

Influencia de la Densidad de Siembra y las Condiciones Ambientales en la Emergencia de Girasol¹

F. J. Cardinali*, G. A. Orioli**

ABSTRACT

Effects of delayed emergence were tested on experimental plots of sunflower at densities of 18, 36 and 72 thousand plants ha⁻¹ under field conditions during 1984-1985 season. In each density, delayed emergence at 2, 7 and 17 days was tested. Vegetative and reproductive parameters showed increasing differences with increments in intraspecific competition and among times of emergence. However, differences in economic yield were not statistically significant because the low yield of plants of delayed emergence was compensated by the high yield of plants of early emergence. A lineal regression model based on data obtained from this work and another work by the same authors, but under different environmental conditions, is presented. This model describes individual economic yield variations, taking into account delayed emergence, sowing density and two different environmental conditions.

RESUMEN

La semilla de girasol del cultivar Cargill Super 400, híbrido comercial de ciclo corto, se sembró en condiciones de campo, durante la campaña agrícola 1984-1985, en densidades de 18 000 plantas por hectárea, 36 000 plantas por hectárea y 72 000 plantas por hectárea. En cada nivel de competencia intraespecífica, se establecieron emergencias diferidas en 2 días, 7 días y 17 días, intercaladas una a una con las de emergencia inicial. Los valores de los parámetros vegetativos y reproductivos entre las plantas con distinto momento de emergencia mostraron diferencias crecientes a medida que aumentó la densidad y la disparidad entre la emergencia inicial y la diferida. Sin embargo, el rendimiento económico perdido por las plantas de emergencia diferida fue compensado con el mayor rendimiento de sus vecinas de emergencia inicial. Por esa compensación, no se registraron diferencias en los rendimientos por parcela dentro de cada nivel de competencia probado. Se presenta un modelo de regresión lineal con base en los datos obtenidos en este estudio y en otro anterior de los mismos autores, pero en diferentes condiciones ambientales. El modelo describe la variación del rendimiento económico individual de acuerdo con los momentos de emergencia, densidad de siembra y las diferentes condiciones ambientales consideradas.

INTRODUCCION

En cultivos de girasol la emergencia de plántulas es con frecuencia desuniforme o escalonada, lo que determina el crecimiento simultáneo de plantas con distinto grado de desarrollo. En estas condiciones la distribución de los recursos no

es homogénea, ya que las plantas emergidas primero y con mayor desarrollo se encuentran en mejores condiciones para competir por el espacio aéreo y subterráneo (Hiroi y Monsi 1966; Harper 1977).

En un trabajo previo (Cardinali *et al.* 1985b), se observó que las diferencias entre plantas de distinto momento de emergencia son más notables a medida que aumenta el nivel de competencia intraespecífica.

Los efectos de distintos momentos de emergencia en diferentes niveles de competencia intraespecífica sobre el área foliar, la altura y la producción de un híbrido de girasol, en condiciones de déficit hídrico durante la etapa de floración y parte del llenado de grano, son analizados en este estudio. Los resultados se confrontaron con los observados en un trabajo similar (Cardinali *et al.* 1985a), pero en condiciones

¹ Recibido para publicar el 16 de enero de 1990.
Contribución no. 112 del Depto. de Agronomía Unidad Integrada, Instituto Nacional de Tecnología Agrícola (INTA) - Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), Universidad Nacional del Mar del Plata (UNMP), Balcarce, Arg.

* Unidad Integrada EEA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Balcarce, UNMP (7620), Arg.

** Depto. Agronomía CERZOS, UNS (8000) Bahía Blanca, Arg.

favorables de disponibilidad de agua, con el fin de extraer conclusiones sobre la generalidad de las respuestas observadas.

MATERIALES Y METODOS

El análisis se realizó durante la campaña agrícola 1984-1985 en el campo experimental de la Unidad Integrada INTA-FCA, Universidad Nacional del Plata. Ahí se sembró el cultivar Cargill Super 400, híbrido comercial de ciclo corto, en un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones. Las parcelas fueron de cinco surcos de 8 m de largo, distanciados a 0.7 m y con diferentes espaciamientos entre las semillas para lograr densidades de 72 000 plantas, 36 000 plantas y 18 000 plantas por hectárea. Se establecieron cuatro momentos de emergencia para cada densidad: inicial (T_1) y diferida en 2 d (T_2), 7 d (T_7) y 17 d (T_{17}) en relación con la emergencia inicial.

En los tratamientos T_1 la siembra se efectuó a 20 cm, 40 cm y 80 cm entre semillas, según las respectivas densidades; mientras que en las restantes (T_2 , T_7 , T_{17}), y en la misma fecha, las semillas se colocaron a distancias que duplicaban las anteriores; se sembró intercaladamente en fechas sucesivas de acuerdo con

las emergencias diferidas por probar. En todos los casos la emergencia se produjo después de 8 d de la siembra.

El cultivo se realizó sobre un suelo Typic Argiudol sin limitaciones de profundidad. Las parcelas se mantuvieron libres de competencia de malezas con el uso de controles químicos para presembrado con base en trifluralina en dosis de 1 l/ha y mecánicos de pos-emergencia.

Los datos fenológicos correspondientes a cada tratamiento se presentan en el Cuadro 1.

En plena floración se midió el área foliar por planta en cada parcela mediante el método descrito por Pereyra *et al.* (1982).

La cosecha se realizó removiendo los capítulos luego de la madurez fisiológica. Para determinar el rendimiento, los capítulos fueron secados hasta peso constante, luego se desgranaron individualmente. Se determinó el peso de 1000 achenios, y el peso y el número de achenios por capítulo.

La disponibilidad de agua en el suelo durante el período de cultivo se indica en el Cuadro 2 según el balance hídrico de Thornthwaite y Mather (1955), modificado por Pascale y Damario (1977).

Cuadro 1. Datos fenológicos correspondientes a plantas de distinto momento de emergencia y diferente nivel de competencia.

Tratamiento	Fecha de emergencia	Días de emergencia a floración		
		Densidad de plantas por hectárea		
		72 000	36 000	18 000
T_1	12/12	62	63	64
T_2	14/12	61	62	64
T_7	19/12	58	60	62
T_{17}	29/12	53	55	59

Cuadro 2. Balance hídrico del suelo según Thornthwaite y Mather (1955) modificado por Pascale y Damario (1977)

Meses	Oct	Nov	Dic	Enero	Feb	Marzo
mm	2	35	-6	18	-23	-29

RESULTADOS Y DISCUSION

En general, se puede observar (Cuadro 3) que el efecto de las plantas de emergencia inicial sobre las emergidas más tarde fue más notable a medida que aumentó el tiempo entre la emergencia y el nivel de competencia intraespecífica. En efecto, diferencias significativas en el rendimiento económico individual (órganos cosechables por planta), y en los parámetros altura y área foliar se presentaron en los tratamientos, 72 000 plantas y 36 000 plantas por hectárea, entre plantas de emergencia inicial y diferida en 7 d y 17 días. En tanto que en 18 000 plantas por

hectárea sólo se observaron diferencias significativas para emergencias diferidas en 17 días. Por otro lado, en ningún caso se presentaron diferencias significativas para emergencias diferidas en 2 días.

Si bien los datos fenológicos presentes en el Cuadro 1 ponen de manifiesto un leve acortamiento del ciclo a medida que aumenta el nivel de competencia, así como la diferencia de emergencia respecto de la siembra inicial, la disminución observada en los valores de los diversos parámetros (Cuadro 3) no podría explicarse debido a esta leve diferencia de ciclo.

Cuadro 3. Valores medios de los parámetros vegetativos y reproductivos de plantas de distinto momento de emergencia para cada nivel de competencia intraespecífica.

Densidad plantas/ha	Parcela	Tratamiento	Rendimiento económico		Componentes del rendimiento		Area foliar por planta (dm ²)	Altura por planta (cm)
			g/planta	kg/ha	aquenos/cap. (núm.)	peso de 1000 aquenos		
72 000	1	T1	38.4	2 693	828	45	47	165
		T1	36.4		834	44	46	165
	2	T1	36.6	2 584	796	46	46	165
		T2	35.0		795	44	45	164
36 000	3	T1	51.6	2 600	973	53	50	168
		T7	20.6		542	38	18	159
	4	T1	61.5	2 657	1 098	56	59	170
		T17	12.3		361	34	15	130
n.d.c	—	—	5.1	s.d.	66	9.5	11	7.4
36 000	5	T1	75.9	2 761	1 290	59	58	157
		T1	77.4		1 300	60	60	157
	6	T1	76.2	2 739	1 291	59	62	156
		T2	76.0		1 310	58	59	155
36 000	7	T1	83.4	2 635	1 345	62	64	150
		T7	63.0		1 125	56	47	147

(Cont. Cuadro 3.)

Densidad plantas/ha	Parcela	Tratamiento	Rendimiento económico		Componentes del rendimiento		Área foliar por planta (dm ²)	Altura por planta (cm)
			g/planta	kg/ha	aquenos/cap. (núm.)	peso de 1000 aquenos		
36 000								
	8	T1	101.3	2 602	1 447	70	68	156
		T17	43.3		1 007	43	22	138
n d. s.	—	—	18.3	s. d.	146	107	15	12
	9	T1	88.7	1 607	1 347	66	77	142
		T1	89.9		1 353	66	79	142
	10	T1	89.5	1 602	1 335	67	81	140
		T2	88.4		1 339	66	78	140
18 000								
	11	T1	98.1	1 573	1 401	70	85	140
		T7	76.8		1 301	59	69	129
	12	F1	108.4	1 467	1 407	77	89	138
		T17	54.5		1 948	52	44	116
n d. s.	—	—	20.2	s. d.	132.8	14.3	19.3	134

Nota: Se incluyen los valores significativos para la prueba de Duncan al 5% (n d. s.: nivel de diferencia estadística; s. d. sin diferencia estadísticamente significativa).

De modo que la ventaja obtenida por una planta de emergencia temprana no se explicaría por el simple hecho de contar con más tiempo para crecer, sino por la ocupación temprana del espacio disponible y, consecuentemente, por el mayor aprovechamiento de los recursos del ambiente aéreo y subterráneo, tal como lo describen Ross y Harper (1972). Estos autores, al trabajar con poblaciones monoespecíficas, destacaron la importancia del orden de emergencia de plántulas e indicaron la mayor tasa de crecimiento relativo de plántulas de emergencia temprana.

Esa mejor posición en la competencia permite lograr una mayor zona de influencia y una disposición temprana de los recursos esenciales existentes en la misma. Asimismo, Mack y Harper (1977) expresan

que la obtención de los recursos esenciales por una planta es función de su capacidad de competencia, el momento de emergencia y el estado de desarrollo relativo en relación con las plantas de su entorno.

En este trabajo, las plantas de emergencia temprana evidenciaron su habilidad para aprovechar la mejor condición en la competencia para captar recursos, lo que determinó un mayor rendimiento individual en detrimento de sus vecinas de emergencia diferida. A su vez, estas últimas presentaron menor altura, menor área foliar y hojas más delgadas y pálidas. Esto coincide con lo obtenido por Hiroi y Monsi (1966), quienes encontraron en poblaciones de girasol que las plantas dominadas en la competencia fueron más delgadas y etioladas, y, además, poseían una mayor proporción de tejidos no fotosintéticos.

En cuanto a los componentes del rendimiento: peso de 1000 aquenios y número de aquenios por capítulo, que acompañaron las variaciones del rendimiento económico individual, el número de aquenios por capítulo fue el parámetro más sensible a la acción de la competencia.

La densidad de 72 000 plantas por hectárea registró los menores rendimientos por planta con base en la disminución del número, más que del peso individual de los aquenios. Sin embargo, en 72 000 y 36 000 plantas por hectárea, los rendimientos por parcela fueron similares, pues el bajo rendimiento individual en la mayor densidad fue compensado por el mayor número de plantas, que coincide con lo indicado en cultivos de girasol por Vijayalakshmi *et al.* (1975); Pereyra *et al.* (1977); Miller and Fick (1978); Thompson and Fenton (1979); Cardinali *et al.* (1980) y Cardinali *et al.* (1985). Estos autores encontraron un amplio rango de densidades con rendimientos equivalentes, dentro del cual, a bajas densidades, se mantienen los rendimientos con base en un mayor tamaño de capítulo, con mayor número, tamaño y peso de los aquenios. A medida que la densidad aumenta, disminuyen todos los parámetros mencionados, así se equilibra el rendimiento a través del mayor número de plantas. No obstante la densidad de 18 000

plantas por hectárea se ubicó fuera del rango de densidades con rendimientos equivalentes (Cardinali *et al.* 1985), de modo que los altos rendimientos individuales no alcanzaron a compensar el bajo número de plantas. Esto determinó una disminución significativa del rendimiento por unidad de superficie con respecto a los alcanzados con densidades mayores.

Finalmente, el análisis de los rendimientos expresados por unidad de superficie, como producción conjunta de plantas de emergencia inicial y diferida frente a los logrados por las parcelas de emergencia inicial, no presentaron diferencias significativas, pues los menores rendimientos de las plantas de emergencia diferida fueron compensados por los mayores rendimientos de sus vecinas de emergencia inicial. Esto demuestra la capacidad de la planta de girasol para aprovechar eficientemente el espacio disponible y la menor capacidad competitiva de las plantas cercanas; de esa manera se aseguran rendimientos adecuados aun con emergencias poco uniformes dentro del cultivo.

A partir de los resultados presentes en este trabajo y los publicados anteriormente por Cardinali *et al.* (1985) sobre el mismo tema, se procuró elaborar un modelo matemático simple que permita predecir los

Cuadro 4. Valores de a, B, r² y n para un modelo $\ln Re = a + B d$, considerado para dos ambientes y tres niveles de densidad.

Estación	Densidad plantas por hectárea x 1000	a	B	r ²	n
S	72	3.77	-0.071	0.80	12
E					
C	36	4.18	-0.062	0.93	12
A	18	4.35	-0.031	0.67	12
H	72	3.97	-0.063	0.96	12
U					
M	36	4.22	-0.053	0.90	12
E					
D	18	4.51	-0.029	0.83	12
A					

Nota: a = ln Re individual testigo
 B = coeficiente de la pérdida de rendimiento por demora.
 r² = coeficiente de determinación
 n = número de casos analizados.

efectos de la demora en la emergencia sobre el rendimiento individual. Con ese fin, se ajustaron modelos lineales del $\ln Re = f(d)$, donde Re es el rendimiento económico individual y d el tiempo de demora en la emergencia, si se consideran, en forma conjunta, las respuestas observadas durante una estación húmeda (1983-1984) y en una estación seca (1984-1985). En todos los casos se obtuvieron ajustes altamente significativos (Cuadro 4) para el modelo $\ln Re = a + B d$, donde a es el $\ln Re$ testigo y B es un coeficiente de pérdida de rendimiento individual por demora en la emergencia ($g d^{-1}$).

Se compararon estadísticamente los efectos de la densidad y de la estación ambiental sobre el coeficiente de pérdida B , hallándose diferencias significativas en relación con el primer factor, tanto para el Re individual como para el área foliar por planta ($p < 0.012$), en tanto que no hubo diferencia por efecto de la condición ambiental (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores de los coeficientes B correspondientes a la regresión lineal $\ln Re = a + B d$, para cada nivel de competencia y año.

Estación	Densidad plantas por hectárea x 1000			F = 0.0079
	72	36	18	
Seca	0.07	0.04	0.03	
Húmeda	0.06	0.04	0.03	

Nota: Se incluyen los valores de F correspondientes a ANOVA de una vía

Dado esto último, se procedió a determinar una función que permitiera describir las variaciones de B por efecto de la densidad, hallándose un buen ajuste ($r^2 = 0.946$) con el modelo lineal $B = 0.016 + 0.001 D$.

En síntesis, la variación del rendimiento individual por efecto de la demora en la emergencia y de la densidad de siembra puede ser descrita por el modelo exponencial:

$$R = \exp. \ln Re - (0.016 + 0.001 D) d$$

donde: Re es el rendimiento medio de plantas de emergencia inicial a densidad D ,
 d es la demora en la emergencia.

En este trabajo, $\ln Re$ fue de 3.83; 4.53 y 4.645 para 72 000 plantas, 36 000 plantas y 18 000 plantas por hectárea respectivamente, como promedio para ambas estaciones de cultivo.

LITERATURA CITADA

- CARDINALI, F.J.; PEREYRA, V.R.; FARIZO, C.L.; ORIOLI, C.A. 1980 Densidad de siembra en girasol para el centro-sudeste de Buenos Aires. In Simposio Nacional de Oleaginosas (9); Seminario Latinoamericano de Oleaginosas (6) Buenos Aires, Arg
- CARDINALI, F.J.; ORIOLI, C.A.; PEREYRA, V.R. 1985a Comportamiento de dos híbridos de girasol a bajas densidades de siembra. Revista Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Buenos Aires (Arg) 6(3):131-139
- CARDINALI, F.J.; ORIOLI, G.A.; PEREYRA, V.R. 1985b. Influencia del momento de emergencia en el desarrollo y producción de un cultivar de girasol (*Helianthus annuus* L.). In Conferencia Internacional de girasol (11) Actas Mar del Plata, Arg p. 325-329
- HARPER, J.L. 1977 Population biology of plants London, Academic Press 892 p.
- HIROI, T.; MONSI, M. 1966. Dry-matter economy of *Helianthus annuus* communities grown at varying densities and light intensities. Journal of the Faculty of Science, University of Tokyo 9:241-285.
- MACK, R.N.; HARPER, J.L. 1977 Interference in dune annuals: Spatial pattern and neighbourhood effects. Journal of Ecology 65:345-363.
- MILLER, F.J.; FICK, G.N. 1978. Influence of plant population on performance of sunflower hybrids. Canadian Journal of Plant Science 58(3):597-603
- PASCALÉ, A.J.; DAMARIO, E.A. 1977 El balance hidrológico seriado y su utilización en estudios agroclimáticos. Revista Facultad de Agronomía de La Plata (Arg) 3:14-34.
- PEREYRA, V.R.; BELTRANO, J.; ORIOLI, G.A. 1977. Densidad de siembra y producción en cultivos de girasol. IADO In Reunión Nacional de Girasol (Arg) p. 127-131
- PEREYRA, V.R.; FARIZO, C.L.; CARDINALI, F.J. 1982. Estimation of leaf area on sunflower plants. In International Sunflower Conference (10). Proceedings. Surfers Paradise A.C.T. p. 21-23.

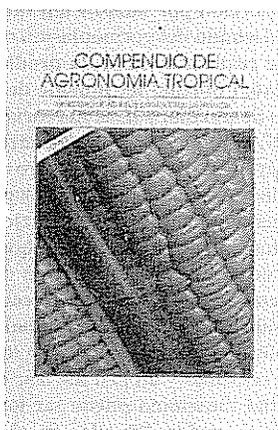
ROSS, M A.; HARPER, J.L. 1972. Occupation of biological space during seedling establishment. *Journal of Ecology* 60:77-88.

THOMPSON, J.A.; FENTON, I.G. 1979. Influence of plant population on yield and yield components of irrigated sunflower in southern New South Wales. *Australian Journal of Agriculture and Animal Husbandry* 19:570-574.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. 1955. The water balance. Drexel Inst of Tech, New Jersey. Publication in *Climatology* 8(1):104.

VIJAYALAKSHMI, K.; SNAGHI, N K ; PELTON, W L.; ANDERSON, C H 1975 Effects of plant population and row spacing on sunflower agronomy. *Canadian Journal Plant Science* 55:491-499

LIBRO RECOMENDADO



Compendio de Agronomía Tropical - Tomo II. IICA/Ministerio de Asuntos Extranjeros de Francia. 1989. 693 p. ISBN 92-9039-152 9.

Este segundo tomo brinda, de manera sistemática e ilustrada, conocimientos fundamentales sobre 138 diferentes cultivos tropicales de importancia económica por sus cualidades alimenticias o industriales. Su propósito es servir de complemento didáctico y de guía para resolver las consultas a los estudiantes, educadores y otros profesionales de las Ciencias Agrícolas sobre los cultivos tropicales de América. Al igual que el Primer Tomo es una adaptación parcial del *Mémento de l'Agronome* y es fruto de la contribución de diferentes técnicos y especialistas.

US\$20.00

Ver lista de publicaciones disponibles para la venta y boleta de solicitud en la última sección de la revista Turrialba.