



FACULTAD DE AGRONOMÍA  
**Universidad Nacional de La Pampa**

Trabajo final de Graduación presentado para obtener el título de

Ingeniero Agrónomo

**EFFECTO DE LA NUTRICIÓN SOBRE LA INCIDENCIA DE  
*VERTICILLIUM Y DIAPORTHE* EN HÍBRIDOS DE GIRASOL BAJO  
RIEGO Y EN SECANO**

Autores:

Vazquez, Manuel

Scarpello, Nicolás

Directora:

Dra. Dillchneider Alexandra

Co- Director:

Ing. Agr. Denis Colombo

Evaluadores:

Dra. Carolina Caggioli

Mg. Andrea Figueruelo

Facultad de Agronomía Universidad Nacional de La Pampa

Año 2024



## Índice

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	4
Hipótesis	10
Objetivos	10
MATERIALES Y MÉTODOS	11
Determinaciones	11
RESULTADOS	13
DISCUSIÓN	20
CONCLUSIÓN	24
BIBLIOGRAFÍA	25

## RESUMEN

El girasol es un cultivo importante en la región semiárida pampeana. Uno de los factores que reducen el rendimiento son las enfermedades. El nivel nutricional e hídrico del cultivo influye en el crecimiento y duración del área foliar e incrementa las infecciones de *D. helianthi* y *V. dahliae*. El objetivo fue evaluar la incidencia de estos patógenos bajo distintos niveles nutricionales e hídricos en dos híbridos de girasol (ACA 869 y SYN 3970) y evaluar el área foliar, rendimiento y contenido de aceite. Se realizó un ensayo bajo riego y en secano durante la campaña 2022/22 en la EEA INTA Anguil, utilizando cuatro niveles de nitrógeno (0, 40, 80 y 120 kg N ha<sup>-1</sup>). Se realizaron monitoreos de las enfermedades y se determinó área foliar en floración, rendimiento y aceite en grano. El rendimiento fue un 70 % superior en el riego que en secano y estuvo explicado en un 68 % por el IAF. La condición de mayor disponibilidad hídrica y nutrición bajo riego favoreció la incidencia de *V. dahliae* en comparación con secano con similar distribución entre genotipos. No se observó incidencia de *D. helianthi* debido a la ausencia de condiciones predisponentes para el desarrollo de la enfermedad.

**Palabras claves:** disponibilidad hídrica; enfermedades; patógenos;

## **ABSTRACT**

Sunflower is an important crop in the semiarid Pampas region. One of the factors reducing yield is diseases. The nutritional and water level of the crop influences leaf area growth and duration, increasing infections of *D. helianthi* and *V. dahliae*. The objective was to evaluate the incidence of these pathogens under different nutritional and water levels in two sunflower hybrids (ACA 869 and SYN 3970) and assess leaf area, yield, and oil content. The trial was conducted under irrigation for one condition and under rainfed conditions for the other during the 2021/22 season at the EEA INTA Anguil, using four nitrogen levels (0, 40, 80, and 120 kg N ha<sup>-1</sup>). Disease monitoring was conducted, and leaf area at flowering, yield, and grain oil content were determined. Yield was 70% higher under irrigation compared to rainfed conditions, with 68% explained by Leaf Area Index (LAI). Higher water availability and nutrition under irrigation favored *V. dahliae* incidence compared to rainfed conditions, with similar distribution among genotypes. No incidence of *D. helianthi* was observed due to the absence of predisposing conditions for disease development.

**Keywords:** water availability; diseases; pathogens

## INTRODUCCIÓN

El Girasol (*Helianthus annuus* L.) es una oleaginosa de crecimiento estival, de gran importancia para la actividad humana debido a los distintos productos que se obtienen de sus aquenios (aceites, harinas, cosméticos, detergentes, biocombustibles, confituras, subproductos para alimentación animal, etc.). En la Región Semiárida Pampeana (RSP), es uno de los cultivos de mayor relevancia, debido a características propias de la especie que la hacen apta para las condiciones climáticas y edáficas de la región. (Belmonte et al., 2017; Funaro et al., 2008).

El rendimiento, la cantidad y calidad de aceite dependen del genotipo y de las variaciones ambientales. El potencial de rendimiento sin limitaciones hídricas en la región semiárida es de  $5,7 \text{ t ha}^{-1}$  ( $\pm 0,16 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Funaro y Fernández, 2005) con brechas de rendimiento alcanzable de  $3,1 \text{ t ha}^{-1}$  y brechas entre el alcanzable y el productor de la zona entre  $0,9$  a  $0,66 \text{ t ha}^{-1}$  (Hall et al., 2013). La producción del cultivo se ve reducida por diversos factores, dentro de los cuales las enfermedades provocadas por hongos, bacterias y virus cumplen un rol importante. Se registran en Argentina varios microorganismos patógenos que afectan esta oleaginosa, pero solamente unos pocos son de importancia económica para la producción en la RSP (Pérez Fernández y Figueruelo, 2008). La incidencia de estas enfermedades disminuye no solo los rendimientos alcanzables sino también la calidad de sus granos.

La nutrición nitrogenada tiene un papel fundamental al regular el desarrollo y mantenimiento del área foliar fotosintéticamente activa durante el período de llenado de granos. El uso de fertilizantes permite aumentar la productividad del girasol, al lograr una mejor implantación, un crecimiento inicial más vigoroso y una madurez uniforme. Dependiendo de la zona productiva, la fertilización aporta entre un 10 y 25 % de mejora en la producción (Díaz-Zorita, 2010). En esta región se han encontrado respuestas al agregado de nitrógeno de  $13 \text{ kg kgN}^{-1}$ ,

con dosis óptimas que varían en función del tipo de suelo (Cardonatto y Delfino, 2022). Sin embargo, la utilización de altas dosis puede inducir a pérdidas en el rendimiento al predisponer el cultivo a enfermedades fúngicas, entre otras adversidades (Vranceanu, 1977).

De las enfermedades más importantes que se presentan en el cultivo de girasol, *Verticillium* (*Verticillium dahliae*), *Sclerotinia* (*Sclerotinia sclerotiorum*), Mildiu (*Plasmopara halstedii*), Cancro del tallo (*Diaporthe/Phomosis*), Escudete negro (*Phoma oleracea*), Manchas por *Alternaria* (*Alternaria helianthi*), Roya Negra (*Puccinia helianthi*) son las más presentes en la RSP. Enfermedades tales como Podredumbre Carbonosa (*Macrophomina phaseoli*), Septoriosis (*Septoria helianthi*), Roya Blanca (*Albugo tragopogonis*), Oidio (*Erysiphe cichoracearum*) y diversas virosis y bacteriosis se presentan ocasionalmente cuando las condiciones ambientales o el manejo agronómico son las adecuadas para su desarrollo (Pérez Fernandez y Figueruelo, 2008).

En el caso de *Diaporthe helianthi* provoca el cancro del tallo (CT) en girasol y la podredumbre seca del capítulo (PSC), se vió alterada su incidencia y prevalencia en los últimos años (Harveson et al., 2016). En Argentina el CT se desarrolló como epifitía en Paraná, Entre Ríos, en la campaña 1992/1993 (Fálico de Alcaraz et al., 1994). Se presentó de manera esporádica en los años siguientes sin pérdidas importantes en lotes comerciales (Pérez Fernández, 2002; Huguet, 2006, Verschoor et al., 2014). En el sudeste de la provincia de Buenos Aires, lotes con 15 % de incidencia de CT (tallos quebrados) se registraron en la campaña 1994/1995 (Favere et al., 1996). Por su parte, la PSC comenzó a observarse desde 2014, en lotes de producción en el sur y noroeste de la provincia de Buenos Aires y este de La Pampa. En 2015/2016 se produjo una epifitía de CT en el este de La Pampa y oeste de Buenos Aires. Además, durante ese periodo se observó para la zona norte de La Pampa pérdidas de calidad severas atribuidas más tarde a la podredumbre seca del capítulo por *Diaporthe* (Corró Molas et al., 2016a).

En la actualidad, estas enfermedades cobran relevancia en cuanto a la prevalencia (número de lotes con presencia de la enfermedad/número de lotes totales evaluados) y la incidencia (número de plantas enfermas/número de plantas totales evaluadas). Corró Molas et al., (2016b) analizaron cultivares de girasol convencionales y confiteros en Anguil (La Pampa) donde observaron valores de incidencia promedio de CT entre 20 y 30 %, mientras que se vio en algunos lotes de producción, capítulos con 100 % de incidencia de PSC. Luego de la campaña 2016/17, los niveles de enfermedad en la región disminuyeron en incidencia y severidad. Colombo et al. (2021) en un relevamiento en La Pampa y oeste de Buenos Aires encontró una prevalencia 67 % y 78 % en lotes de producción para las campañas 2019/20 y 2020/21 respectivamente. En la campaña 2021/2022 Colombo et al. (2022) reportaron un 100 % de prevalencia en la misma región, y encontraron valores máximos de incidencia de cancro en tallo del 65 %.

Los síntomas del CT en hoja comienzan con lesiones castañas en la extremidad de las nervaduras principales, avanzan en triángulo con la punta dirigida hacia el peciolo. Los síntomas en tallo comienzan en el punto de inserción del peciolo con el tallo, son canchales de tamaño variable, de color castaño claro a oscuro (Harverson et al., 2016). En estadios avanzados del cultivo, puede infectar el capítulo causando podredumbres secas en las que las lesiones pueden tomar diversas formas y tamaños, siendo la más común la forma triangular. El patógeno tiene la particularidad de ablandar los tejidos del tallo provocando la rotura o quebrado del mismo. Los ataques que tienen lugar antes de la floración son siempre más graves, en esos casos la planta puede morir prematuramente pues el tejido vascular por debajo de la lesión es destruido por el hongo. El hongo, por ser un patógeno necrotrófico, sobrevive en rastrojo de girasol donde forma la estructura sexual o peritecio de donde se liberan las ascosporas que

constituye el inóculo primario de la enfermedad (Masirevic y Gulya, 1992; Steewart et al., 2004)

Otra enfermedad que ha sido históricamente importante en el cultivo de girasol en Argentina y Estados Unidos (Gulya et al., 1997; Markell et al. 2015; Erreguerena et al., 2019), así como en países templados de Europa (Harverson et al., 2016) en el cultivo de girasol es el Marchitamiento vascular o verticilosis causado por *Verticillium dahliae* K.

Este patógeno es uno de los más importantes que afecta la producción de girasol en la Región Pampeana (Pérez Fernández y Figueruelo, 2008; Erreguerena et al., 2019). Se clasifica dentro de los hongos imperfectos, con estado sexual desconocido; siendo una enfermedad monocíclica. Las causas de la explosión de esta enfermedad se deben a la expansión del cultivo, al uso de cultivares susceptibles, monocultivo de girasol y, fundamentalmente, a la presencia de las estructuras resistentes (microesclerocios) del parásito en el suelo. El daño más común es el provocado por el secado anticipado de la planta que se manifiesta en una disminución en el peso de los aquenios y una reducción en el porcentaje de aceite, como también el quebrado de los tallos, debido a que la médula se separa de la corteza disminuyendo la resistencia mecánica del tallo (Pereyra & Escande, 1994).

Los síntomas iniciales de la enfermedad aparecen en momentos cercanos a la floración del cultivo. Lo primero que se aprecia es una clorosis internerval que puede darse en un solo lado de la lámina foliar debido a que parte del sistema vascular se encuentra afectado por el patógeno. Esto produce un moteado o abigarrado que constituye uno de los síntomas más distintivos de la enfermedad. Las hojas, finalmente adquieren un color castaño y se secan completamente, muchas veces rodeadas de un halo clorótico amarillento. *V. dahliae* es un parásito que se distribuye en toda la planta de girasol y se lo encuentra en raíces, tallo, hojas e inflorescencia.

Cortes transversales del tallo muestran una coloración marrón-rojiza en el sistema vascular. En un estado más avanzado éste ennegrece a una distancia variable desde la base debido al avance del hongo que inició la infección en las raíces de la planta. A lo largo de esta necrosis se puede observar zonas negras donde se alojan grupos de microesclerocios que son estructuras duras, ricas en materia de reserva que le permite al parásito sobrevivir en el suelo por varios años sin la presencia del cultivo de girasol y constituyen el signo del patógeno. La ruptura de la dormancia de los microesclerocios es inducida por los exudados radicales. En el cultivo la enfermedad se presenta en manchones de plantas que se secan rápidamente en comparación con el resto del cultivo no afectado. Estos manchones coinciden con la distribución de los microesclerocios en el suelo (Quiroz et al., 2008; Markell et al., 2015; Harveson et al., 2016).

Las enfermedades foliares inciden en el porcentaje de intercepción de radiación, en la eficiencia de conversión de la radiación interceptada y/o la partición de materia seca al grano. Una disminución del área foliar verde por menor expansión foliar o mayor tasa de senescencia puede disminuir la cantidad de radiación interceptada. Las enfermedades también pueden afectar la fotosíntesis a partir del bloqueo de alguno de los pasos fisiológicos o bioquímicos (disminución de cloroplastos, aumento de respiración, aumento de la transpiración, etc.), y de esta manera disminuir la eficiencia de conversión de la radiación interceptada en materia seca (Carretero et al., 2010; Debaeke y Pérès, 2003).

El efecto de la fertilización nitrogenada sobre el cancro del tallo y marchitamiento vascular no está muy claro, las respuestas son aleatorias en cuanto a la interacción de la nutrición con el ataque de patógenos. El efecto es indirecto ya que la nutrición aumenta el área foliar generando un microclima con el canopeo que permite la infección de las enfermedades como también mantener el área foliar verde por más tiempo con hojas turgentes permitiendo la entrada de los patógenos (Debaeke y Moinard, 2010; Debaeke y Pérès, 2003; Wang et al., 2021), además de

aumentar el crecimiento aéreo aumenta el crecimiento de las raíces y de exudados radiculares dejando al cultivo más expuesto a la infección de *V. dahliae* que se encuentra en el suelo (Datnoff et al., 2007).

Por tanto, es necesario conocer la interacción fertilidad-incidencia, para seguir sumando información relevante al manejo de enfermedades, ya que el comportamiento de los híbridos de girasol frente a estas enfermedades es de público conocimiento.

### *Hipótesis*

A mayor nivel nutricional y de disponibilidad hídrica del cultivo aumenta el área foliar y su duración, incrementando las infecciones de *D. helianthi*.

Las infecciones de *V. dahliae* son favorecidas por mayor nivel nutricional y disponibilidad hídrica asociada a un aumento de crecimiento de la planta.

### *Objetivos*

Evaluar la incidencia de *D. helianthi* y *V. dahliae* bajo distintos niveles nutricionales e hídricos en dos híbridos de girasol.

Evaluar el área foliar, rendimiento y contenido de aceite de dos híbridos de girasol en distintos niveles nutricionales e hídricos

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un ensayo en la EEA INTA Anguil “Guillermo Covas” en la campaña 2022/23 en dos sitios, uno con riego sobre un suelo clasificado como Uptisamment típico (ID= Riego) y otro en condiciones de secano ubicado en un suelo Paleustol Petrocálcico (ID= Secano). Se evaluaron dos híbridos de girasol uno susceptible a CT y con una moderada resistencia a *Verticillium* (ACA 869), y otro de buen comportamiento para CT y con resistencia a *Verticillium* (SYN 3970), la densidad de siembra fue de 50000 semillas ha<sup>-1</sup> a una distancia entre surcos de 52 cm. En el Riego la siembra se realizó el 19/10/2022 y se aplicó riego por aspersión durante todo el ciclo para que la disponibilidad hídrica no sea un factor limitante, especialmente desde R1 a R5 para asegurar el mojado de las hojas y generar condiciones predisponentes para la enfermedad, y en el sitio de Secano la siembra se realizó el 2/11/2022 con las precipitaciones ocurridas durante el ciclo. Se plantearon 4 dosis de fertilización: testigo (T1), 40 kg N ha<sup>-1</sup> (T2), 80 kg N ha<sup>-1</sup> (T3), 120 kg N ha<sup>-1</sup> (T4), con una dosis de fósforo de 20 kg ha<sup>-1</sup> en todos los tratamientos. El fertilizante nitrogenado fue aplicado en V4 al voleo utilizando como fuente urea (46 %) y el fósforo fue incorporado a la siembra como fosfato diamónico (18-46-0). El diseño experimental fue completamente aleatorizado en parcelas divididas con tres repeticiones donde la parcela principal fue el híbrido y la subparcela fue las dosis de fertilización. La unidad experimental fue de 43.7 y de 104 m<sup>2</sup> para Riego y Secano respectivamente.

### *Determinaciones*

Se realizó un muestreo de los primeros 20 cm de suelo para determinar contenido de materia orgánica total (MO) (Walkley y Black, 1934), fósforo extractable (P) (Bray y Kurtz, 1945) y pH actual.

Se realizó el seguimiento fenológico del cultivo considerando la escala de Schneiter and Miller, (1981). Se procedió a realizar el recuento de plantas logradas cuando el cultivo se encontraba en V2, quedando establecidas 48500 pl ha<sup>-1</sup>. En los estadios de R1 hasta R7 se tomaron datos de intercepción de la radiación y el porcentaje de intercepción a partir de mediciones de radiación incidente debajo y arriba del canopeo con la barra de sensor cuántico de 1 metro de longitud (LICOR, 4100), se determinó área foliar en R5 según el método propuestos por Pereyra et al., (1982) y se calculó el índice de área foliar (IAF) como el producto entre la suma del área foliar de todas las hojas verdes y la densidad de plantas logradas.

En R6, se realizó la determinación de incidencia de marchitez y secado anticipado. La incidencia de CT se evaluó en R1 y en R5. La PSC del girasol se determinó en R8. Para realizar estas determinaciones, se observó caminando cada parcela, usando de línea un entre surco, contabilizando plantas totales y plantas que presentaban algún tipo de sintomatología de las enfermedades mencionadas. Se contabilizaron 30 plantas por parcela, y se registró la incidencia de cada enfermedad (plantas con sintomatología de la enfermedad/plantas totales).

En R9 (madurez fisiológica) se realizó la cosecha manual de una superficie de 3.12 m<sup>2</sup> (3 m por 2 surcos), se determinaron los componentes del rendimiento (número y peso de granos) y el contenido de aceite en grano por resonancia magnética nuclear (NMR, Spinlocj S.R.L).

Se llevó a cabo un seguimiento de humedad edáfica hasta el manto calcáreo (140 cm) en Secano o a los 200 cm de profundidad en Riego en el momento de la siembra, R1, R5,5 y R9. Se determinó contenidos de nitratos de 0 a 60 cm de profundidad en la solución del suelo por extracción con membrana de intercambio aniónico (Qian et al., 1992) en el momento de la siembra.

Las variables climáticas estudiadas fueron las precipitaciones, temperaturas máximas y mínimas a 1,5 m de altura, y radiación global. Los datos se obtuvieron de la estación meteorológica Davis Vantage Pro2 ubicada en la EEA INTA Anguil (-36.540525°, -63.990474°).

#### Análisis estadístico

Las variables de rendimiento, peso de mil granos, número de granos y aceite se analizaron a través de análisis de varianza y test de comparación de medias a través del Test de Fisher LSD, ( $p < 0,05$ ) con la utilización del paquete estadístico InfoStat, versión 2020 (Di Renzo et al., 2020). Se realizaron regresiones lineales para ver la relación entre las variables de radiación interceptada y IAF, y entre rendimiento e IAF.

## RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan los datos de las condiciones edáficas de los ensayos bajo riego (Riego) y en seco (Secano). El suelo de Riego fue de textura arenosa y el de Secano fue de textura franca. La condición de seco tuvo mayores contenidos de materia orgánica (MO) y nitrógeno de nitratos (N-Nitratos) que la condición de riego.

Tabla 1: Caracterización edáfica de los sitios donde se llevó a cabo el ensayo.

Sitio	Textura	MO %	P ppm	N-nitratos kg/ha
Secano	Franco	2.3	35.2	45.9
Riego	Arenoso	1.4	34.9	18.1

Durante el ciclo del cultivo, las precipitaciones fueron de 340 mm. En el mes de diciembre, las precipitaciones y la humedad relativa fueron bajas con respecto a la media histórica (90 mm). (Tabla 2)

Tabla 2: Caracterización climática durante el ciclo del cultivo. Temperatura media máxima (Temp Máx), Temperatura media mínima (Temp Min) Humedad relativa (Humedad), precipitaciones (PP) durante la campaña 2022/23 y las precipitaciones históricas (PP histórica) serie 2000-2020.

<b>Meses</b>	<b>Temp Max</b> °C	<b>Temp Min</b> °C	<b>Humedad</b> %	<b>PP</b> mm	<b>PP Histórica</b> histórica
Octubre	23.82	7.99	57.0	64.46	91.5
Noviembre	29.49	14.25	55.3	102.11	77.3
Diciembre	33.32	15.25	43.5	4.2	61.6
Enero	32.62	16.73	57.1	78	91.7
Febrero	31.95	14.54	53.9	13.2	88.8
Marzo	28.78	14.79	68.5	77.6	109.5

En la condición de riego, el agua proveniente de precipitaciones más la aportada por el riego no fue limitante durante todo el ciclo del cultivo (más de 450 mm). A la siembra se contaba con 200 mm de agua útil en el perfil y en el periodo crítico que comprende entre 30 días antes y 20 días después de floración (Aguirrezabal et al., 1996) el contenido de agua útil fue de 243 mm en R2 y 198 mm en R5,5 sin diferencia entre los híbridos y tratamientos. Para los ensayos en seco el contenido de agua útil fue de 74.1 mm a la siembra y en el resto del ciclo fue de 2.18 mm en promedio en R2 y sin agua útil en R5 y R9, sin diferencias entre híbridos y tratamientos (Tabla 3).

Tabla 3: Contenido de agua útil según híbrido y tratamiento durante los estadios de siembra, R2, R5.5 y R9.

Sitio	Híbrido	Tratamiento	Siembra	Agua útil (mm)		
				R2	R5,5	R9
Riego	ACA 869	1	199.7	270.4	186.7	168.0
		2	199.7	309.4	244.0	219.6
		3	199.7	215.3	184.1	165.7
		4	199.7	251.1	204.0	183.6
	SYN 3970	1	199.7	245.8	189.5	170.5
		2	199.7	243.0	196.4	176.7
		3	199.7	190.9	190.0	171.0
		4	199.7	216.9	187.2	168.5
Secano	ACA 869	1	74.1	0	0	0
		2	74.1	0	0	0
		3	74.1	0	0	0
		4	74.1	6.0	0	0
	SYN 3970	1	74.1	6.2	0	0
		2	74.1	4.7	0	0
		3	74.1	2.1	0	0
		4	74.1	1.4	0	0

Las condiciones del sitio Riego permitieron alcanzar el IAF crítico en el estadio de R5.5 del cultivo de girasol logrando interceptar el 95 % de la radiación incidente (Figura 1). En sitio Secano el híbrido ACA 869 alcanzó valores de IAF crítico de 2.4 logrando interceptar el 95 % de la radiación incidente, a diferencia de lo ocurrido con SYN 3970 donde no alcanza dichos valores de intercepción (66 % promedio).

Se observó una relación lineal positiva entre el IAF y el rendimiento obtenido. El 68 % del rendimiento estuvo explicado por el IAF alcanzado hasta la floración (Figura 2). En el Riego se logró incrementar el área foliar, por lo tanto, la producción de biomasa, y mantener esa área foliar más tiempo fotosintéticamente activa permitió alcanzar altos valores de rendimiento.

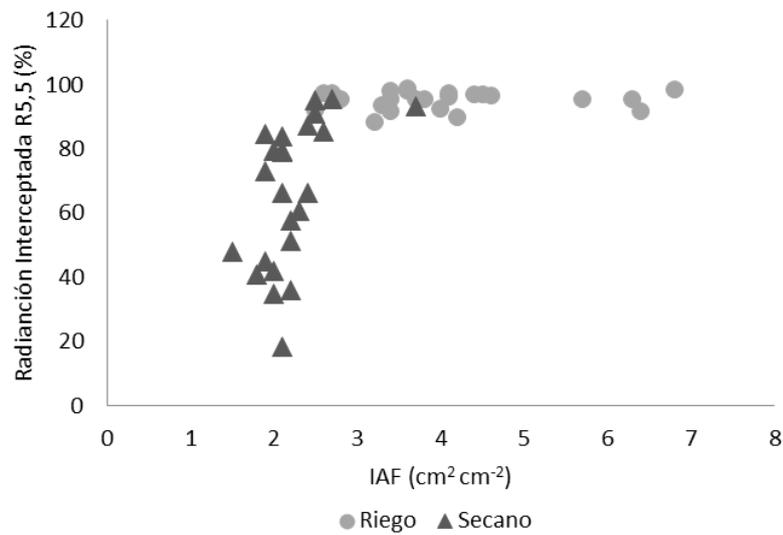


Figura 1: Porcentaje de radiación interceptada en R5.5 en función del índice de área foliar (IAF) para la condición de riego y secano.

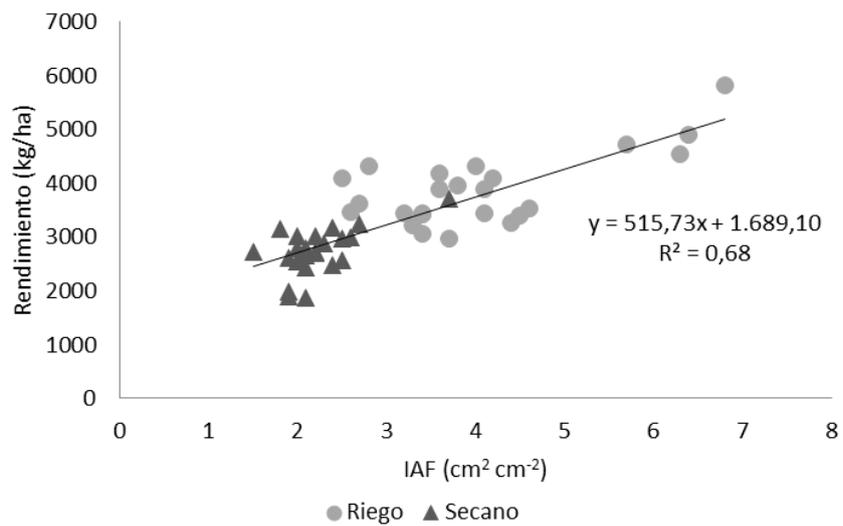


Figura 2: Rendimiento en función del índice de área foliar (IAF) para la condición de riego y en secano.

En la condición de Riego, no se presentó interacción híbrido\*tratamiento en ninguno de los 4 parámetros analizados (Tabla 4). Existió diferencia significativa entre híbridos en rendimiento

y aceite, siendo mayores para el híbrido Syngenta 3970; aunque no hubo diferencias en el número de granos y peso de mil granos. En cuanto a los tratamientos de fertilización, existió diferencia significativa para rendimiento y número de granos, siendo mayores a medida que aumentaba la dosis de N. Sin embargo, no existió diferencia significativa para el porcentaje de aceite y peso de mil granos.

Tabla 4: Rendimiento en grano, peso de mil granos (PMG), número de granos (NG) y contenido de aceite para cada híbrido, tratamiento de fertilización y la interacción de ambos en condición de riego. (\*\*) diferencia significativa al 5 %, (\*) diferencia significativa al 10 %, (ns) sin diferencia. Las letras muestran las diferencias en rendimiento para el factor Fertilización.

Híbrido	Tratamiento	Rendimiento kg/ha		PMG g	NG nº/m <sup>2</sup>	Aceite %
ACA 869	1	3345	b	85.0	4933	49.3
	2	3468	b	89.7	4930	49.6
	3	3903	a	89.8	5236	48.7
	4	3597	ab	90.0	4879	48.0
SYN 3970	1	3686	b	86.8	4794	55.0
	2	3670	b	84.0	4654	53.9
	3	4604	a	91.3	5943	54.4
	4	4717	ab	88.5	5817	54.0
Híbrido		**		ns	ns	**
Fertilización		*		ns	*	ns
Híbrido*Fertilización		ns		ns	ns	ns

En la condición de Secano, la interacción Híbrido\*Fertilización sólo fue significativa para el porcentaje de aceite (Tabla 5). Los híbridos evidenciaron diferencia significativa para el porcentaje de aceite y peso de mil granos, siendo mayores para el genotipo ACA 869. No hubo diferencias significativas entre híbridos en rendimiento y número de granos. Por último, en los tratamientos de fertilización, el único parámetro en el cual existió diferencia significativa fue en el porcentaje de aceite. No se observaron aumentos significativos de rendimientos ante dosis

crecientes de agregado de N. El agregado de N tuvo un impacto negativo en el contenido de aceite principalmente en SYN 3970 donde el T4 se diferenció en 3.5 % del T1, en cambio ACA 869 no presentó diferencias.

Tabla 5: Rendimiento en grano, peso de mil granos (PMG), número de granos (NG) y contenido de aceite para cada híbrido, tratamiento de fertilización y la interacción de ambos en condición de secano. (\*\*) diferencia significativa al 5 %, (\*) diferencia significativa al 1 %, (ns) sin diferencia significativa. Las letras muestran las diferencias de la interacción Híbrido\*Fertilización para el contenido de aceite.

Variedad	Tratamiento	Rendimiento kg/ha	PMG g	NG nº/m <sup>2</sup>	Aceite % %	
ACA 869	1	2943	71.8	4170	53.6	ab
	2	2810	70.0	4935	54.5	a
	3	2832	73.0	4224	52.5	bc
	4	2945	66.8	4918	53.2	abc
SYN 3970	1	2751	62.8	4503	52.2	c
	2	2734	65.5	5251	50.0	d
	3	2102	58.0	4317	50.1	d
	4	2755	58.3	4837	48.7	d
Híbrido		ns	**	ns	**	
Fertilización		ns	ns	ns	**	
Híbrido*Fertilización		ns	ns	ns	**	

La condición de Riego favoreció la incidencia de *V. dahliae* en comparación con los tratamientos en Secano (Figura 3). Se observó mayor incidencia de *V. dahliae* en aquellos tratamientos en los cuales se combinó una elevada disponibilidad hídrica y altas dosis de N (Figura 4). Caso contrario sucedió en las parcelas de Secano donde los tratamientos con bajo N, favorecieron la presencia de plantas con *V. dahliae* (puntos que se ubican por debajo de la línea 1:1).

Se observó mayor incidencia de plantas con *V. dahliae* bajo riego que en seco. La distribución entre genotipos fue similar, solo se observó una leve diferencia de incidencia en plantas con *V. dahliae* en favor del genotipo ACA 869 tanto en riego como en seco (Figura 5)

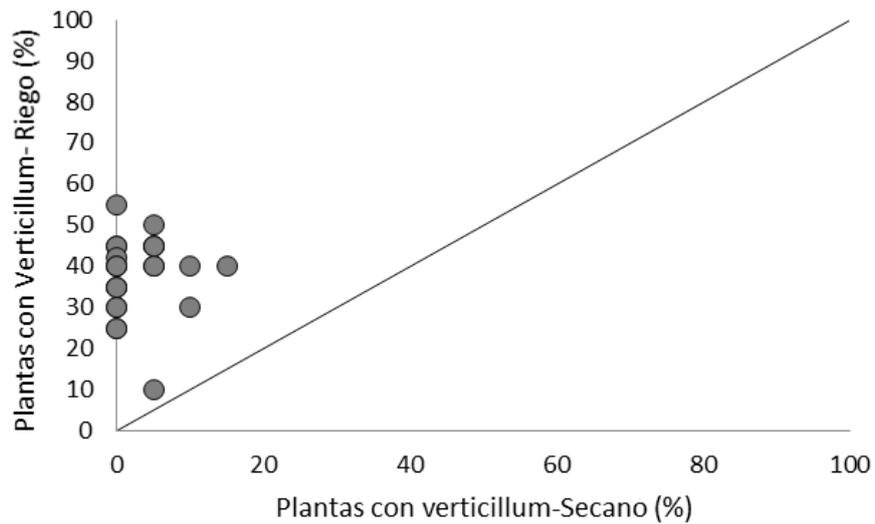


Figura 3: Porcentaje de incidencia de plantas con *V. dahliae* en riego en función del porcentaje de incidencia de plantas con *V. dahliae* en seco.

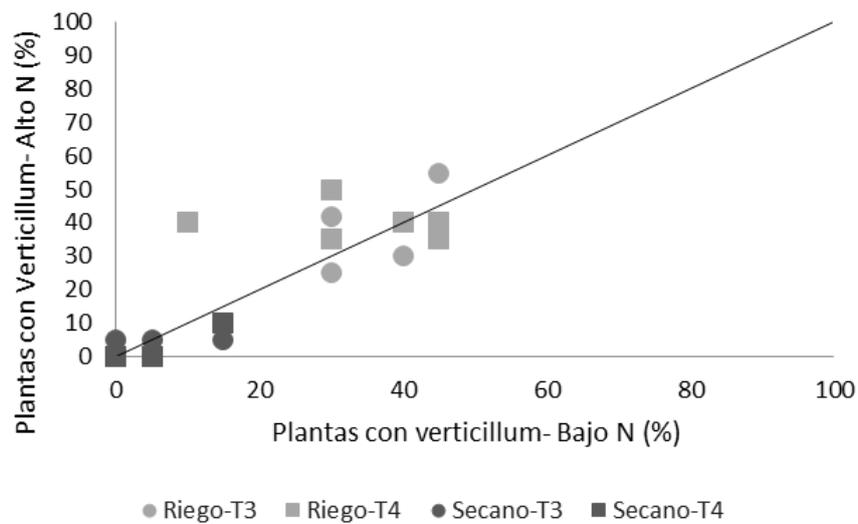


Figura 4: Porcentaje de incidencia de plantas con *V. dahliae* con alto N (T3 y T4) en función del porcentaje de incidencia de plantas con *V. dahliae* con bajo N (T1).

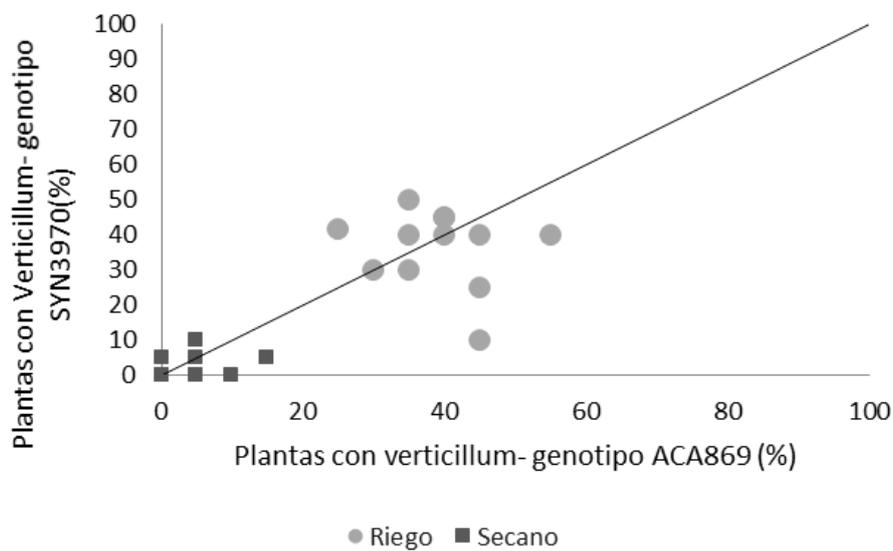


Figura 5: Porcentaje de incidencia de *V. dahliae* en el híbrido SYN 3970 en función del porcentaje de incidencia de *V. dahliae* en el híbrido ACA 869.

En cuanto a las infecciones de CT no se observó incidencia en este ensayo. (Tabla N° 6). Sin embargo, se observó que la PSC fue mayor en el sitio Secano y sobre el híbrido SYN 3970.

Tabla 6: Incidencia de CT evaluado en R1 y R5 e incidencia de PSC evaluado en R8 en cada híbrido para los sitios Secano y Riego.

<b>Estado fenológico</b>	<b>Secano</b>		<b>Riego</b>	
	Incidencia híbrido SYN 3970	Incidencia híbrido ACA 869	Incidencia híbrido SYN 3970	Incidencia híbrido ACA 869
R1 (Incidencia CT)	0 %	0 %	0 %	0 %
R5 (Incidencia CT)	0 %	0 %	0 %	0 %
R8 (Incidencia PSC)	32 %	2 %	0 %	2 %

## DISCUSIÓN

La producción de materia seca del cultivo depende de la cantidad de energía solar interceptada por sus hojas, determinada por su índice de área foliar (IAF, m<sup>2</sup> de hojas/m<sup>2</sup> de suelo) y el porcentaje de conversión en materia seca. En la situación de Riego todas las parcelas alcanzaron el IAF crítico y en la condición de secano únicamente lo hizo el híbrido ACA 869 en algunos tratamientos. La magnitud del IAF depende de la disponibilidad de recursos disponibles (agua, radiación, nutrientes) que determinan la tasa de expansión de las hojas y factores como la temperatura regula la tasa de aparición de la duración de las fases fenológicas del cultivo. Para lograr interceptar el 95 % de la radiación incidente el cultivo tiene que lograr un IAF de 2,5 - 3. Si se compara con otros cultivos como soja o maíz, es un valor menor asociado al ángulo de inserción y disposición de sus hojas (Andrade y Sadras, 2000).

El mayor valor de rendimiento estuvo relacionado con el mayor crecimiento de área foliar alcanzando valores de IAF superiores a los valores crítico (2-3) a diferencia de lo planteado en otros trabajos donde se plantean que por encima de los valores críticos de IAF el rendimiento alcanza sus valores máximos (Farrell et al., 2012; Aguirrezabal et al., 1996). La formación del rendimiento está relacionada a la producción de fotoasimilados durante el llenado de granos debido a que la removilización de reservas es escasa. Para no afectar el rendimiento y la producción de aceite es importante maximizar el área foliar con el objetivo de optimizar la energía lumínica al comienzo de la etapa de síntesis del cultivo con un IAF de 2.5-3 y mantener la duración del área foliar el mayor tiempo posible para no afectar el potencial genético del híbrido. De allí la importancia del manejo de enfermedades (selección de híbridos, rotaciones, control de patógenos, etc.) para mantener la mayor cantidad de hojas fotosintéticamente activas durante la floración y el inicio de llenado de granos (Trapani et al., 2015).

A partir de los datos obtenidos, se logró determinar que en la condición de Riego el rendimiento fue 70 % mayor en comparación a las de la condición de Secano asociado a la diferencia de disponibilidad hídrica durante el periodo crítico, permitiendo mayor formación de número de granos. El número de granos por unidad de superficie es el principal determinante del rendimiento en girasol, depende de la producción de primordios florales y de su supervivencia, fertilización y cuajado. El período crítico para esta definición es más amplio que en otros cultivos y se extiende desde unos 30 días antes hasta unos 20 días después de la floración. En este momento, condiciones ambientales favorables (agua, radiación, nitrógeno, boro) aceleran la tasa de crecimiento del cultivo dando lugar a la formación de un mayor número de granos (Aguirrezabal et al., 1996). Según los datos obtenidos, el comportamiento frente al agregado de N en los distintos tratamientos fue distinto según la condición hídrica; en secano provocó la disminución del contenido de aceite a medida que aumentaba la dosis de N, y diferencias en el

contenido de aceite entre híbridos (ACA 869 tuvo mayor porcentaje de aceite que SYN 3970) y no hubo respuestas en rendimiento, asociado principalmente a la falta de precipitaciones que impidieron la incorporación del fertilizante a la solución del suelo cuando el cultivo lo necesitaba. El agregado de nitrógeno puede generar un impacto negativo en el contenido de aceite en grano asociado a que el aumento de la dosis de N puede ser contraproducente con la formación de aceite en grano por la competencia proteína/lípidos (Gooding, 2017). En condición de riego, entre los distintos tratamientos (dosis de N) no hubo diferencias significativas, y entre híbridos SYN 3970 tuvo mayor porcentaje de aceite que ACA 869. Cabe destacar que en todos los casos fue superior al 42 % que es la base comercial. Prácticas de manejo que afecten el mantenimiento y formación del área foliar, por ende, la radiación interceptada por el cultivo, van a tener un impacto directo sobre el periodo de síntesis de aceite (Aguirrezábal et al., 1996; Trapani et al., 2015).

La presencia de patógenos en los cultivos disminuye los rendimientos y determinan el rendimiento real del mismo. La prevención, el manejo y el control son herramientas claves a la hora de combatirlos. La mayor incidencia de *Verticillium* se vio determinada por altos contenidos hídricos (asociados a la condición de Riego) y de nitrógeno durante el ciclo del cultivo. Según experiencias previas, se pueden producir elevadas pérdidas del rendimiento con altos niveles de incidencia. Bertero de Romano & Vazquez (1985) plantea que el número de granos puede disminuir entre un 14 a 47 % en aquellos híbridos en donde el nivel de infección supere la mitad de la planta, es decir que el 75 % o la totalidad de la planta sea afectada. Además, plantea que para estos niveles de infección, se ve una disminución del peso de 1000 semillas de hasta un 42 %. A su vez, Formento, N. (2005) plantea que las pérdidas del rendimiento por *Verticillium* pueden alcanzar el 73 %. Por lo tanto, los datos obtenidos indican que las pérdidas por *Verticillium* son elevadas. La mayor disponibilidad hídrica favoreció la generación de un

ambiente propicio para el desarrollo del hongo, relacionado a una mayor humedad dentro del canopeo y mayor tamaño de hoja, y además del mayor crecimiento foliar y radical del cultivo, lo que facilita la dispersión del hongo dentro de la misma planta (Pérez-Rodríguez et al., 2022). El híbrido ACA 869 está descrito en su ficha técnica-comercial como moderadamente resistente frente a *Verticillium*, mientras que el híbrido SYN 3970 se lo considera como resistente (con un valor de 3, en una escala 1-9; siendo 1 el mejor y 9 el peor) (NK semillas, 2023). En el ensayo la incidencia en ambos híbridos fue similar, el factor que las modificó fue la condición de sitio.

Los resultados observados para las bajas incidencias de CT y PSC podrían ser explicados debido a que las condiciones ambientales no fueron predisponentes para la liberación de las ascosporas para la campaña 2022/2023. Esto fue informado por Corro Molas et al. (2023) usando el modelo desarrollado por Moschini et al. (2019), donde se observa que para el sitio ciudad de Santa Rosa, La Pampa, no hubo periodos en los cuales las condiciones de liberación de ascosporas implicaran un riesgo moderado o alto. Cabe resaltar que el modelo predice liberación de ascosporas, condición indispensable pero no suficiente para la aparición de estas enfermedades.

## CONCLUSIÓN

El ambiente de Riego logró rendimientos superiores que el ambiente Secano. Este último estuvo limitado por la disponibilidad hídrica en etapas críticas del crecimiento del cultivo, que afectó al crecimiento del área foliar y el IAF. Aumentos en la disponibilidad hídrica del cultivo de girasol incrementaron el área foliar del cultivo, pero en esta campaña no se generaron las condiciones ambientales para la liberación de ascosporas de *D. helianthi* y por ende prácticamente no se observaron infecciones de este patógeno, por lo que se rechaza la primera hipótesis planteada. En cuanto a *V. dahliae* mayores niveles nutricionales e hídricos generaron una mayor incidencia respecto al ambiente de secano que estuvo limitado por agua, por lo tanto, se acepta la segunda hipótesis planteada.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguirrezábal, L.A.N., Orioli, G.A., Hernández, L.F. Pereyra V.R., Miravé, J.P., 2001. Girasol Aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento.

Aguirrezábal, L., Orioli, G., Hernández, L., Pereyra, V., Miravé, J.P., 1996. Girasol: Aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento. Unidad Integrada Balcarce.

Andrade, F.H., Sadras, V.O., 2000. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Editorial Médica Panamericana S.A.

Belmonte, M.L., Casagrande, G.A., Deanna, M.E., Olguín Paez, R., Farrell, A., Babinec, F.J., 2017. Estadísticas Agroclimáticas de la EEA Anguil, EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas INTA. Ediciones INTA.

Bertero de Romano, A. B., & Vázquez, A.1985. Estimación de pérdidas de rendimiento para distintas intensidades de ataque. In *Proceedings of 11th International Sunflowers Conference* (pp. 379-383).

Bray, R.H., Kurtz, L.T., 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59, 39-45.

Cardonatto, J.I., Delfino, C., 2022. Fertilización del cultivo de girasol en distintos ambientes de la región semiárida pampeana. Universidad Nacional de La Pampa.

Carretero, R., Serrago, R.A., Bancal, M.O., Perelló, A.E., Miralles, D.J., 2010. Absorbed radiation and radiation use efficiency as affected by foliar diseases in relation to their vertical position into the canopy in wheat. *F. Crop. Res.* 116, 184-195.  
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.12.009>

Colombo, D. N., & Corro Molas, A. (2021). Relevamiento de cancro y pudrición de capítulo

del girasol causado por el complejo Diaporthe. Libro de resúmenes 5º Congreso Argentino de Fitopatología: 59º Reunión APS División Caribe / Ernestina Galdeano ... [et al.]. - 1a ed revisada. - Córdoba: Asociación Civil Argentina de Fitopatólogos. Modalidad virtual.

Colombo, D. N., & Corro Molas, A. (2022). Relevamiento del cancro del tallo y la pudrición seca de capítulo del girasol causadas por el complejo Diaporthe. XVII Jornadas Fitosanitarias 2022. Pergamino.

Corró Molas, A., Comerio, R., Figueruelo, A., Ghironi, E., Sanchez, E., Bertero, A., & Perez Fernandez, J. (2016a). Epiphytotic disease of sunflower stem canker in Argentina. 19 th International Sunflower Conference. Turkey.

Corró Molas, A., Colombo, D., Martínez, M.I., Moschini, R. (2023). Evolución diaria de los valores predichos probabilísticos de liberaciones severas de ascosporas de Diaporthe helianthi en sitios de la región pampeana, en la campaña 2022/2023. Informe técnico. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/15832>

Corró Molas, A., Ghironi, E., Sanchez, E., & Gareis E. (2016b). Comportamiento sanitario frente al cancro del tallo del girasol. Recuperado de: <http://cialp.com.ar/wp-content/uploads/2016/07/Comportamiento-a-cancro-del-tallo-2016-Gral-Pico.pdf>.

Datnoff L.E., Elmer W.H., Huber D.M. (Eds.). 2007. Mineral Nutrition and Plant Disease. APS Press – The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, U.S.A. 278 pp. ISBN 978-0-89054-346-7

Debaeke, P., Moinard, J. (2010). Effect of crop management on epidemics of Phomopsis stem canker (*Diaporthe helianthi*) for susceptible and tolerant sunflower cultivars. Field Crops Research 115(1): 50-60.

- Debaeke, P., Estragnat, A. (2003). A simple model to interpret the effects of sunflower crop management on the occurrence and severity of a major fungal disease: Phomopsis stem canker. *Field Crops Research* 83: 139-155.
- Debaeke, P., Estragnat, A., Reau, R. (2003). Influence of crop management on sunflower stem canker (*Diaporthe helianthi*). *Agronomie*, 23(7), 581-592.
- Debaeke, P., Pérès, A., 2003. Influence of sunflower (*Helianthus annuus* L.) crop management on Phoma black stem (*Phoma macdonaldii* Boerema). *Crop Prot.* 22, 741-752. [https://doi.org/10.1016/s0261-2194\(03\)00037-1](https://doi.org/10.1016/s0261-2194(03)00037-1).
- Diaz-Zorita, M., 2010. Suelo y fertilidad en la conducción del cultivo. 5to Congr. Argentino girasol- Con la mirada en la Compet. 5, 146-170.
- Erreguerena IA, Rojo R, Quiroz FJ, Clemente GE, Escande AR. (2019) Relationship between *Verticillium dahliae* inoculum and sunflower wilt in Argentina. *Can J Plant Path* 41:576–584
- Fálico de Alcaraz, L., Visintin, G., & Alcaraz, M. E. (1994). El cancro del tallo del girasol *Diaporthe helianthi*. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, N° 8. 19-25.
- FAO, 2010. Agricultura “climáticamente inteligente” 54.
- Favere, V., Reimonte, G., Castaño, F., & Rodriguez, R. (1996). Phomopsis en girasol: Primera evaluación del comportamiento de cultivares en el sudeste bonaerense. Su relación con los ataques de *Sclerotinia sclerotiorum* en capítulos. *Revista Visión Rural*. 64-67.
- Farrell, M., 2012. Estudio de la relación entre la temperatura de la cobertura vegetal e índice de vegetación en girasol en ambientes con deficiencias hídricas, en: *Avances de la agricultura por ambientes en la región semiárida pampeana*. pp. 15-20.

- Funaro, D. y Fernández, J. 2005. Rendimiento potencial y fechas de siembra para maíz y girasol. Publicación técnica N°61 EEA INTA Anguil.
- Funaro, D., Garay, J., Rivarola, R., Quiroja, A., 2008. Algunos factores determinantes del rendimiento del girasol en la región semiárida central, en: El cultivo de girasol en la región semiárida pampeana. EEA Anguil «Ing. Agr. Guillermo Covas» INTA, pp. 33-38.
- Gooding, M., 2017. The Effects of Growth Environment and Agronomy on Grain Quality, en: Cereal Grains: Assessing and Managing Quality: Second Edition. Elsevier Ltd, pp. 493-512. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100719-8.00018-8>.
- Gulya, T. J., Rashid, K. Y., & Masirevic, S. M. (1997). Sunflower diseases. American Society of Agronomy, Madison USA. In: Schneiter AA (ed), Sunflower technology and production, 313-319.
- Garcia, F., Correndo, A.A., 2016. Cálculo de Requerimientos Nutricionales. IPNI.
- Hall, A.J., Feoli, C., Ingaramo, J., Balzarini, M., 2013. Gaps between farmer and attainable yields across rainfed sunflower growing regions of Argentina. F. Crop. Res. 143, 119-129. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.05.003>
- Harveson, R., Markell, S., Block, C., Gulya, T., 2016. Compendium of Sunflower Diseases and Pests
- Huguet, N. (2006). Ocurrence of *Phomopsis helianthi* in Argentina and Uruguay. *Helia*, 29(44), 121-126.
- López, M.V., Arrúe, J.L., 1997. Growth, yield and water use efficiency of winter barley in response to conservation tillage in a semi-arid region of Spain. *Soil Tillage Res.* 44, 35-54. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(97\)00030-5](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(97)00030-5)

- Markell S, Harveson R, Block C, Gulya T (2015) Sunflower Disease Diagnostic Series. North Dakota State Coop. Ext. Serv. Publ. PP1727.
- Masirevic, S., & Gulya, T. J. (1992). Sclerotinia and Phomopsis – two devastating sunflower pathogens. *Field Crop Res.* 30, 271-300.
- Moschini, R. C., Rodríguez, M. J., Martínez, M. I., & Stewart, S. (2019). Weather-based predictive models for *Diaporthe helianthi* ascospore release in Uruguay. *Australasian Plant Pathology* 48, 519-527.
- NK semillas, 2023. Ficha SYN 3970 CL.
- Pereyra, V., & Escande, A. (1994). Manual de reconocimiento de enfermedades del Girasol en la Argentina. INTA.
- Pereyra, V., Farizo, C., Cardinali, F., Orioli, G., 1982. Estimación del área foliar en plantas de girasol. INTA Balcarce Bs. As.- Argentina Boletín técnico. <https://doi.org/0522-0548>
- Pérez Fernández, J. & Figueruelo, A. (2008). Capítulo 7. “Enfermedades: identificación y manejo”. *El cultivo de girasol en la región semiárida pampeana.* 65.
- Pérez-Rodríguez, M., Santos-Rufo, A., López-Escudero, F.J., 2022. High Input of Nitrogen Fertilization and Short Irrigation Frequencies Forcefully Promote the Development of Verticillium Wilt of Olive. *Plants* 11. <https://doi.org/10.3390/plants11243551>
- Pérez Fernandez, J., Figueruelo, A., 2008. Enfermedades: Identificación y Manejo, en: *El cultivo de girasol en la región semiárida pampeana.* Ediciones INTA, pp. 67-76.
- Qian, P., Schoenau, J.J., Huang, W.Z., 1992. Use of Ion exchange membranes in routine soil testing. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23, 1791-1804. <https://doi.org/10.1080/00103629209368704>

- Quiroz, F., Molas, A. C., Rojo, R., Fernández, J. P., & Escande, A. (2008). Effects of no tillage and genetic resistance on sunflower wilt by *Verticillium dahliae*. *Soil and Tillage Research*, 99(1), 66-75.
- Schneider, F., M.J., Berglund, D.R., 1998. Stages of Sunflower Development. NDSU Ext. Serv. 7-8.
- Stewart, S., Arrivillaga, S., & Castaño, J. P. (2004). Mapas de riesgo del cancro del tallo en girasol. Recuperado de: [http://www.inia.org.uy/gras/sig/phomo/evol\\_phomo.html](http://www.inia.org.uy/gras/sig/phomo/evol_phomo.html)
- Trapani, N., Pereira, M.L., Sadras, V.O., Hall, A.J., 2015. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación de rendimiento y la calidad en girasol, en: Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía, UBA, pp. 205-241.
- Van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P., Hochman, Z., 2013. Yield gap analysis with local to global relevance-A review. *F. Crop. Res.* 143, 4-17. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.09.009>
- Verschoor, M., Castaño, F., Ridao, A., & Salaberry, T. (2014). Variabilidad de la longitud del cancro causado por dos aislamientos de *Phomopsis helianthi* en tallos de híbridos de girasol. *SEMIÁRIDA Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam*, Vol 24(1), 39-48.
- Vranceanu A.V. 1977. *El Girasol*. Ed. Mundi Prensa.
- Walkley, A., Black, I., 1934. An examination of the Degtjareff method for the determining soil organic matter and proposed modification of the chromic titration method. *Soil Sci.* 37, 29-38.
- Wang, D., Su, Z., Ning, D., Zhao, Y., Meng, H., Dong, B., ... & Zhou, H. (2021). Different appearance period of *Verticillium* wilt symptoms affects sunflower growth and

production. *Journal of Plant Pathology*, 103, 513-517.