

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/361944853>

# DOES NITROGEN AND SULFUR FERTILIZATION AFFECT SUNFLOWER GRAIN YIELD AND QUALITY?

Article in *Ciencia del Suelo* · July 2022

CITATIONS

0

READS

158

6 authors, including:



**Sergio Tovar Hernandez**

Universidad Nacional de Mar del Plata

3 PUBLICATIONS 3 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Walter Carciochi**

National Scientific and Technical Research Council

46 PUBLICATIONS 344 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Natalia Izquierdo**

National Scientific and Technical Research Council

22 PUBLICATIONS 97 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Nahuel Ignacio Reussi Calvo**

FERTILAB and CONICET

71 PUBLICATIONS 501 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Diagnosis of sulfur availability in corn [View project](#)



NITROGEN DIAGNOSIS AND DYNAMICS [View project](#)

## ¿LA FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO Y AZUFRE AFECTA EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GRANO DE GIRASOL?

Sergio Tovar Hernandez <sup>1</sup>, Walter Daniel Carciochi <sup>1,2</sup>, Natalia Diovisalvi <sup>3</sup>,  
Natalia Gabriela Izquierdo <sup>1,2</sup>, Nahuel Ignacio Reussi Calvo <sup>1,2,3\*</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

<sup>3</sup> Laboratorio de Suelos FERTILAB

### RESUMEN

La intensificación agrícola ha disminuido los niveles de materia orgánica de los suelos, haciendo cada vez más frecuente observar deficiencias de nitrógeno (N) y azufre (S), las cuales pueden limitar el rendimiento y calidad del grano de girasol (*Helianthus annuus* L.). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización con N y S sobre: 1) el rendimiento y sus componentes, 2) la concentración de proteína y aceite y 3) la concentración de ácidos grasos en granos de girasol. Se realizaron seis experimentos a campo en las campañas 2018-2019 con híbridos alto oleico (campaña 1) y 2019-2020 con híbridos convencionales (campaña 2). Se evaluaron dos dosis de nitrógeno (40 y 80 kg N ha<sup>-1</sup>) sin y con S (0 y 20 o 40 kg S ha<sup>-1</sup>, según campaña) más un testigo absoluto (sin N ni S). La fertilización con N incrementó significativamente el rendimiento y número de granos de girasol solo para la campaña 1, mientras que el S no afectó estas variables para ninguna de las campañas evaluadas. La calidad del grano no se vio modificada por la adición de S, mientras que el N sólo incrementó el contenido de proteína a altas dosis (80 kg N ha<sup>-1</sup>), solo en la campaña 1. En síntesis, para las condiciones del sudeste Bonaerense, la fertilización con N incrementó el rendimiento y proteína del grano de girasol, mientras que el S no afectó el rendimiento ni la calidad del grano.

**Palabras claves:** ácidos grasos; proteína; aceite; nutrición azufrada.

## DOES NITROGEN AND SULFUR FERTILIZATION AFFECT SUNFLOWER GRAIN YIELD AND QUALITY?

### ABSTRACT

Agricultural intensification decreased soil organic matter levels. Therefore, nitrogen (N) and sulfur (S) deficiencies are becoming more frequent, possibly limiting sunflower (*Helianthus annuus* L.) grain yield and quality. The aim of this work was to evaluate the effect of N and S fertilization on: 1) yield and its components, 2) protein and oil concentration, and 3) fatty acid concentration in sunflower grains. Six field experiments were conducted during 2018-2019 with high oleic hybrids (crop season 1) and 2019-2020 growing season with conventional hybrids (crop season 2). Two N rates (40 and 80 kg N ha<sup>-1</sup>) without S, and with S (20 or 40 kg S ha<sup>-1</sup>, depending on the crop season), plus an absolute control (without N and S) were evaluated. N fertilization increased significantly sunflower yield and grain number only for season 1, while S did not affect these variables for none of the analyzed seasons. Grain quality was not modified by S addition, while N only increased the protein content at a high rate (80 kg N ha<sup>-1</sup>) only for season 1. In summary, for the southeastern Buenos Aires conditions, N fertilization increased sunflower grain yield and protein content, while S did not affect yield or grain quality.

**Keywords:** fatty acids; protein; oil; sulfur nutrition.

\* Autor de contacto:  
reussicalvo.nahuel@inta.gob.ar

Recibido:  
20-07-21

Recibido con revisiones:  
29-03-22

Aceptado:  
29-03-22

## ABREVIATURAS

AO: Alto oleico.  
CONV: Convencional.  
MO: Materia orgánica.  
Nan: nitrógeno mineralizado en anaerobiosis.  
NG: Numero de granos  
PG: Peso de granos  
RFA: Radiación fotosintéticamente activa.

## INTRODUCCIÓN

Argentina es el cuarto productor de girasol (*Heliantus annuus*) a nivel mundial con un rendimiento promedio de 1,9 t ha<sup>-1</sup> (Castaño, 2018). No obstante, se ha estimado una brecha de producción para la Argentina de hasta 0,75 t ha<sup>-1</sup> (Hall et al., 2013) y, una demanda de aceite cada vez mayor (Ingramo, 2020). Bajo este contexto, prácticas como el manejo de la nutrición de cultivos pueden ser promisorias para aumentar la producción de girasol y cubrir la futura demanda.

El rendimiento y la calidad del grano de girasol están determinados por factores genéticos y ambientales (Izquierdo y Aguirrezábal, 2008). La radiación fotosintéticamente activa (RFA) interceptada por el cultivo tiene efecto directo sobre la relación fuente-destino, la cual aumenta tanto el número como el peso de granos y la concentración de aceite (Dosio et al., 2000; Echarte et al., 2013; Izquierdo et al., 2009). Aumentos en el flujo de carbono saturan enzimas claves en la síntesis de ácidos grasos, como la enzima oleato desaturasa, que favorece la acumulación de ácido oleico y disminuye la concentración de ácido linoleico en el aceite (Echarte et al., 2010; Echarte et al., 2013; Izquierdo et al., 2009). Entre otros factores ambientales, el manejo de la nutrición puede incidir también sobre el rendimiento y la calidad del grano de girasol, ya sea por un efecto directo sobre estas propiedades o por efecto sobre otros factores como la RFA interceptada (Diovisalvi et al., 2018; Izquierdo et al., 2009).

El azufre (S) es constituyente de aminoácidos (como la metionina y triptófano), vitaminas y enzimas reguladoras de la fotosíntesis y la fijación de nitrógeno (N) (Fazili et al., 2008). Deficiencias de esta nutriente resultan en clorosis severas en hojas jóvenes, lo cual afecta el uso de la RFA interceptada (Zafar et al., 2014). Para girasol, se ha reportado que un aumento en la disponibilidad de S tiene efecto positivo sobre el crecimiento vegetal (altura de planta y materia seca) (Shekhawat y Shivay, 2008), el rendimiento (diámetro de capítulo y número de granos) (Nasreen y Huq, 2002; Usha Rani et al., 2009), y la concentración de proteína, aceite y ácido oleico de los granos (Sahoo et al., 2018; Shekhawat y Shivay, 2008).

La respuesta en rendimiento y calidad por efecto del agregado de S es poco frecuente en suelos con altos contenidos de materia orgánica (MO) (Martin, 1997). Por esta razón, en la región pampeana y, en el sudeste Bonaerense en particular, la adopción de esta práctica por parte de los productores es baja. Sin embargo, en los últimos años, la intensificación de la agricultura ha producido una disminución progresiva del contenido de MO en los suelos (Álvarez y Steinbach, 2012; Sainz Rozas et al., 2011), lo cual afecta en forma indirecta la disponibilidad de S (Eriksen et al., 1998; Wilhelm Scherer, 2009). Por lo tanto, para la región pampeana se han reportado respuestas en rendimiento al agregado de S en maíz (*Zea maíz*) (Carciochi et al., 2016; Paganani et al., 2012), trigo (*Triticum aestivum*) (Carciochi et al., 2018; Reussi Calvo et al., 2008), y soja (*Glycine max*) (Divito et al., 2015; Gutierrez Boem et al., 2007). Sin embargo, para el cultivo de girasol no hay registros de trabajos en los cuales se evalúe el efecto del S sobre el rendimiento y la calidad del grano.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la adición de N y S sobre 1) el rendimiento y sus componentes, 2) la concentración de proteína y aceite y 3) la concentración de ácidos grasos en el aceite de granos de girasol.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Experimentos

Se llevaron a cabo seis experimentos (E1 a E6) durante las campañas 2018-2019 (campaña 1) y 2019-2020 (campaña 2) en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. Los suelos predominantes en esta área son Argiudoles Petrocalcicos y Argiudoles Típicos, con pendientes menores a 2%. Los valores medios anuales de preci-

pitación, potencial de evapotranspiración y temperatura son de 955 mm, 950 mm y 13.9°C, respectivamente. En cada experimento se evaluó un tratamiento control (sin N ni S) y dos dosis de nitrógeno (40 y 80 kg N ha<sup>-1</sup>) combinadas con una dosis de suficiencia de S, la cual varío por campaña (20 kg S ha<sup>-1</sup>, para la campaña 1 y, 40 kg S ha<sup>-1</sup> para la campaña 2). Los tratamientos fueron definidos como N<sub>0</sub>S<sub>0</sub>, N<sub>40</sub>S<sub>0</sub>, N<sub>80</sub>S<sub>0</sub>, N<sub>40</sub>S<sub>1</sub> y N<sub>80</sub>S<sub>1</sub>, respectivamente. Las fuentes de N y S fueron urea (46-0-0) and yeso (18% S; 23% calcio) aplicados al voleo en el estadio fenológico de dos hojas (V<sub>2</sub>; Schneiter y Miller, 1981). Las fechas de siembra fueron entre la segunda mitad del mes octubre (E5 y E6) y la primera mitad del mes de noviembre (E1-E4) (fechas recomendadas para la zona). La densidad de plantas fue de 6 plantas m<sup>-2</sup> y el espacio entre hileras fue de 0,52 m. Cuatro de los seis experimentos fueron sembrados con genotipos alto oleicos (AO), mientras que los experimentos restantes (dos) fueron sembrados con genotipos convencionales (CONV) (Tabla 1). Se buscó que todos los genotipos tuvieran un alto potencial de rendimiento en grano y aceite. El diseño de los tratamientos fue en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue de 10 surcos de ancho por 12 m de largo. Se aplicó fósforo (30 kg ha<sup>-1</sup>) para asegurar una adecuada disponibilidad de este nutriente. Cuando fue necesario, se aplicaron pesticidas con el fin de controlar malezas, plagas y enfermedades. A todos los tratamientos se les realizó un manejo similar. Los valores de precipitaciones fueron obtenidos de la estación meteorológica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Balcarce y del Servicio Meteorológico Nacional. Información adicional acerca de los experimentos se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Fecha de siembra, Experimentos (Exp.), localización (latitud, longitud), genotipo, híbrido, características de suelo [materia orgánica (MO), fósforo Bray (P-Bray), nitrógeno mineralizado en incubación anaeróbica a corto plazo (Nan), y contenido de nitratos (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y sulfatos (S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) a 0-60cm de profundidad], y disponibilidad total de agua durante el ciclo del cultivo (Agua total: precipitación total más disponibilidad inicial de agua en el suelo).

**Table 1.** Sowing date, Experiments (Exp.), location (latitude, longitude), genotype, soil characteristics [organic matter (MO), phosphorus Bray (P-Bray), nitrogen mineralized in short-term anaerobic incubation (Nan), and N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> content at 0-60cm depth], and total water availability during the crop cycle (Total water: total precipitation plus initial soil water availability).

		Localización					Variables de suelo						
Fecha siembra	Exp	Latitud	Longitud	Localidad	Genotipo <sup>a</sup>	Híbrido	pH	MO	P-Bray	Nan	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Agua total
						(g kg <sup>-1</sup> )		--(mg kg <sup>-1</sup> )--		----- (kg ha <sup>-1</sup> )-----		(mm)	
28-10-18	E1	37.0°S	57.6°O	Madariaga	AO	Paraiso 1500	5,8	53	5	87	49	40	530
02-11-18	E2	37.1°S	57.6°O	Madariaga	AO	Moogli	5,7	64	5	98	77	34	530
23-10-18	E3	37.0°S	57.3°O	Madariaga	AO	Aromo 105	5,7	53	10	103	65	33	530
30-10-18	E4	37.2°S	57.7°O	Madariaga	AO	Aromo 105	5,6	65	8	92	59	48	530
07-11-19	E5	37.7°S	58.2°O	Balcarce	CONV	Syngenta 3939	5,7	51	18	59	113	42	495
07-11-19	E6	37.7°S	58.2°O	Balcarce	CONV	LG5678	5,7	51	18	59	113	42	495

<sup>a</sup> AO: alto oleico; CONV: convencional.

### Análisis de suelo y planta

En cada experimento, se realizaron muestreos de suelo a la siembra del cultivo a una profundidad de 0-20, 20-40 y 40-60 cm utilizando un barreno de acero. La MO (Walkey y Black, 1934), pH<sub>1:2,5</sub>, fósforo extractable (P-Bray) (Bray y Kurtz, 1945) y nitrógeno mineralizado en incubación anaeróbica de 7 días (Nan) (Keeney, 1983) fueron determinados en la profundidad de 0-20 cm, mientras que la humedad volumétrica y N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Dahnke, 1971) fueron cuantificados en las tres profundidades. En cuanto al S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, se cuantificó hasta los 60 cm y se utilizó como extractante Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (Islam y Bhuiyan, 1998), para una posterior determinación de la concentración por turbidimetría con BaCl<sub>2</sub>, empleando Tween 80 como estabilizador (Johnson, 1987). Se determinó la disponibilidad de N y S en los primeros 60 cm en función de la concentración y densidad aparente de cada estrato. Se empleó un valor de densidad aparente de 1,2 Mg m<sup>-3</sup> (Fabrizzi et al., 2005).

La concentración de proteína en grano se analizó mediante un equipo de reflectancia del infrarrojo-cerca-no (NIR) (Phil et al., 1998). La concentración de aceite se determinó mediante un equipo de resonancia magnética-nuclear (NMR, Spinlock S.R.L.) calibrado para cada tipo de genotipo (AO y CONV) (Robertson y Morrison, 1979). La composición ácida del grano solo se determinó para los tratamientos N<sub>0</sub>S<sub>0</sub>, N<sub>80</sub>S<sub>0</sub> y N<sub>80</sub>S<sub>1</sub>, mediante la obtención de ésteres metílicos y medición de los mismos por cromatografía gaseosa por medio de un cromatógrafo Shimadzu GC-2014. Cada ácido graso fue expresado como porcentaje del total de los ácidos grasos (Izquierdo et al., 2009).

### Análisis estadístico

Debido a que se contaba con dos campañas distintas y, distintos tipos de genotipos por campaña (AO para campaña 1 y CONV para campaña 2), el análisis estadístico se realizó para cada una de estas. Se ajustó un modelo lineal mixto para determinar la diferencia entre tratamientos. La variable tratamiento fue el factor fijo mientras que la variable experimento y bloque se consideraron como factor aleatorio. Una vez que el modelo fue ajustado, se realizó un test de diferencias mínimas significativas (LSD) con el fin de realizar la comparación de medias. La función lme (Linear Mixed-Effects Models) y los paquetes estadísticos nlme, agricolae, emmeans y mulcomp del programa estadístico R fueron empleados para realizar los análisis (R Core Team, 2014). Los supuestos de distribución de normalidad de los datos y homogeneidad de varianzas fueron confirmados mediante los métodos propuestos por Shapiro y Wilk (1965) y Levene (1961), respectivamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Propiedades edáficas y caracterización climática

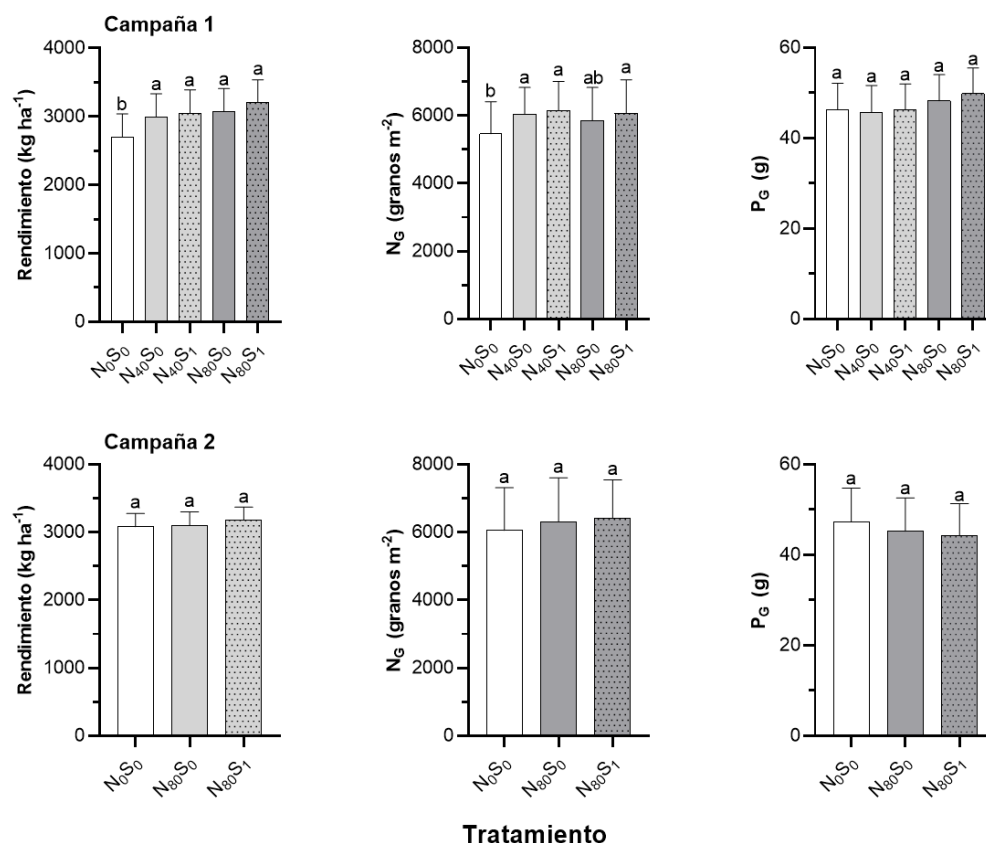
Los valores de MO variaron de 51 a 65 g kg<sup>-1</sup>, el pH de 5,6 a 5,8, P-Bray de 5 a 18 mg kg<sup>-1</sup>, y el contenido de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de 49 a 113 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 1). Los contenidos más altos de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> se observaron para la campaña 2. Los valores observados para cada una de las propiedades de suelo se encuentran dentro del promedio reportado por Sainz Rozas et al. (2011) y Reussi Calvo et al. (2018) para el área de estudio. Si bien la concentración de P-Bray fue baja, la fertilización con 30 kg P ha<sup>-1</sup> a la siembra garantizó los requerimientos nutricionales del cultivo (Díaz Zorita, 2014). La amplia variabilidad en los valores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> representan situaciones con diferente disponibilidad inicial de N.

Por otra parte, el Nan varió de 59 a 103 mg kg<sup>-1</sup> y el contenido de S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> varió entre 33 y 48 kg ha<sup>-1</sup>, según experimento (Tabla 1). Teniendo en cuenta que el Nan puede ser estimador de la mineralización de S, Carciochi et al. (2016) reportó para maíz que ante un valor de Nan superior a 54 mg kg<sup>-1</sup> la probabilidad de respuesta al agregado de S es baja. De igual manera, los valores de S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> observados fueron suficientes para satisfacer los requerimientos nutricionales del cultivo (Chahal et al., 2020; Díaz Zorita, 2014) y superan los niveles críticos reportados para maíz (40 kg ha<sup>-1</sup>) y trigo (45 kg ha<sup>-1</sup>) por Carciochi et al. (2016) y Carciochi et al. (2019), respectivamente. Sin embargo, esta información no está disponible para el cultivo de girasol.

La disponibilidad total de agua durante el ciclo del cultivo fue adecuada para todos los experimentos y se ubica dentro de los valores recomendados por Berglund (2007) para el correcto desarrollo del cultivo de girasol (450-550 mm) (Tabla 1). En línea con lo mencionado, la eficiencia de uso del agua varió desde 4,1 a 6,5 kg mm<sup>-1</sup> según sitio y tratamiento de fertilización (datos no mostrados). Por otra parte, los valores de temperatura media y radiación se encontraban dentro del promedio histórico del área de estudio y el rango óptimo para el correcto desarrollo del cultivo de girasol (datos no mostrados).

### Rendimiento y componentes

No se determinó interacción entre el experimento y los tratamientos de fertilización sobre el rendimiento para las campañas 1 y 2 (p>0,05). Se observó efecto significativo del agregado de N (p<0,05) únicamente para la campaña 1 (Figura 1). Sin embargo, para ambas campañas no hubo efecto significativo de la fertilización con S (Figura 1). El valor promedio para el tratamiento control de la campaña 1, fue de 2998 kg ha<sup>-1</sup>, el cual fue 7,6 % inferior al tratamiento de máxima respuesta (N<sub>80</sub>S<sub>1</sub>) (p<0,05) (Figura 1; Apéndice 1). La asociación entre la disponibilidad de S (S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> en suelo + S del fertilizante) y el rendimiento del cultivo fue no significativa en ambas campañas (p>0,05) (datos no mostrados). Respecto a los componentes del rendimiento, tampoco se observó interacción entre el experimento y los tratamientos de fertilización (p>0,05). Sin embargo, para el NG se determinó efecto significativo de la fertilización con N únicamente en la campaña 1 (p<0,05), en el cual el tratamiento control se diferenció en 717 granos m<sup>-2</sup> del tratamiento de máxima respuesta (N<sub>80</sub>S<sub>1</sub>) (Figura 1; Apéndice 1). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos sin y con S (Figura 1; Apéndice 1). Respecto al PG, no se observó efecto de los tratamientos, con un valor promedio de 47,3 y 45,6 g cada mil granos, para la campaña 1 y 2, respectivamente (Figura 1; Apéndice 1).



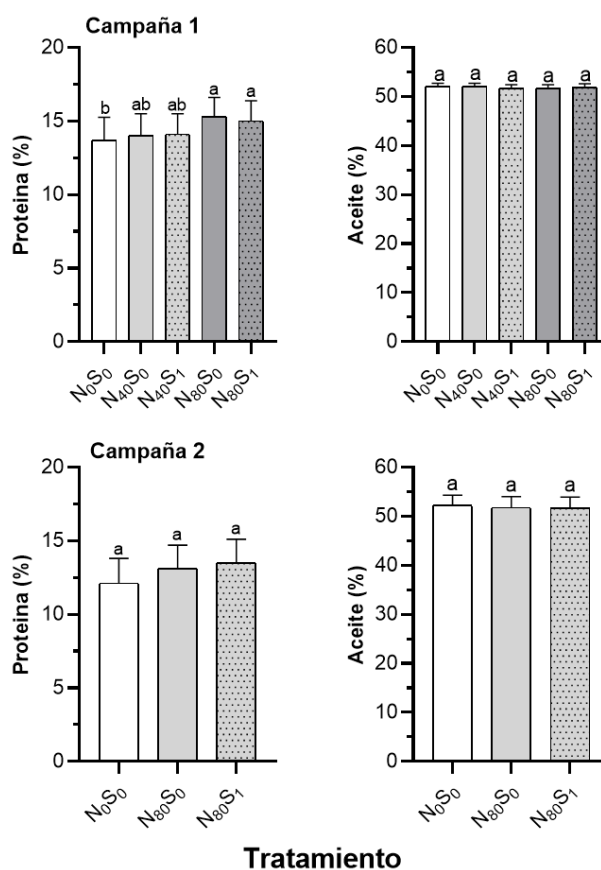
**Figura 1.** Rendimiento, número de granos (NG) y peso de mil granos (P<sub>G</sub>) para los distintos tratamientos de fertilización de la campaña 1 y campaña 2. N<sub>0</sub>S<sub>0</sub> = 0 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>; N<sub>40</sub>S<sub>0</sub> = 40 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>; N<sub>40</sub>S<sub>1</sub> = 40 kg N ha<sup>-1</sup> + 20 kg S ha<sup>-1</sup>; N<sub>80</sub>S<sub>0</sub> = 80 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>; N<sub>80</sub>S<sub>1</sub> = 80 kg N ha<sup>-1</sup> + 20 kg S ha<sup>-1</sup> para la campaña 1 o 40 kg S ha<sup>-1</sup> para la campaña 2. Las barras verticales en cada columna indican error estándar de la media. Misma letra entre columnas indica que no son significativamente diferentes (LSD; p < 0,05).

**Figure 1.** Yield, grain number (NG) and grain weight (P<sub>G</sub>) for the different fertilization treatments of season 1 and season 2. N<sub>0</sub>S<sub>0</sub> = 0 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>; N<sub>40</sub>S<sub>0</sub> = 40 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>; N<sub>40</sub>S<sub>1</sub> = 40 kg N ha<sup>-1</sup> + 20 kg S ha<sup>-1</sup>; N<sub>80</sub>S<sub>0</sub> = 80 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>; N<sub>80</sub>S<sub>1</sub> = 80 kg N ha<sup>-1</sup> + 20 kg S ha<sup>-1</sup> for season 1 or 40 kg S ha<sup>-1</sup> for season 2. Vertical bars in each column indicate standard error of the mean. Same letter between columns indicates that they are not significantly different (LSD; p < 0.05).

La respuesta positiva observada por la fertilización con N sobre el rendimiento y el número de granos en los experimentos de la campaña 1, coincide con lo reportado para condiciones similares por Diovisalvi et al. (2018) y Tovar-Hernandez et al. (2021). La falta de diferencia significativa entre las dosis de N se debería a que, con la dosis más baja ya se alcanzó el umbral crítico necesario para lograr el 90% del rendimiento máximo. Este resultado coincide con los niveles críticos reportados por Diovisalvi et al. (2018) (125 kg N ha<sup>-1</sup>) y Tovar-Hernandez et al. (2021) (90 kg N ha<sup>-1</sup>). De igual manera, la nula respuesta al agregado de N observada en la campaña 2, se debería que el contenido de N a la siembra (113 kg N-NO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>), sumado al aporte de N por mineralización (Tabla 1), serían suficientes para lograr el 90% del rendimiento máximo. La falta de respuesta en el rendimiento y sus componentes por el agregado de S se podría explicar en parte por la combinación de una adecuada disponibilidad de S en presembrado del cultivo y valores de N<sub>an</sub> relativamente elevados (Tabla 1), que indican un considerable aporte de S proveniente de la mineralización (Carciochi et al., 2018). Sin embargo, en condiciones similares a la del presente estudio, para cultivos como maíz (Carciochi et al., 2016) y trigo (Reussi Calvo et al., 2008) se han determinado respuestas promedio de 9,5% y 18,0%, respectivamente. En girasol, trabajos realizados por Nasreen y Huq (2002), Shekhawat y Shivay (2008) y Usha Rani et al., (2009), observaron respuestas de hasta 9,8% por efecto de la fertilización con S. No obstante, estos autores llevaron a cabo sus experimentos en suelos con baja disponibilidad inicial de S (< 15 kg ha<sup>-1</sup>) y bajo contenido de MO (< 10 g kg<sup>-1</sup>), condiciones no observadas en el presente trabajo.

### Concentración de proteína y aceite en grano

Al igual que para rendimiento, no se observó interacción entre los experimentos y los tratamientos de fertilización sobre la concentración de proteína y aceite en grano. Dichas variables tampoco se vieron afectadas por la fertilización con S. Sin embargo, para la campaña 1 se observó efecto de la fertilización con N sobre la concentración de proteína en grano ( $p < 0,05$ ) con un valor promedio de 13,7% para el tratamiento control y de 15,3% para los tratamientos con 80 kg N ha<sup>-1</sup>, mientras que para la campaña 2 no hubo efecto significativo (Figura 2; Apéndice 1). Por su parte, para ambas campañas los tratamientos de fertilización no modificaron la concentración de aceite, observándose un valor promedio de 51,8 y 51,9%, para la campaña 1 y 2, respectivamente (Figura 2; Apéndice 1).



**Figura 2.** Concentración de proteína y aceite para los distintos tratamientos de fertilización de la campaña 1 y campaña 2. N<sub>0</sub>S<sub>0</sub> = 0 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>, N<sub>40</sub>S<sub>0</sub> = 40 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>; N<sub>40</sub>S<sub>1</sub> = 40 kg N ha<sup>-1</sup> + 20 kg S ha<sup>-1</sup>, N<sub>80</sub>S<sub>0</sub> = 80 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>, N<sub>80</sub>S<sub>1</sub> = 80 kg N ha<sup>-1</sup> + 20 kg S ha<sup>-1</sup> para la campaña 1 o 40 kg S ha<sup>-1</sup> para la campaña 2. Las barras verticales en cada columna indican error estándar de la media. Misma letra entre columnas indica que no son significativamente diferentes (LSD;  $p < 0,05$ ).

**Figure 2.** Protein and oil concentration for the different fertilization treatments of season 1 and season 2. N<sub>0</sub>S<sub>0</sub> = 0 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>, N<sub>40</sub>S<sub>0</sub> = 40 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>; N<sub>40</sub>S<sub>1</sub> = 40 kg N ha<sup>-1</sup> + 20 kg S ha<sup>-1</sup>, N<sub>80</sub>S<sub>0</sub> = 80 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>, N<sub>80</sub>S<sub>1</sub> = 80 kg N ha<sup>-1</sup> + 20 kg S ha<sup>-1</sup> for season 1 or 40 kg S ha<sup>-1</sup> for season 2. Vertical bars in each column indicate standard error of the mean. Same letter between columns indicates that they are not significantly different (LSD;  $p < 0.05$ ).

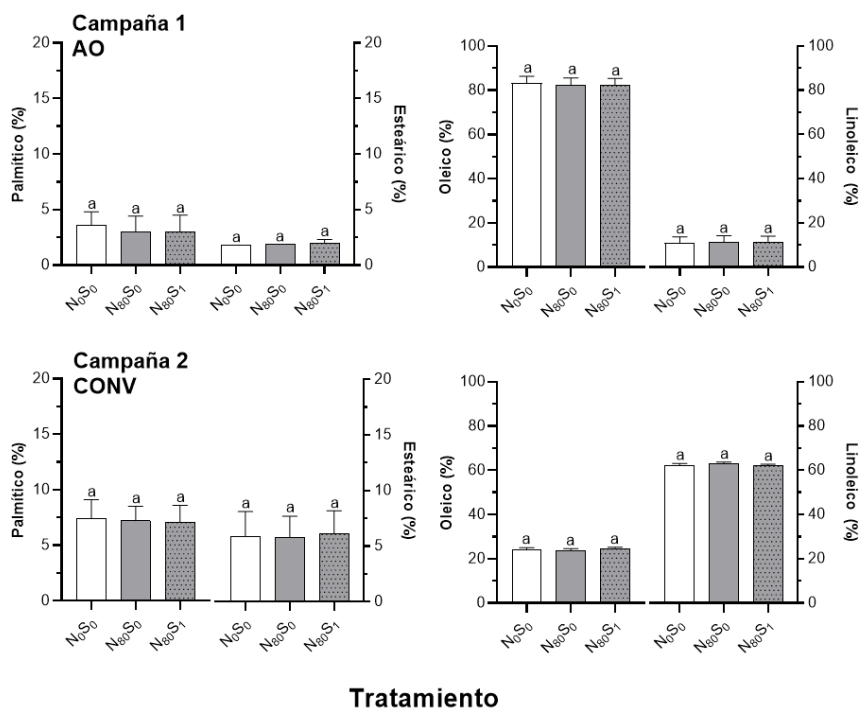
Un aumento en la concentración de proteína en grano es deseable para obtener subproductos de calidad, las cuales pueden significar un precio diferencial si su concentración es mayor al 38% al momento de acopio (Aguirrezabal y Pereyra, 1998; Diovisalvi et al., 2018). El efecto positivo del N sobre la concentración de proteína coincide con lo reportado por Diovisalvi et al. (2018). La falta de efecto por la adición de S sobre la concentración de proteína concuerda con lo reportado por Hocking et al. (1987). Ahmad et al. (2000) sugieren que, ante una alta disponibilidad de N, el efecto sobre la concentración de proteína se debe principalmente a este nutriente y no al agregado de S. No obstante, al igual que para N, el S también es componente fundamental de proteínas y aminoácidos (Usha Rani et al., 2009). En condiciones limitantes, se ve afectada la concentración de aminoácidos (cisteína y metionina) (Hocking et al., 1987) y el metabolismo

del N en la planta, reduciendo la síntesis y acumulación de compuestos orgánicos nitrogenados (Jamal et al., 2010), dando como resultado una menor concentración de proteína. Por lo tanto, en el presente estudio, la adecuada disponibilidad de S producto del alto contenido de Nan y/o S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, ayudarían a explicar la falta de respuesta en la concentración de proteína.

La falta de efecto del N sobre la concentración de aceite coincide con resultados publicados por Diovisalvi et al. (2018) y Zubillaga et al. (2002) para condiciones edafoclimáticas similares. Respecto al efecto del S, los resultados también coinciden con lo reportado por Hocking et al. (1987), quienes determinaron que la concentración de aceite no se veía modificada por la fertilización con S. Contrariamente, autores como Sahoo et al. (2018) y Usha Rani et al. (2009) reportaron aumentos de hasta 5%. Sin embargo, el valor promedio observado por estos autores (~35%) es inferior al determinado en este estudio (~52%). Esta diferencia se podría atribuir a la variabilidad de genética inherente a los genotipos evaluados o a estrés por deficiencias nutricionales, la cual pueda limitar el crecimiento del cultivo y por consiguiente la RFA interceptada (Blamey et al., 1997). Adicionalmente, los suelos en donde estos autores llevaron a cabo sus experimentos tenían un bajo contenido de S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> (Usha Rani et al., 2009) y de MO (Sahoo et al., 2018), razón por la cual se observó respuesta al agregado S. Debido a que el S es componente de moléculas y enzimas como el acetyl-Co-A y la tioquinasa, sería esperable que el agregado de este nutriente tenga un efecto positivo sobre la síntesis de ácidos grasos (Ahmad et al., 2007; Chahal et al., 2020; Usha Rani et al., 2009).

### Composición acídica del grano

La composición acídica del grano de girasol tanto para genotipos AO (campaña 1) y CONV (campaña 2) no se vio modificada por la fertilización con N ni S. Los valores promedio de ácido palmítico, esteárico, oleico y linoleico para los genotipos AO fueron de 7,2 %, 1,9 %, 82,4 % y 11,5 %, respectivamente (Figura 3). Para genotipos CONV los valores promedio de ácido palmítico fueron de 7,2%, esteárico 5,9 %, oleico 24,2 % y linoleico 62,5% (Figura 3; Apéndice 2).



**Figura 3.** Concentración de ácido palmítico, esteárico, oleico y linoleico de los genotipos alto oleico (AO) (campaña 1) y convencionales (CONV) (campaña 2) para los distintos tratamientos de fertilización. N<sub>0</sub>S<sub>0</sub> = 0 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>, N<sub>80</sub>S<sub>0</sub> = 80 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>, N<sub>80</sub>S<sub>1</sub> = 80 kg N ha<sup>-1</sup> + 20 kg S ha<sup>-1</sup> para la campaña 1 o 40 kg S ha<sup>-1</sup> para la campaña 2. Las barras verticales en cada columna indican error estándar de la media. Misma letra entre columnas indica que no son significativamente diferentes (LSD; p<0,05).

**Figure 3.** Palmitic, stearic, oleic and linoleic acid concentrations of high oleic (AO) (season 1) and conventional (CONV) (season 2) genotypes for different fertilization treatments. N<sub>0</sub>S<sub>0</sub> = 0 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>, N<sub>80</sub>S<sub>0</sub> = 80 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>, N<sub>80</sub>S<sub>1</sub> = 80 kg N ha<sup>-1</sup> + 20 kg S ha<sup>-1</sup> for season 1 or 40 kg S ha<sup>-1</sup> for season 2. Vertical bars in each column indicate standard error of the mean. Same letter between columns indicates that they are not significantly different (LSD; p<0.05).



La falta de efecto por la fertilización con N sobre la concentración de ácidos grasos, contradice lo reportado por Li et al. (2017) y Steer y Seiler (1990), quienes observaron un aumento de ácido oleico (Li et al., 2017) o de ácido linoleico (Steer y Seiler, 1990). La falta de efecto de la adición de S sobre el perfil ácido del grano de girasol contradice lo reportado por Shekhawat y Shivay (2008), quienes observaron un aumento significativo en la concentración de ácido oleico, y una disminución en la de ácido palmítico y esteárico ante aumentos en la disponibilidad de S. Si bien, para el cultivo de girasol aún es escasa la información acerca del efecto de la adición de S sobre la composición ácida del aceite, en otros cultivos oleaginosos como canola, se ha reportado también un aumento en la concentración de ácido oleico (Ahmad et al., 2000; Walker y Booth, 2003). Esto puede deberse a que el S juega un rol fundamental en la síntesis de ácidos grasos. Específicamente, enzimas como la Acetil-CoA y la acetil-CoA carboxilasa se ven afectadas por la disponibilidad de S en el suelo y, por lo tanto, la proporción de los ácidos grasos se podría ver modificada por la adición de este nutriente (Chahal et al., 2020). De igual manera, en suelos con marcada deficiencia de S, el agregado de este nutriente puede tener un efecto indirecto sobre la concentración de ácidos grasos producto de un aumento de la RFA interceptada, efecto no observado en el presente estudio (datos no mostrados). Los escasos estudios en la temática plantean la necesidad de continuar con la investigación, con el objetivo de esclarecer el efecto de S sobre la composición ácida del grano de girasol, en suelos con un mayor grado de deficiencia de este nutriente.

### CONCLUSIONES

Para las condiciones del sudeste Bonaerense, la fertilización con N supone una alternativa para aumentar el rendimiento y calidad del grano de girasol (proteína), sin efecto sobre la calidad de aceite (ácidos grasos). Respecto a S, este nutriente no afectó el rendimiento y sus componentes, la calidad de grano ni la calidad del aceite de girasol. No obstante, debido al continuo descenso en los niveles de materia orgánica de los suelos, surge la necesidad de continuar las investigaciones con el fin de explorar escenarios con deficiencias de S y evaluar su interacción con otros nutrientes (ej. fósforo, boro) sobre el rendimiento y calidad de girasol.

### AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue posible gracias al apoyo financiero del proyecto FONCyT (Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica) PICT 2016-0304, UNMdP AGR534/17, y INTA 2019-PE-E1-I011-001.

### REFERENCIAS

- Aguirrezábal, L. y Pereyra, V. R. (1998). *Sunflower*. Calidad de productos agrícolas. *Bases ecofisiológicas, genéticas y de manejo agronómico*. Unidad Integrada Balcarce.
- Ahmad, A. y Abdin, M. Z. (2000). Interactive effect of sulphur and nitrogen on the oil and protein contents and on the fatty acid profiles of oil in the seeds of rapeseed (*Brassica campestris* L.) and mustard (*Brassica juncea* L. Czern. and Coss.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 185(1), 49-54.
- Ahmad, G., Jan, A., Arif, M., Jan, M. y Khattak, R. J. (2007). Influence of nitrogen and sulfur fertilization on quality of canola (*Brassica napus* L.) under rainfed conditions. *Journal of Zhejiang University Science B*, 8(10), 731-737.
- Álvarez, R. y Steinbach, H. S. (2012). Dosificación de la fertilización en maíz. En: Álvarez, R. (Ed.). *Fertilización De Cultivos De Granos y Pasturas diagnóstico y Recomendación en La Región Pampeana*. Buenos Aires, Argentina: Facultad de agronomía UBA.
- Berglund, D. (2007). *Sunflower Production*. North Dakota, USA: North Dakota State University Ext.
- Blamey, F., Zollinger, R. K. y Schneiter, A. (1997). Sunflower production and culture. En: A. A. Schneiter (Ed.) *Sunflower Technology and Production, Volume 35*. Soil Science Society of America.
- Bray, R. H. y Kurtz, L. (1945). Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, 59(1), 39-46.
- Carciochi, W. D., Wyngaard, N., Divito, G. A., Reussi Calvo, N. I., Cabrera, M. L. y Echeverría, H. E. (2016). Diagnosis of sulfur availability for corn based on soil analysis. *Biology and Fertility of Soils*, 52, 917-926.
- Carciochi, W. D., Wyngaard, N., Divito, G. A., Cabrera, M. L., Reussi Calvo, N. I. y Echeverría, H. E. (2018). A comparison of indexes to estimate corn S uptake and S mineralization in the field. *Biology and Fertility of Soils*, 54(3), 349-362.
- Carciochi, W. D., Mateos, J., Divito, G., Inchauspe, F. y Sainz Rozas, H. (2019). Sulfur Mineralization: A Key Process for Diagnosing Its Deficiency in Wheat. *Soil Science Society of America Journal*, 83(5), 1553-1563.
- Castaño, F. D. (2018). The sunflower crop in Argentina: past, present and potential future. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 25(1), D105.

- Chahal, H. S., Sing, A. y Malhi, G. S. (2020). Role of Sulphur nutrition in oilseed crop production-A review. *Journal of Oilseeds Research*, 11(2), 95-102.
- Dahnke, W. (1971). Use of the nitrate specific ion electrode in soil testing. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2, 73-84.
- Díaz Zorita, M. (2014). Girasol. En: H. Echeverría y F. García. (2ª ed.) *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones INTA,
- 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.
- Divito, G. A., Echeverría, H. E., Andrade, F. H. y Sadras, V. O. (2015). Diagnosis of S deficiency in soybean crops: performance of S and N: S determinations in leaf, shoot and seed. *Field Crops Research*, 180, 167-175
- Dosio, G. A., Aguirrezabal, L., Andrade, F. y Pereyra, V. (2000). Solar radiation intercepted during seed filling and oil production in two sunflower hybrids. *Crop Science*, 40(6), 1637-1644.
- Echarte, M. M., Angeloni, P., Jaimés, F., Tognetti, J., Izquierdo, N. G., Valentínuz, O. y Aguirrezabal, L. (2010). Night temperature and intercepted solar radiation additively contribute to oleic acid percentage in sunflower oil. *Field Crops Research*, 119(1), 27-35.
- Echarte, M. M., Puntel, L. A. y Aguirrezabal, L. (2013). Assessment of the critical period for the effect of intercepted solar radiation on sunflower oil fatty acid composition. *Field Crops Research*, 149(1), 213-222.
- Eriksen, J., Murphy, M. y Schnug, E. (1998). The soil sulphur cycle. En: E. Schnug (Ed.) *Sulphur in agroecosystems*. Springer.
- Fabrizzi K. P., García, F. O., Costa, J. L. y Picone, L. I. (2005). Soil water dynamics, physical properties and corn and wheat responses to minimum and no-tillage systems in the southern Pampas of Argentina. *Soil and Tillage Research*, 81(1), 57-69.
- 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.
- Gutierrez 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.
- Hall, A. J., Feoli, C., Ingaramo, J. y Balzarini, M. (2013). Gaps between farmer and attainable yields across rainfed sunflower growing regions of Argentina. *Field Crops Research*, 143, 119-129.
- Hocking, P., Randall, P. y Pinkerton, A. (1987). Sulphur nutrition of sunflower (*Helianthus annuus*) as affected by nitrogen supply: effects on vegetative growth, the development of yield components, and seed yield and quality. *Field Crops Research*, 16(2), 157-175.
- Ingramo, J. (2020). Girasol 2020-21: El USDA pronostica MT 4 para la producción Argentina, con 22,1% de suba. *Bolsa de comercio de rosario*. <https://bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/girasol-2020>
- Islam, M. y Bhuiyan, N. (1998). Evaluation of various extractants for available sulfur in wetland rice (*Oryza sativa*) soils of Bangladesh. *Indian Journal Agricultural Science*, 58, 603-606.
- Izquierdo, N. G. y Aguirrezabal, L. (2008). Genetic variability of the response of fatty acid composition to temperature. *Field Crops Research*, 106, 116-125.
- Izquierdo, N. G., Aguirrezabal, L., Andrade, F., Geroudet, C., Valentínuz, O. y Iraola, M. (2009). Intercepted solar radiation affects oil fatty acid composition in crop species. *Field Crops Research*, 114(1), 66-74.
- Jamal, A., Moon, Y. y Zainul Abdin, M. (2010). Sulphur-a general overview and interaction with nitrogen. *Australian Journal of Crop Science*, 4(7), 523.
- Johnson, G. V. (1987). Sulfate: Sampling testing, and calibration. En: J.R. Brown, (Ed.), *Soil testing: sampling correlation, calibration, and interpretation*. SSSA, Madison, WI
- Keeney, D. (1983). Nitrogen—availability indices. En: L. Page. *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*.
- Levene, H. (1961). Robust testes for equality of variances. En: I. Olkin (Ed.) *Contributions to Probability and Statistics*. Stanford Univ. Press, Palo Alto, CA.
- Li, S., Duan, Y., Guo, T., Zang, P., He, P. y Kaushik, M. (2018). Sunflower response to potassium fertilization and nutrient requirement estimation. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(12), 2802-2812.
- Martin, R. (1997). Uptake and distribution of nitrogen and sulphur in two Otane wheat crops. *Proceedings Agronomy Society of New Zealand*, 27(1), 19-26
- Nasreen, S. y Huq, I. (2002). Effect of sulphur fertilizer on yield and nutrient uptake of sunflower crop in an albaquept soil. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 5(1), 533-536.
- Pagani, A., Echeverría, H., Andrade, F. y Sainz Rozas, H. (2012). Effects of nitrogen and sulfur application on grain yield, nutrient accumulation, and harvest indexes in maize. *Journal of Plant Nutrition*, 35(7), 1080-1097.
- Phil, W., Sobering, D. y Antoniszyn, J. (1998). Protein Testing Methods at the Canadian Grain Commission. *Canadian Grain Commission*, 1(1), 1-12.
- R Core Team. (2014). *R: A language and environment for statistical computing*. Versión 3.1.2. R Foundation for Statistical Computing, Vien-

- na, Austria. <http://www.R-project.org>.
- Reussi Calvo, N. I., Echeverría, H. y Sainz Rozas, H. (2008). Usefulness of foliar nitrogen-sulfur ratio in spring red wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 31(9), 1612-1623.
- Reussi Calvo, N. I., Wyngaard, N., Orcellet, J., Sainz Rozas, H. R. y Echeverría, H. (2018). Predicting field-apparent nitrogen mineralization from anaerobically incubated nitrogen. *Soil Science Society of America Journal*, 82(2), 502-508
- Robertson, J. y Morrison, J. W. (1979). Analysis of oil content of sunflower seed by wide-line NMR. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 56(12), 961-964.
- Sahoo, P., Brar, A. y Sharma, S. (2018). Effect of methods of irrigation and sulphur nutrition on seed yield, economic and bio-physical water productivity of two sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. *Agricultural Water Management*, 206(1), 158-164.
- Sainz Rozas, H., Echeverría, H. y Angelini, H. (2011). Niveles de carbono orgánico y pH en suelos agrícolas de las regiones pampeana y extrapampeana Argentina. *Ciencia del Suelo*, 29(1), 29-37.
- Schneiter, A. y Miller, J. (1981). Description of sunflower growth stages. *Crop Science*, 21(6), 901-903.
- Shapiro, S. S. y Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591-611.
- 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.
- Steer, B. T. y Seiler, G. (1990). Changes in fatty acid composition of sunflower (*Helianthus annuus*) seeds in response to time of nitrogen application, supply rates and defoliation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 51(1), 11-26.
- 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.
- Usha Rani, K., Sharma, K., Nagasri, K., Srinivas, K., Vishnu-Murthy, T. y Maruthi Shankar, G. (2009). Response of Sunflower to Sources and Levels of Sulfur under Rainfed Semi-arid Tropical Conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40(17), 2926-2944.
- Walkey, A. y Black, T. (1934). An examination of the Dugtijaraff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chronic and titration method. *Soil Science*, 37(1), 23-38.
- Walker, K. y Booth, E. (2003). Sulphur nutrition and oilseed quality. En: Y. Abrol y A. Ahmad, A. (Eds.) *Sulphur in Plants*. Springer.
- Wilhelm-Scherer, H. (2009). Sulfur in soils. *Journal of Soil Science*, 172(3), 326-335.
- Zafar, S., Nasri, M., Moghadam, H. y Zahedi, H. (2014). Effect of zinc and sulfur foliar applications on physiological characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under water deficit stress. *International Journal of Biosciences*, 5(12), 87-96.
- Zubillaga, M., Arísti, J. y Lavado, R. S. (2002). Effect of phosphorus and nitrogen fertilization on sunflower (*Helianthus annuus* L.) nitrogen uptake and yield. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 188(4), 267-274.

**Apéndice 1.** Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), número de granos ( $N_G$ ) (granos  $\text{m}^{-2}$ ), peso de granos ( $P_G$ ) (g) y concentración de proteína y aceite (%) para cada sitio experimental y los distintos tratamientos de fertilización.  $N_0S_0 = 0 \text{ kg N ha}^{-1} + 0 \text{ kg S ha}^{-1}$ ,  $N_{40}S_0 = 40 \text{ kg N ha}^{-1} + 0 \text{ kg S ha}^{-1}$ ;  $N_{40}S_1 = 40 \text{ kg N ha}^{-1} + 20 \text{ kg S ha}^{-1}$ ,  $N_{80}S_0 = 80 \text{ kg N ha}^{-1} + 0 \text{ kg S ha}^{-1}$ ,  $N_{80}S_1 = 80 \text{ kg N ha}^{-1} + 20 \text{ kg S ha}^{-1}$  para E1-E4 (campaña 1) o,  $40 \text{ kg S ha}^{-1}$  para E5-E6 (campaña 2).

**Appendix 1.** Yield ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), grain number ( $N_G$ ) (grains  $\text{m}^{-2}$ ), grain weight ( $P_G$ ) (g) and protein and oil concentration (%) for each experimental site and the different fertilization treatments.  $N_0S_0 = 0 \text{ kg N ha}^{-1} + 0 \text{ kg S ha}^{-1}$ ,  $N_{40}S_0 = 40 \text{ kg N ha}^{-1} + 0 \text{ kg S ha}^{-1}$ ;  $N_{40}S_1 = 40 \text{ kg N ha}^{-1} + 20 \text{ kg S ha}^{-1}$ ,  $N_{80}S_0 = 80 \text{ kg N ha}^{-1} + 0 \text{ kg S ha}^{-1}$ ,  $N_{80}S_1 = 80 \text{ kg N ha}^{-1} + 20 \text{ kg S ha}^{-1}$  for E1-E4 (season 1) or  $40 \text{ kg S ha}^{-1}$  for E5-E6 (season 2).

Experimentos		Tratamiento				
		$N_0S_0$	$N_{40}S_0$	$N_{40}S_1$	$N_{80}S_0$	$N_{80}S_1$
E1	Rendimiento	2540	2789	2671	3287	3329
	$N_G$	5002	5973	5343	5721	6344
	$P_G$	45	42	45	53	47
	Proteína	12	11	12	14	13
	Aceite	52	52	51	52	52
E2	Rendimiento	3235	3028	3038	2964	3086
	$N_G$	5293	4976	5225	4580	4903
	$P_G$	54	54	52	58	56
	Proteína	13	13	13	15	15
	Aceite	51	51	50	49	50
E3	Rendimiento	2194	2772	3144	2978	3186
	$N_G$	4759	5346	6365	6011	6578
	$P_G$	41	46	44	44	45
	Proteína	15	16	15	16	16
	Aceite	53	53	53	54	54
E4	Rendimiento	2843	3404	3342	3091	3233
	$N_G$	5626	7075	6897	6169	6451
	$P_G$	45	43	43	45	45
	Proteína	15	16	16	17	17
	Aceite	53	52	53	52	53
E5	Rendimiento	3261	-	-	3238	3238
	$N_G$	6531	-	-	7608	7468
	$P_G$	45	-	-	38	39
	Proteína	10	-	-	12	12
	Aceite	54	-	-	54	54
E6	Rendimiento	3113	-	-	2964	2924
	$N_G$	5580	-	-	5031	5348
	$P_G$	50	-	-	52	50
	Proteína	14	-	-	15	15
	Aceite	50	-	-	50	50
<b>Promedio</b>	Rendimiento	2864	2998	3049	3087	3166
	$N_G$	5465	5842	5958	5854	6182
	$P_G$	47	46	46	48	47
	Proteína	13	14	14	15	14
	Aceite	52	52	52	52	52

**Apéndice 2.** Concentración de ácido palmítico, esteárico, oleico y linoleico para cada sitio experimental, tipo de genotipo [Convencional (CONV) o Alto Oleico (AO)] y tratamiento de fertilización. N0S0= 0 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>, N80S0 = 80 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>, N80S1 = 80 kg N ha<sup>-1</sup> + 20 kg S ha<sup>-1</sup> para E1-E4 (campaña 1) o, 40 kg S ha<sup>-1</sup> para E5-E6 (campaña 2).

**Appendix 2.** Palmitic, stearic, oleic and linoleic acid concentrations for each experimental site, genotype type [Conventional (CONV) or High Oleic (AO)] and fertilization treatment. N0S0= 0 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>, N80S0 = 80 kg N ha<sup>-1</sup> + 0 kg S ha<sup>-1</sup>, N80S1 = 80 kg N ha<sup>-1</sup> + 20 kg S ha<sup>-1</sup> for E1-E4 (season 1) or 40 kg S ha<sup>-1</sup> for E5-E6 (season 2).

Sitio	Genotipo	Tratamiento	Tratamiento		
			N <sub>0</sub> S <sub>0</sub>	N <sub>80</sub> S <sub>0</sub>	N <sub>80</sub> S <sub>1</sub>
Sitio 1	AO	Palmítico	1,7	1,7	1,6
		Esteárico	1,7	1,7	1,6
		Oleico	92,4	92,5	91,6
		Linoleico	2,5	2,7	3,3
Sitio 2	AO	Palmítico	4,5	4,6	4,8
		Esteárico	1,8	1,9	2,1
		Oleico	78,1	78,8	78,3
		Linoleico	15,5	14,7	14,6
Sitio 3	AO	Palmítico	4,1	4,7	4,0
		Esteárico	1,7	1,8	2,1
		Oleico	80,6	77,8	79,7
		Linoleico	13,6	15,7	13,9
Sitio 4	AO	Palmítico	3,9	4,3	4,6
		Esteárico	1,9	2,2	2,2
		Oleico	82,0	80,7	80,7
		Linoleico	12,3	12,9	13,0
Sitio 5	CONV	Palmítico	7,6	7,1	7,4
		Esteárico	6,2	5,7	6,3
		Oleico	23,5	24,0	23,7
		Linoleico	62,8	63,2	62,7
Sitio 6	CONV	Palmítico	7,1	7,2	6,8
		Esteárico	5,7	5,9	6,0
		Oleico	25,1	23,8	25,7
		Linoleico	62,1	63,0	61,5
<b>Promedio</b>	AO	Palmítico	3,6	3,8	3,8
		Esteárico	1,8	1,9	2,0
		Oleico	83,3	82,4	82,6
		Linoleico	11,0	11,5	11,2
<b>Promedio</b>	CONV	Palmítico	7,4	7,2	7,1
		Esteárico	5,9	5,8	6,1
		Oleico	24,3	23,9	24,7
		Linoleico	62,4	63,1	62,1