



FERTILIZACIÓN MULTINUTRIENTE DE GIRASOL EN UN SITIO DEL SUDOESTE BONAERENSE

Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur



AUTOR

Juan Manuel Raposo

TUTOR

Ing. Agr. (Dr.) Juan Manuel Martínez

CONSEJEROS

Ing. Agr. (Mag.) Roberto Jürgen Kiessling

Ing. Agr. (Dr.) Claudio Ezequiel Pandolfo

CONSEJERO EXTERNO

Ing. Agr. Mariano Moro

Bahía Blanca, 2024

Agradecimientos

A mis padres, Raúl y Andrea por darme la oportunidad de estudiar y acompañarme en todo momento junto con mis hermanas Caro y Sol quienes siempre estuvieron en este transcurso apoyando en las buenas y en las malas. Ellos son unos de mis mayores promotores y motivadores en este camino. Lo que pueda decir siempre va a ser insuficiente, Los adoro.

A mis amigos de corazón, aquellos que conozco de mi infancia y a los que conocí a lo largo de esta carrera (en especial Chicho, con el que he estudiado a la par y más me ha aguantado en este transcurso), para mí es un honor y lo seguiré siendo haber compartido todos estos años con ustedes, sería muy difícil o muy largo de contarles cuanto significan para mí, quizás no lo imaginarían. Sinónimo de fierro. Los quiero muchísimo.

A cada uno de mis familiares que siempre estuvo presente y quiere que me vaya bien. Los quiero mucho.

A mis compañeros de carrera que fueron partícipes de este camino y con quienes compartí momentos muy lindos y que no voy a olvidar nunca. Tremenda gente, fueron muchas sonrisas, es un placer haber compartido estos años.

Al Centro de Estudiantes de Agronomía (famoso CEA) por su trabajo, dedicación y compromiso con el departamento, el cual fui parte y conocí mucha gente linda, compañera y amiga de la que vengo hablando. Felicidades por su trabajo. Son muchos los aprendizajes y los momentos lindos compartidos.

A mi tutor Juan, por su buena onda y predisposición en todo momento, un excelente profesional. Al igual que Roberto y Claudio los cuales también me ayudaron a concretar este trabajo.

A mi instructor externo, Mariano Moro, por brindarme las herramientas, lugar y conocimiento para realizar este trabajo.

A Erica Andres por guiarme en este ensayo y brindarme información de gran ayuda para esta tesina.

A Guillermo Pugliese por proveerme los materiales de fertilización y conocimientos de la causa.

A Noemí Fritz de la Cámara Arbitral de Cereales de Bahía Blanca quien gentilmente realizó el estudio de calidad de grano.

Al Departamento de Agronomía y sus profesores, por brindarme el espacio, las herramientas, su profesionalidad y su calidad de formación.

Y por último y no menos especial a la Universidad Nacional del Sur, por permitirme estudiar, aprender, y conocer mucha gente linda.

Muchas gracias de corazón.

Resumen

La mayor parte del girasol (*Helianthus annuus L.*) se cultiva en el sudoeste bonaerense (SOB). Existen pocos datos en la bibliografía sobre la fertilización multinutriente y combinada en esta región. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la fertilización multinutriente combinada con nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), cinc (Zn) y boro (B) sobre la producción y calidad de girasol en un sitio semiárido del SOB. Se estableció un ensayo de fertilización en cercanías de las localidades de Rivera y Delfín Huergo (Partido de Adolfo Alsina). Se plantearon doce tratamientos de fertilización combinando tres dosis crecientes de N (30, 60 y 90 kg N ha⁻¹), P, S, Zn en un diseño experimental en bloques completos al azar con tres repeticiones. En madurez fisiológica del cultivo se tomaron muestras de material vegetal para analizar: materia seca total (MST), rendimiento en grano (REND) y porcentaje de materia grasa (%MG). Luego, se calculó el índice de cosecha (IC). La producción de MST mostró respuestas positivas con tratamientos que combinaban N y S, mientras que la aplicación con P produjo detrimentos. El REND sólo se diferenció estadísticamente en el tratamiento con 60 kg N ha⁻¹ y S. En cuanto al %MG, no se observaron diferencias en girasol bajo los diferentes tratamientos. La eficiencia en el uso del N (EUN), demostró una disminución con dosis crecientes de N independientemente del agregado combinado de S, Zn y B, hallándose la mayor EUN solo con agregado de S. La combinación de dosis intermedias de N y S mejoró el REND del girasol, efectos aditivos se vieron en la producción de MST con N, S y Zn. La fertilización multinutriente no afectó la calidad del grano, posiblemente debido a condiciones climáticas desfavorables en momentos clave del desarrollo del cultivo.

Índice

Agradecimientos.....	2
Resumen	3
Introducción.....	5
Generalidades del cultivo y origen.....	5
Fenología del cultivo	6
Producción del cultivo en Argentina	7
Nutrición del cultivo	8
Hipótesis.....	13
Objetivo	13
Materiales y Métodos	14
Descripción del sitio experimental	14
Descripción del ensayo	15
Análisis de datos	17
Resultados y discusión	18
Caracterización meteorológica	18
Producción de materia seca total	19
Rendimiento en grano	20
Índice de cosecha	21
Porcentaje (%) de materia grasa	21
Relaciones entre los parámetros evaluados postcosecha	23
Eficiencias del uso del N	24
Conclusiones	25
Bibliografía.....	26

Introducción

Generalidades del cultivo y origen

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es una dicotiledónea anual que pertenece a la familia de las compuestas (asteráceas). Su nombre se debe a que al comenzar la floración su capítulo floral gira en dirección a la marcha del sol. Es una planta que puede alcanzar más de tres metros de altura, es poco ramificada y su tallo es grueso, erecto y macizo. Posee una raíz compuesta por un eje principal pivotante y abundantes raíces secundarias, lo cual le permite crecer bien en la mayoría de los tipos de suelos, siendo más adecuados, los profundos, con buen drenaje y un pH neutro o ligeramente alcalino. Este extenso sistema radicular también les permite desarrollarse bien en periodos prolongados de sequía en regiones de lluvias escasas o mal distribuidas. Las hojas se encuentran en disposición horizontal siendo las superiores del tallo alternas, y las inferiores opuestas. La inflorescencia o también llamado capítulo floral puede ser de 10 a 30 cm de diámetro y en él se van a encontrar las flores tubulares que luego van a dar lugar al fruto, un aquenio que según la variedad puede ser de color negro brillante, blanco o estriado y contener hasta un 56% de Materia grasa (Bono et al., 1999).

El girasol es originario del Centro-Este de Estados Unidos y fue domesticado por los pueblos nativos que habitaban ese lugar a fines del siglo XV. El principal uso que se le daba en ese momento era como alimentación, y para obtener colorante de sus flores y del pericarpio del fruto. En las épocas de colonización es descubierto por los conquistadores y es llevado a Europa en el siglo XVI, en ese entonces su utilidad era como ornamental. Posteriormente en el siglo XVIII, Rusia va a descubrir el potencial del fruto como una fuente oleaginosa para hacer aceite promoviendo así una fuerte selección (Ingaramo et al., 2008).

El cultivo ingresa en Argentina en el siglo XIX, cuando los colonos de origen hebreo afincados en las provincias de Entre Ríos, Santa Fe y Buenos Aires realizan las primeras introducciones de semilla para su propio consumo, sin propósito comercial. Es así que a partir de 1930 algunas empresas comienzan a hacer selección por algunos atributos e inicia un periodo de gran expansión como cultivo oleaginoso. En la década de 1950 se reconoce como una época de crisis ya que empezaron a aparecer factores económicos y sanitarios. Los bajos precios recibidos por el productor dieron origen a una fuerte reducción del área sembrada, y enfermedades como por ejemplo la roya negra, hicieron que cayeran sus rendimientos. A raíz de esto el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) introdujo germoplasma silvestre con el aporte de

mejoramiento genético, comenzando así una etapa de recuperación (1960-1975) haciendo posible la difusión de los primeros híbridos, llevando la producción y la superficie sembrada en el mundo a otro nivel, comenzando una gran etapa de difusión en la Argentina (Ingaramo et al., 2008).

Hacia fines de la década del 90, Argentina fue de los primeros productores en el mundo, con una producción alrededor de 7 millones toneladas (t). Luego, asociado a la entrada de la soja (*Glycine max* L.), con la posibilidad de controlarla con eventos genéticamente modificados y a los bajos precios del aceite de girasol hizo que haya una rápida caída de la superficie sembrada de girasol y una relocalización. El cultivo que de alguna forma se cultivaba fundamentalmente en la región núcleo actual se empieza a mover hacia zonas periféricas de la región pampeana con ambientes más marginales, sudeste, sud oeste y al norte de la misma (Quiroga et al., 2008). Esto trajo aparejado consecuencias en las potencialidades de rendimiento del cultivo debido a la menor calidad de los suelos, clima, disponibilidad de agua, nutrientes y a la falta de tecnología disponible y adaptadas a condiciones locales. En estos últimos años estamos prácticamente en una estabilización, variando muy poco en lo que es superficie sembrada. Actualmente a nivel mundial Argentina ocupa el 4to lugar en la producción de girasol, representando alrededor de un 7% del total producido, con un promedio de 3,4 millones de toneladas en 1,7 millones de hectáreas sembradas por campaña. De lo producido una parte se destina a exportación y otra a molinería, de esta última se obtiene aceite, harinas y subproductos, los cuales pueden ser destinados al mercado interno o externo. Argentina es el tercer exportador mundial de harina y aceite de girasol (USDA, 2022; MAGyP, 2022).

Fenología del cultivo

Las etapas fenológicas durante el ciclo del girasol se pueden clasificar en vegetativas y reproductivas. En la Figura 1 se detalla la escala de Schneiter y Miller (1981). Las etapas fenológicas más llamativas durante el período vegetativo son la emergencia (que ocurre cuando los cotiledones están completamente expandidos). Estas primeras etapas son críticas para el rendimiento de los cultivos. Las etapas reproductivas comienzan cuando aparece el botón floral, con un crecimiento progresivo hasta que se abre el capítulo y comienza la antesis. Las flores diferenciadas finalmente se desarrollan y crecen hasta la antesis. La etapa de antesis se completa entre 10 y 15 días desde su inicio y ocurre desde los anillos externos hacia los internos del capítulo. Cuando la parte interna del capítulo presenta flores en estado de antesis, las flores de los anillos externos

están siendo fecundadas. En este período, la formación de polen y la fecundación son cruciales para el posterior desarrollo del grano. El peso potencial del grano se determina en la pre-antesis, y el número potencial de granos se determina en la post antesis temprana (Lindstrom et al., 2006). Cuando finaliza la antesis, los granos fecundados comienzan a crecer y comienza el período de llenado del grano. Al inicio de la antesis la demanda de recursos por parte de los granos es baja. Luego, los granos empiezan a llenarse y su peso aumenta rápidamente. Durante esta fase se determina la acumulación de aceite (Rondanini et al., 2003) y finaliza cuando se obtiene el peso máximo por grano, en el estado de madurez fisiológica. Además, la concentración de agua en los granos comienza a disminuir durante el llenado del grano y continúa durante la madurez fisiológica; este último se alcanza cuando la concentración de agua alcanza el 38% (Rondanini et al., 2007). La madurez fisiológica se identifica visualmente por el color marrón de las brácteas en los capítulos del girasol (Farizo et al., 1982).

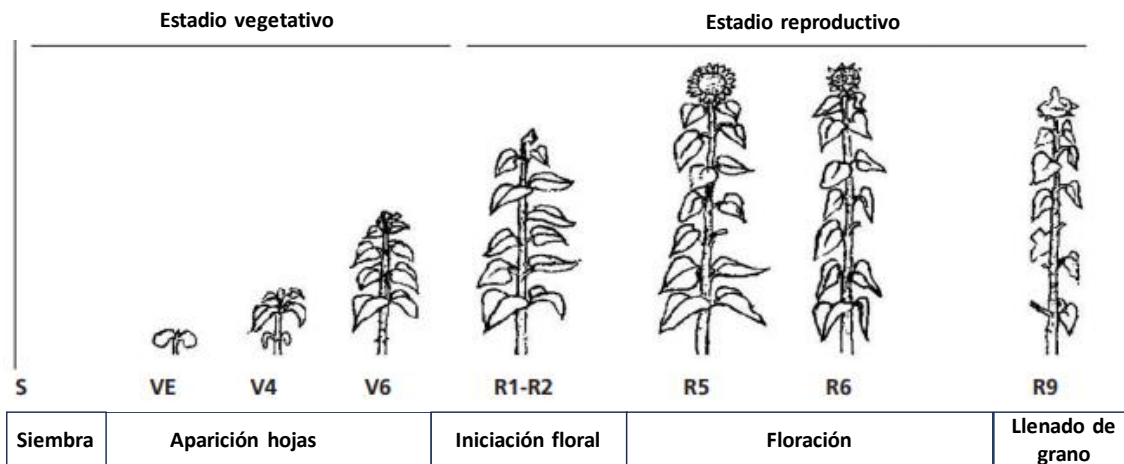


Figura 1. Fenología del girasol. Adaptado de Alberio et al. (2015).

Producción del cultivo en Argentina

De acuerdo a estudios realizados en diferentes zonas productivas de Argentina, el cultivo de girasol tiene un potencial de rendimiento que puede alcanzar los 4-5 t por hectárea (Hall et al., 2010). Como sabemos su producción en nuestro país no ha tenido un crecimiento significativo en los últimos diez años, se ha sostenido durante ese periodo en rendimientos constantes con muy pocas fluctuaciones (MAGyP, 2021). Se han obtenido rendimientos medios (2 t ha⁻¹) que son considerablemente distantes de los que serían alcanzables en mejores condiciones de producción y bastante lejos de los rendimientos potenciales.

Nutrición del cultivo

El cultivo de girasol al ser una planta oleaginosa, requiere un énfasis especial en la nutrición (Tabla 1), donde el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el boro (B) han sido identificados como elementos de gran importancia, que marcarían las diferencias entre rendimientos alcanzables y rendimientos observados (ASAGIR, 2003). La disponibilidad de nutrientes, y su manejo eficiente, limitarán los rendimientos potencialmente alcanzables definidos según la condición de ambiente (locación, tipo de suelo, meteorología, 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 (ASAGIR, 2015).

Tabla 1. Requerimientos nutricionales del girasol. Tomado y adaptado de Blamey et al. (1987).

Nutriente	Requerimientos kg/t de grano producido	Necesidad rendimiento 2000 kg	Necesidad rendimiento 4000 kg
Nitrógeno (N)	41	82	165
Fosforo (P)	5	20	20
Potasio (k)	29	58	114
Calcio (Ca)	18	36	70
Magnesio (Mg)	11	22	44
Azufre (S)	5	10	19
Boro (B)	0,07	0,14	0,26
Cobre (Cu)	0,02	0,04	0,08
Hierro (Fe)	0,26	0,52	1,04
Manganeso (Mn)	0,06	0,12	0,22
Molibdeno (Mo)	0,03	0,06	0,12
Zinc (Zn)	0,10	0,20	0,40

En cuanto a la fertilidad nitrogenada y fosforada hay muchas investigaciones, las cuales la mayoría se encuentran desarrolladas durante la década del '70 al '80 y algunos avances en la década del '90 en ambientes muy diferentes a los actuales, tanto en espacio geográficos como en el manejo. A modo de ejemplo la mayor parte de la información viene de la zona norte y centro norte de Buenos Aires, con escasa información existente en el SOB. También hay mucha información basada en lo que es

el sistema de manejo con laboreo, y en los últimos años se puede ver que el cultivo tiene una tendencia hacia la siembra directa (SD). Al igual modo junto con la expansión agrícola se incrementó la aplicación de fertilizantes en los cultivos de maíz (*Zea mays* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L.) en un 85% del área cultivada, no así en girasol y soja la cual fue menor al 30 % (Satorre, 2005).

En todas las regiones girasoleras argentinas (Figura 2) 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. No obstante, los nutrientes que explican estos comportamientos varían entre las diferentes regiones productivas. En los sistemas bajo SD 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 (MO), habitual 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. Las deficiencias de B se han descripto en suelos arenosos y de texturas gruesas con bajos contenidos de MO tanto en la región de la pampa arenosa como hacia el este en la región del NEA (ASAGIR, 2015). Asimismo, la disminución del contenido de MO incrementa el riesgo de deficiencia del B liberado por mineralización (Shorrocks, 1997).

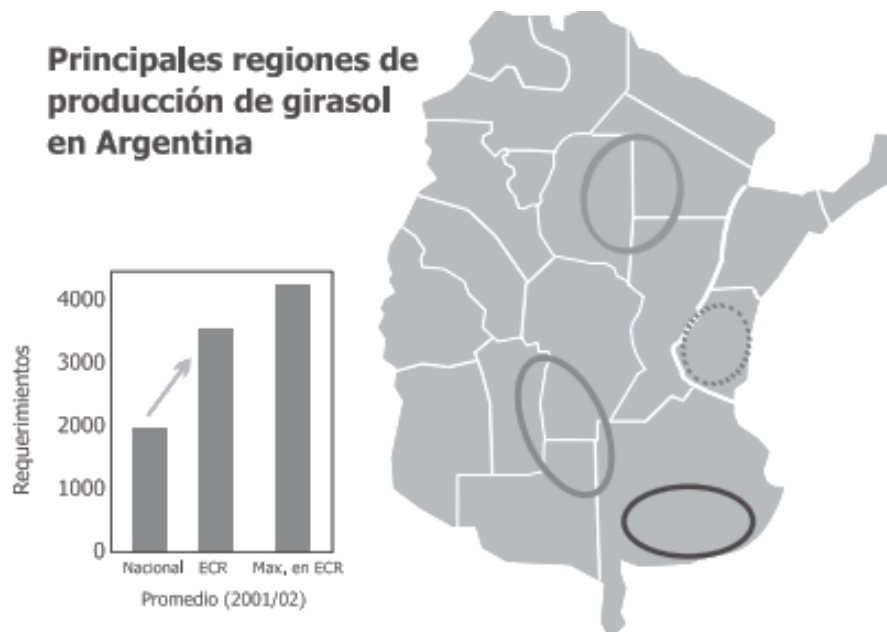


Figura 2. Principales regiones productoras de Girasol en Argentina (ASAGIR, 2015).

El nutriente que en forma más general está mostrando aumentos en la producción no importa cuál sea la región, es el N. El cultivo requiere aproximadamente 40 kg de N para producir una tonelada de girasol. Participa en procesos de expansión del área foliar (genera mayor eficiencia en la captación de radiación). Es un nutriente muy soluble en agua que tiene una capacidad de movilidad muy alta. La respuesta a la aplicación de N en la fertilización resulta variable entre regiones y campañas. Los factores que generan variación en la eficiencia del uso de este nutriente son: la oferta hídrica, la textura del suelo, el manejo de los barbechos y el potencial de rendimiento de los cultivos (ASAGIR, 2003). La eficiencia en el uso del N (EUN) expresa los kg de grano por kg de N inorgánico disponible en el suelo (Fageria y Baligar, 2005). Esta eficiencia puede incrementarse con la aplicación de fertilizantes, la optimización en el uso del N inorgánico y todas las prácticas de manejo que maximicen la absorción de N por el cultivo (Ladha et al., 2005). Cuando el suministro de N se produce temprano antes de iniciación floral afecta al número de granos y la biomasa de las raíces, estimulando el desarrollo general del cultivo. Las aplicaciones más tardías actúan modificando parcialmente el peso del grano, y afectan mayormente a la concentración de proteína y disminuyen la concentración de aceite, en tanto, un exceso de N podría llevar a una disminución de la concentración y la calidad del aceite en el grano sin aumentar el rendimiento (Marrien y Milan, 1992).

El P se requiere en cantidades menores que el N, alrededor de 5 kg por t de grano producido. Es un componente esencial en la célula para el metabolismo activo, necesarios para el crecimiento, el desarrollo radical, aumentos de altura, diámetro de capítulo, producción de MST y de grano. En la mayoría de los estudios realizados la respuesta de fósforo a su aplicación es más evidente en suelos con bajas disponibilidad, también hay evidencia de que este nutriente puede influenciar en el aumento de las concentraciones y absorción de otros nutrientes como por ejemplo N y K (Murthy, 1988; Naphade, 1992; Shivaprasad et al. 1996; Sarkar et al. 1995; Shialaja y Sahrawat, 1990). En general aumentos en los niveles de P no tienen efectos muy marcados en la concentración de aceite de la semilla, pero aumentan el rendimiento y la eficiencia en el uso de otros nutrientes (Muralidharudu et al., 2003).

El tercer nutriente que se describió como un posible elemento de reducción de rendimientos máximos de girasol es el B. Las deficiencias de B generan malformaciones en hojas (reduce el índice de área foliar), capítulos y semillas que no son viables, también, como síntoma más importante aparece el llamado "corte de cuchillo" con la caída del capítulo que tiene como consecuencia la reducción del rendimiento, este se

genera en una etapa más avanzada del cultivo (antes) (Connor y Hall, 1997; Brighenti y Castro, 2008). Es un nutriente inmóvil lo que genera que su deficiencia sea bastante localizada. Forma parte de todos los procesos de la planta como la división celular, el desarrollo de hojas, la elongación, formación de raíces, flores, granos, y es por eso por lo que su falta puede afectar en distintos órganos y estadios del cultivo (Elrashidi y O'Connor, 1982; Shorrocks, 1997).

Estudios en el oeste de Buenos Aires muestran que en años de sequía o de condiciones hídricas más limitantes el agregado de B aumenta la respuesta del cultivo. Su abastecimiento se produce a partir de la MO, la misma está concentrada en los primeros centímetros del suelo, lo cual un estrés por sequía va a limitar su mineralización. Resultados obtenidos en campañas de la década del 90 mostraron una respuesta promedio cercana al 9% en cinco sitios experimentales, siempre en aplicaciones foliares, con el cultivo en desarrollo en etapas de división celular (ASAGIR, 2003). Todavía faltan resultados que lleguen a dar un diagnóstico más preciso en lo que hace a las deficiencias de B. Otro micronutriente de importancia en estos últimos tiempos es el Zinc (Zn). Caracterizado por su baja movilidad, participa en la formación de aminoácidos y fitohormonas, posee funciones estructurales en las membranas celulares, tiene importancia en el proceso de fotosíntesis (fijación CO₂), metabolismo de carbohidratos y en el sistema de defensa del cultivo (Vazquez y Francelli, 2006; Ferraris y Couretot, 2008). Con altos niveles de P se puede provocar la insolubilización del Zn reduciendo así su absorción y transporte dentro de la planta (Malavolta, 1997). En la región pampeana se han observado deficiencias y respuestas a la fertilización de este nutriente en cultivos como girasol, maíz, trigo y alfalfa, indicando que la limitación de este podría afectar el rendimiento (Sainz Rozas et al. 2013).

Para el caso del azufre (S), este constituye aminoácidos y enzimas que regulan la fijación de N y la fotosíntesis (Fazzili et al., 2008). En girasol, deficiencias de azufre podrían limitar el crecimiento y producción, como así la concentración de proteína, aceite y composición de la MG (Shekhat y Shivay, 2008). En los suelos con alto contenido de MO la respuesta en rendimiento y calidad al agregado de este nutriente resulta ser poco habitual, por eso para suelos con bajos niveles de MO su agregado podría mejorar estos parámetros (Hernández et al., 2008).

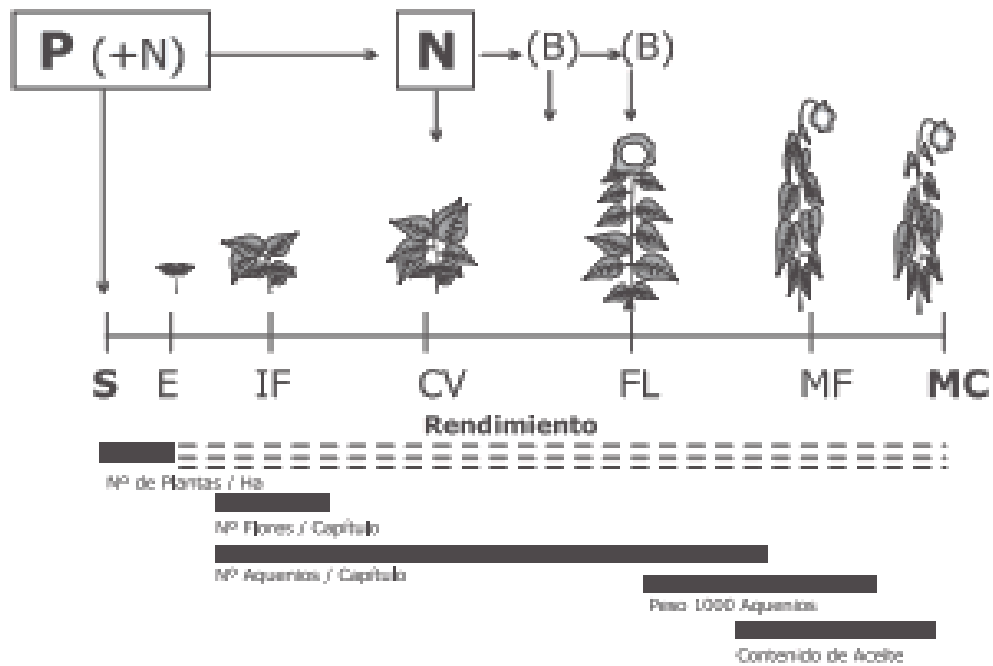


Figura 3. Modelo de fertilización de girasol. Tomado de Diaz Zorita (2002).

La provincia de Buenos Aires es la responsable de más del 50% de la producción de este cultivo, y la mayoría se cultiva en el sudoeste bonaerense (SOB) y sur de la provincia (MAGyP, 2021). Como vimos los principales nutrientes limitantes en la producción del cultivo de norte a sur, son el nitrógeno (N) y fósforo (P); y, en algunos lugares más localizados, el boro (B). Además, no se encuentran muchos datos de cómo podría afectar el azufre (S) y el zinc (Zn) en el mismo (ASAGIR, 2003). Es por esto por lo que es necesario generar información de la fertilización multinutriente combinada y con todos estos nutrientes mencionados en girasol en la región del SOB.

Hipótesis

La fertilización multinutriente en forma combinada mejora la producción y calidad del cultivo en suelos de ambientes semiáridos con menor fertilidad edáfica.

Objetivo

Evaluar el efecto de la fertilización multinutriente combinada con N, P, S, Zn y B sobre la producción y calidad de girasol en un sitio semiárido del SOB.

Materiales y Métodos

Descripción del sitio experimental

La práctica del ensayo se llevó a cabo en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, en un establecimiento agrícola denominado "El Poder" ubicado sobre la RP 67 (Figura 4) en las cercanías de las localidades de Rivera y Delfín Huergo dentro del partido de Adolfo Alsina.



Figura 4. Imagen satelital tomada de Google Earth donde se localiza el ensayo.

La precipitación media anual es de 683 mm (medias tomadas desde 1947 al 2023). Estas precipitaciones son heterogéneas a lo largo del año, siendo las estaciones más lluviosas el otoño (mayor pico de precipitaciones) y primavera. Por el contrario, los meses más secos corresponden a junio, julio y agosto, y se registra una estación semiseca en verano.

El sitio experimental (con las siguientes coordenadas: 37°13'43.54"S 63°10'0.66"O), presenta un paisaje plano, constituyendo mayormente el resultado de episodios eólicos, procesos de erosión/deposición y eventos de origen marino, con un edafoclima ústico-térmico. En general, los suelos se clasifican como *Ustoles*, son Molisoles de climas subhúmedos y semiárido (régimen ústico) y temperaturas templadas y cálidas que se caracterizan por estar relativamente libres de los problemas de saturación con agua e hidromorfismo. Específicamente, el suelo del ensayo se clasifica como Haplustol petrocálcico (Soil Survey Staff, 2010), franca gruesa, mixta, moderadamente profunda, térmica Serie Asociación Estación Rivera. La morfología del perfil: Ap-A2-AC-Ck-2Ckkm (85 cm profundidad efectiva). Las sequías son frecuentes y las precipitaciones, de

carácter errático, son las que regulan la magnitud de las cosechas. La profundidad efectiva del suelo se encontraba en 70 cm para todo el ensayo.

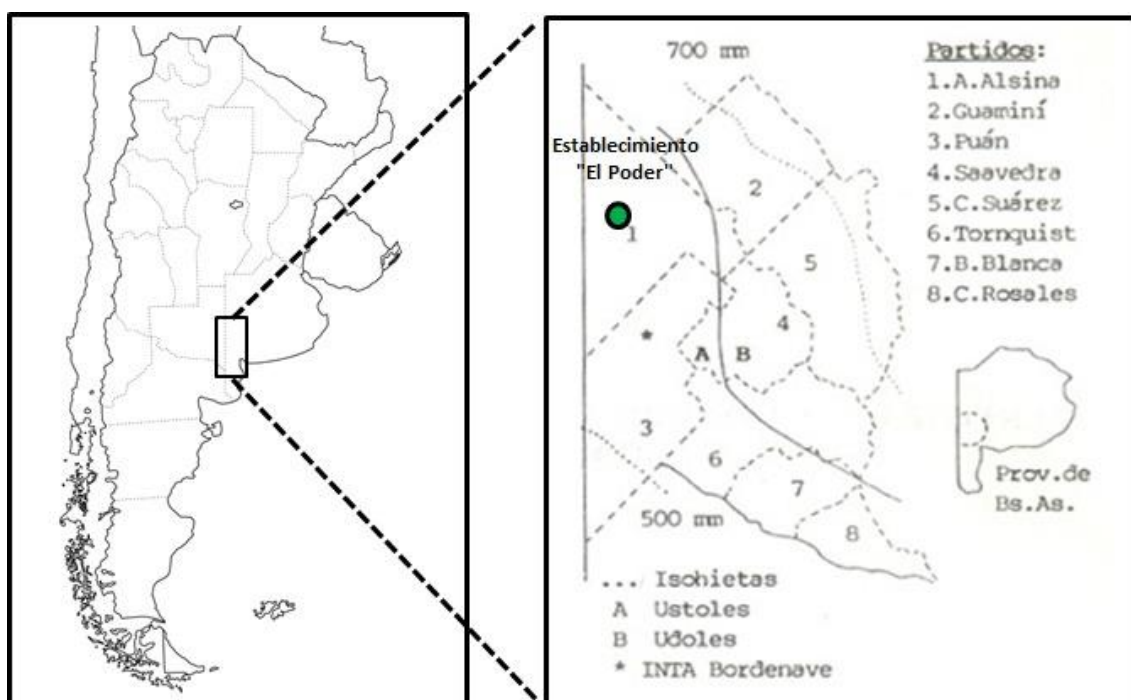


Figura 5. Localización del experimento dentro de la región pampeana.

Descripción del ensayo

El diseño estadístico fue en bloques completos al azar con tres repeticiones (Figura 6). Cada bloque se encontraba separado por 2 metros de distancia, la cantidad de unidades experimentales fue de 36 parcelas que contaban con un área total de 33,6 m² (4,2m x 8 m). Se utilizaron 12 tratamientos que se detallan a continuación:

1. Testigo sin P
2. Fertilizado con P (2,3 kg ha⁻¹)
3. Fertilizado con P (11 kg ha⁻¹), N (90 kg ha⁻¹), S (15 kg ha⁻¹)
4. Fertilizado con P (11 kg ha⁻¹), N (90 kg ha⁻¹)
5. Fertilizado P (12kg ha⁻¹), N (60 kg ha⁻¹), S (15 kg ha⁻¹), Zn (1,5 kg ha⁻¹), B (1 L ha⁻¹)
6. Fertilizado con P (11 kg ha⁻¹), N (60 kg ha⁻¹), S (15 kg ha⁻¹), Zn (1,5 kg ha⁻¹)
7. Fertilizado con P (11 kg ha⁻¹), N (60 kg ha⁻¹), S (15 kg ha⁻¹)
8. Fertilizado con P (11 kg ha⁻¹), N (60 kg ha⁻¹)
9. Fertilizado con P (11 kg ha⁻¹), N (30 kg ha⁻¹), S (15 kg ha⁻¹)
10. Fertilizado con P (11 kg ha⁻¹), N (30 kg ha⁻¹)
11. Fertilizado con P (11 kg ha⁻¹), S (15 kg ha⁻¹)
12. Fertilizado con P (11 kg ha⁻¹)

BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3
1 (P=0)	1 (P=0)	1 (P=0)
2 (P=2,3)	2 (P=2,3)	2 (P=2,3)
3 (P=11, N=90, S=15)	9 (P=11, N=30, S=15)	12 (P=11, N=0, S=0)
4 (P=11, N=90, S=0)	8 (P=11, N=60, S=0)	11 (P=11, N=0, S=15)
5 (P=11, N=60, S=15, Zn=1,5, B= 1*)	4 (P=11, N=90, S=15)	10 (P=11, N=30, S=0)
6 (P=11, N=60, S=15, Zn=1,5)	12 (P=11, N=0, S=0)	9 (P=11, N=30, S=15)
7 (P=11, N=60, S=15)	5 (P=11, N=60, S=15, Zn=1,5, B=1*)	8 (P=11, N=60, S=0)
8 (P=11, N=60, S=0)	10 (P=11, N=30, S=0)	7 (P=11, N=60, S=15)
9 (P=11, N=30, S=15)	11 (P=11, N=0, S=15)	6 (P=11, N=60, S=15, Zn=1,5)
10 (P=11, N=30, S=0)	3 (P=11, N=90, S=15)	5 (P=11, N=60, S=15, Zn=1,5, B=1*)
11 (P=11, N=0, S=15)	7 (P=11, N=60, S=15)	4 (P=11, N=90, S=15)
12 (P=11, N=0, S=0)	6 (P=11, N=60, S=15, Zn=1,5)	3 (P=11, N=90, S=15)

Figura 6. Diseño de ensayo de fertilización multinutriente combinada en girasol.
*Concentración en líquido (litro).

Para las condiciones generales de la fertilidad química, en las muestras de suelo tomadas al inicio del ensayo, se obtuvieron valores coherentes a la textura y frecuentes para la zona. Las demás propiedades edáficas evaluadas se detallan en Tabla 2.

Tabla 2. Propiedades edáficas químicas del suelo previo a la siembra

profundidad. (cm)	MO (g kg ⁻¹)	pH	Pe (mg kg ⁻¹)	N-NO ₃ (kg ha ⁻¹)
0-20	35	5,9	13	
0-60				97,6

MO, materia orgánica, Pe, fósforo extraíble, N-NO₃, N inorgánico en forma de nitratos.

El cultivo se sembró el 27 de octubre del año 2022. El híbrido que se utilizó fue *Limagrain 50760* planteado a una separación de 70 cm entre hilera mediante una sembradora Agrometal TX mega, la densidad que se usó fue de 4,6 plantas por m² la cual es la más utilizada en el sitio de estudio. Con la siembra se aplicaron 50 kg de fosfato monoamónico (MAP, 11-23-0 grado), excepto en el testigo y en uno de los tratamientos que solo se le administró 10 kg MAP.

El día 22 de noviembre con un estadio vegetativo (V4-V6) de cultivo se aplicó en forma manual en el entre surco y de forma conjunta los nutrientes: N, S y Zn con las diferentes dosis mencionadas para cada tratamiento. Las fuentes de los insumos se utilizaron líquidas y su aplicación se hizo con una mochila pulverizadora de 20 litros. Las respectivas fuentes fueron UAN (32-0-0 grado) para el N, Tiosulfato de Azufre (12-0-0-

26S grado) para S, y Sulfato de Zinc (8% m/m) para el Zn. Ya con el cultivo en estadio avanzado (R2-R3), se procedió a realizar la fertilización con B, a diferencia esta se aplicó al follaje (foliar) con la dosis correspondiente el día 27 de diciembre del mismo año. La fuente utilizada para este último nutriente fue Boro+ (10% m/m).

Con respecto al manejo del cultivo, durante el barbecho (iniciado el 23 de enero de 2022) se aplicaron herbicidas en tres fechas distintas. El 23 de enero se pulverizó con 1,7 L ha⁻¹ de Glifosato y 350 cm³ ha⁻¹ de Fluoroxipir; el 1 de agosto con 1,8 L ha⁻¹ de Glifosato, 250 cm³ ha⁻¹ de Dicamba y 100 cm³ ha⁻¹ de Diflufenican; y el 20 de septiembre con 2,1 L ha⁻¹ de Glifosato, 1,25 L ha⁻¹ de Metolaclor, 330 cm³ ha⁻¹ de Sulfentrazone y 600 cm³ ha⁻¹ de 2,4 D (100%). Además, durante el cultivo se aplicó el herbicida Imazapir con una dosis de 260 cm³ ha⁻¹.

En momento de madurez fisiológica del cultivo se procedió a tomar las muestras de cada unidad experimental (4 de marzo), para ello se tomaron 5,6 metros lineales, recolectando la biomasa total aérea lo más próximo de la superficie del suelo de forma manual. Las muestras fueron llevadas a laboratorio para luego ser procesadas. Las variables que se evaluaron fueron producción de materia seca total (MS), rendimiento en grano (REND) y porcentaje de materia grasa (%MG). Esta última fue enviada y estimada en la cámara arbitral de Cereales de Bahía Blanca.

Análisis de datos

Para evaluar el efecto de los distintos tratamientos sobre las variables de producción y calidad evaluadas se realizó un análisis de la varianza (ANOVA), con comparación de medias por diferencias mínimas significativas (DMS) de Fisher al 5%. Se llevaron a cabo correlaciones de Pearson ($p < 0,05$) para evaluar las relaciones entre los parámetros de cultivo. Se realizaron regresiones lineales simples entre las variables correlacionadas significativamente. Se calculó la eficiencia del uso del N (EUN) considerando:

$$\text{EUN (kg REND kg}^{-1} \text{ de N)} = \text{grano} / \text{N disponible (N inorgánico+N fertilizante)}$$

Luego del cálculo de la EUN, se realizó el ANOVA para comparar tratamientos. Se utilizó el software estadístico INFOSTAT para la realización de todos los análisis estadísticos (Di Rienzo *et al.*, 2018).

Resultados y discusión

Caracterización meteorológica

Las precipitaciones anuales durante el año 2022 fueron de 525 mm, inferiores al promedio registrado en el periodo 1947-2023 (683 mm) (Figura 7). En el año de experimentación, el rango de los meses con el cultivo emergido hasta madurez fisiológica (barras azules) se puede ver que las precipitaciones registradas fueron similares a la media de los últimos años, salvo, en los meses de diciembre y enero las cuales se encontraron por debajo de sus medias mensuales (Figura 7).

Es importante remarcar que, si bien las precipitaciones en noviembre fueron inferiores al promedio, la oportunidad de las mismas favoreció la adecuada implantación y desarrollo de los primeros estadios del cultivo durante el periodo próximo post siembra. El déficit hídrico ocasionado durante los meses de diciembre y enero coincidieron con el estadio fenológico reproductivo donde los requerimientos del agua empiezan a ser cruciales para el correcto desarrollo del cultivo (Aguirrezabal et al., 1996). En ese momento, entre los 30 y 50 días después de la siembra y tras el pasaje del estado vegetativo a reproductivo comienza a gestar la forma y tamaño del futuro capitulo, determinándose el número de primordios florales por capitulo (Aguirrezabal et al., 1996).

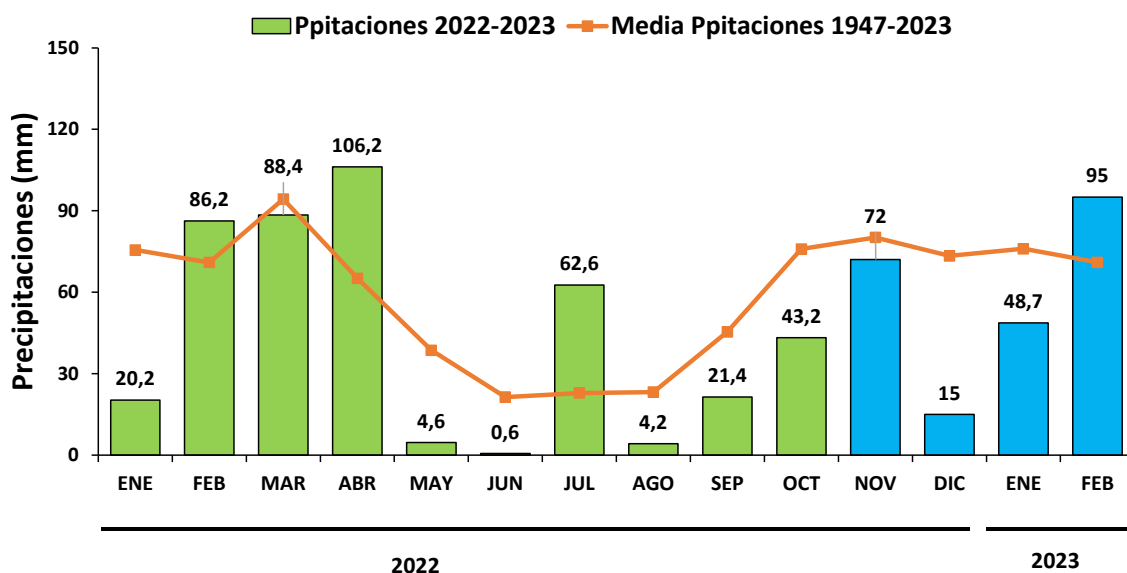


Figura 7. Precipitaciones mensuales y media histórica (1947-2023) en Carhué.

Con respecto a lo que fue la temperatura (T°) durante el ensayo, no se observaron variaciones con el patrón normal de la región (Figura 8). La T° puede afectar en el periodo de antesis del cultivo sobre el proceso de polinización y/o fecundación con el peligro de producir pérdidas durante el inicio de la formación de la semilla y por ende un

menor número de frutos a la cosecha (Aguirrezabal et al., 1996). Bajo las condiciones de este estudio los valores de T° para este estadio fenológico del cultivo se encontraron por encima del informado por estos autores, lo que adelantaría la floración.

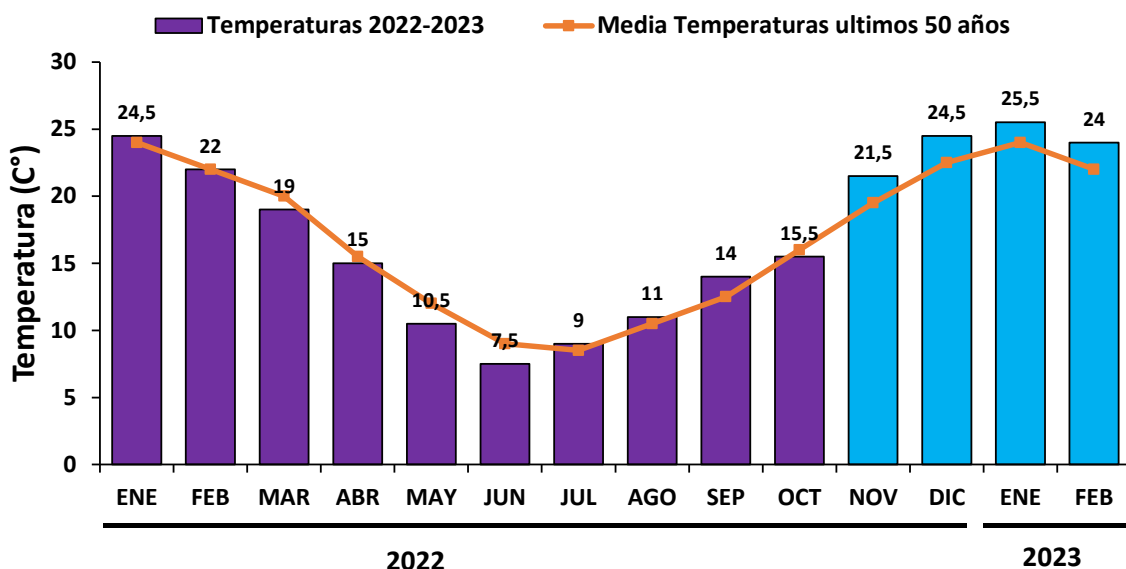


Figura 8. Temperatura media mensual y media mensual histórica de los últimos diez años en Carhué.

Producción de materia seca total

El resultado de MST detallado en la Figura 9 presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,0001$). En los que se hallaron respuestas positivas con respecto al testigo fueron los tratamientos N30S15, N60S15, N60S15Zn, N60S15ZnB, y N90S0 ($p < 0,0001$) presentando mayores valores de rendimiento en MST con aproximadamente 1700 kg más para los tres primeros y 1000 kg más para los últimos dos. Se puede decir que los tratamientos que presentaron N en combinación con S marcaron diferencias en el rendimiento de MST, junto al tratamiento con máxima dosis de N solo. Esto coincide con lo reportado por otros autores (Namvar et al., 2012; Nasim et al. 2012), quienes evidenciaron incrementos en la MST y REND con el aumento de las dosis de N.

Caso contrario ocurrió en los tratamientos donde se aplicó solamente P, mostrando resultados similares al testigo y efectos negativos con las dosis de 2 y 11 kg P ha⁻¹, respectivamente. Ante este efecto detrimental es importante remarcar que la concentración de P extraíble en presiembra (Tabla 2) se situaba en un valor cercano al nivel de suficiencia para el girasol (12 mg P kg⁻¹, Díaz-Zorita, 2005), sumado a la dosis que se aplicó al momento de la siembra, podría ser causante de esta nula respuesta.

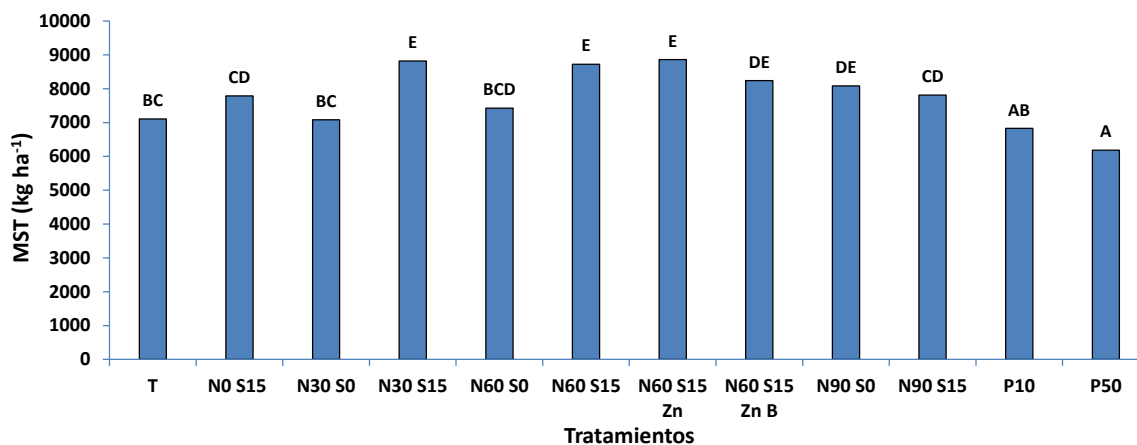


Figura 9. Materia seca total (MST) de girasol según tratamientos de fertilización.

Rendimiento en grano

Con respecto a lo que es el REND se puede observar que sólo un tratamiento (N60S15) presentó diferencias significativas y positivas con respecto al testigo con una respuesta media de 450 kg ha⁻¹ (Figura 10). Varios autores (Diovisalvi et al., 2018; Tovar-Hernández et al., 2021, 2022) hallaron efectos significativos de la aplicación de N sobre el REND, mientras que, Tovar-Hernández et al. (2022) no detectaron efectos significativos del agregado de S para el sudeste bonaerense. Comparando estos resultados con los obtenidos con la MST se puede observar que se modificó la tendencia en la respuesta, diluyéndose las mayores diferencias halladas en MST. Esto podría ser atribuido las condiciones meteorológicas ocasionadas sobre el periodo reproductivo (R1-R2 a R6), es decir, las bajas precipitaciones en los meses de diciembre y enero (Figura 7), que coincidieron con el estadio fenológico donde los requerimientos (6-8 mm día⁻¹, Uhart et al., (1998)) de agua empiezan a ser cruciales para el correcto desarrollo del cultivo (Aguirrezabal et al., 1996). Por lo tanto, un déficit hídrico sumado a altas T° produciría alta evapotranspiración que podrían representar en ese momento una reducción en el rendimiento de hasta 48% (Della Maggiora et al., 1998). Según Alberio et al. (2015) para obtener rendimientos elevados, este cultivo requiere a lo largo de su ciclo una cantidad de 630 mm de agua evapotranspiradas, mientras que en las condiciones del experimento se registraron 231 mm.

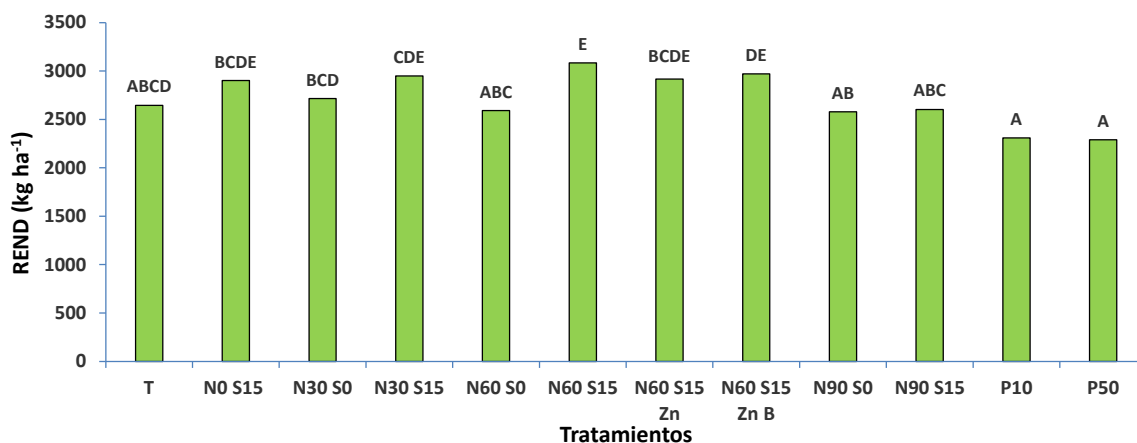


Figura 10. Rendimiento en grano de girasol según cada tratamiento.

Índice de cosecha

En lo que respecta al IC, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,001$) (Figura 11). Los valores hallados coinciden a los mencionados por Nanja Reddy et al. (2003), quienes citaron rangos de IC entre 0,14 y 0,44 para varios genotipos de girasol. Los mayores IC se hallaron para el tratamiento testigo, N0S15, N30S0 y P11, coincidente a los menores REND. Esto podría estar relacionado con lo anteriormente mencionado, donde el cultivo en sus etapas de desarrollo vegetativo logró acumular una elevada cantidad de MST, posterior a eso el estrés sufrido por falta de agua (Figura 7) en estadio fenológico reproductivo (Figura 1) afectó la producción.

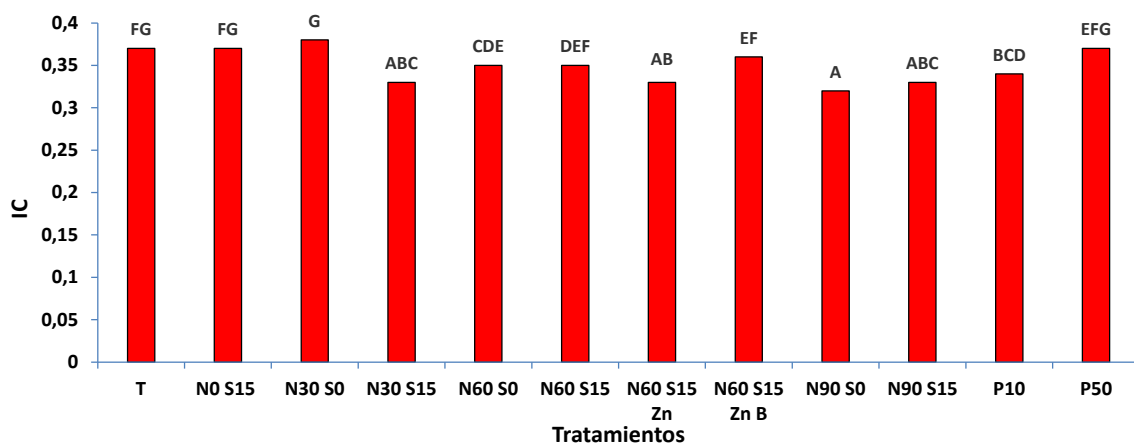


Figura 11. Índice de cosecha en grano de girasol según cada tratamiento.

Porcentaje (%) de materia grasa

Como se puede ver en la figura 12 los valores de los distintos tratamientos no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) de %MG. Esto coincide a lo hallado por

Kene et al. (1992), quienes evidenciaron que la materia grasa no se modificó con la aplicación de N y P. En caso particular del cultivar empleado en este estudio, el cual es un híbrido con un potencial genético con 49% de MG, todos los valores registrados se situaron por debajo de ese umbral.

En la mayoría de las situaciones el %MG tiende a decrecer a medida que aumenta el porcentaje de proteína, debido a incrementos en la disponibilidad de N (Díaz-Zorita, 1997; Sadrás et al., 2002; Satorre et al., 2004). Por su parte, Rufo et al. (2003) encontraron que la fertilización con N en girasol incrementa la producción de granos y MG por superficie, pero no tiene efecto sobre la calidad (concentración de MG en el grano). Para este estudio es importante remarcar que no se evaluó la concentración de proteína que podría haber sido afectada por la fertilización multinutriente planteada.

Según Hall et al, (1985) el máximo porcentaje de MG se encuentra determinado genéticamente y es afectado por variables ambientales como estrés hídrico, disponibilidad de nutrientes, radiación interceptada y temperatura durante el periodo de llenado de granos. El estrés hídrico durante el llenado del grano disminuye la concentración de aceite al disminuir la fotosíntesis, aumentar la relación cáscara/pepa y acelerar la senescencia foliar. Esto podría ser consecuencia del resultado hallado en este estudio. Es importante remarcar, que se hallan resultados en la bibliografía que señalan distintos efectos de la fertilización sobre la calidad del grano de girasol. Domínguez Vivancos (1997), encontraron efectos significativos de la aplicación de P sólo y combinado con N sobre %MG. En adición a esto, en otros estudios se obtuvieron incrementos de MG con N, P y K solos y/o combinados (Stulin, 1991). En el oeste bonaerense se han encontrado respuestas a la fertilización con B mayormente en años secos (Díaz-Zorita, 2002), en este ensayo el B no genero efectos.

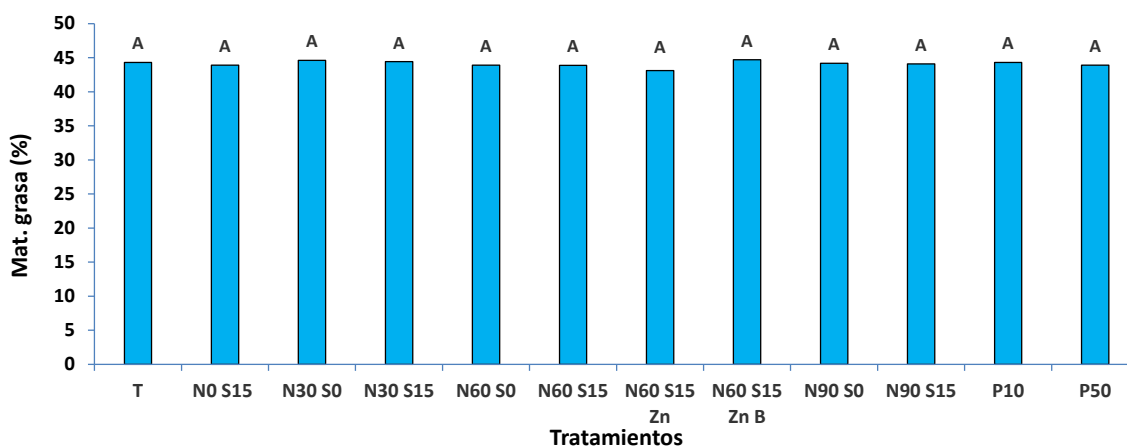


Figura 12. Materia grasa del girasol en cada tratamiento.

Relaciones entre los parámetros evaluados postcosecha

Las correlaciones Pearson entre las variables analizadas se detallan en Tabla 3. Se observaron relaciones altamente significativas entre MST y REND, y significativas y negativas entre MST e IC. Como se puede ver (Figura 13) la MST presenta una correlación con el REND en grano del cultivo, a medida que aumenta la cantidad de MST mayor va a ser el REND. Con respecto a la relación del IC con MST (Figura 14), el IC disminuyó con mayores producciones de biomasa total, siendo contrario a los resultados obtenidos por Gutiérrez et al. (2000), quienes indicaron que, con mayor producción de MST, aumentaba el IC. Esto puede deberse a lo anteriormente mencionado, donde el cultivo en sus etapas de desarrollo vegetativo logró acumular una elevada cantidad de MST, posterior a eso el estrés sufrido por falta de agua (Figura 7) en estadio fenológico reproductivo (Figura 1) afectó la producción. Se podría hipotetizar que esta deficiencia hídrica en estadios reproductivos (a partir de RI-R2 hasta floración) pudo haber afectado el pericarpio limitando su tamaño y posterior acumulación de MG (Sadras y Villalobos, 1994; Connor y Hall, 1997).

Tabla 3. Correlaciones de Pearson entre las variables de cultivo analizadas.

<i>r</i>	MST	REND	IC	%MG
MST	1	***	*	ns
REND	0.85	1	Ns	ns
IC	-0.40	0.14	1	ns
%MG	0.17	0.2	0.02	1

r, coeficiente de correlación.

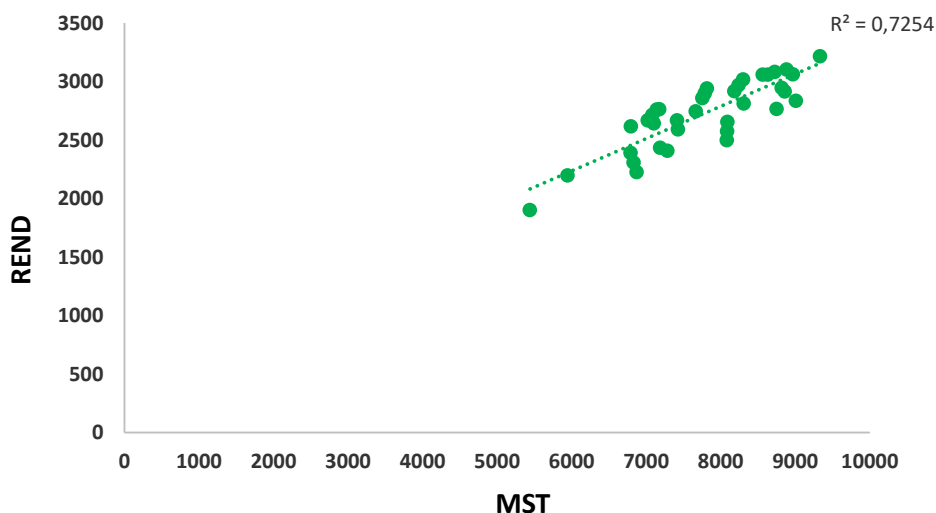


Figura 13. Relación lineal entre MST y REND para todos los tratamientos.

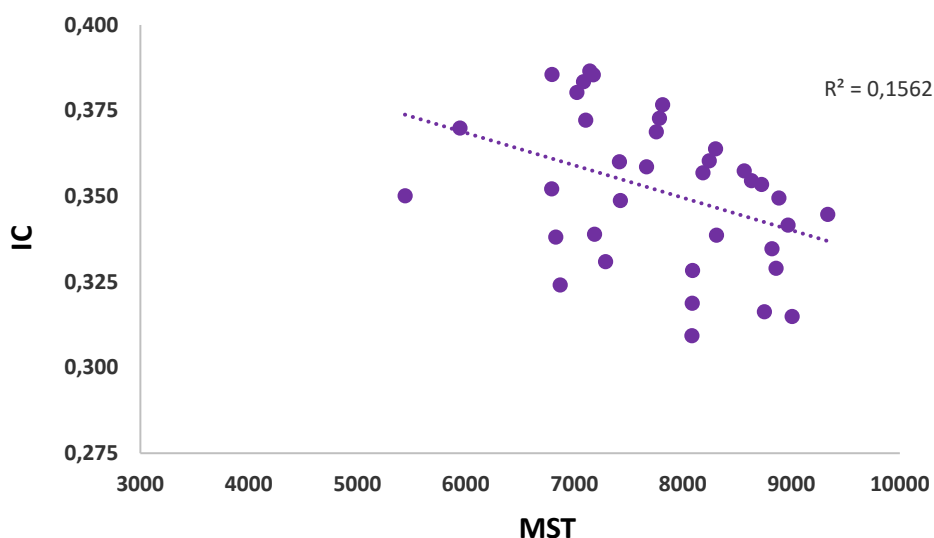


Figura 14. Relación lineal entre MST y IC para todos los tratamientos.

Eficiencias del uso del N

En general, se observó que la EUN se redujo con dosis de N creciente, independientemente del agregado de S, Zn y B (Figura 15). La mayor EUN se halló en tratamiento sin N con S solo (N0 S15). Luego, ante la dosis más elevada de N, se produjo una disminución de la EUN con valores inferiores a los del testigo. Generalmente, ante el aumento de la dosis de N, la EUN tiende a disminuir en coincidencia a lo reportado por Sadras & Rodget (2004), debido al menor aumento del rendimiento producido con dosis crecientes por fertilización.

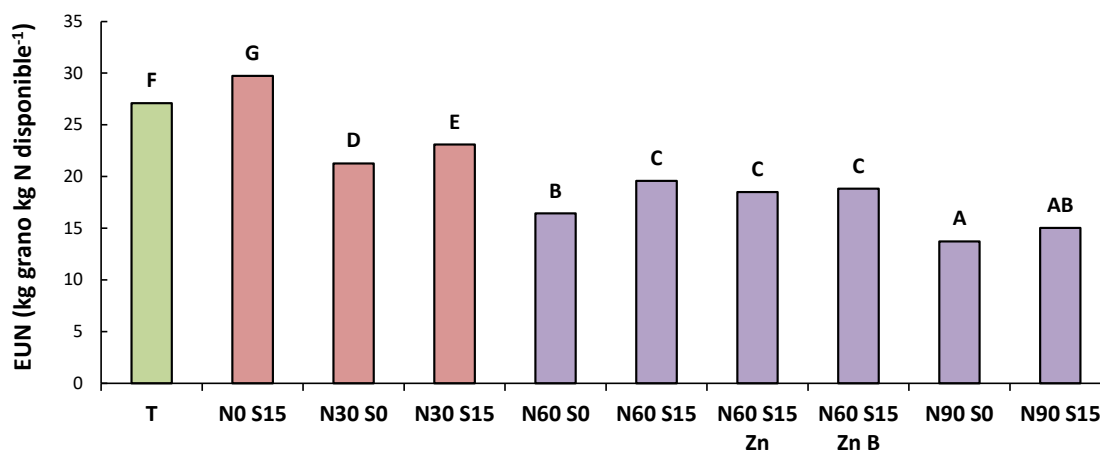


Figura 15. Eficiencia del uso del nitrógeno en los tratamientos seleccionados.

Conclusiones

La fertilización produjo efectos significativos con la combinación de la dosis intermedia de N con S en lo que respecta a rendimiento de grano. Considerando la producción de MST se hallaron otros efectos aditivos de la fertilización combinada de N, S y Zn. La EUN se fue reduciendo con el aumento de dosis de N sin ningún indicio del nivel crítico máximo hasta donde es conveniente fertilizar desde el punto de vista fisiológico del girasol.

La fertilización multinutriente independientemente de la dosis de N no produjo una mejora en la calidad del grano posiblemente debido a las condiciones meteorológicas sucedidas en periodos críticos del cultivo.

Como trabajo a futuro es importante seguir evaluando la fertilización multinutriente para girasol en zonas con variabilidad climática, como la zona semiárida de la región pampeana. Además, sería relevante evaluar la proteína como parámetro de calidad ya que podría verse afectada bajo estas condiciones experimentadas.

Bibliografía

- Abbate, P., & Andrade, F. H. (2005). Los nutrientes del suelo y la determinación del rendimiento de los cultivos de granos. HE Echeverría & FO Garcia, 43-66.
- Aguirrezábal, L. A. N., Orioli, G. A., Hernández, L. F., Pereyra, V. R., & Miravé, J. P. (1998). Girasol. Calidad de productos agrícolas. Bases ecofisiológicas, genéticas y de manejo agronómico, 139-192.
- Alberio, C., Izquierdo, N. G., & Aguirrezábal, L. A. N. (2015). Sunflower crop physiology and agronomy. In Sunflower (pp. 53-91). AOCS Press.
- ASAGIR (Asociación Argentina de girasol). El girasol en la Argentina. URL: <https://www.asagir.org.ar/acerca-de-historia-456>
- Balboa, G. R., Espósito, G. P., Castillo, C., & Balboa, R. (2010). Estrategias de fertilización con boro en girasol. In Actas del XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario. Actas -del XX Congreso de la Ciencia del Suelo (en CD).
- Bono, A., Montoya, J. C., & Babinec, F. (1999). Fertilización en girasol. Resultados obtenidos en tres años de estudio. Publicación técnica, 48.
- Brighenti, A. M., & Castro, C. (2008). Boron foliar application on sunflower (*Helianthus annuus* L.) Associated with herbicides/aplicación foliar de boro en girasol (*Helianthus annuus* L.) Asociada a herbicidas/application foliar de bore sur lê tournesol (*Helianthus annuus*) associé aux herbicides. *Helia*, 31(48), 127-136.
- Cantamutto, M. Á., Poverene, M. M., Presotto, A. D., Fernández Moroni, I., Gutierrez, A., Ureta, M. S., & Casquero, M. J. (2010). ¿Está domesticado el girasol?
- Caram, G. A., Angeloni, P., & Prause, J. (2007). Determinación de la curva de dilución de nitrógeno en diferentes fases fenológicas del girasol. *Agricultura Técnica*, 67(2), 189-195.
- Connor, D. J., & Hall, A. J. (1997). Sunflower physiology. *Sunflower technology and production*, 35, 113-182.
- Delfino, C. E., & Cardonatto, J. I. (2022). Fertilización del cultivo de girasol en distintos ambientes de la región semiárida pampeana.
- Della Maggiora, A. I., Echarte, L., Suero, E. E., Irigoyen, A. I., & Gardiol, J. M. (1998). Deficiencia de agua en los cultivos de maíz, girasol, soja y trigo en la localidad de Balcarce. In Actas X Congreso Brasileiro de Meteorología y VIII Congreso de la Federación Latinoamericana e Ibérica de Sociedades de Meteorología. Editadas en CD.

- Díaz Zorita M., 1995. Fertilización del Girasol. Publicación técnica N° 17. INTA CRBAN EEA Villegas, Bs As, Argentina. 1995.
- Díaz-Zorita, M. (2005). Fertilización de Girasol. Cap. 14. Fertilidad de Suelos y Fertilización de cultivos, H. Echeverría y F. García (Eds.), INTA-INPOFOS, 301-315.
- Díaz-Zorita, M. 2002. Nutrición mineral y fertilización. p. 77-96. In Díaz-Zorita, M., y Duarte, G.A. Manual práctico para el cultivo de girasol. Editorial hemisferio sur-INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Diovisalvi, N., Reussi Calvo, N., Izquierdo, N., Echeverría, H., Divito, G. A. y García, F. (2018). Effects of genotype and nitrogen availability on grain yield and quality in sunflower. *Agronomy Journal*, 110(4), 1532-1543.
- Elrashidi, MA y O'Connor, GA (1982). Sorción y desorción de boro en suelos. *Revista de la Sociedad de Ciencias del Suelo de América*, 46 (1), 27-31.
- Escalante-Estrada, J. A. S., Aguilar-Carpio, C., & Escalante-Estrada, Y. I. (2022). Rendimiento, acumulación y distribución de biomasa en girasol en función de la salinidad y nitrógeno. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 9(1).
- Fageria, NK & VC Baligar. 2005. Enhancing Nitrogen Use Efficiency in Crop Plants. *Adv. Agron.* 88: 97-185.
- Fancelli, A. L., & Vázquez, M. E. (2006). Micronutrientes en la fisiología de las plantas.
- Farizo, C., Pereyra, VR, Cardinali, F. y Orioli, GA (1982). Determinación de la madurez fisiológica y de cosecha en girasol.
- Fazili, I., Jamal, A., Ahmad, S., Masoodi, M., Khan, J. y Abdin, M. (2008). Interactive effect of sulfur and nitrogen on nitrogen accumulation and harvest in oilseed crops differing in nitrogen assimilation potential. *Journal of Plant Nutrition*, 31(7), 1203-1220.
- Ferraris, G. y Couretot, L. 2008. Respuesta del maíz a la fertilización complementaria con nitrógeno y zinc por vía foliar. *Campaña 2007/08*.
- Gutiérrez Boem, F. H., Prystupa, P. y Ferraris, G. (2007). Seed number and yield determination in sulfur deficient soybean crops. *Journal of Plant Nutrition*, 30(1), 93-104.
- Gutiérrez, V. M. O., Estrada, J. A. E., García, P. S., Chávez, L. T., Clark, E. M. E., & Lagunas, A. A. M. (2000). Eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno, y rendimiento del girasol, en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. *Terra Latinoamericana*, 18(1), 51-59.
- Hall, A.; Feoli, C.; Ingaramo, J. y Balzarini, M. 2010. Proyecto brechas Asagir: Variación interzonal e interanual de las diferencias entre rendimientos de girasol

alcanzables y logrados para el período 1999-2007. 5to Congreso Argentino de Girasol: con la mirada en la competitividad. Mod 2. pp 53-82

- Hernandez, S. T., Carciochi, W. D., Diovisalvi, N., Izquierdo, N. G., & Reussi Calvo, N. I. (2022). ¿La fertilización con nitrógeno y azufre afecta el rendimiento y calidad del grano de girasol? *Ciencia del suelo*, 40(1), 1-12.
- Ingaramo, J., & Feoli, C. (2008). La importancia del complejo girasol en la Argentina. *El cultivo de girasol en la región semiárida pampeana*, 1.
- Julio, Y. R. A., Estrada, J. A. E., Solorio, C. A. O., Volke-Haller, V., González, M. T. R., & Carpio, C. A. (2021). Producción de girasol en función del tipo de suelo, nitrógeno y densidad de población. *Acta Agrícola y pecuaria*, 7(1), 1-11.
- Kene, H. K., Thosar, V. R., Ulemale, R. B., & Kale, M. R. (1992). Response of sunflower to spacing and nitrogen, phosphorus fertilization. *J. Maharashtra Agri. Uni.* 17(3) 433-35.
- Ladha, JK; H Pathak; TJ Krupnik; J Six & C Van Kessel. 2005. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: retrospects and prospects. *Adv. Agron.* 87: 85-165.
- Lindström, L. I. (2012). Histogénesis del fruto de girasol (*Helianthus annuus* L.): su aplicación al análisis del efecto de la radiación incidente sobre el peso y la aptitud al descascarado de los frutos y sus variables subyacentes.
- Lindström, L. I., Pellegrini, C. N., Aguirrezábal, L. A. N., & Hernández, L. F. (2006). Growth and development of sunflower fruits under shade during pre and early post-anthesis period. *Field crops research*, 96(1), 151-159.
- MAGyP (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca). Estimaciones de Producción y Rendimiento agropecuario. URL: <https://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>
- Malavolta, E. 1997. Centro de Energía Nuclear en Agricultura, Universidad de Sao Pablo Piracicaba, Sao Pablo, Brasil. [https://ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/84942875ADCF8D2C05257268004D722E/\\$file/Relaci%C3%B3n+entre+el+F%C3%B3sforo+y+el+Zinc.pdf](https://ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/84942875ADCF8D2C05257268004D722E/$file/Relaci%C3%B3n+entre+el+F%C3%B3sforo+y+el+Zinc.pdf).
- Merrien, A.; Milan, M. J. *Physiologie du tournesol*, 1st ed.; CETIOM: Paris, France, 1992.
- Muralidharudu, Y., Murthy, I. Y. L. N., Reddy, K. P. C., Reddy, B. N., & Chandranath, H. T. (2003). RESPONSE OF SUNFLOWER (*Helianthus annuus* L.) TO PHOSPHORUS APPLICATION IN VERTISOLS/REACCIÓN DE GIRASOL (*Helianthus annuus* L.) A APLICACIÓN DE FÓSFORO EN LOS SUELOS TIPO

VERTISOL/RÉACTION DU TOURNESOL (*Helianthus annuus* L.) À L'APPLICATION DE PHOSPHORE DANS LE VERTISOL. *Helia*, 26(39), 147-154.

- Murthy, A.S.P. 1988. Vertisols of India and their management. *Advances in Soil Sciences*. 8:152-214.
- Namvar, A., Khandan, T., & Shojaei, M. (2012). Effects of bio and chemical nitrogen fertilizer on grain and oil yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under different rates of plant density. *Annals of Biological Research*, 3(2), 1125-1131.
- Nanja Reddy, Y., Uma Shaanker, R., Prasad, T. & Udaya Kumar, M. (2003). PHYSIOLOGICAL APPROACHES TO IMPROVING HARVEST INDEX AND PRODUCTIVITY IN SUNFLOWER. *HELIA*, 26(38), 81-90. <https://doi.org/10.2298/hel0338081r>
- Naphade, P.S. and Naphade, K.T., 1991. Root CEC and P fertilization in sunflower. *Annals of Plant Physiology* 5(2): 247-252.
- Naphade, P.S. and Naphade, K.T., 1992. Effects of phosphorus on uptake of nutrients in sunflower. *Annals of Plant Physiology* 6(1): 119-124.
- Ogallar, P., 2003. Conclusiones Taller ASAGIR sobre Nutrición Mineral del Cultivo de Girasol. 2° Congreso Argentino de Girasol. URL: <http://www.asagir.org.ar/acerca-de-2do-congreso-484>
- Paredes Lombeida, S. F. (2014). Determinación del rendimiento potencial de grano del híbrido de Girasol" 65A25" utilizando diferentes niveles de fertilización química en la zona de Babahoyo (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2014).
- Quiroga, A. R., & Pérez Fernández, J. (2008). El cultivo de girasol en la región semiárida pampeana.
- Rondanini, D. P., Savin, R., & Hall, A. J. (2007). Estimation of physiological maturity in sunflower as a function of fruit water concentration. *European Journal of Agronomy*, 26(3), 295-309.
- Rondanini, D., Savin, R., & Hall, A. J. (2003). Dynamics of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief intervals of high temperature during grain filling. *Field Crops Research*, 83(1), 79-90.
- Rondanini, D.; Mantese, A.; Savin, R.; Hall, A. J. Responses of Sunflower Yield and Grain Quality to Alternating Day/Night High Temperature Regimes during Grain Filling: Effects of Timing, Duration and Intensity of Exposure to Stress. *Field Crops Res.* 2006, 96, 48–62.

- Rondanini, D.; Savin, R.; Hall, A. Dynamics of Fruit Growth and Oil Quality of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Exposed to Brief Intervals of High Temperature during Grain Filling. *Field Crop Res.* 2003, 83, 79–90.
- Rondanini, D.; Savin, R.; Hall, A. J. Estimation of Physiological Maturity in Sunflower as a Function of Fruit Water Concentration. *Eur. J. Agron.* 2007, 26, 295–309.
- Sadras, VO & D Roget. 2004. Production and environmental aspects of cropping intensification in a semiarid environment of southeastern Australia. *Agron. J.* 96: 236-246.
- Sainz Rozas, H.; Eyherabide, M.; Echeverría, H.E.; Barbieri, P.A.; Angelini, H.P.; Larrea, G.E.; Ferraris, G.N. y Barraco, M.R. 2013. ¿Cuál es el estado de la fertilidad de los suelos argentinos? En Simposio Fertilidad 2013. Mayo de 2013. Rosario, Santa Fé. Argentina.
- Sarkar, R.K., Chakraborty, A. and Bala, B., 1995. Response of sunflower to crop geometry and N and P application on rice fallow gangetic alluvial soil. *Indian Journal of Agronomy.* 40(4): 657-659
- Satorre, E. H. (2005). Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual. *Ciencia hoy*, 15(87), 24-31
- Schneiter, A. A., & Miller, J. F. (1981). Description of sunflower growth stages 1. *Crop science*, 21(6), 901-903.
- Shekhawat, K. y Shivay, Y. (2008). Effect of nitrogen sources, sulphur and boron levels on productivity, nutrient uptake and quality of sunflower (*Helianthus annuus*). *Indian Journal of Agronomy*, 53(2), 129-134.
- Shialaja, S. and Sahrawat, K.S., 1990. Adsorption and desorption of phosphorus in some semiarid tropical Indian vertisols. *Fertilizer Research.* 23: 87-96.
- Shivaprasad, M. Sheelavantar, M.N., Kulkarni, B.S. Shenoy, H. and Patil, S., 1996. Effect of sowing dates and P levels on performance of rabi irrigated sunflower. *Farming Systems* 12(1-2): 30-36.
- Shorrocks, V. M. (1997). The occurrence and correction of boron deficiency. *Plant and soil*, 193(1), 121-148.
- Tovar-Hernandez, S., Diovisalvi, N., Carciochi, W., Izquierdo, N., Sainz-Rozas, H., Garcia, F. y Reussi-Calvo, N. (2021). Assessment of nitrogen diagnosis methods in sunflower. *Agronomy Journal*, 2021(1), 1–14.
- Uhart, S. A., Echeverría, H. E., & Frugone, M. L. (1998). Requerimientos nutricionales: Diagnóstico de la fertilización en los cultivos de girasol. Morgan Semillas, Buenos Aires (Argentina).

- USDA (United States Department of Agriculture). Estadística por tema. URL: https://www.nass.usda.gov/Statistics_by_Subject/index.php?sector=CROPS.
- Villalobos, F. J., Sadras, V. O., Soriano, A., & Fereres, E. (1994). Planting density effects on dry matter partitioning and productivity of sunflower hybrids. *Field Crops Research*, 36(1), 1-11.
- Wajid Nasim, WN, Ashfaq Ahmad, AA, Asghari Bano, AB, Olatinwo, R., Muhammad Usman, MU, Tasneem Khaliq, TK, ... y Muzzammil Hussain, MH (2012). Efecto del nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad del aceite de híbridos de girasol (*Helianthus annuus* L.) en condiciones subhúmedas de Pakistán.