

MANEJO DE LA NUTRICION MINERAL DEL GIRASOL EN AMBIENTES FAVORABLES

Martín Díaz-Zorita

ver. Mayo 2015

Factores determinantes del rendimiento y tecnologías de producción

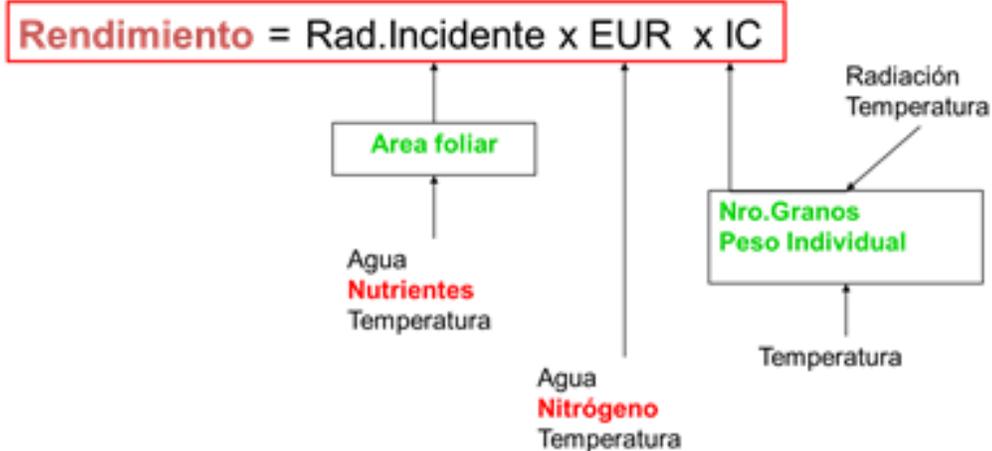


(+) Complejo de factores externos que actúan sobre un sistema y determinan su curso y su forma de existencia.
No sólo propiedades del suelo (manejo x sitio x año).

Los rendimientos del girasol (*Helianthus annuus* L.), como de otros cultivos extensivos, resultan de la acción combinada de múltiples factores, de sus interacciones y de la aplicación de tecnologías de producción. La disponibilidad de nutrientes, y su manejo eficiente, limitarán los rendimientos potencialmente alcanzables definidos según la condición de ambiente (ubicación, tipo de suelo, etc.) y de captura de recursos por el cultivo (genotipo, fecha y densidad de siembra, etc.). Es así que el planteo de estrategias de fertilización para la corrección de limitaciones nutricionales requiere identificar el marco productivo considerando no solo la oferta de nutrientes sino las condiciones que definen el crecimiento y la producción del cultivo.

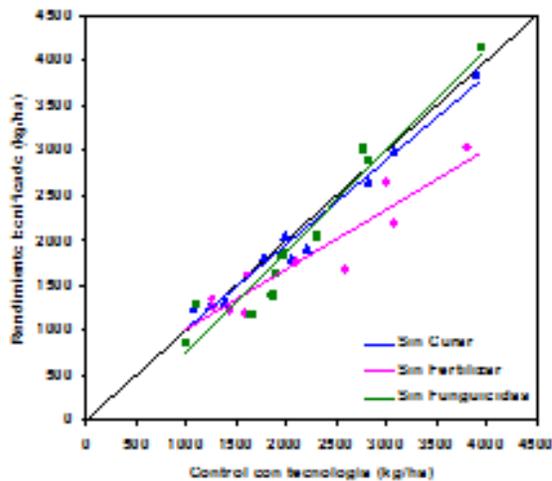
Es propósito de este capítulo presentar y discutir algunos elementos para el manejo de la fertilización de girasol en sistemas de secano bajo condiciones favorables de producción y sustentado mayormente en experiencias desarrolladas en regiones girasoleras argentinas.

Modelo funcional de análisis de crecimiento y rendimiento de girasol

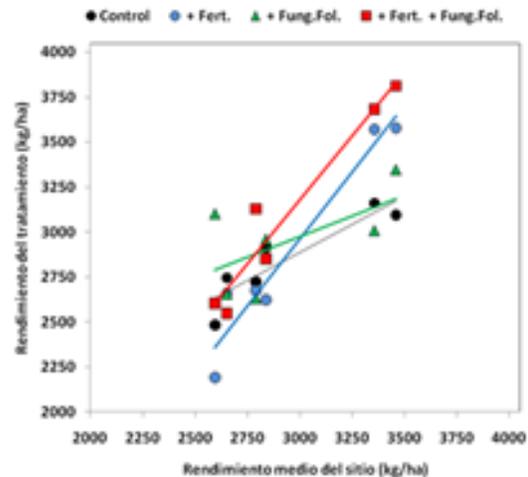


Los nutrientes en general tienen un efecto directo en la producción del girasol al participar en la formación y sostenimiento del área foliar del cultivo y consecuentemente en la captura de la radiación incidente. En particular, la disponibilidad de nitrógeno tiene un papel de relevancia en la formación del rendimiento al participar directamente en diversos procesos que hacen a la eficiencia de uso de la radiación (EUR). En síntesis, en condiciones favorables de producción, los rendimientos están directamente afectados por la disponibilidad de nutrientes al regular la capacidad de captura de radiación que, a partir del índice de cosecha (IC) de esta energía fijada, será particionada por el cultivo en componentes productivos (número de granos y peso individual de los granos).

Girasol. Cuantificación integrada de tecnologías de producción.



Díaz-Zorita y col.(2009)
GirasolSD/TEG Syngenta

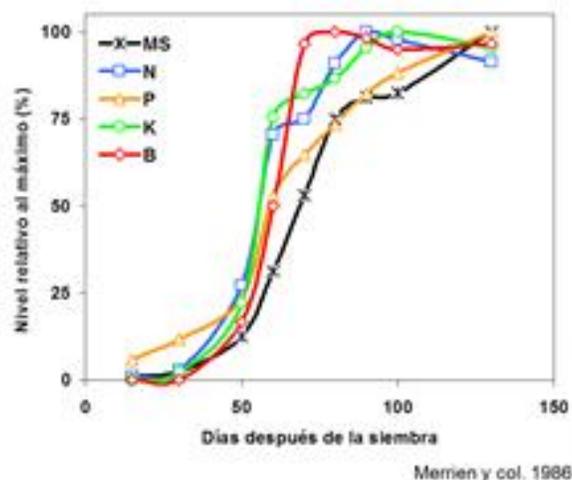


Díaz-Zorita y col.(2011)
TEG Syngenta

Los estudios que muestran aportes de la fertilización del girasol en Argentina no son recientes ni escasos. Sin embargo, la adopción de la práctica es limitada y cuestionada por su variabilidad de resultados tanto en frecuencia como en magnitud. Recientemente, se plantearon evaluaciones integrales para analizar los aportes de diferentes estrategias de producción de girasol en sistemas de siembra directa identificándose. A partir de unos 611 casos analizados se observó que en promedio las limitaciones de nutrientes, en particular nitrógeno (N) y fósforo (P), representan una reducción del 10% en los rendimientos alcanzables por los cultivos. Esta brecha productiva, en valores absolutos, es creciente en la medida que la producción media de los sitios considerados también es creciente. Los sistemas de siembra directa se caracterizan por mostrar en promedio menor disponibilidad de nutrientes ligados a la activa mineralización del suelo (ej. N) y mayor presencia de meso y micro poros que ayudan a la captación y almacenaje de agua y, dadas las condiciones frecuentes de producción del girasol a incrementar las posibilidades de alcanzar altos rendimientos.

Girasol. Crecimiento y absorción de nutrientes.

Nutriente	Requer. kg/tn de grano
Nitrógeno (N)	41
Fósforo (P)	5
Potasio (K)	29
Calcio (Ca)	18
Magnesio (Mg)	11
Azufre (S)	5
Boro (B)	0.07
Cobre (Cu)	0.02
Hierro (Fe)	0.26
Manganeso (Mn)	0.06
Molibdeno (Mo)	0.03
Zinc (Zn)	0.10

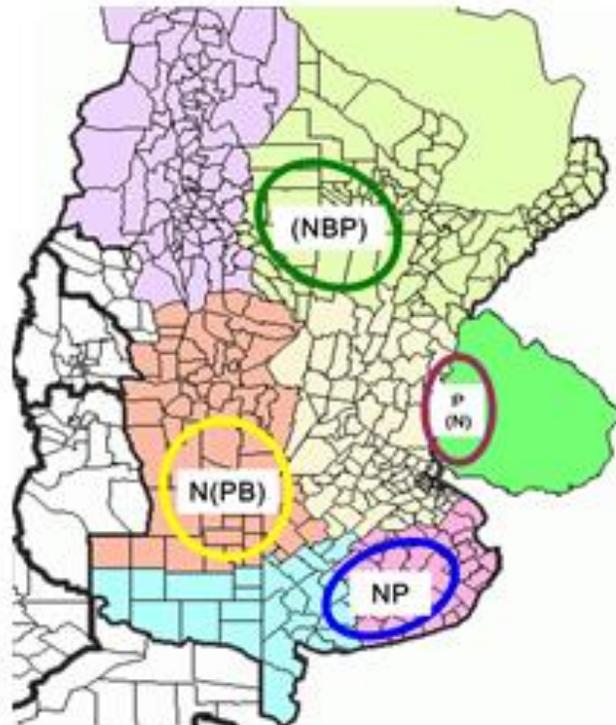


El girasol, como el resto de las plantas, tiene requerimientos específicos de elementos para su normal desarrollo y crecimiento. En comparación con los cereales, la cantidad demandada para la producción de granos (aqueños) en el caso de N, de P y otros nutrientes es mayor. Por ejemplo, producir una tonelada de granos de maíz requiere unos 22 kg de N y 4 kg de P mientras que en girasol esa demanda es de 41 y 5 kg, respectivamente.

La captación de nutrientes ocurre a una tasa superior a la evolución del crecimiento, o acumulación de la materia seca. En general, el 50% de la incorporación total de nutrientes se alcanza aproximadamente a los 60 días desde la siembra del cultivo. Se destaca la rápida tasa de incorporación relativa del P que en los primeros 30 días del desarrollo de las plantas es varias veces superior a la del resto de los nutrientes.

Tanto la alta demanda unitaria de elementos como su temprana incorporación en la biomasa del cultivo sustentan el valor de la adecuada nutrición inicial del girasol para el logro de condiciones no limitadas nutricionalmente. Hasta aproximadamente los 75 días luego de la emergencia, la cantidad de N captada por cultivos de maíz y de girasol son comparables.

Girasol. Regiones de producción y principales nutrientes limitantes en sistemas de siembra directa



En todas las regiones girasoleras argentinas se han descripto limitaciones nutricionales a la normal producción del cultivo y que su corrección en promedio explica aproximadamente el 10% de sus rendimientos alcanzables. Sin embargo, los nutrientes que explican estos comportamientos varían en la frecuencia de ocurrencia entre macroregiones productivas. En particular, en sistemas en siembra directa las respuestas a la fertilización con P son frecuentes en regiones con suelos de texturas finas o franco-finas con condiciones naturales con moderados a bajos contenidos extractables de fósforo (i.e. sudeste bonaerense y litoral). En cambio, las restricciones en la oferta de N son más frecuentes en condiciones de alta productividad y suelos con moderada a baja concentración de materia orgánica frecuentes en sistemas agrícolas intensificados de larga duración o en suelos de texturas gruesas (i.e. sur bonaerense y región de la pampa arenosa). En la región del noreste la información de respuestas a la fertilización en sistemas en siembra directa es reciente y con resultados variables regionalmente y acotados a micro-regiones o condiciones productivas específicas. Las limitaciones de boro (B) se han descripto con frecuencia en suelos arenosos y de texturas gruesas con

bajos contenidos de materia orgánica o escasa oferta natural del nutriente tanto en la región de la pampa arenosa como hacia el este en la región del NEA.

FOSFORO

Requerimientos totales: 5 kg/tn de grano

Acciones en las plantas:

- Promoción del desarrollo de raíces,
- Mayor tasa de implantación,
- Mejora en la tolerancia a sequía, etc



Características en el suelo: Escasamovilidad

Captación por las plantas: difusión (cercanía a las raíces!!!)

Recomendaciones de manejo:

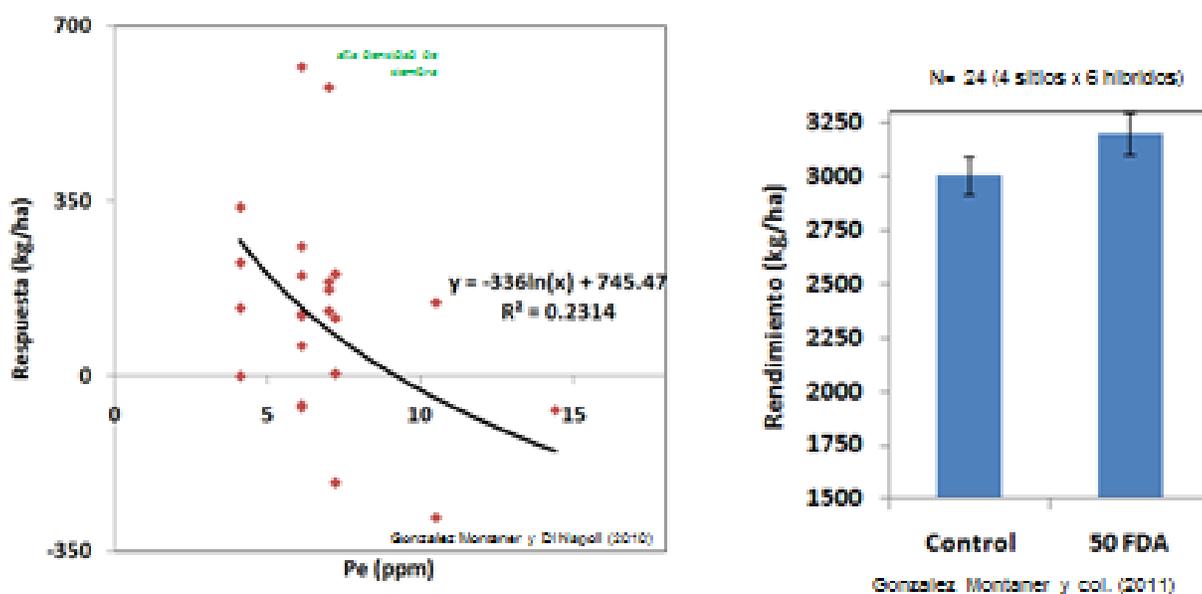
- Diagnóstico: **Análisis de suelos** [Pe(BK1) < 10 - 12 ppm], crecimiento inicial limitado (frío, sequía superficial, etc.)
- **Fertilización localizada**
 - Bandas incorporadas
 - Precaución en aplicaciones en línea de siembra (**fitotoxicidad**).

El fósforo es un elemento que participa de variados procesos fisiológicos durante el crecimiento de las plantas, principalmente en aquellos con consumo de energía (es uno de los elementos integrantes de la molécula de ATP). En condiciones de limitación se reduce la proliferación y desarrollo de las raíces como también la velocidad (tasa) de implantación de los cultivos. En los suelos se lo encuentra mayormente en formas minerales con diferente disponibilidad para la captación por las plantas dependiendo del grado de meteorización y estado energético de sus formas. Las fracciones disponibles son una proporción menor del total del P que se encuentra en los suelos y dada su reactividad se caracteriza por tener escasa movilidad en la solución del suelo. Las plantas adquieren el P por el proceso de difusión (pasaje por gradientes de concentración entre la solución del suelo y los contenidos celulares) y ocurre en distancias muy próximas a los pelos absorbentes de las raíces). Estas características (escasa movilidad en el suelo y captación por difusión) sustentan la recomendación de fertilizar con P en bandas (alta

concentración) preferentemente próximas a las líneas de siembra donde es más probable la proliferación de las raíces. Identificar suelos con niveles extractables de P (método de Bray Kurtz 1) inferiores a 10 ppm (mg/kg) en la capa de 0 a 20 cm o con condiciones de crecimiento inicial restringido por ejemplo por bajas temperaturas, sequias superficiales o endurecimientos son criterios de diagnóstico contemplados para identificar sitios con potencial respuesta a la fertilización con P.

Girasol. Respuesta a fertilización con P

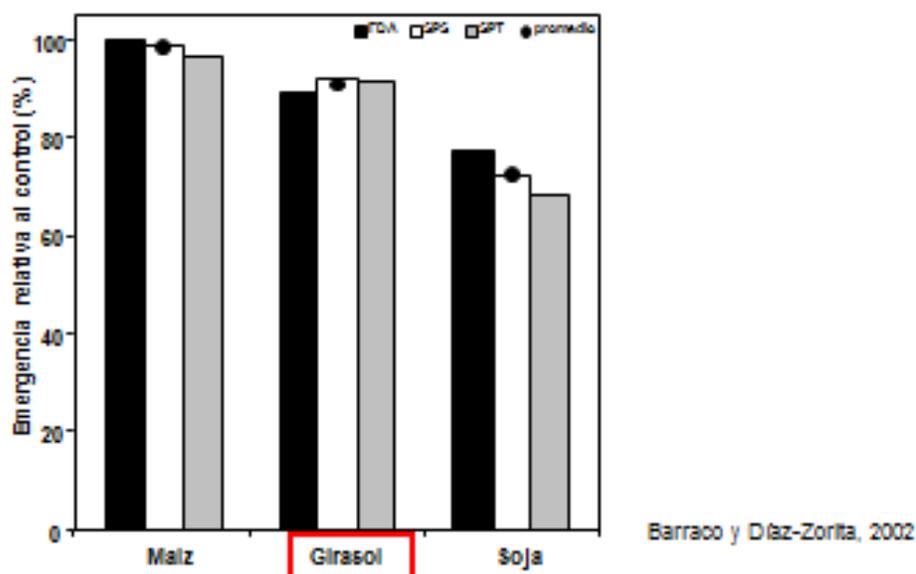
50 kg FDA/ha en el sudeste bonaerense



El análisis de los suelos (en su capa de 0 a 20 cm) para la determinación de los niveles extractables por el método de Bray Kurtz 1 muestra en las regiones girasoleras de Argentina una contribución de referencia para el diagnóstico de sitios con mayor probabilidad de respuesta a la fertilización con P en el momento de la siembra del cultivo (fertilización de base). Las mejoras en rendimiento del girasol al corregir la oferta inicial de P son detectables con frecuencia en suelos con hasta casi 15 ppm de P extractable. La respuesta promedio esperable de unos 191 kg/ha alcanzado niveles de respuesta de unos 560 kg/ha y más del 70% de frecuencias con casos positivos en suelos con menos de 10 ppm de P extractable y en ausencia de otras restricciones al normal crecimiento del cultivo (i.e. fechas de siembra tempranas, suelos profundos, reserva y disponibilidad de agua, etc.). En parte, estos beneficios se sustentan en la rápida y uniforme implantación del cultivo logrando reducir la competencia entre plantas (dominantes vs dominadas),

tolerar condiciones iniciales de estrés biótico y abiótico y alcanzar una máxima interceptación de radiación y sostenimiento del área foliar. El crecimiento de las raíces en condiciones no limitadas en la oferta inicial de P muestra mayor proliferación en pelos radicales y en elongación alcanzando rápidamente capas profundas de los suelos, mejorando el anclaje del cultivo y el volumen explorado para el normal abastecimiento en agua y consecuente tolerancia a condiciones de estrés hídrico.

Contacto directo con fertilizantes y emergencia de cultivos de verano (Dosis: 30 kg/ha, DH 70 cm)



Referencias: FDA: fosfato diamónico, SPS: superfosfato simple, SPT: superfostato triple.

Como sucede con otras especies, el contacto directo de fertilizantes y semillas afecta la germinación y emergencia de los cultivos. En el caso de girasol, además de efectos salinos la pérdida de plantas es atribuible a la toxicidad por alta concentración amoniacal proveniente de fertilizantes conteniendo N tales como urea, fosfato diamónico o fosfato monoamónico. De la revisión de variados estudios en esta temática, Ciampitti y col. (2007) concluyeron que es probable la reducción del 20% de las plantas con aplicaciones de entre 20 y 40 kg/ha de urea o entre 40 y 50 kg/ha de fosfato diamónico. Se alcanzan pérdidas del 50 % con 60 a 90 kg/ha de urea o 80 a 120 kg/ha de fosfato diamónico. Las pérdidas de plantas por contacto directo con fertilizantes es de mayor magnitud y frecuencia en suelos de texturas gruesas (franco-arenosas a arenosas),

moderados a bajos contenidos de materia orgánica, fríos o secos con germinación, emergencia y crecimiento inicial lento de los cultivos. Además, para reducir este riesgo es recomendable evitar la aplicación de fuentes fosfatadas con alto contenido de N, no fertilizar con fuentes nitrogenadas en bandas próximas a la línea de siembra y separar físicamente la línea de siembra de la línea de incorporación de fertilizantes.

NITROGENO

Requerimientos totales: 41 kg/tn de grano

Acciones en las plantas:

- **Regulación del área foliar** (formación y mantenimiento post-floración)
- **Eficiencia de uso de la radiación**

Características en el suelo: Gran movilidad

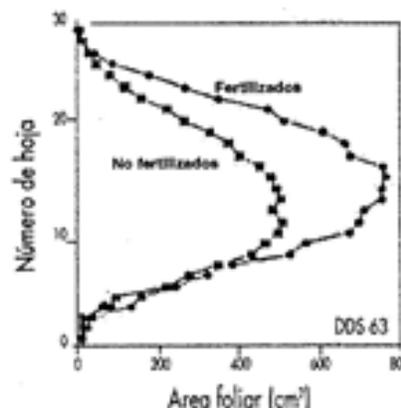
Captación por las plantas: flujo masal (flexibilidad de aplicación)

Respuestas a la fertilización variables

- **Agua** (lluvias+suelo), **MO/textura**, barbecho, cob.rastrojos, etc. y **potencial productivo**

Indicadores de necesidad de fertilización

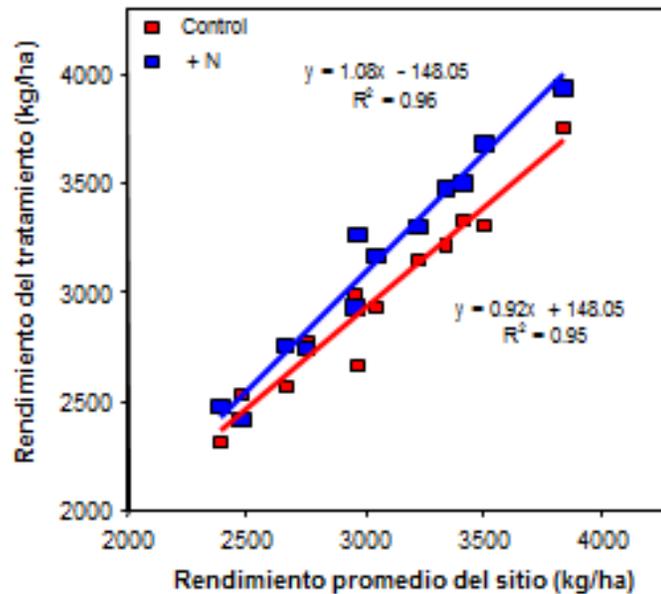
- Suelo (NO_3 V6)
- Cultivo (NO_3 pec V4-6, INN V4-6)



El nitrógeno es un elemento importante para la regulación (formación o crecimiento y mantenimiento) del área foliar y de la eficiencia de uso de la radiación durante el proceso de fotosíntesis. La mayor proporción del N en los suelos está integrando la materia orgánica requiriendo su transformación (mineralización) a nitratos o a amonio (formas inorgánicas) para la captación por las plantas. Estos compuestos son muy solubles, forman parte de la solución del suelo y consecuentemente con gran movilidad. Las plantas captan el N desde la solución del suelo pasivamente por flujo masal al transpirar. Estas características (alta solubilidad de fuentes minerales y captación pasiva al transpirar) permiten una mayor flexibilidad en cuanto al momento de aplicación de fertilizantes nitrogenados para la corrección de limitaciones en la nutrición nitrogenada. Las respuestas de los cultivos a esta corrección son variables dependiendo, entre varios factores, de la oferta tanto de agua como de N en el suelo, la fertilidad potencial del sitio que en algunas regiones es expresada por la cantidad de materia orgánica por unidad de fracción finas de textura y por el potencial productivo del cultivo (demanda potencial de

N). A partir de estos factores, algunos indicadores son de utilidad para el diagnóstico de necesidades de N entre los que se encuentran la oferta inicial (en estadios vegetativos) de N en el suelo (mediciones de nitratos hasta 60 cm de profundidad) y el estado de nutrición nitrogenada del cultivo estimado por el contenido relativo de N en la biomasa aérea (índice de nutrición nitrogenada) o la concentración de nitratos en los jugos de peciolo de las plantas.

Girasol. Fertilización nitrogenada en siembra directa

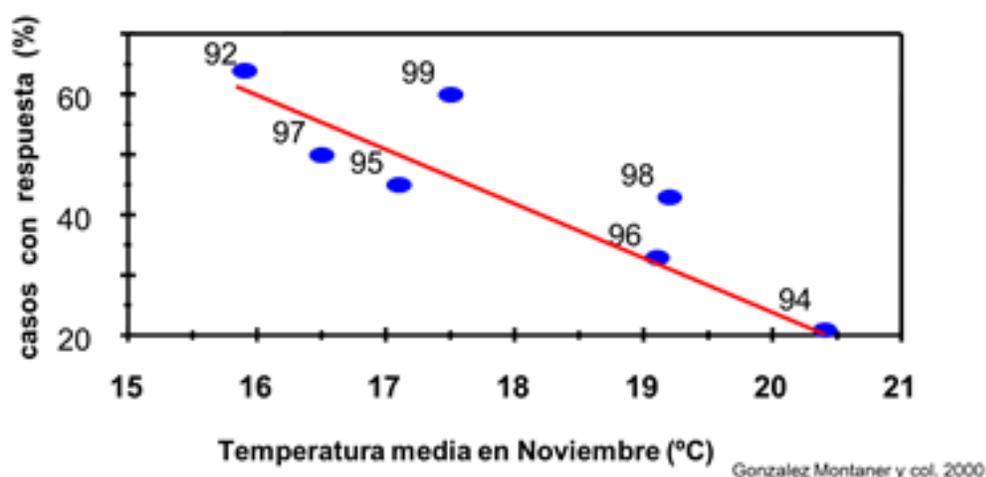


GirasolSD (2005)

Los estudios de comportamiento del cultivo a la fertilización nitrogenada son abundantes y acompañan a la evolución y dispersión del cultivo en diferentes regiones y condiciones de producción. Actualmente, la introducción y difusión de prácticas de siembra directa para el manejo del girasol en gran parte de la región de producción argentina destacan la confluencia de cambios en las condiciones de los suelos incrementando su capacidad de captación, almacenaje y provisión de agua con una menor tasa de mineralización o de liberación potencial de N desde las reservas orgánicas superficiales. Esta conjunción muestra que en la medida que las condiciones de producción se incrementan, las limitaciones en la oferta de N reducen en forma creciente el rendimiento alcanzable por los cultivos. En promedio, para sitios con rendimientos en aqueños superiores a los 2500 kg/ha se esperan mejoras de aproximadamente el 4% con la aplicación de unos 50 kg/ha de N en estadios vegetativos tempranos de crecimiento del

cultivo. La menor eficiencia de uso del N comparada con la alcanzable por otros cultivos tales como los cereales está en parte explicada por el propósito final del cultivo (producción de aceites) y mayores requerimientos funcionales de N tal lo descrito al inicio de este capítulo al describir las demandas de nutrientes para la normal producción del girasol.

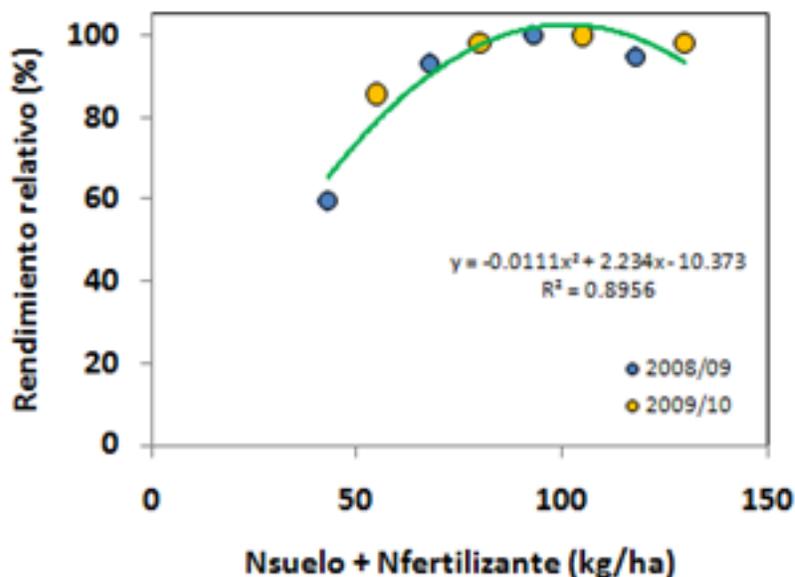
Girasol. Diagnóstico de necesidad nitrogenada. Temperatura en el sudeste bonaerense (N=73, 1992-9)



Las respuestas a la corrección de necesidades de N no son uniformes. Entre otros elementos varían con las condiciones ambientales que interactúan con la capacidad de los suelos en proveer el nutriente desde las reservas orgánicas por mineralización. Es por esto que al incrementarse la temperatura media durante los primeros 45 días de crecimiento vegetativo (i.e. mes de noviembre en cultivos del sudeste bonaerense) la proporción de casos con respuestas positivas a la fertilización nitrogenada decrece. En primaveras húmedas (o siembras tempranas) el crecimiento del cultivo no solo es más lento requiriendo de mayor suplementación nutricional para su normal desarrollo sino que la tasa de transformación de fuentes orgánicas en inorgánicas del N del suelo es menor y es mayor la dependencia del aporte externo (fertilización) con N.

Girasol. Diagnóstico de necesidad nitrogenada.

Análisis de suelos (pampa arenosa)



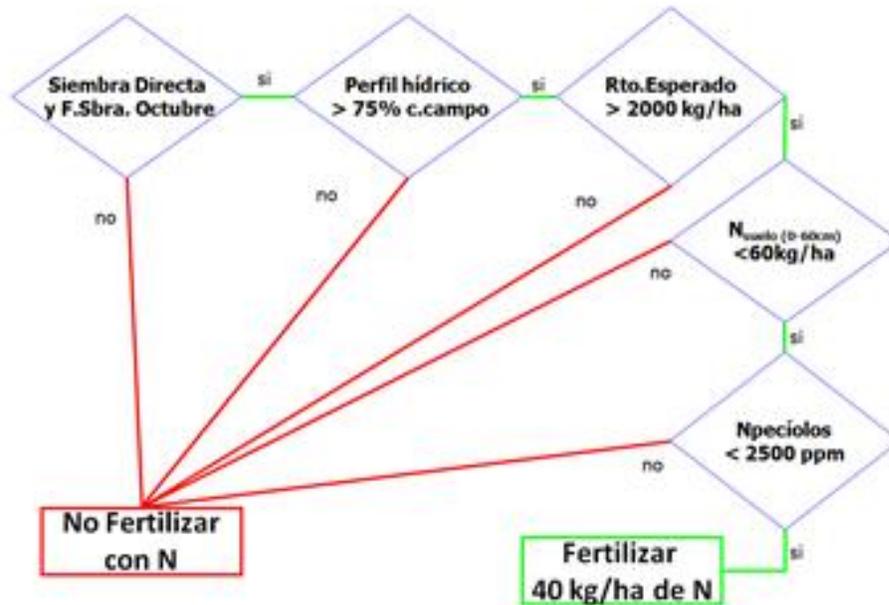
Menores rendimientos relativos en sitios con menos de 90 kg/ha de N (suelo + fertilizante)

Adaptado de Funaro y Lasta (2009 y 2010)

Los análisis de suelos para determinar la oferta de nitratos en estadios tempranos del desarrollo vegetativo del cultivo (anteriores a v6) en algunas regiones, como es en la pampa arenosa en sitios con suelos profundos y con adecuada provisión hídrica, son una herramienta útil para identificar potenciales sitios con limitaciones nitrogenadas. Dado que el cultivo presenta un desarrollo radical profundo la evaluación tiene que considerar al menos los 60 cm superficiales de los suelos para una adecuada caracterización de los niveles presentes y potencialmente accesibles de N por el cultivo. En general, suelos con niveles inferiores a 90 kg/ha de N disponible (suma del N en forma de nitratos de los suelos y del aporte de N por fertilizantes no determinado por el análisis del suelo) muestran potenciales deficiencias nitrogenadas para el normal crecimiento y producción del cultivo. Dado que en promedio la oferta primaveral en suelos agrícolas de la región de la pampa arenosa es próxima a los 50 kg/ha las dosis recomendadas para corregir las necesidades de nutrición nitrogenada son de unos 40 kg/ha (equivalentes a unos 80 kg/ha de urea). Esta información (dosis de 40 kg/ha de N) junto con la respuesta

media esperada (4% del rendimiento alcanzable) son elementos útiles para el análisis de potencial oportunidad de corrección.

Girasol. Modelo integrado de selección de lotes a fertilizar con N en la pampa arenosa



DZD Agro SRL (2010)

La integración secuencial de información recomendada para considerar situaciones de potencial respuesta a la fertilización con N permite mejorar la selección de lotes para la aplicación de esta práctica. En las condiciones predominantes de producción de girasol en la región de la pampa arenosa, no es recomendable la aplicación de fertilizantes nitrogenados en siembras tardías (posteriores a fines de octubre) o bajo prácticas de manejo de suelos con remoción. En siembras tempranas y en cultivos en siembra directa es conveniente considerar la aplicación de 40 kg/ha de N si el perfil hídrico (hasta 100 cm de profundidad) se encuentra al menos en el 75% de su capacidad de campo, el rendimiento esperado del cultivo es superior a los 2000 kg/ha y la oferta de N del suelo (hasta 60 cm de profundidad) es inferior a los 60 kg/ha con plantas conteniendo menos de 2500 ppm de nitratos evaluados en los jugos de pecíolos entre los estadios de desarrollo de v4 a v6.

BORO

Requerimientos totales: 0.26 kg/tn de grano

Acciones en las plantas:

- División celular

Síntomas de deficiencia:

- Anormal desarrollo y expansión de cotiledones y de raíces,
- Deformación de hojas,
- Mal llenado de granos,
- Rotura de tallos y caída de capítulos.

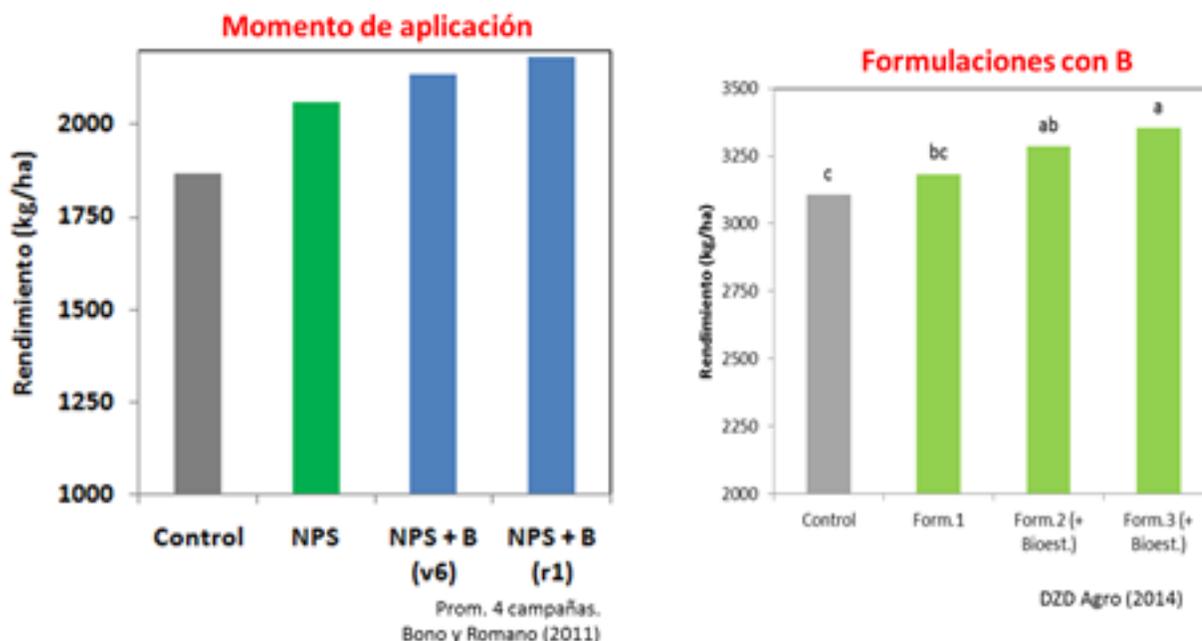


Correcciones con fertilización (al suelo) y foliares .

En algunas regiones girasoleras algunos micronutrientes, en particular boro (B) en la Argentina, muestran potenciales condiciones de restricción al normal crecimiento y producción del cultivo. Si bien el B actúa en múltiples procesos fisiológicos se destaca su participación en la división celular destacándose que en condiciones de deficiencia el desarrollo y expansión de cotiledones, raíces y hojas es desuniforme y anormal. Se detectan deformaciones (encrespamientos internervales) de hojas y debilitamientos del tallo en proximidad a la inserción de capítulo que conduce a su desprendimiento (corte de cuchillo o “knife-cut”) y consecuente pérdida de producción asociada a la imposibilidad de su cosecha. En las inflorescencias se observan fallas en la fecundación y anomalías en el llenado de los aquenios que también conducen a reducciones en la formación del rendimiento del cultivo. La captación del B es, como en el caso del N, por flujo masal al incorporarse pasivamente al transpirar y captarlo desde la solución del suelo. Su corrección puede ser tanto por fertilización junto con otros nutrientes aplicados al suelo siendo recomendable la inclusión en formulaciones químicas o soluciones evitando las

mezclas físicas con macronutrientes por riesgos de segregación y desuniformidad de distribución en la aplicación. También es posible su incorporación en el cultivo con fertilizantes foliares en estadios vegetativos avanzados próximos a la elongación del tallo e inicio de la floración.

Girasol. Fertilización con B en la pampa arenosa



Mayores respuestas en aplicaciones foliares en R1.
Diferentes respuestas según formulaciones (+ combinación con bioestimulantes)

En cultivos conducidos bajo prácticas de siembra directa y suelos arenosos (con escaso contenido de materia orgánica y alta permeabilidad) son frecuentes las deficiencias de B que limitan la normal producción de algunos genotipos de girasol. Las mayores respuestas a la corrección de estas deficiencias son frecuentes cuando las necesidades de macronutrientes como N y P están adecuadamente provistas y la corrección con fuentes con B se realiza en estadios vegetativos tardíos (v6) e inicio de los reproductivos (r1). Recientes estudios combinando la aplicación de este nutriente con bioestimulantes de uso foliar para la mitigación de condiciones de estrés abiótico también muestran contribuciones con aportes relevantes a la producción del cultivo.

Nutrición para acercarse al rendimiento potencial

Comentarios finales

- o Nutrición mineral como factor limitante a la producción con evidentes (y variables) aportes a la producción según regiones y rendimientos alcanzados.
- o Nutrientes con diferentes funciones fisiológicas críticas:
 - Fósforo: implantación, exploración de raíces, tolerancia a sequía.
 - Nitrógeno: regulación del tamaño del área foliar y la EUR
 - Boro: división celular
- o Desafíos: integración de prácticas de manejo y diagnóstico de necesidades de nutrición según rendimientos alcanzables en modelos productivos estables de alta producción considerando la consistencia de las respuestas a la práctica de fertilización.

REFERENCIAS CONSULTADAS

*** falta completar ***