fertilización. En el caso del manejo de nutrientes, esta publicación se concentra en la interpretación de elementos de diagnóstico y recomendación de fertilización de los tres elementos que con mayor frecuencia limitan el logro de cultivos de alta producción de girasol en la región pampeana: nitrógeno, fósforo y boro.

Requerimientos nutricionales y ambientales

El crecimiento del girasol está regulado por la disponibilidad de agua y nutrientes en interacción con otros factores ambientales como temperatura y radiación a lo largo del ciclo. La temperatura afecta la duración de todas las etapas del desarrollo del cultivo. Los requerimientos en la germinación y hasta la emergencia son independientes del genotipo, mientras que en las etapas posteriores varían según sean de ciclo largo o ciclo corto.

La respuesta del girasol al fotoperiodo es poco conocida, con respuestas opuestas según el estadio de desarrollo. En la etapa juvenil las plantas son insensibles al fotoperiodo. Luego, la velocidad del desarrollo causada por la temperatura se incrementaría con el aumento del fotoperiodo hasta la iniciación floral (esta se alcanzaría antes con días largos). En cambio, la etapa entre iniciación floral y floración sería más corta con días cortos (Aguirrezábal y Andrade, 2002).

Otros factores son importantes en momentos determinados del ciclo del cultivo, como lo es una adecuada provisión de oxígeno y agua en el momento de la germinación.

Los requerimientos de nutrientes son crecientes durante etapas de desarrollo vegetativo, en el caso del N con mayores tasas de consumo a partir de aproximadamente 25 días luego de la emergencia de las plantas. Las necesidades de nutrientes durante el llenado de los granos son cubiertas tanto por la absorción durante esta etapa como por la removilización desde estructuras vegetativas.

El adecuado manejo permitirá aprovechar al máximo dichas variables ambientales para el logro de altos rendimientos, por ejemplo, modificando la fecha de siembra, duración de barbechos o momento de fertilización.

Radiación y temperatura

La fecha de siembra es una de las variables que con mayor robustez explica diferencias entre rendimientos (Fig. 1).

La siembra temprana evita excesos de temperatura que aceleran las etapas de desarrollo, permitiendo un mejor aprovechamiento de la radiación, agua y nitrógeno para alcanzar un mayor rendimiento y producción de aceite por hectárea.

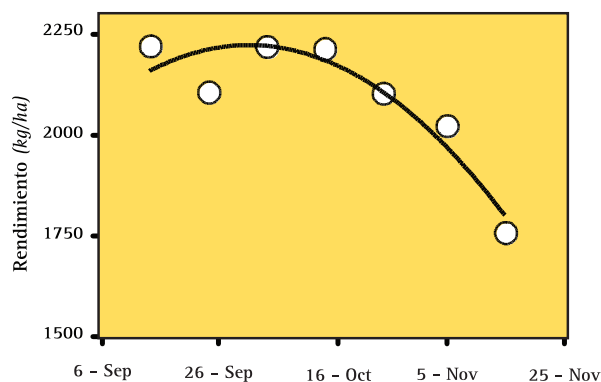


Fig. 1: Efecto de la fecha de siembra sobre los rendimientos medios de girasol en el CREA América. Promedio de 15 campañas.

Agua

El cultivo antecesor, las labranzas y los barbechos son condicionantes del almacenaje de agua en el suelo y resultan de importancia dada la estrecha vinculación existente entre la disponibilidad de agua a la siembra y el rendimiento. En estadios posteriores, moderadas deficiencias hídricas estimulan el desarrollo radical favoreciendo la exploración a más de 180 cm de profundidad, en suelos que así lo permitan. La disponibilidad de agua tanto a la siembra como en estadios de floración es la principal determinante ambiental que condiciona la producción de grano (Fig. 2)

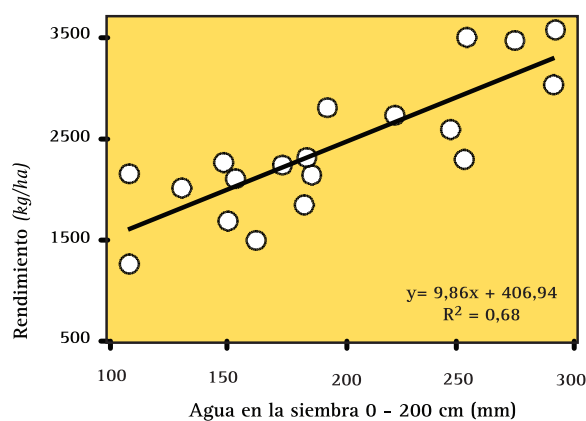
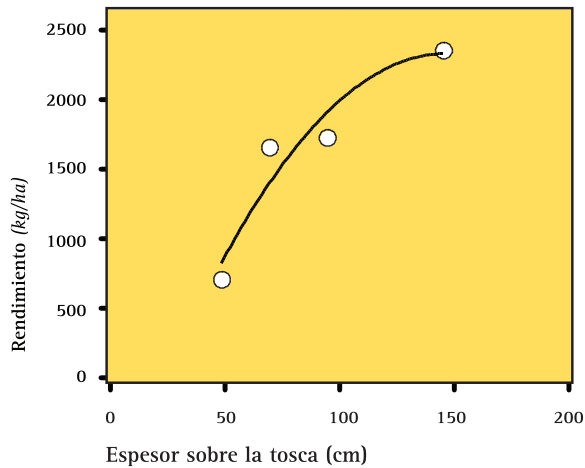


Fig. 2: Rendimiento de girasol y agua total en el suelo hasta 200 cm de profundidad en el momento de la siembra en la región de la pampa arenosa.

La disponibilidad de agua para el cultivo depende de varios factores ambientales y de manejo. Entre los primeros, la profundidad de los suelos junto con la capacidad de crecimiento profundo característico de sus raíces, entre otras características fisiológicas, le confiere al cultivo una alta adaptación para desarrollarse en condiciones de estrés hídrico (Sadras y Calviño, 2001). En un estudio en desarrollado en el Este de La Pampa en suelos con tosca se puede observar que en condiciones de limitada oferta de agua (60 mm durante el llenado de granos) se alcanzan los máximos rendimientos y eficiencia de uso del agua cuando la espesor de suelo sobre la tosca es de al menos 180 cm (Fig. 3).



Efficiencia de uso del agua (Kg7/mn)

6

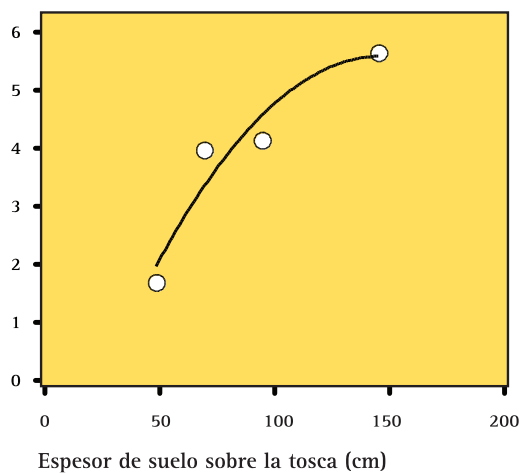


Fig. 3: Efecto de la profundidad de suelos arenosos sobre la productividad de girasol y la eficiencia de uso del agua (Duarte y col. inédito).

Nutrientes

En condiciones de crecimiento con normal provisión hídrica, el girasol absorbe la mayor parte del total de nutrientes requeridos (Tabla 1) durante las etapas reproductivas de r1 a r6 (ver Caja "Estadios fenológicos del girasol según Schneiter y Miller (1981)"), siendo menor la demanda en los otros estadios. Por ejemplo, el 75 % de la absorción total de nitrógeno ocurre entre r2 y r6, mientras que entre emergencia y r2 y entre r6 y madurez fisiológica dichos valores son del 5 y 20 %, respectivamente (Uhart et al. 1998). En cambio, en condiciones severas de sequía hasta el 50% de los requerimientos nitrogenados pueden ser obtenidos durante etapas vegetativas (Scheiner y Lavado, 1999). Las necesidades de nutrientes durante el llenado de los granos son cubiertas tanto por la absorción durante esta etapa como por la movilización desde estructuras vegetativas. La estimación de la contribución de fósforo movilizado desde el tallo y hojas a semillas maduras es de al menos el 30 y hasta más del 60 %.

Nitrógeno y fósforo son los elementos que en mayor proporción se exportan con los granos en relación con el total requerido por el cultivo, siendo necesario en algunos casos la fertilización con estos nutrientes en los sistemas de producción predominantes en la región pampeana. El resto de los elementos quedan en gran proporción en los rastrojos (Tabla 1) y pasan a formar parte de la materia orgánica del suelo, por lo cual no resulta necesario un aporte adicional de los mismos. En algunos casos puede ser beneficioso el agregado de B o S.

Tabla 1

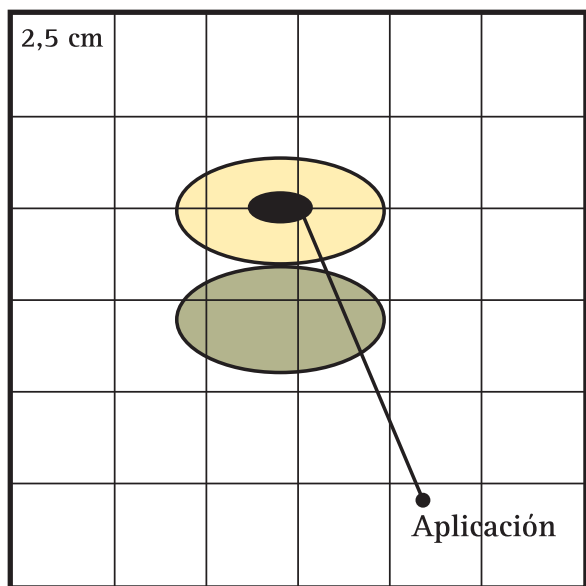
Requerimientos medios de nutrientes de cultivos de girasol (Blamey et al., 1987)

Nutriente	Granos	Rastrojos	Total
	kg / t de grano		
Nitrógeno (N)	26	15	41
Fósforo (P)	4	1	5
Potasio (K)	6	23	29
Calcio (Ca)	1	17	18
Magnesio (Mg)	2	9	11
Azufre (S)	2	3	5
Boro (B)	0.02	0.05	0.07
Cobre (Cu)	0.01	0.01	0.02
Hierro (Fe)	0.03	0.23	0.26
Manganeso (Mn)	0.02	0.04	0.06
Molibdeno (Mo)	0.01	0.02	0.03
Zinc (Zn)	0.05	0.05	0.10

Fósforo

En el suelo

Debido a su restringida movilidad en el suelo (Fig. 4), el fósforo necesita estar localizado donde las raíces de la planta puedan interceptarlo.



Concentración alta
 Concentración media
 Sin efecto

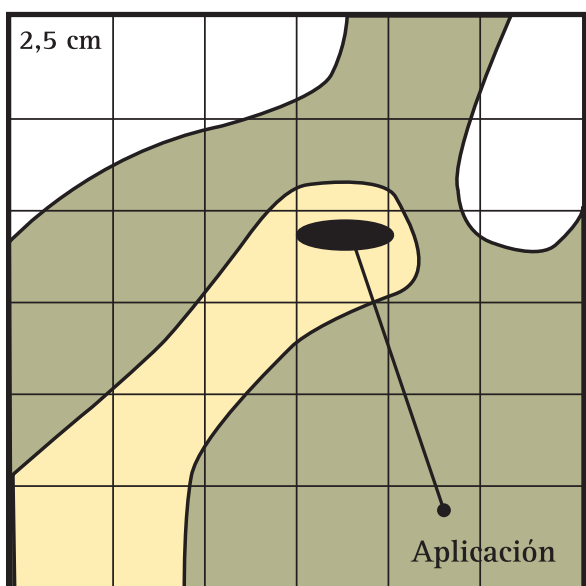


Fig. 4: Movimiento de fósforo y nitrógeno en el suelo. Adaptado de datos del estado de Michigan, EEUU. Inst. de Potasa & Fósforo, 1998

En el cultivo

El fósforo es absorbido por las plantas como $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} o PO_4^{3-} . Está presente en las células vivas, con concentraciones más altas donde hay alta división celular, como puntos de crecimiento y plantas jóvenes. Sus principales funciones son:

- Es componente de las membranas celulares
- Formación de ácidos nucleicos (ADN y ARN), necesarios para la división celular.
- Componente de las moléculas encargadas del almacenaje y transferencia de energía (ATP y ADP).
- Cumple un papel importante en la fotosíntesis y respiración.
- Estimula el crecimiento temprano y la formación de la raíz.
- Acelera la maduración
- Promueve la producción de semillas.

En síntesis todos los procesos que requieren energía desde la emergencia e implantación de plántulas y raíces hasta la formación de granos son altamente dependientes de la oferta de P



Respuesta de plantas de girasol a 60 kg/ha de fósforo (atrás) comparada con plantas sin fertilización (frente) en un suelo con bajo P extractable.



Efectos de la aplicación en la siembra de 60 kg/ha de fósforo (der.) y de la no fertilización (izq.) en cultivos de girasol en floración.

Diagnóstico y fertilización

El cultivo de girasol, por cada tonelada de grano producida, requiere 5 kg de P (Tabla 1). Si bien la máxima demanda ocurre luego de 40 días desde la emergencia, la fertilización fosfatada debe realizarse en el momento de la siembra debido a la escasa movilidad de este elemento en el suelo junto con el proceso de captación. Existe respuesta al agregado de P cuando la disponibilidad en la capa superior del suelo, según el método Bray Kurtz 1, es inferior a 10-12 ppm, lográndose incrementos medios de 400 kg/ha de grano con el agregado de 30-40 kg de P₂O₅/ha.

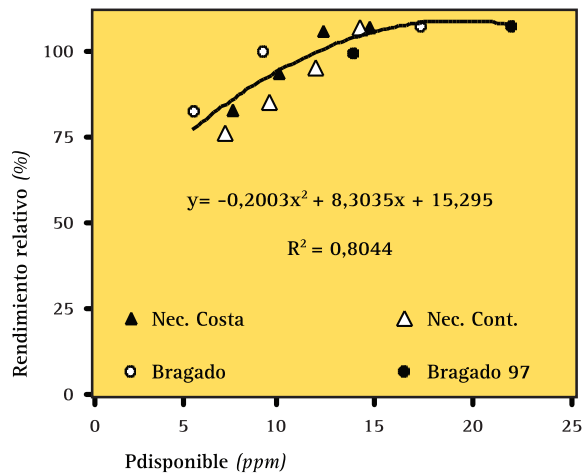


Fig. 5: Rendimientos relativos de cultivos de girasol según niveles de P disponible (P Bray Kurtz 1 + P fertilizante considerando 20 cm de espesor de un suelo con 1,2 mg/m³ de densidad aparente y 60 % de disponibilidad). Nec. Costa y Nec. Cont. datos adaptados de Ustarroz y Boga (2002), Bragado y Bragado 97 datos adaptados de Zubillaga et al. (2002).

En la región pampeana se obtuvieron las máximas respuestas a la fertilización fosfatada en suelos con al menos 17 ppm de P (Fig. 5). Los niveles de P disponible surgen de la suma de los niveles de P extractable del suelo (método de Bray Kurtz 1) y de los aportados por los fertilizantes (considerando una aplicación en los primeros 20 cm de suelo, con una densidad aparente de 1,2 mg/m³ y una disponibilidad para el cultivo del 60 %). Al evaluar la dosis de fertilizante a aplicar se debe tener en cuenta el contenido de P extraído del suelo y también el rendimiento esperado. Así, a menores valores de P extraído del suelo y/o a mayores rendimientos esperados, se deberá aumentar la dosis de fertilizante (Tabla 2).



Necrosis de la porción inferior de hojas de girasol en plantas con insuficiente provisión de fósforo

Tabla 2

Recomendaciones de dosis de P₂O₅ (kg/ha) para la fertilización de cultivos de girasol según rendimientos esperados (kg/ha) y niveles de P extractable (Bray 1) en 0-20 cm (Echeverría y García, 1998)

Rendimiento (kg/ha)	Nivel de P Bray 1 (ppm)				
	< 4,0	4,1 – 6,0	6,1 – 8,0	8,1 – 11,0	11,1 – 16,0
Dosis de P ₂ O ₅ (kg/ha)					
2000	38	27	23	---	---
3000	47	36	32	27	17
4000	56	45	41	37	26
5000	65	54	50	46	35

Las aplicaciones del fertilizante en profundidad (15-20 cm) resultarían más beneficiosas que las realizadas convencionalmente en la línea de siembra debido a la mayor probabilidad de disponer de humedad para solubilizar el fertilizante y facilitar su captación por el vegetal (Valetti y Migasso, 1985).

Atención con el riesgo fitotóxico por contacto de semillas con algunos fertilizantes

Las semillas de girasol son sensibles a los efectos salinos y fitotóxicos de fertilizantes aplicados en contacto directo con éstas, reduciéndose el porcentaje de plantas emergidas y afectándose la uniformidad de implantación del cultivo. Barraco y Díaz-Zorita (2002) observaron una reducción de aproximadamente el 10 % de la emergencia e implantación en cultivos sembrados a 70 cm de distancia entre hileras en un Hapludol Típico con aplicaciones equivalentes a 30 kg/ha de fertilizantes. Este efecto es de mayor importancia que en cultivos de maíz aunque menos relevante que en soja (Fig. 6). Por lo tanto, se recomienda no aplicar el fertilizante junto con las semillas. Además, la textura y los contenidos de materia orgánica y de humedad de los suelos modifican la magnitud de los posibles efectos fitotóxicos y salinos de las aplicaciones. En suelos con texturas arenosas, pobres en materia orgánica o en condiciones de sequía existe mayor riesgo que en aquellos con texturas finas o en suelos secos.

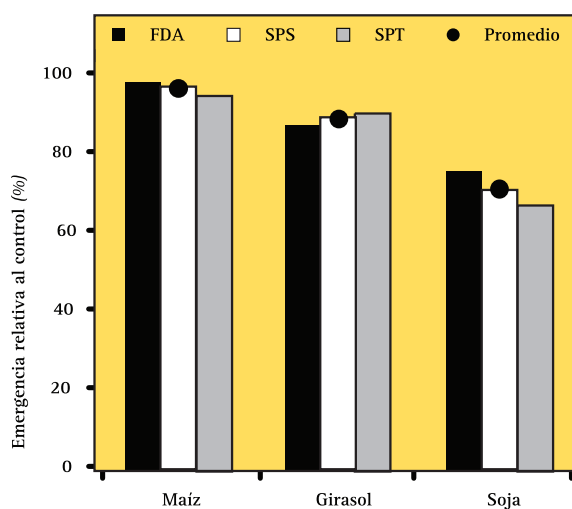


Fig. 6: Porcentaje relativo de plantas emergidas de soja, girasol y maíz fertilizadas con 30 kg/ha de superfosfato triple (SPT), superfosfato simple (SPS) o fosfato diamónico (FDA) en contacto con las semillas en un Hapludol Típico (Barraco y Díaz-Zorita, 2002).

capítulo 3

Nitrógeno

En el suelo

El nitrógeno es muy soluble y se mueve libremente en el suelo, por lo tanto su localización respecto de las raíces no es crítica (Fig 4). Por el contrario, se debe tener en cuenta que la alta movilidad de este nutriente puede derivar en su pérdida por lixiviación ante precipitaciones intensas.

En el cultivo

El nitrógeno es tomado del suelo por las plantas principalmente como nitratos (NO_3^-) o amonio (NH_4^+). Es un nutriente esencial para el crecimiento.

- Es utilizado por las plantas para sintetizar aminoácidos, los cuales forman las proteínas, componente principal de las células.
- Componente de enzimas y vitaminas.
- Síntesis de ácidos nucleicos (ADN y ARN), necesarios para la división celular.
- Formación de clorofila, indispensable para la fotosíntesis.

Diagnóstico y fertilización

Análisis del suelo (evaluación de nitratos)

La cantidad de nitratos presentes en el suelo a la siembra determina la respuesta del cultivo a la fertilización nitrogenada. González Montaner y Di Napoli (2002) encontraron que no existe respuesta a la fertilización con N en suelos del sudeste bonaerense con más de 50 kg de N/ha en los primeros 60 cm, mientras que en el oeste se encontraron respuestas al agregado de urea en suelos conteniendo niveles de N inferiores a 30 kg/ha (Duarte et al, 1999). En Vertisoles de Entre Ríos, los rendimientos de los cultivos aumentaron al incrementarse la oferta de N edáfico, evidenciándose escasos incrementos por fertilización nitrogenada (inferiores al 10 % del rendimiento del testigo) en suelos con hasta aproximadamente 40 kg de N/ha (Tabla 3).

Tabla 3

N edáfico en el momento de la siembra y producción de grano de 33 cultivos de girasol fertilizados con N en Entre Ríos (Mistrorigo et al., 1993).

N-NO ₃ (ppm)	Rendimiento (kg/ha)	
	Sin N	Con N
< 7	1500	2100
7 - 11	1700	2500
11 -16	1730	2200
> 16	1740	1950



Comparación entre plántulas deficientes (izq.) y creciendo en solución con adecuada provisión de nitrógeno (der.).



Clorosis de hojas inferiores en plantas de girasol creciendo con deficiencias de nitrógeno.

Análisis de tejidos del cultivo (índice de nutrición nitrogenada)

El análisis de tejidos comprende la determinación de la concentración de nutrientes en un órgano definido del vegetal, generalmente las láminas de las últimas hojas expandidas. En la medida que la planta madura, los tejidos contienen mayor proporción de materia seca que de humedad y nutrientes y, por consiguiente, al expresar la concentración de nutrientes en función del contenido de materia seca el valor decrece en el tiempo. La concentración de N, y otros nutrientes, disminuye al aumentar la biomasa de las plantas siguiendo un modelo descrito por "curvas de dilución" características por cultivo (Fig. 7).

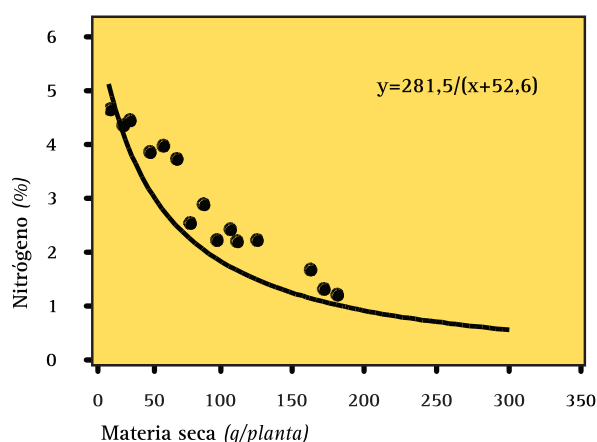


Fig. 7: Nitrógeno en la materia seca y biomasa aérea de plantas de girasol. Resultados experimentales en Balcarce (Sosa et al., 1999) y "curva de dilución" propuesta por Merrien (1993)

Un indicador útil desarrollado para la detección de deficiencias tempranas de N es el índice de nutrición nitrogenada (INN). Este índice se calcula a partir del cociente entre la concentración de N en el cultivo con respecto a la concentración crítica estimada a partir de la cantidad de materia seca del cultivo y según "curvas de dilución" establecidas bajo condiciones no limitantes de nutrición nitrogenada (ej. Merrien, 1993). Si dicho índice determinado en estadios de v6 es inferior al 90 % es probable encontrar respuestas de al menos un 10% en los rendimientos del cultivo (Fig. 8).

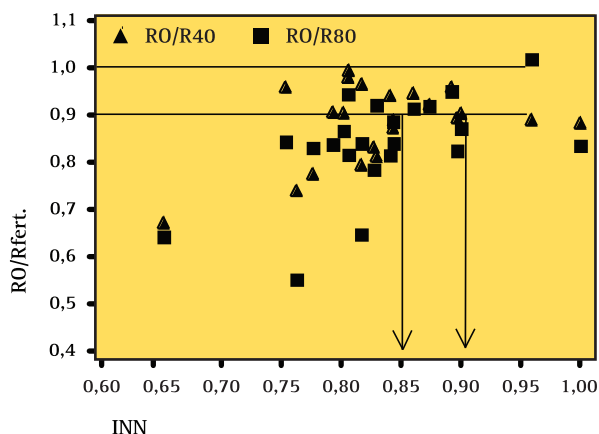


Fig. 8: Índice de nutrición nitrogenada y rendimiento relativo de girasol fertilizados con 40 kg/ha de N (RO/R40) o con 80 kg/ha de N (RO/R80) como urea. Las líneas indican los niveles críticos para un 10% de respuesta (Duarte et al., 1996)

Análisis de jugos de peciolo (nitratos en peciolo)

Otra herramienta de diagnóstico del estado nutricional del cultivo en estadios vegetativos es la concentración de nitratos en los peciolo de la hoja más joven. Existe una estrecha relación entre este valor y la cantidad de nitratos en el suelo (Fig. 9).

Además, esta herramienta permite identificar cultivos con probable respuesta a la fertilización nitrogenada. En la figura 10 se observa que con concentraciones de nitratos en peciolo inferiores a 3000 ppm los rendimientos de los cultivos sin fertilizar son inferiores a los fertilizados con 40 u 80 kg de N/ha, mientras que cuando dichos valores son mayores a 3000 ppm, la diferencia de rendimiento entre los cultivos sin fertilizar y los fertilizados es menor al 10 %.

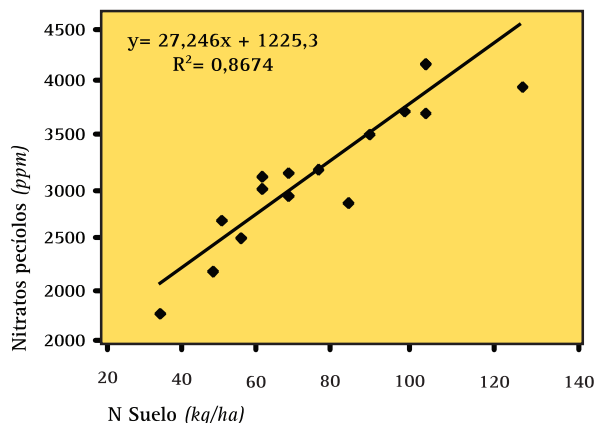


Fig. 9: Relación entre contenidos de N del suelo (0-60 cm) y concentración de nitratos en peciolo de girasol determinados en estadios de v6 en lotes comerciales de producción en la región de la pampa arenosa (Duarte y Díaz-Zorita, inédito).

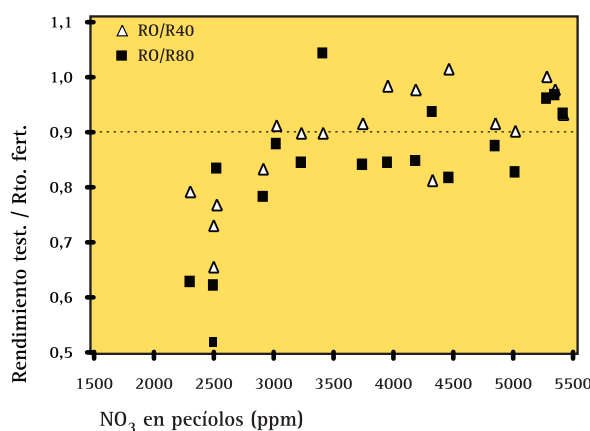


Fig. 10: Contenido de nitratos en jugos de peciolo de girasol y rendimiento relativo de girasol fertilizado con 40 kg/ha de N (RO/R40) o con 80 kg/ha de N (RO/R80). La línea indica el nivel crítico para un 10% de respuesta (Díaz-Zorita y Duarte, 1998a)

Boro

En el suelo

El contenido de B soluble en el suelo depende de la textura del mismo. Suelos de textura fina presentan valores más altos que aquellos de textura gruesa en los que existen pérdidas de B por lavado y donde los contenidos de materia orgánica son bajos. En la figura 11 se presenta un mapa de las regiones con potencial deficiencia de B en la región pampeana. Otros factores que alteran la provisión de este nutriente son las temperaturas extremas y el déficit hídrico (Glas, 1998). En el oeste bonaerense se observa una mayor respuesta a la fertilización con B en aquellas campañas en las cuales la oferta hídrica era escasa.

En el cultivo

Funciones fisiológicas

- Interviene en la división celular y formación de paredes celulares. La división celular puede realizarse, pero los componentes estructurales no son diferenciados
- Esencial para la formación de granos de polen y del tubo polínico
- Formación de semillas.
- Relacionado con la translocación de azúcares.
- Regula el metabolismo de los carbohidratos.
- Importante en la formación de proteínas.



Severas deficiencias de boro originan hojas engrosadas, necróticas y deformes.



La deficiencia de boro causa en las hojas jóvenes deformaciones, engrosamientos y coloración bronceada



Fallas en el desarrollo de plántulas de girasol bajo severas deficiencias de boro

