

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final presentado para optar al
Grado de Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Proyecto

**EFFECTOS DE LA DISTANCIA ENTRE HILERAS Y EL
GENOTIPO SOBRE EL RENDIMIENTO DE GIRASOL**
(Helianthus annuus L.)

Calcagno, Juan Gastón

DNI: 33.563.925

Director: M. Sc. Ing. Agr. Oscar Giayetto

Río Cuarto – Córdoba

Noviembre/2011

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

**Efectos de la distancia entre hileras y el genotipo sobre el rendimiento
de girasol (*Helianthus annuus* L.)**

Autor: **Juan Gastón CALCAGNO**

DNI: 33.563.925

Director: M. Sc. Ing. Agr. **Oscar GIAYETTO**

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión
Evaluadora:

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Secretario Académico

AGRADECIMIENTOS

Al Sr. José Rojas.

A los docentes de la cátedra de Cultivos Oleaginosos.

ÍNDICE DE TEXTO

ÍNDICE DE TABLAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
LISTADO DE ABREVIATURAS	VII
RESUMEN.....	VIII
SUMMARY	IX
MATERIALES Y MÉTODOS	14
RESULTADOS.....	18
DISCUSIÓN.....	26
BIBLIOGRAFÍA CITADA	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de suelo realizado el 15 de octubre de 2011 en la capa de 0-20 cm de profundidad.....	14
Tabla 2. Nombre de los tratamientos evaluados con sus correspondientes factores (híbrido y DEH).	15
Tabla 3. Duración en días de las etapas fenológicas de los dos genotipos de girasol.	19
Tabla 4. Resultados del ANAVA aplicado a la materia seca acumulada ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) en distintas etapas fenológicas.	20
Tabla 5. Resultados del ANAVA aplicado al IAF en distintas etapas fenológicas y al IAF crítico (IAFc).	22
Tabla 6: Resultados del ANAVA aplicado a la eficiencia de intercepción durante el período crítico ($e_{i_{pc}}$) de los cuatro tratamientos.	22
Tabla 7: EUR ($\text{g MS}\cdot\text{MJ}^{-1}$) y coeficiente de determinación (R^2) de la regresión lineal durante el ciclo del cultivo para los cuatro tratamientos.	24
Tabla 8: Resultados del ANAVA aplicado a las producciones de granos y aceite y a los componentes del rendimiento de girasol.	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución del área sembrada, producción y rendimiento de girasol en Argentina.	10
Figura 2. Condiciones meteorológicas en valores decádicos de Arias (Córdoba) durante la campaña 2010/11.	18
Figura 3. Curvas de materia seca aérea acumulada por el cultivo en los cuatro tratamientos. DDS= días después de la siembra.	19
Figura 4. Evolución del IAF durante la ontogenia de dos híbridos sembrados en dos espaciamientos entre hileras. Las líneas de puntos indican los IAF críticos (IAF _c) de cada tratamiento. DDS= días después de la siembra.	21
Figura 5. Variación de la ei durante la ontogenia del cultivo. La línea punteada indica una ei del 95% y la línea llena señala el período crítico (20 días antes y 20 días después de floración).	23
Figura 6. Radiación solar interceptada acumulada durante el ciclo de girasol en los cuatro tratamientos.	24
Figura 7. Ajuste lineal de la relación entre la variación porcentual del rendimiento en respuesta a la fracción de intercepción de radiación durante la floración en surcos a 70 cm en dos híbridos de girasol. La línea de puntos, derivada por Andrade <i>et al.</i> (2002) para cultivos de soja, maíz y girasol bajo riego, se incluye para comparación.	27
Figura 8. Ajuste lineal de la relación entre la variación del rendimiento en respuesta al incremento de la ei con la reducción de la DEH en dos híbridos de girasol. La línea de puntos, derivada por Andrade <i>et al.</i> (2002) para cultivos de soja, maíz y girasol bajo riego, se incluye para comparación.	28

LISTADO DE ABREVIATURAS

cc	Centímetro cúbico
cm	Centímetro
g	Gramo
ha	Hectárea
kg	Kilogramo
l	Litro
m	Metro
MJ	Megajoule
mm	Milímetro
Pa	Principio activo
ppm	Partes por millón
°C	Grado Celsius
%	Porcentaje

RESUMEN

Se realizó un experimento en un ambiente sin limitante hídrica ubicado al sur de la localidad de Arias (provincia de Córdoba) para evaluar los efectos de la distancia entre hileras y el genotipo sobre los componentes del rendimiento, la producción de grano y aceite del girasol. La investigación se realizó durante la campaña 2010/11 con los híbridos Paraíso 22 y Paraíso 65 (Nidera) de ciclo intermedio-corto e intermedio, respectivamente. Ambos fueron sembrados el 31 de octubre de 2010. Los cuatro tratamientos evaluados fueron la combinación de los dos genotipos de girasol y las dos distancias entre hileras (52 y 70 cm) ambos con la misma densidad (5 plantas.m⁻²) y asignados a un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Durante el ciclo del cultivo, se registró la ocurrencia de las etapas de desarrollo del cultivo: Emergencia (E), Iniciación floral (V3/V4), Botón estrellado (RE.1), Inicio de antesis (RA.1), Fin de antesis (RA.2) y Madurez fisiológica (RM.2); y en cada una de ellas se determinó el índice área foliar (IAF), la biomasa aérea acumulada, la eficiencia de intercepción de la radiación, número y peso de granos y la producción de granos y aceite por hectárea. Las variables fueron analizadas estadísticamente mediante un análisis de varianzas (ANAVA). No hubo efectos significativos de la disminución del espaciamiento entre hileras en la producción en grano y en los componentes del rendimiento. Esto debido a que la eficiencia de intercepción (e_i) y el IAF crítico no resultaron modificados durante el período crítico del cultivo en hileras más estrechas. Se encontró un ajuste lineal entre la variación del rendimiento en respuesta al incremento de la e_i con la reducción de la DEH en los dos híbridos de girasol, de modo que por cada unidad porcentual de mejora en e_i , el rendimiento de granos varió en 2,47%.

Palabras claves: girasol, distancia entre hileras, eficiencia de intercepción.

SUMMARY

An experiment was made in a non-water limited environment located in the south of the locality of Arias, Cordoba in order to evaluate the effects of the row distance on grain and oil yield. The research was done during the 2010/11 growing season with two hybrids, Nidera Paraíso 22 and Paraíso 65, short and middle-short cycle respectively, and it was sowed on October 31, 2010. The four treatments consisted on the combination of each hybrid planted with two different row distances (52 and 70 cm) but with the same density (5 plants m⁻²). The experimental design in use was in randomized blocks with three repetitions. During the crop cycle, it was registered the occurrence of the main development stages and determined in each period leaf area index (LAI), accumulated aerial dry matter, interception efficiency. Finally, in commercial maturity it was made an estimation of oil and grain yield as well as yield components like grain number per surface area and 1000 achene weight. Every treatment was analyzed statistically by means of an Analysis of Variance (ANOVA). Results showed no statistically significant differences between treatments on grain and oil yield. Also demonstrated as it reduces the row distance it does not increase the grain yield. The explanation of this is because narrow rows do not increase interception efficiency (ie) and critical LAI in critical period for yield. Linear function was founded between change in yield and change in ie. The rate of change in yield per unit change in ie was 2, 47%.

Key words: sunflower, row distance, interception efficiency.

INTRODUCCIÓN

El girasol es un cultivo oleaginoso anual, de crecimiento primavero-estival y gran importancia a nivel nacional e internacional. El principal destino del grano es la extracción de aceite vegetal de alta calidad y de harinas proteicas como subproducto.

A partir del descubrimiento de la androesterilidad genética (1968) y citoplasmática, (1970), aparecen en el mercado semillas híbridas del cultivo en escala comercial que determinaron un importante salto en la productividad del cultivo y en el resultado económico para el productor agropecuario (Fonseca *et al.*, 2004).

La producción mundial de girasol ha oscilado en los últimos años entre 27 y 30 millones de toneladas, siendo los principales países productores la Federación Rusa (6,5 millones de toneladas), Ucrania (entre 4,2 y 5,3 millones de toneladas) y la Unión Europea (entre 4,8 y 6,5 millones). La República Argentina se destaca como el mayor productor de girasol en el Hemisferio Sur, con una producción entre 3,5 y 4,5 millones de toneladas (ASAGIR, 2008).

La superficie sembrada en Argentina ha sufrido grandes variaciones en los últimos

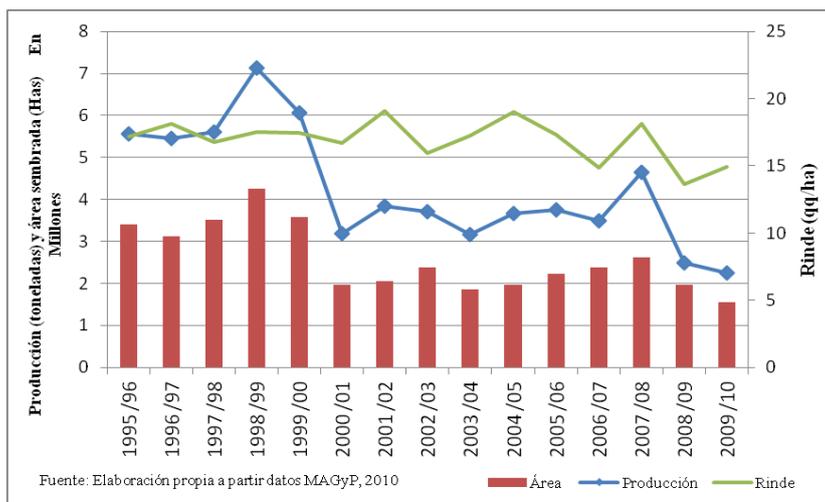


Figura 1. Evolución del área sembrada, producción y rendimiento de girasol en Argentina.

quince años (Figura 1). En la campaña 1998/99, se alcanzó el pico máximo de superficie sembrada con 4,2 millones de hectáreas. Ese momento coincidió con la máxima producción registrada en nuestro país que fue de aproximadamente 7 millones de toneladas.

Posteriormente, disminuyó abruptamente la superficie sembrada llegando en las últimas cuatro campañas aproximadamente al 50% del área máxima. En la última campaña registrada (2009/10), el área de siembra fue 1,5 millones de hectáreas (ASAGIR, 2008).

En cuanto al rendimiento promedio, la traslación del cultivo hacia zonas con mayor riesgo agroecológico y tierras de menor calidad y aptitud hizo que los rendimientos, pese a importantes cambios tecnológicos incorporados, no hayan experimentado subas significativas. En la campaña 2009/2010 se obtuvieron $1500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de rendimiento medio a nivel país y, en los últimos ocho años, el rango osciló entre 1502 y $1904 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (ASAGIR,

2008). En términos generales, en los últimos 15 años, los rindes se mantuvieron entre 15 y 20 quintales por hectárea.

En la provincia de Buenos Aires, entre 2000/01 y 2006/07, el área aumentó un 23%, y de representar el 48,6% del total del país ha pasado al 48,2%. La segunda provincia en importancia a comienzos del 2000, Córdoba, ha visto reducida un 68% la superficie sembrada. La Pampa, tercera provincia productora, incrementó la siembra en 30,5%. El Chaco y Santa Fe fueron las provincias que mayor aporte han hecho al crecimiento de la superficie. La primera pasó de 140.000 a 352.000 hectáreas (152% de aumento) y la segunda, de 117.000 a 193.000 (un 64% más) (ASAGIR, 2008).

En la provincia de Córdoba, la superficie máxima sembrada se alcanzó 1998/99 con 550 mil hectáreas, lográndose una producción superior a un millón de toneladas, lo que representó un 17% de la producción nacional. Posteriormente, se produjo una caída significativa del área sembrada hasta que se estabilizó en aproximadamente 80 mil hectáreas (MAGyP, 2010). En la campaña 2009/2010, Córdoba produjo 100 mil toneladas de girasol en un área de 68 mil hectáreas. Esto representa un 4% de la producción nacional (MAGyA, 2010).

El rendimiento de un cultivo se entiende como el producto final de encadenamientos no lineales de procesos a lo largo del ciclo del cultivo (Trápani *et al.*, 2008). Existen diversas prácticas de manejo que influyen sobre el rinde, determinando la eficiencia con que las plantas utilizan los recursos disponibles en el ambiente y, a la vez, modificando el ambiente explorado por los cultivos. Estas prácticas de manejo, tales como fecha de siembra, espaciamento entre hileras, densidad y elección de genotipo deben apuntar a colocar los períodos críticos en aquellas condiciones que maximicen el rendimiento (Maddoni *et al.*, 2008).

El espaciamento del cultivo es un factor de importancia porque define el arreglo espacial de las plantas, lo que permite una mejor distribución de las hojas en el espacio, evitando sombreo, disminuyendo la competencia intraespecífica por recursos ambientales y permitiendo una mejor y anticipada cobertura del terreno. Consecuentemente, esto aumenta la radiación interceptada por el cultivo y la biomasa acumulada y también mejora la competencia con las malezas (Shibles y Weber, 1996).

La rápida obtención de un Índice Área Foliar (IAF) de 2-3 que permita interceptar la mayor parte de la radiación incidente y el mantenimiento de un IAF superior a dicho valor durante el mayor tiempo posible, constituyen objetivos necesarios para lograr elevados rendimientos (Aguirrezabal *et al.*, 2001). En situaciones de estrés hídrico, la expansión foliar resulta afectada significativamente sobre todo por una caída significativa de la tasa de expansión foliar (Takami *et al.*, 1981). Esto reduce la capacidad compensatoria de la planta y una menor cobertura que impacta sobre la obtención del IAF crítico. Por lo tanto, una menor

distancia entre hileras puede mejorar la cobertura, la cantidad de radiación interceptada y la biomasa acumulada (Vega y Andrade, 2002).

El presente trabajo propuso determinar y analizar los posibles efectos del espaciamiento entre hileras –con una misma densidad de plantas- sobre los componentes del rendimiento y la producción de granos en un ambiente sub húmedo-húmedo del sudeste de la provincia de Córdoba.

Existen numerosos trabajos que abordaron esta problemática. La respuesta del espaciamiento sobre el rinde puede ser negativa, neutral o positiva dependiendo del ciclo del cultivo, la fecha de siembra, la disponibilidad de agua, entre otros factores.

El girasol tiene una alta capacidad de compensación mediante la expansión foliar, que le permite alcanzar el máximo de intercepción en el período crítico de definición del rendimiento, lo que podría explicar el efecto neutral del espaciamiento sobre el rendimiento. Vijayalakshmi *et al.* (1975) concluyeron que no hubo respuestas al modificar la distancia entre hileras debido a la capacidad de adaptación del girasol al ambiente circundante y de compensación al estrés.

Taylor (1980) descubrió en soja que en años de menores aportes hídricos, el estrechamiento entre hileras no produjo cambios en el rinde y, además, tuvo plantas más bajas y menores potenciales agua de la hoja, área foliar y fijación de frutos. Esto ocurrió porque en condiciones de déficit hídrico el estrechamiento de las hileras genera una cobertura temprana del suelo incrementando el consumo de agua. Esto ocasionó que el agua del perfil se consumiera durante el período vegetativo por lo que, si no se repone el agua consumida, habrá menor disponibilidad hídrica en los momentos críticos, afectándose el rendimiento.

Existe una alta relación entre el estrechamiento entre líneas y la radiación fotosintéticamente activa interceptada en el período crítico de floración en girasol, pero dicha relación depende del contenido hídrico disponible y del ciclo del cultivo (Andrade *et al.*, 2002 y Calviño *et al.*, 2004). Es esperable que a mayor radiación interceptada, haya incrementos en la tasa de crecimiento y, por ende, en el rendimiento del cultivo. Vale destacar que el estrechamiento del espacio entre hileras disminuye el coeficiente de extinción de la luz (k), favoreciendo la eficiencia de intercepción de la radiación. Además, el IAF aumenta al acortar la distancia entre hileras, por lo que ambos efectos combinados incrementan la radiación captada por la canopia del cultivo (Flénet *et al.*, 1996; Riahinia y Dehdashti, 2008).

López Pereira *et al.* (2005) no encontraron diferencias significativas en el rendimiento ni en la acumulación de biomasa al modificar la distancia entre hileras en cultivos de secano. En hileras más estrechas, existe una máxima intercepción de luz en forma temprana pero ello no implicó más producción de biomasa o rendimiento de grano.

Uhart (2005) explicó el efecto positivo del acortamiento de la distancia entre surcos que ocurre cuando se logra incrementar el porcentaje de captación de radiación ya que solamente con un 10% de incremento en la captura de radiación, se logra entre 4 ó 5% de aumento del rendimiento. Beg *et al.* (2007) concluyeron que en ambientes cálidos pero con buenas condiciones hídricas, un espaciamiento entre hileras de 50 cm y alta densidad de plantas resultan en incrementos significativos del rendimiento.

Basado en la hipótesis que bajo condiciones hídricas no limitantes, el girasol incrementa el rendimiento en grano con el acortamiento de la distancia entre hileras y esa respuesta varía con el ciclo del cultivar, los objetivos de este estudio fueron:

- Determinar el crecimiento del girasol mediante la producción de biomasa aérea e IAF.
- Evaluar el efecto de diferentes distancias entre hileras en dos genotipos de girasol sobre los componentes del rendimiento, la producción de granos y aceite en un ambiente sin limitaciones hídricas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en un establecimiento agropecuario situado al sur de la localidad de Arias (Provincia de Córdoba, Argentina). El predio está ubicado en un ambiente sub húmedo-húmedo con un régimen de precipitación monzónico. El promedio anual de lluvias es de 876 mm, concentrándose el 75% de las mismas en el semestre más cálido. La temperatura media anual es de 16,4 °C, con un valor promedio de 23,9 °C en enero y un mínimo de 9,3 °C en julio. El período libre de heladas es de 254 días, siendo el 22 de mayo la fecha media de primera helada y el 9 de septiembre la fecha media de última helada. La fisiografía zonal se caracteriza por lomadas amplias, casi planas y presencia de líneas de escurrimiento con distintos grados de expresión y áreas más deprimidas con drenaje deficiente. Los materiales originarios son franco-limosos (INTA, 1986).

El lote donde se realizó el experimento tuvo soja como cultivo antecesor (campana 2009/10). El suelo es un Hapludol éntico, de textura franca, bien provisto de materia orgánica y con pH levemente ácido. Previo a la siembra se realizó un análisis de suelo (Tabla 1) para definir necesidades de fertilización.

Tabla 1. Análisis de suelo realizado el 15 de octubre de 2011 en la capa de 0-20 cm de profundidad.

Determinación	Valor observado
pH	6,80
Materia Orgánica (%)	3,12
Nitrógeno (%)	0,18
N-Nitratos (ppm)	88,80
Fósforo asimilable B y K (ppm)	21,60
Azufre (SO ₄) ppm	11,90

Se recuperó un registro de información meteorológica del sitio con datos de temperatura media diaria, radiación diaria incidente, precipitaciones y láminas de riego aplicadas durante la estación de crecimiento del cultivo.

La irrigación fue realizada con un sistema de riego por aspersión de pivote central en los períodos de deficiencia hídrica y durante el período crítico del cultivo que se ubica entre los 30 días antes y 20 días después de anthesis (Trápani *et al.*, 2008).

El experimento fue un arreglo factorial de 2x2 (dos cultivares de girasol y dos espaciamientos entre hileras) empleando un diseño experimental en bloques completos aleatorizados (DBCA) con 3 repeticiones, correspondiendo al siguiente modelo:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

y_{ij} = Observación de la variable dependiente obtenida en la unidad experimental perteneciente al bloque j a la que se aplicó el tratamiento i .

μ = Media poblacional de la variable dependiente.

α_i = Efecto del nivel i del factor principal genotipo ($i=1\dots a$, $a=2$).

β_j = Efecto del nivel j del factor principal distanciamiento entre hileras ($j=1\dots b$, $b=2$).

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del nivel i del factor A con del nivel j del factor B.

γ_k = Efecto del bloque k ($k=1\dots r$, $r=3$).

ε_{ij} = Variable aleatoria debida al error entre unidades experimentales con el mismo tratamiento. Esta variable tiene $\sim N(0; \sigma^2_e)$ (Efecto no controlado - residuo u error).

La tabla 2 muestra los tratamientos evaluados que incluyeron dos híbridos simples del semillero Nidera (Paraíso 22 y Paraíso 65) de ciclo intermedio-corto e intermedio, respectivamente y dos distancias entre hileras (52 y 70 cm), ambas con la misma densidad (5 plantas.m⁻²). Cada unidad experimental tuvo una dimensión de 30 m de largo y 14 surcos de ancho.

Tabla 2. Nombre de los tratamientos evaluados con sus correspondientes factores (híbrido y DEH).

Nombre del Tratamiento	Híbrido	DEH
6552	Paraíso 65	52 cm
6570	Paraíso 65	70 cm
2252	Paraíso 22	52 cm
2270	Paraíso 22	70 cm

La siembra se realizó el 31 de octubre de 2010 bajo sistema de labranza de siembra directa con una sembradora de placas provista por el productor y se fertilizó con 120 kg.ha⁻¹ de fosfato monoamónico (MAP).

Respecto al manejo sanitario del cultivo, se aplicó acetoclor + flurocloridona (2,5 l.ha⁻¹) como herbicida preemergente residual para el control de malezas gramíneas anuales y latifoliadas. En postemergencia, se usó cletodim (120 cc p.a.ha⁻¹) para controlar pasto cuaresma (*Digitaria sanguinalis*) y eleusine (*Eleusine indica*). La semilla fue tratada con insecticida terapico (clotianidin y metiocarb) que brinda protección contra plagas específicas del girasol durante el período de implantación, tales como orugas cortadoras (*Agrostis malefida* y *Porosagrostis gypaetina*) y hormiga negra común (*Acromyrmex lundii*). Durante la etapa vegetativa, se realizaron 2 aplicaciones de lambdacialotrina (10 cc p.a.ha⁻¹)

para controlar isoca medidora (*Rachiplusia nu*) y gata peluda (*Spilosoma virginica*). Los cultivares usados son resistentes a las enfermedades más frecuentes de la zona como mildiu del girasol (*Plasmopara halstedii*), verticilosis (*Verticilium dahliae*) y podredumbre del capítulo (*Sclerotinia sclerotiorum*).

Se efectuó un seguimiento del cultivo, registrando la ocurrencia de las etapas de desarrollo que se indican a continuación según la clave propuesta por Cholaky (1982):

- **E:** Emergencia
- **V3/V4:** cambio de ápice-iniciación floral
- **RE.1:** botón estrellado
- **RA.1:** inicio antesis
- **RA.2:** fin de antesis
- **RM.2:** fin de llenado/ madurez fisiológica.

En cada una de esas etapas fenológicas se midió:

- El área foliar (AF) por planta, utilizando una regla graduada basada en la relación entre el ancho máximo de la hoja y la superficie foliar (Aguirrezabal *et al.*, 2001). Para ello, se midió el AF de todas las plantas en 1 m² por tratamiento y repetición. Con los datos de AF.planta⁻¹ y densidad de plantas se estimó el IAF de cada tratamiento y repetición.
- La biomasa aérea acumulada en cada etapa, cortando al ras del suelo la totalidad de las plantas presentes en una superficie de 1 m² por tratamiento y repetición, las que se secaron en estufa con circulación forzada de aire hasta peso constante.
- La radiación solar fotosintéticamente activa interceptada (Rint) por el cultivo, usando una barra integradora y registros en *data logger* modelo LI-1400 (LI-COR Inc.). La medición incluyó 5 lecturas sobre y debajo del canopeo por tratamiento y repetición llevadas a cabo entre las 11 y 13 hs en días soleados. La eficiencia de intercepción (ei) se calculó según ecuación: $ei = 1 - (I_i / I_o)$; siendo I_i= radiación incidente debajo de la canopia y I_o= radiación incidente por encima de la canopia del cultivo. La Rint se calculó como la sumatoria del producto entre la radiación solar incidente diaria (Rinc), medida en estación meteorológica, y la ei promedio registrada en cada etapa fenológica.
- En madurez fisiológica (RM 2/3), se evaluaron los componentes del rendimiento, número y peso de granos, y la producción de granos y aceite por hectárea. Para ello, se recolectaron 3 muestras de 1 m² por tratamiento y repetición. El rendimiento de granos (RG) se obtuvo por cosecha manual de todos los capítulos presentes en la muestra y ajustado al 11% de humedad. El peso de frutos (PG) se determinó a partir de dos muestras de 100 granos por unidad experimental y corregido a un 11% de humedad. El número de granos por capítulo se estimó mediante el cociente entre el peso de frutos por capítulo (PFC) y el PG. El contenido de aceite (CA) del grano en cada tratamiento se

determinó mediante análisis en laboratorio. La producción de aceite por hectárea (PA) se valoró de acuerdo a la ecuación:

$$PA \text{ (kg.ha}^{-1}\text{)} = RG \text{ (kg.ha}^{-1}\text{)} * CA \text{ (\%)}$$

Por último, se estimó en cada tratamiento el IAF crítico (IAFc) y la eficiencia de uso de la radiación (EUR). El IAF crítico se valoró gráficamente a partir de la relación entre la eficiencia de interceptación y el IAF. La EUR se obtuvo de la regresión lineal entre la biomasa aérea acumulada y la Rint acumulada.

También se determinó mediante regresión lineal la relación entre el porcentaje de incremento del rendimiento de granos en respuesta a la reducción de la DEH y la variación de la ei. Esta variación en la ei se calculó como $[(ei_{DEH 52 \text{ cm}} - ei_{DEH 70 \text{ cm}}) / ei_{DEH 70 \text{ cm}}] * 100$, según la metodología propuesta por Andrade *et al.* (2002).

Todas las variables se sometieron a un ANAVA para cuantificar el efecto del distanciamiento entre hileras, de los genotipos y la interacción entre ambos y los promedios se compararon mediante test de Duncan ($p < 0,05$). Se cuantificaron las relaciones entre los cambios en la Rint, debidos a los efectos de DEH y genotipo, los componentes del rendimiento y la producción de granos y aceite por hectárea.

RESULTADOS

CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Las condiciones ambientales durante la campaña se caracterizaron por una escasez de lluvias durante los meses de noviembre y diciembre junto a temperaturas medias máximas superiores a lo normal entre los meses de noviembre y enero (Figura 2).

La temperatura media diaria en el ciclo del cultivo fue de $21,6 \pm 2,87$ °C, con una máxima y mínima de $29,5 \pm 3,89$ y $14,2 \pm 3,05$ °C, respectivamente. La radiación solar media diaria fue de $21,2 \pm 5,87$ MJ.m⁻². La precipitación total fue de 334 mm, concentrándose el 54% de la misma (180 mm) durante el período vegetativo. En cuanto al riego, se aplicaron 105 mm de agua durante el ciclo de cultivo (Figura 2).

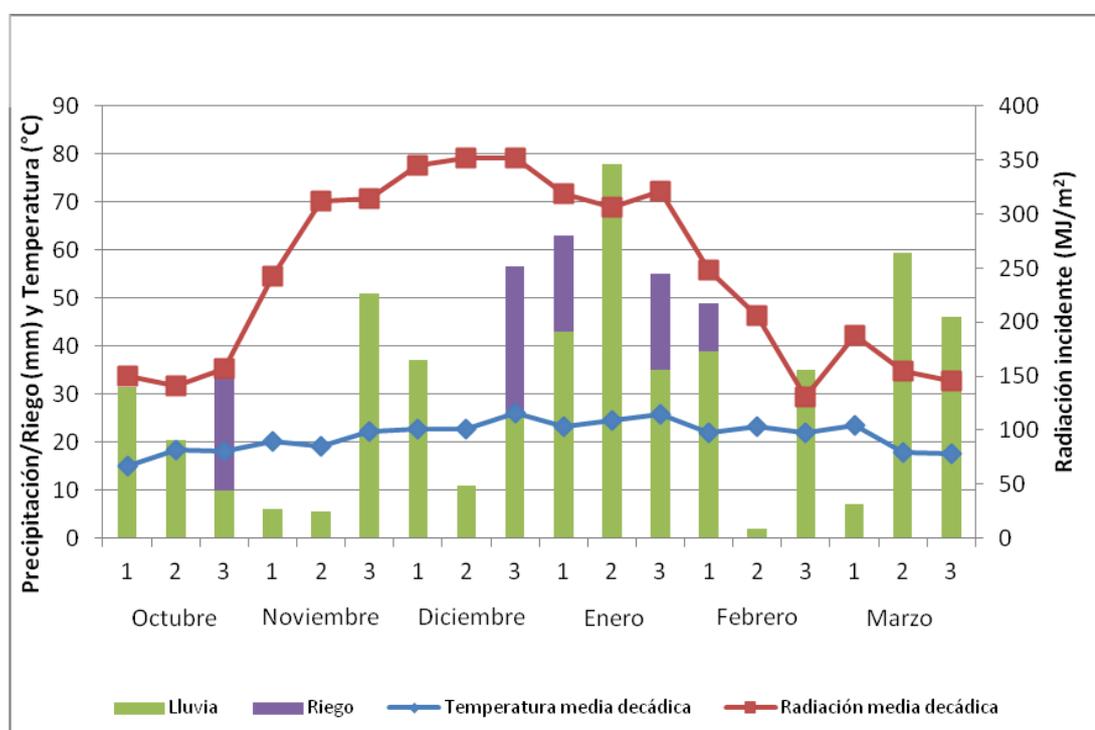


Figura 2. Condiciones meteorológicas en valores decádicos de Arias (Córdoba) durante la campaña 2010/11.

FENOLOGÍA

El espaciamento entre hileras no afectó la duración de las etapas fenológicas ya que las variaciones en el ciclo se explicaron por las diferencias genotípicas. El híbrido Paraíso 22 presentó un ciclo total (S-RM.2) 2 días más corto que Paraíso 65 (Tabla 3). El período vegetativo (S-RE.1) tuvo una duración de 55 y 54 días para los híbridos Paraíso 65 y 22,

respectivamente. Estos resultados pusieron en evidencia la similitud entre ambos materiales en cuanto al desarrollo ontogénico.

Tabla 3. Duración en días de las etapas fenológicas de los dos genotipos de girasol.

Etapas	Paraíso 65	Paraíso 22
S – E	14	14
E – V3/V4	23	21
V3/V4 – RE.1	18	19
RE.1 – RA.1	14	13
RA.1 – RA.2	15	16
RA.2 – RM.2	16	15
S – RE.1	55	54
RE.1- RM.2	45	44
S – RM.2	100	98

PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA

La producción de materia seca aérea (MS) por unidad de superficie durante el ciclo del cultivo siguió un patrón de curva sigmoidea, destacándose en los cuatro tratamientos un incremento significativo de la biomasa acumulada desde los 55 días después de la siembra (Figura 3). El valor máximo de biomasa total acumulada al final del ciclo, se produjo en el tratamiento 6552 y el mínimo en el 6570. Los tratamientos restantes presentaron valores intermedios.

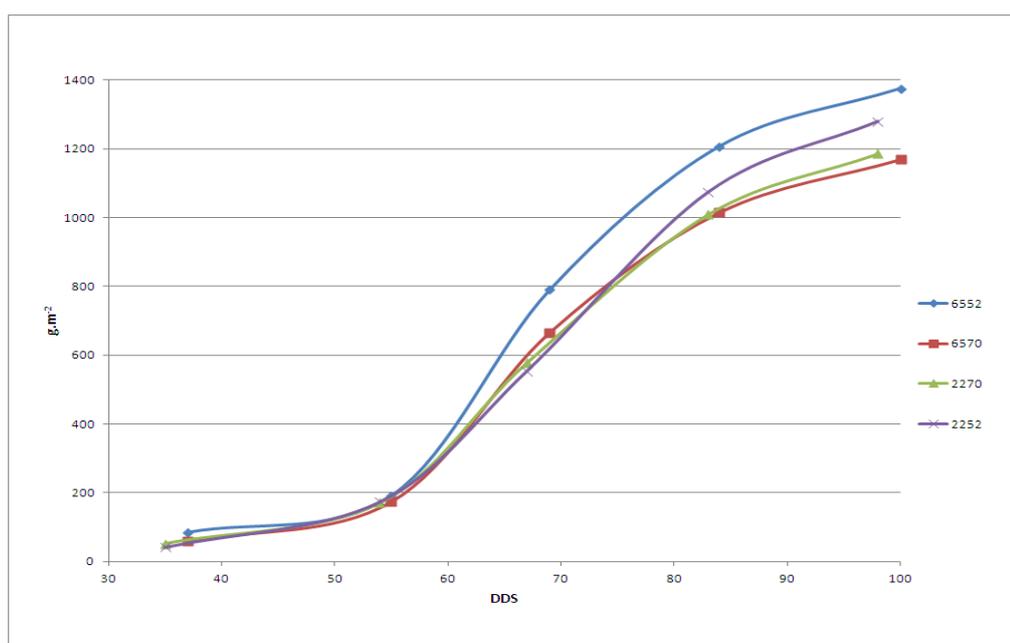


Figura 3. Curvas de materia seca aérea acumulada por el cultivo en los cuatro tratamientos. DDS= días después de la siembra.

En la tabla 4, se muestran los valores de materia seca durante el ciclo y el respectivo análisis estadístico.

Tabla 4. Resultados del ANAVA aplicado a la materia seca acumulada (g.m^{-2}) en distintas etapas fenológicas.

Fuentes de variación		Etapas fenológicas				
Híbrido	DEH	V3/V4	RE.1	RA.1	RA.2	RM.2
Paraíso 65	52	84,7 a	192,0	790,3	1207,0 a	1375,0 a
	70	58,0 b	174,3	666,0	1074,0 b	1169,0 c
Paraíso 22	52	41,0 c	173,3	553,7	1015,0 b	1280,0 b
	70	55,0 b	170,0	442,0	1008,7 b	1185,7 c
Híbrido		*	ns	*	*	*
DEH		*	ns	ns	*	*
Híbrido*DEH		*	ns	ns	*	*

Letras distintas entre tratamientos en cada etapa fenológica, indican diferencias significativas debidas a la interacción híbrido x DEH ($p \leq 0,05$), según test de Duncan, ns= no significativo.

La interacción híbrido x DEH, el factor DEH e híbrido presentaron diferencias significativas sobre la biomasa acumulada en las etapas cambio de ápice, fin de floración y madurez fisiológica. El tratamiento 6552 acumuló la mayor cantidad de materia seca a lo largo del ciclo del cultivo diferenciándose del resto de los tratamientos significativamente, alcanzando un valor de 1375 g.m^{-2} a madurez fisiológica; mientras que la menor MS total se registró en los tratamientos 6570 y 2270, con valores de 1169 y 1186 g.m^{-2} , respectivamente.

En todas las etapas fenológicas, el híbrido Paraíso 65 sembrado a 52 cm acumuló más materia seca, aún en la etapa RE.1 donde las diferencias no fueron significativas. La biomasa total acumulada fue, en promedio, un 3% mayor en el híbrido de ciclo intermedio.

La DEH afectó significativamente el crecimiento del cultivo principalmente durante las etapas reproductivas. Estas diferencias se manifestaron desde fin de antesis y continuaron hasta madurez. Las plantas sembradas en hileras más estrechas produjeron más biomasa por superficie que las siembras a 70 cm desde RA.2.

ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

En la figura 4, la evolución del IAF durante la ontogenia del cultivo mostró incrementos en la etapa vegetativa hasta alcanzar valores máximos en floración (RA.1). Posteriormente el área foliar disminuyó por senescencia. El máximo valor de IAF se registró en el experimento 6552 con 3,32 mientras que el mínimo en 2270 con 3,03. En todos los

casos, el IAF en floración superó el IAF crítico por lo que la intercepción de luz solar fue máxima durante el período crítico de definición del número de granos del cultivo.

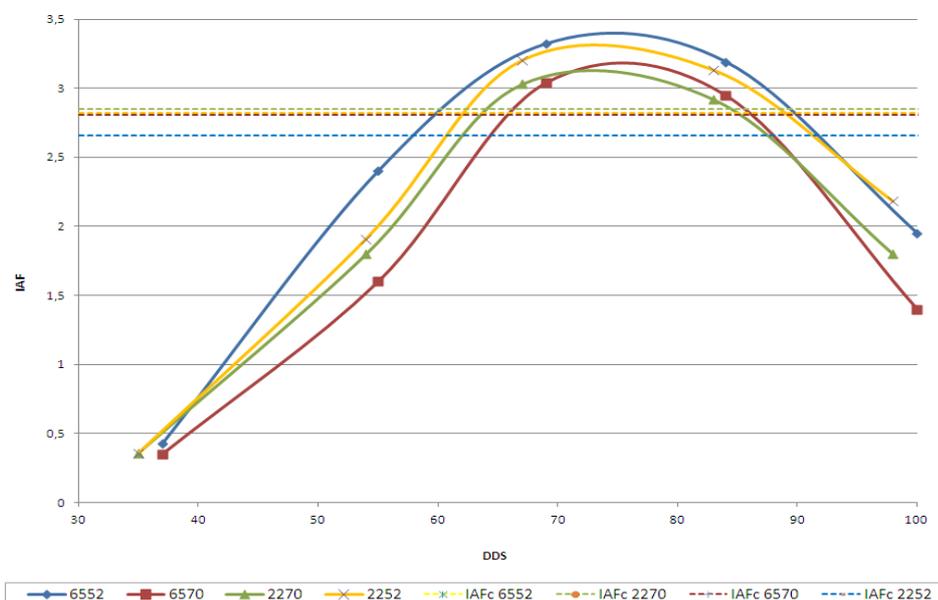


Figura 4. Evolución del IAF durante la ontogenia de dos híbridos sembrados en dos espaciamientos entre hileras. Las líneas de puntos indican los IAF críticos (IAF_c) de cada tratamiento. DDS= días después de la siembra.

El IAF crítico fue alcanzado entre los 57 y 63 días después de la siembra en los cuatro tratamientos. El tratamiento 2252 fue el que más se anticipó en lograr ese valor; mientras que 6570 fue el más retrasado. Esta variable no se modificó por efecto del híbrido, la DEH o la interacción entre ambos factores (Tabla 5) y los valores oscilaron muy cercanos al promedio general (2,79).

La respuesta del área foliar fue similar en los dos genotipos, excepto durante las etapas de botón estrellado e inicio de antesis en las que Paraíso 65 registró el máximo y mínimo IAF mientras que Paraíso 22 presentó valores intermedios.

Los efectos del espaciamiento entre líneas sobre el IAF fueron estadísticamente significativos, ya que un estrechamiento de las hileras favoreció una mayor superficie foliar por unidad de superficie del terreno. Las diferencias de IAF respecto a dicho factor se manifestaron a lo largo de la ontogenia del cultivo, salvo en la etapa de cambio de ápice.

Tabla 5. Resultados del ANAVA aplicado al IAF en distintas etapas fenológicas y al IAF crítico (IAFc).

Fuentes de variación		Etapas fenológicas					
Híbrido	DEH	V3/V4	RE.1	RA.1	RA.2	RM.2	IAFc
Paraíso 65	52	0,43	2,41	3,32	3,19	2,19	2,82
	70	0,35	1,59	3,04	2,95	1,41	2,81
Paraíso 22	52	0,37	1,91	3,20	3,13	2,18	2,66
	70	0,36	1,81	3,03	2,92	1,80	2,85
Híbrido		ns	*	*	ns	ns	ns
DEH		ns	*	*	*	*	ns
Híbrido*DEH		ns	*	ns	ns	ns	ns

(*) $p \leq 0,05$ según test de Duncan. ns = no significativo.

RADIACIÓN INTERCEPTADA Y EFICIENCIA DE INTERCEPCIÓN

El análisis estadístico de la eficiencia de intercepción durante el período crítico del cultivo (ei_{pc}) no detectó interacción significativa genotipo x DEH (Tabla 6). Los diferentes tratamientos presentaron valores de ei entre 89 y 95%. Los efectos de los 2 factores estudiados tampoco mostraron diferencias estadísticamente significativas sobre esta variable.

Tabla 6: Resultados del ANAVA aplicado a la eficiencia de intercepción durante el período crítico (ei_{pc}) de los cuatro tratamientos.

Tratamiento (híbrido-DEH)	ei_{pc}
6552	95,33
6570	89,33
2252	91,00
2270	95,33
Cultivar	ns
DEH	ns
Cultivar*DEH	ns

ns= no significativo, según test de Duncan ($p \leq 0,05$).

La eficiencia de intercepción a lo largo del ciclo del cultivo siguió un patrón similar a la curva de IAF. En los primeros 55 DDS, la ei aumentó en forma significativa hasta alcanzar aproximadamente 89% de intercepción en la situación extrema superior (tratamiento 6552) y 74% como valor mínimo en el tratamiento 6570. Los otros tratamientos mostraron valores intermedios alrededor del 80% de captación de luz solar (Figura 5).

Durante la etapa fenológica de antesis, la e_i en todos los casos se ubicó por encima del 95%. Es decir que el cultivo logró interceptar la máxima radiación posible en el período crítico de definición del rendimiento. Posteriormente, las curvas declinaron como consecuencia de la caída en el IAF hasta valores del 70%, aproximadamente.

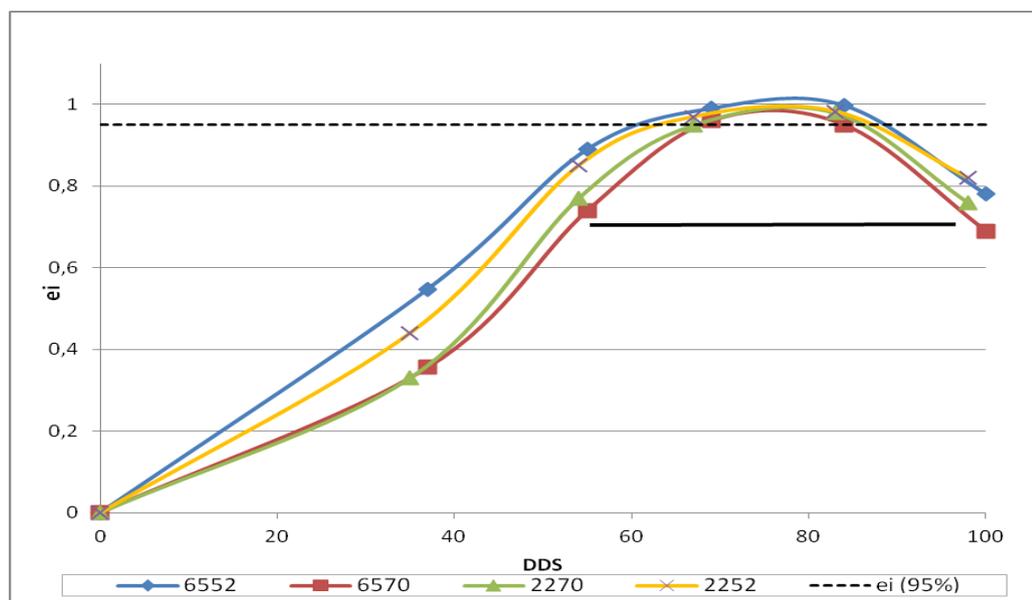


Figura 5. Variación de la e_i durante la ontogenia del cultivo. La línea punteada indica una e_i del 95% y la línea llena señala el período crítico (20 días antes y 20 días después de floración). DDS= días después de la siembra.

La radiación interceptada durante el ciclo de cultivo varió entre 1100 y 1300 MJ.m^{-2} . En las etapas vegetativas (V3/V4 y RE.1) hubo diferencias de interceptación entre las dos DEH. Las siembras a 52 cm captaron, en promedio, un 31% más que las siembras a 70 cm. Sin embargo, durante las etapas reproductivas, esas diferencias desaparecieron. La cantidad de energía solar capturada fue de 925, 881, 824 y 860 MJ.m^{-2} para los tratamientos 6552, 6570, 2270 y 2252 entre RE.1 y RM.2, respectivamente (Figura 6).

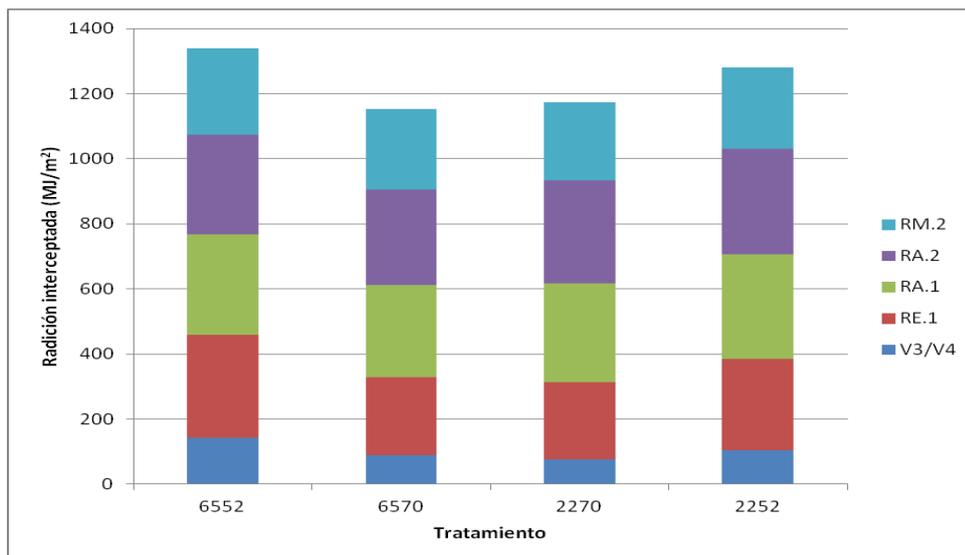


Figura 6. Radiación solar interceptada acumulada durante el ciclo de girasol en los cuatro tratamientos.

La EUR no mostró diferencias entre tratamientos (Tabla 7). El valor máximo de EUR registrado fue para 6552 con 1,196 g MS.MJ⁻¹; mientras que el mínimo 1,111 gr MS.MJ⁻¹ fue para 2270. En todos los casos, la EUR fue levemente inferior a las estimaciones de 1,24 g MS.MJ⁻¹, realizadas por Carcova *et al.* (2008).

Tabla 7: EUR (g MS. MJ⁻¹) y coeficiente de determinación (R²) de la regresión lineal durante el ciclo del cultivo para los cuatro tratamientos.

Tratamiento	EUR	R ²
2252	1,1318	0,9752
2270	1,1113	0,9840
6552	1,1964	0,9591
6570	1,1380	0,9730

RENDIMIENTO DE GRANOS Y ACEITE. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.

En la tabla 8 se muestran los resultados de los componentes del rendimiento y la producción de granos y aceite por hectárea y el correspondiente análisis estadístico.

Tabla 8: Resultados del ANAVA aplicado a las producciones de granos y aceite y a los componentes del rendimiento de girasol.

Fuentes de variación	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)		NG	PMS	NG por
	Granos	Aceite	m ⁻²	g	capítulo
Híbrido					
Paraíso 65	3190	1731	6012	55,4	1293
Paraíso 22	3058	1599	5684	53,6	1314
DEH					
52 cm	3116	1645	5869	56,6	1354
70cm	3132	1685	5827	52,4	1252
Híbrido	0,05	ns	ns	ns	ns
DEH	ns	ns	ns	ns	ns
Híbrido* DEH	ns	ns	ns	ns	ns

ns= no significativo, según test de Duncan ($p \leq 0,05$).

NG= número granos.

PMS= peso mil semillas.

Para todas las variables, no se detectó efecto significativo del genotipo, de la DEH ni de la interacción híbrido x DEH, lo que demostró que ambos factores combinados no afectaron los diferentes componentes del rendimiento ni la producción de granos y aceite.

Respecto al rendimiento de granos, los híbridos Paraíso 65 y Paraíso 22 tuvieron una diferencia media de 132 kg.ha⁻¹, la que resultó estadísticamente significativa ($p = 0,05$). La respuesta de la producción de granos a la DEH fue no significativa, lográndose resultados similares con siembras a 52 y 70 cm entre hileras (3116 y 3132 kg.ha⁻¹, respectivamente). La producción de aceite presentó un comportamiento semejante al del rendimiento de granos pero sin diferencias significativas a ninguno de los dos factores.

La DEH no ocasionó respuestas significativas sobre los componentes NG.m⁻², PMS y NG por capítulo. Los valores obtenidos en siembras a 52 cm resultaron levemente superiores a los de 70 cm entre hileras, pero sin diferencias suficientes desde el punto de vista estadístico.

Tampoco se registró efectos significativos en la interacción híbrido x DEH para ambos rendimientos y sus componentes.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos demuestran los efectos que el genotipo y la distancia entre líneas tienen sobre la biomasa acumulada a fines de floración y en madurez fisiológica.

Las condiciones meteorológicas durante el ciclo del cultivo, caracterizadas por temperaturas superiores a la media normal durante los meses de noviembre, diciembre y enero con un posterior descenso térmico en febrero, generaron un acortamiento del ciclo total de los híbridos entre 5 y 8 días respecto a los valores referidos por el semillero para la región del estudio. Las precipitaciones, levemente inferiores al promedio histórico, fueron compensadas con riego suplementario.

El crecimiento vegetativo presentó diferencias en cambio de ápice (V3/V4) y fin de antesis-madurez fisiológica por efecto del híbrido y la DEH. En este caso, la combinación Paraíso 65 a 52 cm DEH fue la que acumuló más MS lo que coincide con lo señalado por Vega y Andrade (2002). Las diferencias entre híbridos se deben principalmente a diferencias genotípicas.

El IAF presentó variaciones en respuesta a la DEH y el genotipo. El estrechamiento de las hileras favoreció el crecimiento foliar del modelo a 52 cm, que tuvo mejor eficiencia de interceptación durante el período vegetativo del cultivo, dado por el arreglo espacial de las plantas. Estos resultados son similares a los obtenidos por Riahinia y Dehdashti (2008).

El IAFc no varió por efecto de la DEH, ya que en todos los casos la canopia interceptó el 95% de la radiación con un IAF de 2,80, aproximadamente. Asimismo, en los modelos de siembra más compactos no hubo una anticipación del IAFc. Esto difiere con lo mencionado por Flénet *et al.* (1996) quien señala que la reducción de la distancia entre líneas permite un anticipo en el logro del IAFc debido al incremento del coeficiente de extinción (k).

Por su parte Kruk y Satorre (2008) señalaron que las menores DEH influyen favorablemente sobre el rendimiento con tres efectos positivos sobre el cultivo:

1. Mejora el uso de la radiación incidente en el período vegetativo.
2. Logra el 95% de e_i en la etapa crítica.
3. Reduce las pérdidas de agua por evaporación.

Respecto al primero de los efectos, en este estudio la radiación interceptada durante las etapas vegetativas fue mayor en las siembras a 52 cm debido a una mejor e_i . Sin embargo, la e_i entre RE.1 y RM.2 fue similar en ambos espaciamientos. Consecuentemente, no hubo diferencias en ésta durante la etapa crítica del cultivo.

Andrade *et al.* (2002) y Calviño *et al.* (2004) encontraron diferencias en la intercepción de la radiación durante el período crítico de definición del rendimiento (30 días antes y 20 días después de la floración) en respuesta a la reducción del rendimiento.

A pesar de las diferencias no significativas de los componentes del rendimiento en respuesta a los factores estudiados, se verificaron relaciones entre la Rint y la producción de granos. En la figura 7, se muestra la variación porcentual del rendimiento en respuesta a la fracción de intercepción de radiación, durante la floración, en surcos a 70 cm. Según el ajuste al modelo lineal ($R^2 = 0,8538$; $p=0,01$), se destaca el incremento del rendimiento cuando la e_i a 70 cm de DEH fue inferior a 94%. Mercou *et al.* (2001) encontraron que los rendimientos se mantenían estables a partir de un 80% de e_i .

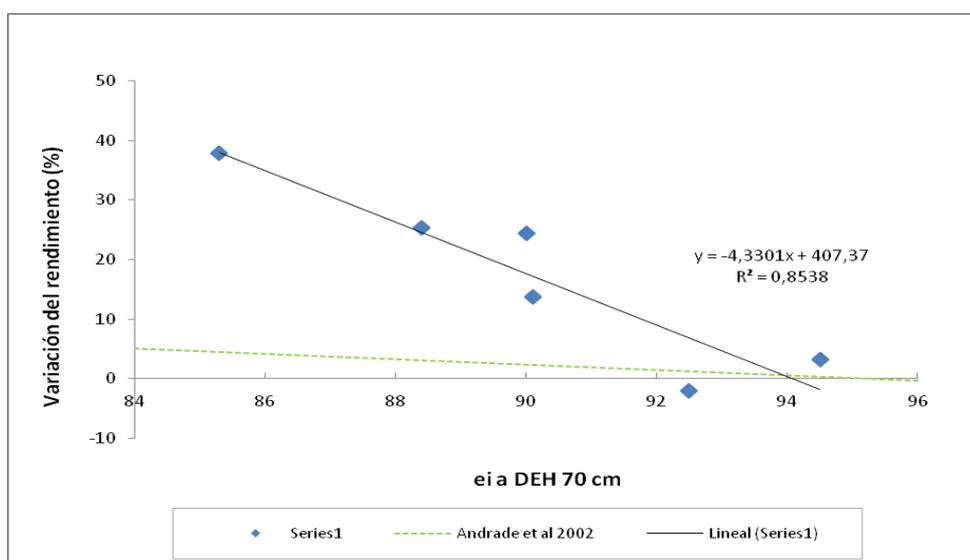


Figura 7. Ajuste lineal de la relación entre la variación porcentual del rendimiento en respuesta a la fracción de intercepción de radiación durante la floración en surcos a 70 cm en dos híbridos de girasol. La línea de puntos, derivada por Andrade *et al.* (2002) para cultivos de soja, maíz y girasol bajo riego, se incluye para comparación.

En este estudio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la e_i para el factor DEH. Consecuentemente, como la captación de luz fue similar en siembras a 70 y 52 cm, la producción de grano también lo fue. La falta de limitación hídrica permitió mejorar la captación de radiación por parte del modelo de siembra a 70 cm (Taylor, 1980).

La figura 8, muestra que hubo una variación directamente proporcional entre el incremento de la e_i con el acortamiento de la DEH y la producción de grano ($R^2=0,8465$; $p= 0,01$). Por cada unidad porcentual de incremento en la e_i , el rendimiento aumentó un 2,47%. Estos resultados son superiores a los obtenidos por Uart (2005) y Andrade *et al.* (2002).

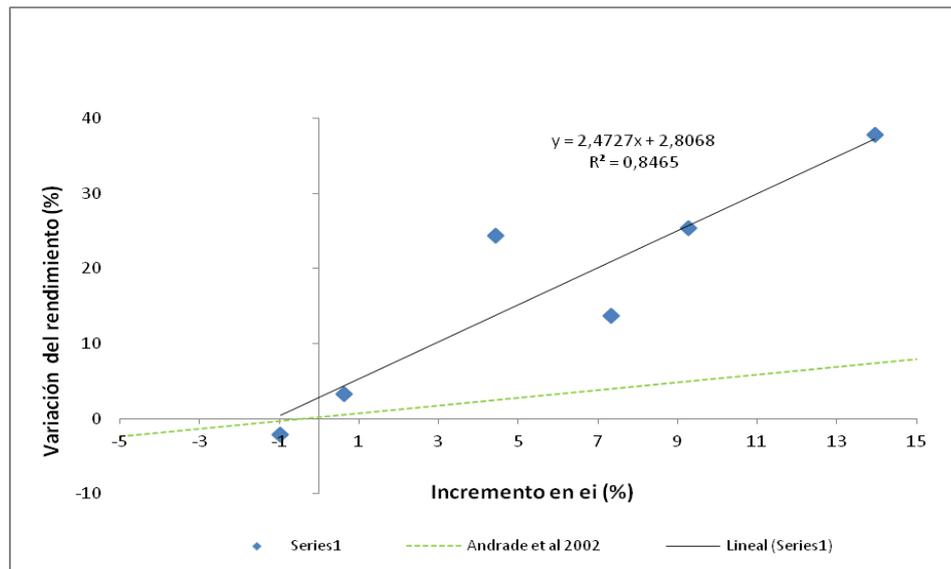


Figura 8. Ajuste lineal de la relación entre la variación del rendimiento en respuesta al incremento de la ei con la reducción de la DEH en dos híbridos de girasol. La línea de puntos, derivada por Andrade *et al.* (2002) para cultivos de soja, maíz y girasol bajo riego, se incluye para comparación.

Zaffaroni y Schneiter (1991) y Vijayalakshmi *et al.* (1975) no encontraron diferencias en rendimiento por reducción del espacio ente surcos. Según Andrade *et al.* (2002), esto se debe a que el cultivo de girasol, sin limitaciones hídricas, presenta una alta plasticidad y capacidad de lograr altas eficiencias de intercepción en etapas reproductivas.

CONCLUSIONES

- El estrechamiento de la distancia entre hileras, bajo condiciones hídricas no limitantes, no afectó significativamente el rendimiento de granos y aceite.
- El aumento del IAF en siembras a 52 cm no modificó el IAFc por lo que no hubo anticipo de la cobertura del suelo por parte del cultivo.
- Las siembras a 70 respecto a las de 52 cm no produjeron diferencias en la ei debido a las condiciones hídricas y nutricionales no limitantes del cultivo.
- Hubo un incremento de la Rint en siembras a 52 cm durante las etapas vegetativas, pero que no se mantuvieron en las etapas críticas de definición del rendimiento.
- La interacción híbrido x DEH generó respuestas de la biomasa total. Estas diferencias se explican por el componente genotípico sumado a un mejor arreglo espacial de las plantas en surcos estrechos.
- La ei no fue afectada por la DEH en el período crítico del cultivo.
- El $NG.m^{-2}$ y PMS no presentaron variaciones por efecto de los dos factores analizados (DEH y cultivar) ni por la interacción entre ambos.
- Se encontró una relación directa entre aumentos de ei y rendimiento de granos. Es esperable mejoras considerables en la producción de granos con el acercamiento de las hileras cuando la ei a 70 cm es inferior a 90%.
- Una mejora en la ei durante el período crítico en respuesta al acortamiento entre hileras (de 70 a 52 cm) influyó sensiblemente sobre el rendimiento final. Por cada unidad de aumento en la ei, el rendimiento se incrementó en 2,47%.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aguirrezabal, L. A. N.; Orioli, G. A.; Hernández, L. F.; Pereyra, V. R. y Miravé, J. P. 2001. Girasol. Aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento. Primera Edición (formato digital). Convenio EEA INTA Balcarce y Facultad Agronomía Universidad Nacional Mar del Plata. Mar del Plata, Argentina. 111p.
- Andrade, F. H.; Calviño, P.; Cirilo, A. y Barbieri, P. 2002. Yield response to narrow rows depends on increased radiation interception. *Agronomy Journal* 94: 975-980.
- ASAGIR. 2008. El girasol. Importancia económica. Asociación Girasol Argentina. Buenos Aires, Argentina. En <http://www.asagir.org.ar/asagir2008/importancia-economica.asp>. Consultado 22/10/2010.
- Beg, A.; Pourdard, S. S. y Alipour, S. 2007. Row and plant spacing effects on agronomic performance of sunflower in warm and semi-cold areas of Iran. *Helia* 30 (47): 99-104.
- Calviño, P.; Sadras, V.; Redolatti, M. y Canepa, M. 2004. Yield response to narrow rows as related to interception of radiation and water deficit in sunflower hybrids of varying cycle. *Field Crop Research* 88: 261-267.
- Carcova, J.; Abeledo, L. G. y López Pereira, M. 2008. Análisis de la generación del rendimiento: crecimiento, partición y componentes. Cap. 6, En: Satorre, E.H.; Benech Arnold, R. L.; Slafer, G.; de la Fuente, E.B.; Miralles D.J.; Otegui, M.E.; Savin, R. 2008. Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Bs. As. p 83-84.
- Cholaky, L. 1982. Etapas de desarrollo del girasol. Departamento de Producción Vegetal. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. 4p.
- Flenet, F.; Kiniry, J. R.; Board, J. E.; Westgate, M. E. y Reicosky, D. C. 1996. Row spacing effects on light extinction coefficients of corn, sorghum, soybean and sunflower. *American Society of Agronomy* 88: 185-190.
- Fonseca, E.; Lopez Bilbao, M.; Luders, M. L.; Nogues, J. J.; Parsons, A. T.; Regunaga, M.; Sturzenegger, A. C. 2004. Estudio sobre el impacto económico de la eventual utilización de eventos transgénicos de girasol en Argentina. Asociación Girasol Argentina. En: <http://www.asagir.org.ar/transgenicos.asp>. Consultado 22/10/2010. p. 48-86.
- INTA. 1986. Carta de suelos de la Republica Argentina. Hoja 3363-29–Arias. Plan Mapa de Suelos. Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria. p. 5-15.
- Kruk, B. y Satorre, E. H. 2008. Densidad y arreglo espacial del cultivo. Cap 13. En: Satorre, E.H.; Benech Arnold, R. L.; Slafer, G.; de la Fuente, E.B.; Miralles D.J.; Otegui, M.E.; Savin, R. 2008. Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Bs. As. p 305-309.

- Lopez Pereira, M.; Trápani, N.; Piñeiro, G.; De la Vega, A. y Hall, A. J. 2005. La distancia entre surcos: ¿Modifica el rendimiento en girasol? Resúmenes del 3er Congreso Argentino de Girasol, Buenos Aires, Argentina. 3p.
- Maddoni, G. A., De la Fuente, E. B. 2008. ¿Qué se entiende por estructura del cultivo? Bases Funcionales para el manejo del agua en los sistemas de cultivos de producción de los cultivos de grano. Cap 11, *En*: Satorre, E.H.; Benech Arnold, R. L.; Slafer, G.; de la Fuente, E.B.; Miralles D.J.; Otegui, M.E.; Savin, R. 2008. Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Bs. As. p. 247-255.
- MAGyA. 2010. Estimaciones de la campaña 2009/2010. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Provincia de Córdoba. *En*: <http://magya.cba.gov.ar/section.php?module=pagina&id=261>. Consultado 22/10/2010
- MAGyP. 2010. Estimaciones y estadísticas. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación Argentina. *En*: <http://www.siiia.gov.ar/index.php/series-por-tema/agricultura>. Consultado: 22/10/2010.
- Mercau, J.L., Sadra, V.O., Satorre, E.H., Messina, C., Uribelarrea, M. y Hall, A.J. 2001. On-farm assessment of regional and seasonal variation in sunflower yield in Argentina. *Agric. Syst.* 67: 83-101.
- Riahinia, S. y Dehdashti, S. M. 2008. Row spacing effects on light extinction coefficients, leaf area index, leaf area index affecting in photosynthesis and grain yield of corn (*Zea mays* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Biological Sciences* 8 (5): 954-957.
- Shibles, R. M. y Weber, C. R. 1996. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. *Crop Sci.*, 36: 55-59.
- Takami, S., Turner, N. C. y Rawson, H. M. 1981. Leaf expansion of four sunflower (*Helianthus annuus* L) cultivars in relation to water deficits. I. Patterns during plant development. *Plant, Cell & Environment*, 4: 399-407.
- Taylor, H. M. 1980. Soybean growth and yields as affected by row spacing and by seasonal water supply. *Agronomy Journal*, 72:543-547.
- Trápani, N.; Lopez Pereira, M.; Sadras, V. O. y Hall, A. J. 2008. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad del girasol. Cap. 10, *En*: Satorre, E.H.; Benech Arnold, R. L.; Slafer, G.; de la Fuente, E.B.; Miralles D.J.; Otegui, M.E.; Savin, R. 2008. Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Bs. As. p. 205-246.

- Uhart, S. 2005. Conclusiones Taller ASAGIR sobre manejo del cultivo (Fecha de siembra y Arreglo espacial). Resúmenes del 3er Congreso Argentino de Girasol, Buenos Aires, Argentina. p. 58- 63.
- Vega, C. R. y Andrade, F. H. 2002. Densidad de plantas y espaciamento entre hileras. Cap. 4. Andrade, F. H. y Sadras, V. O. 2002. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Segunda Edición. INTA Rafaela. p. 97-128.
- Vijayalakshmi, K.; Sanghi, N. K.; Pelton, W. L. y Anderson, H. 1975. Effects of plant population and row spacing on sunflower agronomy. *Canadian Journal Plant Science*, 55: 491-499.
- Zaffaroni, E. y Schneiter, A.A. 1991. Sunflower production as influenced by plant type, plant population and row management. *Agronomy Journal* 83: 113-118.