

Girasoles al sol: fechas de siembras y rendimientos en Santa Fe

Un estudio en el centro de Santa Fe revela que retrasar la siembra de girasol puede reducir el rendimiento hasta un 68% y el contenido de aceite hasta un 23%. Esto se debe principalmente a la menor radiación solar incidente durante el llenado de granos.

El rendimiento que se obtiene a campo está definido por la elección del genotipo y la capacidad del cultivo para interceptar la radiación solar incidente y asimilar el CO₂ atmosférico, así como por las condiciones nutricionales, hídricas y las interacciones bióticas (insectos, vertebrados, enfermedades, malezas, etc.) durante el ciclo del cultivo (Van Ittersum y Rabbinge, 1997).

En un sistema de producción de granos eficiente, uno de los objetivos fundamentales es maximizar el rendimiento mediante la expresión fenotípica de los caracteres de interés. Esto depende de los efectos atribuibles al ambiente (A), al genotipo (G) y a la interacción entre el genotipo y el ambiente (GxA). Esta última es la principal causa de las diferencias entre los genotipos y está asociada al comportamiento diferencial que presentan bajo diferentes condiciones de desarrollo y años de evaluación (Pérez-Ruiz et al., 2015).

En Argentina, la fecha de siembra de girasol varía ampliamente. En el norte (Chaco, se siembra desde julio, mientras que en el sur de Buenos Aires, la siembra se realiza hasta noviembre. La fecha de siembra determina el ambiente foto-termal que el cultivo explorará durante su ciclo, especialmente en el período crítico para la determinación del número de granos y el rendimiento.



Por Sebastián Zuil

INTA EEA Rafaela
Facultad de Ciencias Agrarias, UNL, Esperanza

En la zona norte, las siembras muy tempranas de girasol pueden enfrentar inconvenientes con heladas tardías (Zuil y Boero, 2023) y condiciones predisponentes para enfermedades importantes como el enanismo de girasol (*Plasmopara halstedii*, Zuil, 2018). Por otro lado, los retrasos en la siembra pueden exponer al cultivo a temperaturas más altas y estresantes (Rondanini *et al.*, 2006). También, la menor disponibilidad de agua durante el período crítico y las reducciones en la cantidad y/o calidad de la radiación solar incidente pueden afectar el desarrollo del cultivo.

La elección de la fecha de siembra en el centro norte de Argentina está muy asociada a la ocurrencia de precipitaciones invernales. Estas precipitaciones permiten la recarga de agua útil en los primeros centímetros del perfil de suelo. Sin embargo, en los últimos años, la frecuencia de precipitaciones adecuadas para implantar el cultivo disminuyó, lo que generó reducciones en la superficie sembrada.

Por este motivo, surgió la necesidad de explorar diferentes fechas de siembra y evaluar el comportamiento del cultivo bajo distintas condiciones ambientales. Según una revisión de información de la zona norte de Santa Fe, este tipo de ensayos (diferentes genotipos en fechas de siembra) se realizaban en la década del 60 y 70. Los últimos registros son de principios de los años 80, por lo que no se cuenta con información actualizada.

Los objetivos de este trabajo son: i) determinar el comportamiento productivo y de calidad del girasol en diferentes fechas de siembra y ii) evaluar las condiciones ambientales que afectaron el rendimiento.



La elección de la fecha de siembra en el centro norte de Argentina está muy asociada a la ocurrencia de precipitaciones invernales.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el campo experimental de la EEA Rafaela del INTA (31° 12' S; 61° 29' O), durante las campañas 2023-24, en condiciones de secano (**Tabla 1**). Se utilizaron cinco genotipos de comportamiento contrastantes, empleados como testigos en la Red Nacional de Evaluación de Híbridos de Girasol. Las fechas de siembra durante la campaña 2023/24 fueron el 27/10/2023, el 05/12/2023 y el 18/01/2024.

La siembra se realizó en sistema de directa, sobre rastrojo de soja y se suplementó con 69 kg N ha⁻¹, fertilizado con urea en el estado de V6-V8 (Schneiter y Miller, 1981). Las unidades experimentales fueron microparcelas de 4 surcos de 5 m de largo, distanciados a 0.52 m entre sí, con una densidad teórica de 50.000 plantas ha⁻¹ y se distribuyeron en bloques completos al azar con 3 repeticiones.

**AU acumulada a 2 metros de profundidad.*

		MO (%)	Fósforo (mg kg ⁻¹)	NT (%)	N-NO3 (mg kg ⁻¹)	pH	Agua útil (mm)*
Campaña 23/24	Octubre	2,40	30,20	0,15	23,40	5,50	70
	Diciembre						118
	Enero						226
Serie de suelo		Rafaela (RAF 09 2w(P) - 16)					
Tipo de suelo		Argiudol típico					
Antecesor		Soja					

Tabla 1. Análisis químico del suelo al momento de la siembra de los ensayos de materia orgánica (MO, %), fósforo (mg kg⁻¹), nitrógeno total (NT, %), nitrógeno de nitratos (N-NO3, mg kg⁻¹), pH, agua útil a los 2 metros de profundidad (mm), serie y tipo de suelo y cultivo antecesor para cada campaña y fecha de siembra.

El cultivo se mantuvo libre de malezas, insectos y enfermedades durante todo su ciclo mediante control químico cuando fue necesario. Luego de finalizada la floración, todas las plantas se cubrieron con bolsas de poliamidas para preve-

nir el daño por aves. Se registraron los estados fenológicos de emergencia, floración (R1), inicio de formación de granos (R5) y madurez comercial (R8) utilizando la escala morfológica de Schneiter y Miller (1981).

Resultados

Se determinó la altura de planta a floración y la inclinación de capítulo (Zuil, 2014). Se cosecharon manualmente 5.2 m², se trillaron las muestras con una cosechadora experimental (Wintersteiger Classic) y se determinó el rendimiento en granos (expresado en kg ha⁻¹), corregido al 11% de humedad.

El porcentaje de aceite se determinó a través de resonancia magnética nuclear (RMN, Spinlock) en el laboratorio de calidad de granos de INTA EEA Reconquista. En las fechas de octubre y enero, se evaluaron tres plantas por parcela para determinar la superficie de capítulo (en cm²). Se trillaron manualmente y se calculó el rendimiento por planta, el número y peso de granos para establecer relaciones entre las variables.

El rendimiento, sus componentes y el porcentaje de aceite se analizaron estadísticamente mediante ANOVA utilizando el software Infostat versión 2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020). Las medias se compararon con la prueba de comparaciones múltiples LSD con un nivel de probabilidad del 5% ($p < 0,05$).

El cultivo se mantuvo libre de malezas, insectos y enfermedades durante todo su ciclo mediante control químico cuando fue necesario.



La campaña 2023-24 en la zona centro de Santa Fe estuvo caracterizada por un periodo de altas temperaturas de 15 días a fines de enero y principios de febrero. Durante este periodo de altas temperaturas, no ocurrieron precipita-

ciones. Sin embargo, los contenidos de agua precipitada, sumados al agua útil acumulada en el suelo a momento de siembra, generaron una adecuada distribución de precipitaciones para todas las fechas de siembra (**Figura 1**).

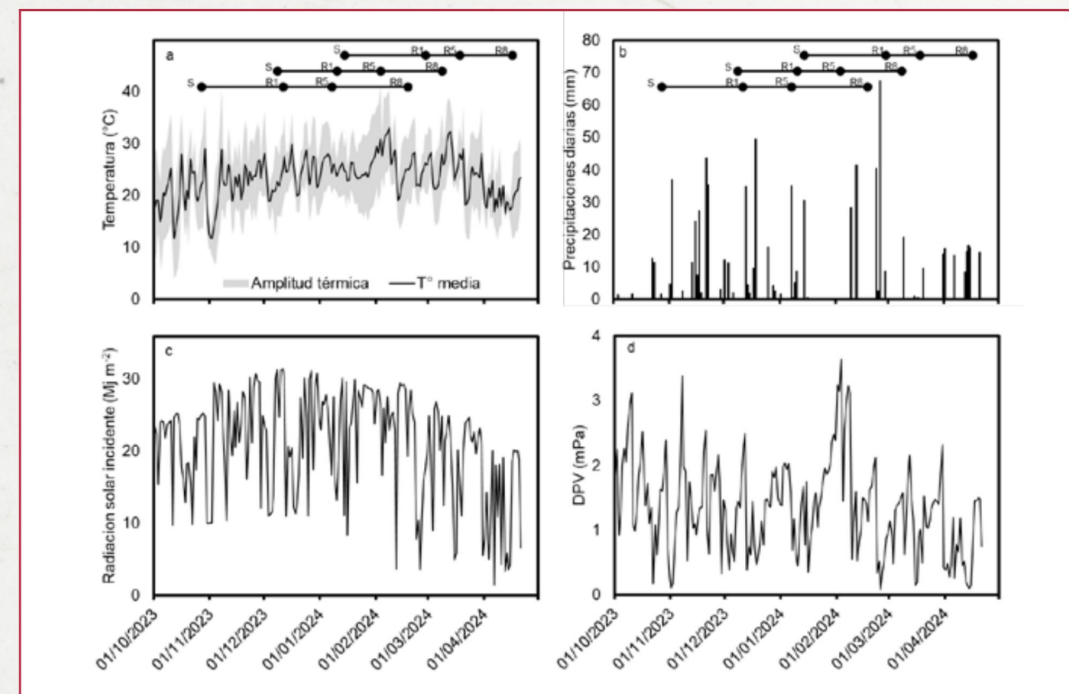


Figura 1. Condiciones ambientales diarias de a) temperatura (T° med y amplitud térmica en $^{\circ}\text{C}$), b) precipitaciones diarias (mm), c) radiación solar incidente (Mj m^{-2} día⁻¹) y d) déficit de presión de vapor (DPV, en mPa) durante la campaña 2023-24 en la localidad de Rafaela, provincia de Santa Fe. Inserto en la figura a y b) se describe la fenología promedio de cada fecha de siembra. Datos provenientes de la estación meteorológica de INTA Rafaela.

Cuando se analizan resultados de diferentes fechas de siembra, es clave considerar la duración de las etapas fenológicas a lo largo del ciclo del cultivo debido al efecto fotoperiódico (**Tabla 2**). Para todos los genotipos analizados, se observa que, con atrasos en la fecha de siembra, el ciclo del cultivo se reduce. Este

efecto de reducción de ciclo se detectó en todas las subetapas analizadas (siembra a R1, R1 a R5 y R5 a R8). Es importante considerar dicha reducción ya que impactó en los diferentes componentes de rendimiento del cultivo debido a que los días se acortan.

Por otro lado, al ser una campaña con buena distribución de precipitaciones, las plantas tuvieron un crecimiento vigoroso, con alturas de entre 178 y 210 cm e inclinación de capítulo entre 25 y 45 cm.

		S-R1	R1-R5	R5-R8	Altura	Inc.	PG (mg)
		Días			cm		mg
27 de Oct.	H1	30	25	43	178 ^c	25 ^c	64 ^{bcd}
	H2	37	24	43	210 ^{bc}	43 ^c	65 ^b
	H3	35	24	45	207 ^{bc}	38 ^c	63 ^b
	H4	33	30	41	205 ^{bc}	43 ^c	64 ^b
	H5	33	30	41	215 ^a	38 ^a	72 ^b
5 de Dic	H1	28	23	32	178 ^{bc}	30 ^{bc}	50 ^a
	H2	30	24	33	210 ^{bc}	42 ^c	50 ^a
	H3	31	24	32	200 ^b	38 ^c	47 ^a
	H4	31	25	34	207 ^{bc}	42 ^c	44 ^a
	H5	32	25	36	205 ^a	37 ^{ab}	49 ^a
18 de En	H1	32	19	25	178 ^{bc}	30 ^{bc}	70 ^{cd}
	H2	34	19	28	207 ^{bc}	35 ^c	76 ^{bcd}
	H3	34	19	28	203 ^b	40 ^c	75 ^d
	H4	36	20	30	208 ^{bc}	45 ^c	77 ^{cd}
	H5	36	20	30	203 ^a	43 ^{ab}	87 ^{bc}

Tabla 2. Días desde siembra a estado estrella (S-R1), estrella a floración (R1-R5), floración a madurez fisiológica (R5-R8), altura de plantas en madurez, inclinación de capítulo (Inc.) y peso de granos (mg) correspondiente a cada fecha de siembra y genotipo durante la campaña 2023-24 en la localidad de Rafaela, provincia de Santa Fe. Letras diferentes indican diferencias significativas.

En cuanto al rendimiento en grano, la primera fecha de siembra estuvo en el rango entre 3500 y 5100 kg ha⁻¹ (**Figura 2**). La fecha de siembra de diciembre mostró una disminución de rendimiento, comparada con la primera, del

orden del 5%, mientras que la tercera fecha tuvo una reducción del 68%. El retraso de la fecha de siembra entre fines de octubre y principios de diciembre provocó una reducción de rendimiento diaria de 5 kg ha⁻¹ día⁻¹, mientras que el

retraso de la fecha de diciembre a enero fue de 65 kg ha⁻¹ día⁻¹. Esto indica que, en cuanto a rendimiento físico, el ambiente explicó el 96.5% de la variabilidad de los datos y los efectos genotípicos, la interacción genotipo*ambiente y el efecto de las repeticiones (0.9%, 2.1%, 0.4%, respectivamente) fueron menores.

En cuanto al porcentaje de aceite, la primera fecha de siembra estuvo en el rango entre 45% y 57% (**Figura 2**). La fecha de siembra de diciembre tuvo una disminución, comparada con la primera, del orden de 6%, mientras que la tercera fecha tuvo una reducción de 23%. Es

importante resaltar que, con el retraso de la fecha de siembra de fines de octubre a principios de diciembre, en el genotipo de baja concentración de aceite (H2), el porcentaje de aceite fue menor al 42% (umbral de bonificación establecido por la norma de comercialización). Asimismo, en la fecha de siembra de enero, todos los genotipos estuvieron por debajo de la norma. Esto indica que el genotipo explicó el 86% de la variabilidad de los datos y los efectos del ambiente, la interacción genotipo*ambiente y el efecto de las repeticiones (6.3%, 6.2%, 1.5%, respectivamente) fueron menores.

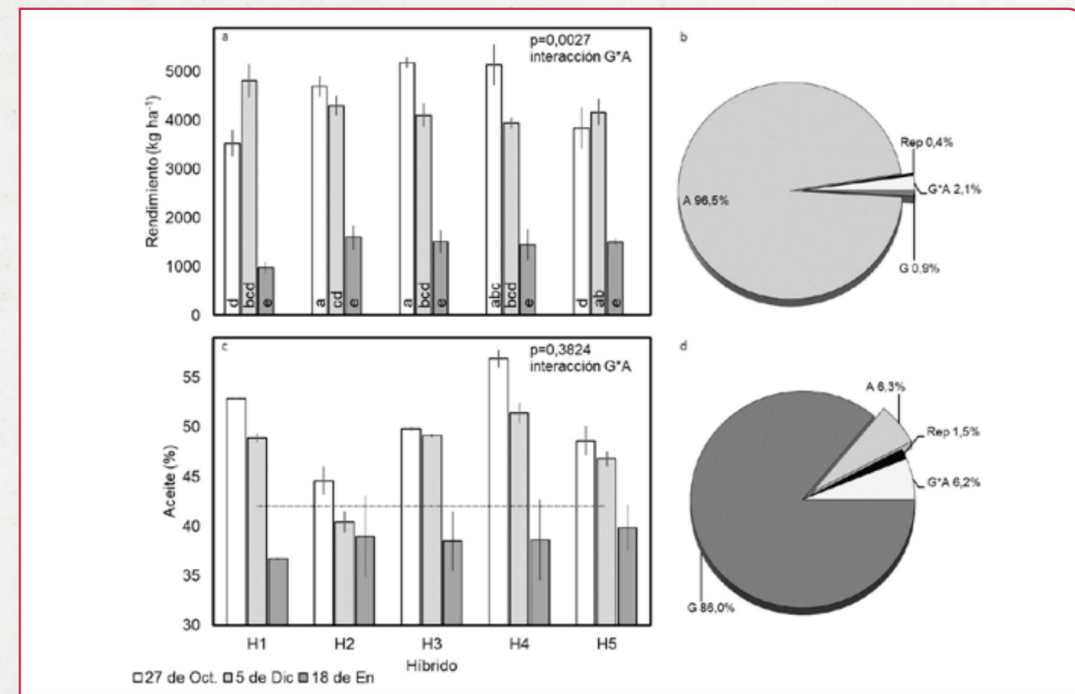
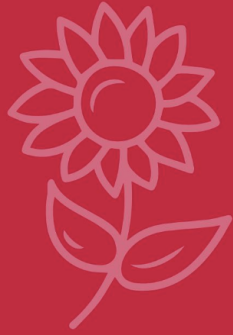


Figura 2. Rendimiento físico de granos (a, en kg ha⁻¹) y aceite (c, en %) en función de los genotipos evaluados en tres fechas de siembra durante la campaña 2023-24 en la localidad de Rafaela, provincia de Santa Fe; y b) composición de varianzas para rendimiento físico y aceite (b y d, respectivamente) del análisis estadístico de los datos. Línea segmentada en c) corresponde al umbral de bonificación de aceite de 42%. Líneas verticales sobre las columnas corresponden al error estándar de los datos. FS, G, G*A y R representan el efecto de fechas de siembra, genotipo, interacción genotipo por ambiente y repeticiones, respectivamente.



Las reducciones detectadas en rendimiento físico y el porcentaje de aceite se explicaron principalmente por ambientes de menor calidad en cuanto a heliofanía y radiación solar incidente durante el llenado de granos (**Figura 3**). En la fecha de siembra de enero, el llenado de granos ocurrió en un momento donde la radiación solar incidente es baja (los días se acortan), sumado a un periodo de 15 días de precipitaciones y días nublados. Esto provocó reducciones en la capacidad de las plantas para fijar y llenar los granos, lo que explica los bajos rendimientos y concentraciones de aceite.

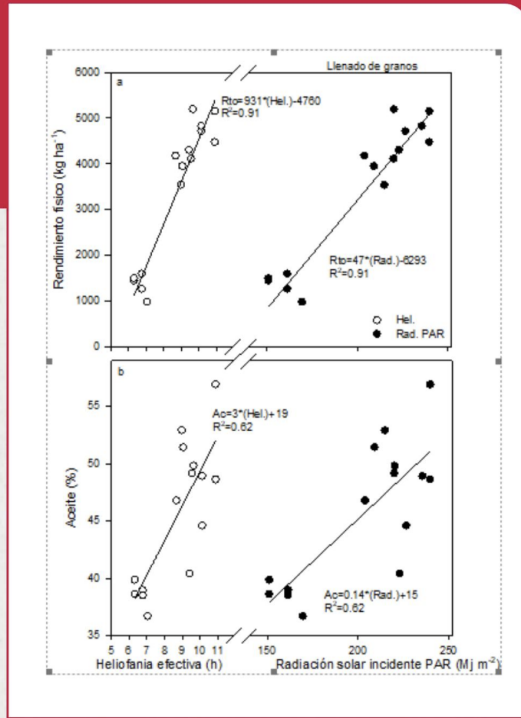


Figura 3. Rendimiento físico de granos (a, en kg ha⁻¹) y aceite (c, en %) en función de la heliofanía diaria (h) promedio y la radiación solar incidente PAR (MJ m⁻²) acumulada durante el llenado de granos correspondiente a la campaña 2023-24 en la localidad de Rafaela, provincia de Santa Fe.

Al analizar el tamaño de capítulo por planta (Figura 4), se encontró que la fecha tardía tuvo capítulos más chicos, con menor número de granos por unidad de superficie de receptáculo. Se encontró una alta correlación entre la superficie de capítulo con el rendimiento y el número de granos por planta. Es posible que aumen-

tos en la densidad de plantas en las fechas de siembra tardías incrementen el rendimiento, ya que permitirían incrementar la superficie de capítulo por unidad de superficie de suelo, aumentar el número de granos por planta y así, aumentar el rendimiento.

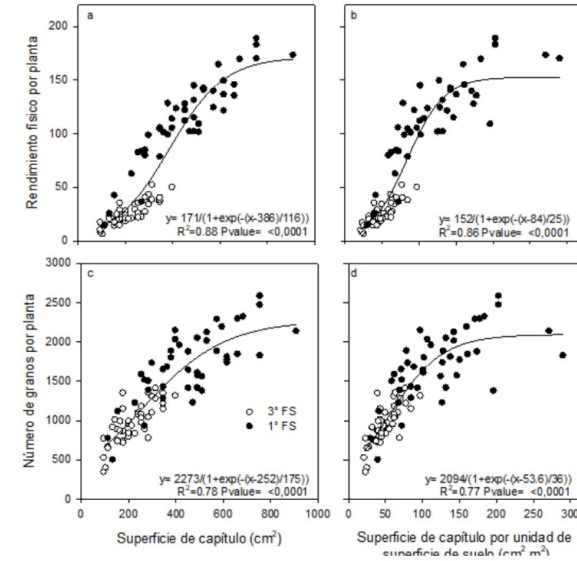


Figura 4. Rendimiento físico de granos (a y b, en g planta⁻¹) y número de granos por planta (c y d) en función de la superficie de capítulo (a y c, cm²) y la superficie de capítulo por unidad de superficie de suelo (d y d, cm² m⁻²) correspondiente a la primera y tercera fecha de siembra (círculos llenos y vacíos, respectivamente) durante la campaña 2023-24 en la localidad de Rafaela, provincia de Santa Fe.

Consideraciones finales

- Retrasos en la fecha de siembra de girasol generaron reducciones en el rendimiento en la zona central de Santa Fe. No obstante, las mayores reducciones se encontraron con fechas ultra tardías de enero.
- Los menores rendimientos estuvieron asociados a la menor calidad ambiental en términos de radiación solar incidente.
- Es necesario continuar explorando, en fechas de siembra tardías, las prácticas de manejo del cultivo para i) ajustar los genotipos mejor adaptados o de mejor comportamiento productivo, ii) ajustar las densidades de siembra y iii) mejorar nutrición de cultivo.

REFERENCIAS

Consulte las referencias ingresando a www.aapresid.org.ar/blog/revista-aapresid-n-231