

## RESPUESTA PRODUCTIVA DEL CULTIVO DE GIRASOL (*Helianthus annuus*) A RIEGO SUPLEMENTARIO EN EL NORESTE SANTAFESINO

Mieres, L.<sup>1</sup>, R. P. Marano<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INTA-EEA, Reconquista. Ruta Nac. nº 11 Km 733, Reconquista, Santa Fe, Argentina  
lucianomieres@hotmail.com

<sup>2</sup> Fac. Cs Agrarias-UNL, Esperanza. Cátedra de Diagnóstico y Tecnología de Aguas  
rmarano@fca.unl.edu.ar

### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la respuesta productiva a diferentes estrategias de aplicación de agua en el cultivo de girasol en el noreste santafesino, en la campaña 2008-2009 se sembraron dos híbridos - uno de ciclo corto (DK 3940) y otro intermedio (DK 4045)- con dos condiciones de agua – riego (T2) y secano (T1) - fertilizados junto a un testigo sin riego ni fertilización (T0), resultando un tratamiento de parcelas divididas completamente aleatorizadas, siendo la parcela principal híbridos y las subparcelas con T0, T1 y T2. Se utilizó riego localizado con agua subterránea de buena calidad química, utilizándose como criterio de momento oportuno de riego permitir el agotamiento del agua útil del suelo del horizonte Ap (20 cm), reponiendo dicha lámina. Se evaluaron los principales componentes de la biomasa aérea total (BAT): peso seco de tallos, de hojas verdes, senescentes y de capítulos. Se estimó el consumo de agua del cultivo para lo cual se realizó un balance hídrico simplificado a nivel de parcela. Fue analizada la evolución del coeficiente de cultivo para condiciones de plena suficiencia hídrica (kc) y bajo restricción hídrica (kr). También se obtuvo la eficiencia de uso de agua para la producción de materia seca y grano. En los meses de septiembre a diciembre se registraron 289 mm de precipitación efectiva durante los 118 días que duro el ciclo del cultivo, se realizaron 10 riegos en diferentes etapas fenológicas para cubrir las deficiencias, totalizando una LRn de 139 mm. ETo fue de 440 mm mientras que ETr alcanzó 347 mm para DK 3940 y 367 mm para DK 4045. El riego y la fertilización produjeron un aumento significativo en ambos híbridos tanto en la acumulación de BAT como en biomasa de grano. Al momento de floración los valores de kc fueron 1.32 y 1.37 para ambos híbridos, en tanto que en el mismo momento en T1 los valores de kr fueron de 0,79 y 0,84.

**Palabras clave:** suelos superficiales, riego suplementario, goteo.

## INTRODUCCIÓN

El girasol (*helianthus annuus*) es uno de los cultivos de mayor importancia en el norte de Santa Fe. La superficie de siembra ha llegado a un nuevo récord en la campaña 2007/2008, sumando 97.000 has en el Departamento General Obligado (SAGPyA). Esto significa entre 55 y 60 % del área agrícola (UAA 2008). Aunque históricamente esta región tuvo bajos promedios (grano) de rendimiento, a partir de 1995 y hasta 2008, éste creció, llegando en el último trienio a un promedio de 1700 kg ha<sup>-1</sup>, con el 97 % de superficie cosechada (Parra 2008). En los últimos 13 años la seguridad de cosecha fue en aumento y se produjo un incremento en el rendimiento promedio de unos 40 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, permitiendo de esta manera alcanzar al rendimiento promedio nacional, con posibilidades, incluso, de superarlo a partir de aportes genéticos y manejo del cultivo (Parra 2008).

En cuanto a las características ambientales, las precipitaciones anuales (promedio de 45 años), son de 1259,9 mm. De la serie histórica considerada, cuatro de cada diez años presentan valores de 1028 a 1290 mm, tres de cada diez de 1290 a 1552 mm y dos de cada diez de 767 a 1028 mm. Las precipitaciones medias para los meses en que se desarrolla el cultivo (S, O, N y D) suman 480.7 mm (CV = 60,25%), con valores importantes (>130 mm mensuales) desde el mes de octubre hasta diciembre. En cuanto a la recarga del perfil superficial de suelo en los meses de julio y agosto, de vital importancia ya que suelen determinar la fecha de siembra, los promedios son de 35 y 27,9 mm respectivamente, pero con alta variabilidad (CV>80%).

**Tabla 1: Estadística descriptiva de la serie de precipitaciones de la EEA Reconquista (45 años).**

VARIABLE	MEDIA	D.E.	VAR(N <sup>-1</sup> )	CV	MÍN	MÁX	MEDIANA
Enero	138,69	94,82	8991,06	68,37	17	457,0	105,2
Febrero	151,34	97,35	9477,21	64,33	7,3	342,6	133
Marzo	168,88	84,81	7192,66	50,22	7	364,4	174,7
Abril	156,84	17,71	13856,78	75,05	19,4	522,5	134,5
Mayo	59,55	46,71	2181,94	78,44	0	190,2	52,6
Junio	47,24	53,47	2858,51	113,17	0,4	232,3	31,5
Julio	35,07	30,62	937,65	87,31	0	119,8	28,9
Agosto	27,86	22,92	525,12	82,25	0	90,3	21,7
Septiembre	59,13	35,07	1229,62	59,30	13	158,4	51
Octubre	136,88	85,15	7250,63	62,21	17,1	320,7	123,6
Noviembre	140,35	77,44	5997,51	55,18	8,2	352,2	126,6
Diciembre	144,38	94,44	8919,68	65,41	17,5	434,2	130,8
Total	1259,88	307,95	94831,61	24,44	767	2076,5	1229,4

*Fuente Vidal C. (2006)*

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en la localidad de Lanteri, provincia de Santa Fe, Argentina (Lat. 28°49'37"S; Long 59°41'41"W, cota IGM 56 m snm). El suelo pertenece al complejo (Cp.) RTA 5, 3wp – Índice de Aptitud (IA) 59 y tiene como subgrupo predominante un Argiudol acuértico (Aav), caracterizado por Giorgi et al. (1998).

**Tabla 2: Argiudol acuértico, Cp RTA 5**

Horizonte	Ap1	Ap2	BA	Bt1	Bt2	Bt3	
Profundidad (cm)	0-7	7-17	17-40	40-76	76-99	99-145	
Arcilla, <2 μm	14	16	25	49	43	44	
Limo 2-50 μm	66	65	60	37	46	43	
Arena 50 μm -2mm	20	19	15	14	11	13	
Textura	Fr Li	Fr Li	Fr Li	As	As Li	As Li	
pH en agua 1:2,5	6,1	6	6,3	6,4	6,9	6,9	
CE dS m <sup>-1</sup>	0,102	0,068	0,07	0,328	0,35	0,386	
Cationes de intercambio (m,e./100g suelo)	Ca	7,84	6,22	7,97	17,07	15,62	15,57
	Mg	1,64	1,4	1,94	5,13	4,83	4,8
	Na	0,04	0,07	0,17	0,15	0,27	0,12
	K	0,44	0,27	0,32	0,91	0,98	1,09
Suma de bases	9,96	7,97	10,41	23,25	21,7	21,58	
CIC	11,64	10,61	14,74	32,11	26,69	25,11	
% sat con bases	85,62	75,09	70,59	72,39	81,29	85,93	
Constantes hídricas	33 kPa	0,2015	0,1818	0,2203	0,3446	0,3266	0,3247
	1500 kPa	0,0884	0,0840	0,1153	0,2163	0,1961	0,1971
	A.U.(mm)	11,731	9,78	10,50	12,84	13,06	12,76

Se emplearon dos híbridos de girasol, KD 3940 de ciclo corto y DK 4045 de ciclo intermedio, resultando un diseño de parcelas divididas, sembrando a los híbridos en las parcelas principales mientras que en las subparcelas se aleatorizaron (cinco repeticiones) tres tratamientos: Testigo sin riego ni fertilización (T0); fertilización nitrogenada + fosfórica en secano (T1); fertilización nitrogenada + fosfórica con riego (T2).

La siembra se realizó el 24/08/08 en macro parcelas de 1000 m<sup>2</sup>, a una distancia entresurcos de 0,525 m, con equipo fertilizador debajo de la línea de siembra, a una densidad inicial de 62300 semillas ha<sup>-1</sup>, lográndose un establecimiento (en V4) de 55000 pl ha<sup>-1</sup> para ACA 885 y de 51000 pl ha<sup>-1</sup> para DK 3920.

La dosis de fertilización se estimó utilizando un programa de balance de nutrimentos elaborado en la FCA (UNL) denominado NPKS, con un supuesto de rendimiento objetivo de 3500 kg MS ha<sup>-1</sup> e índice de cosecha de 35%, requiriendo como dato la fertilidad actual, obtenida a partir de muestreos de suelos realizados antes de la siembra.

Para el control de malezas se utilizó una mezcla compuesta por: 2 L ha<sup>-1</sup> de Glifosato, 1 L ha<sup>-1</sup> de Acetoclor, 1 L ha<sup>-1</sup> de Fluorocloridona. Para el control de orugas se aplicó 200 cc de Cipermetrina más 130 cc de Novalurón 10% en el momento oportuno.

Para el control de enfermedades fúngicas se realizó la aplicación de Amistar Extra 0,5 L ha<sup>-1</sup>, Azoxistrobina (25%) y Cyproconazole (10%) de acción sistémica y de contacto (preventiva y curativa) el 24 de octubre (estado R1 del cultivo).

Para estimar el consumo de agua de los tratamientos T1 y T2 se aplicó el método de balance hídrico simplificado de acuerdo a las siguientes ecuaciones (Marano et al, 2009):

$$Pt + LR_n - ETr - \Delta L - Es = 0 \quad (1)$$

$$Pt - Pe = Es \quad (2)$$

siendo: **Pt**, precipitación total; **Pe**, precipitación efectiva, utilizando la ecuación de *Dardanelli et al. (2003)*; **ETr**, evapotranspiración real; **LR<sub>n</sub>**, lámina de riego neta; **ΔL**, **variación** del almacenamiento de agua del suelo, estimado a partir del procedimiento de plano de flujo cero (*Kirsch, 1993*) con mediciones en seis momentos del ciclo del cultivo, hasta un metro de profundidad y utilizando el método gravimétrico; y **Es**, pérdidas por escorrentía superficial

No se consideró aporte de flujo subsuperficial entrante ni saliente ni tampoco ascenso capilar, debido a que la superficie freática en el área se encuentra a una profundidad mayor de 6 m. La percolación profunda (Perc) es la fracción de agua que se redistribuye hacia capas profundas del perfil, en función del potencial hídrico total. Se estimó aplicando también el criterio del plano de flujo cero a partir del análisis de los contenidos hídricos del perfil superficial y cuantitativamente representa una fracción de  $\Delta L$ .

Los datos meteorológicos fueron obtenidos de una estación automática ubicada en el establecimiento, relevándose precipitación, humedad relativa, temperaturas, radiación solar y vientos. Con estos datos se estimó la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) de acuerdo a Penman-Monteith (Allen *et al.*, 2003). Esta última se comparó con ET<sub>o</sub> obtenida de evaporación de tanque medido en la EEA INTA Reconquista y ajustada con coeficiente de tanque (k<sub>p</sub>) estimado de acuerdo a condiciones locales (0.7).

El coeficiente de cultivo (k<sub>c</sub>) se obtuvo como la relación entre E<sub>T</sub> y ET<sub>o</sub>, considerando que, bajo condiciones de riego, E<sub>T</sub> representa la máxima evapotranspiración (ET<sub>c</sub>). En seco, en caso de presentarse déficit hídrico, k<sub>c</sub> se convierte en k<sub>r</sub> (restricción hídrica), por lo cual se puede estimar un nuevo coeficiente, denominado k<sub>h</sub>, resultante de la relación k<sub>r</sub>/k<sub>c</sub> (Allen *et al.*, 2003). Los respectivos valores de k<sub>c</sub> y k<sub>r</sub> obtenidos en este experimento fueron comparados con la bibliografía.

En T2 se utilizó riego por goteo, con emisores de 4,2 mm h<sup>-1</sup> de caudal y 10 cm de espaciamiento, ubicando un lateral por hilera de planta. La fuente de agua fue subterránea, de muy buena calidad, con 0,5 dSm<sup>-1</sup> de conductividad eléctrica (CE), 0,6 de RAS y 1 de carbonato de sodio residual (CSR) (Marano, 2004). Para determinar el momento oportuno de riego se adoptó como criterio permitir el agotamiento del agua útil hasta los primeros 20 cm del suelo, reponiendo dicha lámina, es decir dosis fija e intervalo de riego variable.

Para obtener la Biomasa Aérea Total (BAT) se realizaron muestreos de planta en la macro-parcela en tres momentos: 45, 70 y 118 días de la emergencia del cultivo, los que coincidieron con estado vegetativo, floración y fin de llenado de granos respectivamente, siguiendo la escala fenológica de Robinson (1971) y Siddiqui *et al.* (1975). Para cada tratamiento se extrajeron plantas de 5 repeticiones de 2 m<sup>2</sup> c/u -1,27 m de largo por 1,57 m de ancho-, seleccionadas aleatoriamente y cortadas a la altura del cuello, coincidiendo con el punto de inserción de las raíces. En cada muestreo se pesó en verde la planta completa y separada por órganos y luego se secó en estufa a 60 °C hasta peso constante. En coincidencia con las fechas de corte para obtener BAT, se determinó el Índice de Área Foliar (IAF) y Área Foliar Específica (AFE), conociendo la masa de materia seca de hojas por unidad de superficie.

Finalmente, al momento de la cosecha se recolectaron tres repeticiones de 8 metros lineales (45 a 59 capítulos, dependiendo de la densidad del cultivo) de forma manual en cada una de las macro parcelas y posteriormente se trilló con una máquina experimental (EEA INTA Reconquista). Se pesaron en balanza electrónica de precisión y se determinó contenido hídrico para su posterior corrección a humedad comercial (11%). De este modo se obtuvo: a) Biomasa de grano (BG), b) porcentaje de aceite (%A) y c) peso de mil granos.

Los resultados se analizaron estadísticamente con Infostat (2006) y cuando correspondió se aplicó el test de Tukey (p ≤ 0,05) para comparaciones de medias.

Por último, con E<sub>T</sub> y BG se obtuvo la eficiencia de uso del Agua (EUA), para los diferentes tratamientos.

## RESULTADOS

### Condiciones ambientales

El año 2008 se caracterizó por la variabilidad de las precipitaciones (P), que fueron sólo 614,5 mm, cuando el promedio de la serie histórica 1960-2009 fue 1253.9 mm (Figura 1). Durante el ciclo del cultivo, entre los meses de septiembre a diciembre, se registraron 289 mm, un 40% menos que el promedio de la serie histórica (477 mm). En cuanto a temperaturas, no se registraron mínimas debajo de 0°C, pero en cambio hubo máximas elevadas en distintos momentos del ciclo del girasol (Figura 2).

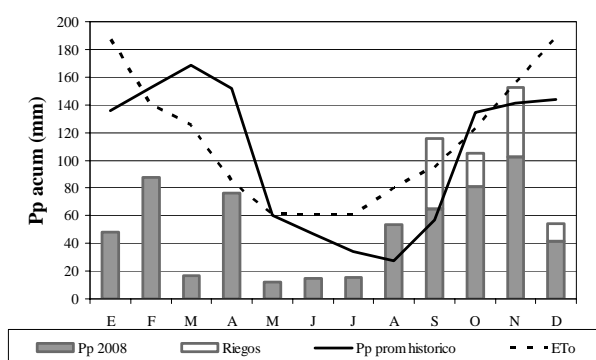


Figura 1: P 2008, lamina de riego, P promedio histórico y ETo

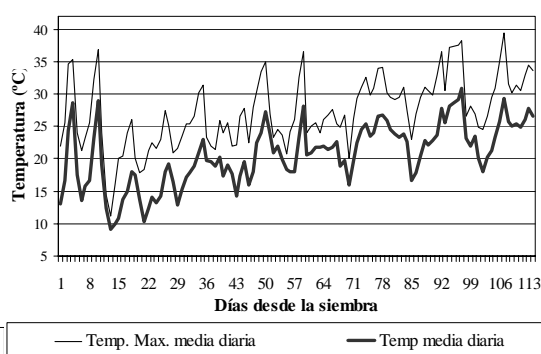


Figura 2: Temperaturas máxima media diaria y media diaria.

### Condiciones edáficas y de cultivo

Los análisis de suelos realizados en presiembra del cultivo expresaron detrimentos químicos característicos de la agricultura continua a lo largo del tiempo (90 años, Tabla 3), destacándose muy pobre dotación de materia orgánica y nitrógeno orgánico, respecto a los suelos de la región pampeana. También la dotación de fósforo disponible fue moderada, encontrándose en umbrales críticos para la práctica de fertilización. Por tal motivo se aplicaron dosis de fertilizantes en función de los tratamientos (Tabla 4), que tuvieron como objetivo complementar la fertilidad existente y permitir al cultivo crecer sin deficiencias nutricionales.

Tabla 3: Fertilidad actual en el horizonte Ap (0.17)

Materia orgánica (%)	1,9
Nitrógeno orgánico total (%)	0,105
Nitrógeno orgánico activo (ppm)	50
Fósforo disponible (ppm P)	13
Azufre disponible (ppm S)	11
Conduc. eléctrica extracto de saturación (dS/m)	1,1
pH	6,1
Ca intercambiable (cmol kg <sup>-1</sup> )	5,7
Mg intercambiable (cmol kg <sup>-1</sup> )	1,4
CIC (cmol kg <sup>-1</sup> )	12,5

Tabla 4: Dosis nutrimentales utilizadas en los diferentes tratamientos

Tratamiento	Fertilizante kg ha <sup>-1</sup>		Nutriente kg ha <sup>-1</sup>	
	UREA	SPT	N2	P2o5
T 0	0	0	0	0
T 1	120	100	55,2	20
T 2	120	100	55,2	20

## Balance hídrico

Debido a las escasas precipitaciones se necesitó abundante riego para satisfacer el déficit hídrico (Figura 1), por lo que T2 tuvo mayor consumo de agua en ambos híbridos (Tabla 5), aplicándose 10 riegos en diferentes etapas del ciclo del cultivo, totalizando 139 mm de LRn. Considerando el criterio de definir el momento oportuno de riego cuando se agotaba el agua fácilmente utilizable en los primeros 20 cm, ambos híbridos tuvieron la misma frecuencia de riego y requirieron la misma lámina. Sin embargo, DK 4045 consumió 20 mm más de agua, obteniéndola del almacenamiento del suelo a profundidades mayores de 20 cm, hacia el momento de llenado de grano (R7).

En cuanto a T1, ambos híbridos tuvieron un consumo menor respecto a T2, extrayendo una cantidad mayor de agua del suelo, pero poco significativa con respecto al consumo total (Tabla 5). Desde los 76 días de la siembra, coincidiendo con la floración (R5), los contenidos hídricos registrados en el horizonte Ap2 y BA mostraron valores próximos a las constantes hídricas de 1500 kPa, determinadas por Vidal (2000, Tabla 1).

Analizando la evolución de ETo en todo el ciclo del cultivo, se puede observar que superó el consumo de agua de ambos híbridos y para todos los tratamientos (Tabla 5), indicando posibles déficits hídricos, aún en los tratamientos bajo riego. Camussi & Marano (2008) y Marano et al (2006) evaluaron, para la región central santafecina, que cultivos de soja y trigo bien provistos de agua y nutrimentos tienen valores de evapotranspiración real similares a ETo, obtenida esta última con Penman-Monteith, situación que no ocurrió en esta experiencia. Por otra parte, el 12 % de la precipitación total no fue aprovechada por el cultivo, escurriendo superficialmente.

Debido a lo laborioso del método gravimétrico, se prefirió realizar un seguimiento más intenso en los tratamientos T1 y T2, por lo que en T0 no se realizó balance hídrico

**Tabla 5: Balance hídrico: Precipitación efectiva (Pe), variación de almacenamiento de agua en el suelo ( $\Delta h$ ), lámina de riego neta (LRn), evapotranspiración real (ETr), evapotranspiración de referencia (ETo)**

Materiales	Tratamiento	Pe (mm)	$\Delta h$ (mm)	LRn	ETr	ETo
DK 4045	T 1	174	-64	0	238	440
	T 2	174	-54	139	367	440
DK 3940	T 1	174	-47	0	221	440
	T 2	174	-34	139	347	440

El resultado del análisis estadístico realizado para cada uno de los componentes de rendimiento en diferentes estadios fenológicos se presenta en la Tabla 6.

La evolución del crecimiento del cultivo a través de la acumulación de materia seca en diferentes etapas fenológicas permite: a) conocer cómo la biomasa producida es particionada entre los diferentes órganos a lo largo del ciclo, b) inferir sobre el proceso productivo en su conjunto y c) conocer la estrategia utilizada en la determinación de los componentes del rendimiento (Andrade et al. 1996). Seguidamente se presentan resultados de los diferentes cortes de materia seca

**Tabla 6: Interacciones**

	BAT 1º	BAT 2º	BAT 3º	IAF	BG
Modelo	***	***	***	***	***
Tratamientos	***	***	***	***	***
Híbridos	n s	n s	n s	n s	n s
Tratamiento*hibrido	n s	***	*	***	n s

Ref:

\* Diferencias significativas  $p < 0.05$ ; \*\* Diferencias significativas  $p < 0.01$ ;  
 \*\*\* Diferencias significativas  $p < 0.001$ ; n s = Diferencias No significativas.

### BAT. 1º corte:

Fue realizado en estado de botón floral (R1) y dado que no se encontró diferencias significativas en la interacción tratamientos\*hibrido (Tabla 6) se pudo analizar los factores principales por separado. No hubo diferencias significativas entre híbridos, pero sí a nivel de subparcelas con los tratamientos (Tabla 6), donde T2 se comporto diferente a los tratamientos en secano fertilizado (T1) y no fertilizado (T0) (Tabla 7).

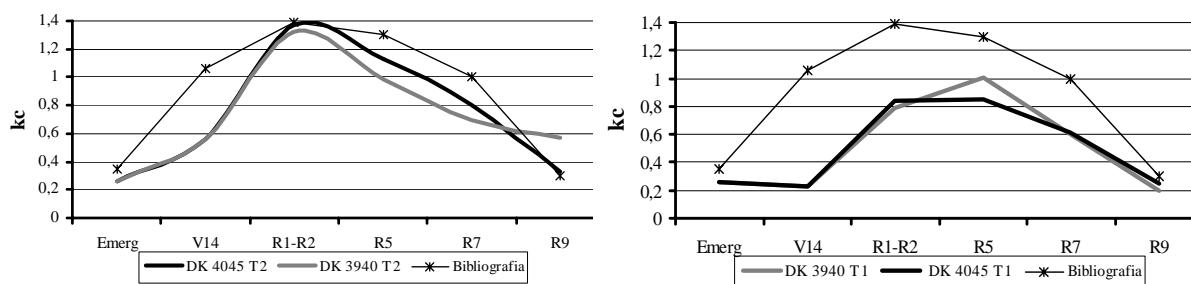
**Tabla 7: Resultados de Biomasa aérea total (BAT) en 1º corte - R1- de los híbridos DK 3940 y DK 4045 para cada tratamiento**

Tratamientos	DK 3940	DK 4045
T 0	1443,4a	1407,05a
T 1	2002,44a	2117,12a
T 2	2700,04 b	2725,32 b

Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) según Tukey

Desde la siembra hasta R1, Pe y ETo, fueron 84,5 mm y 224 mm respectivamente. En T2, DK 3940 y DK 4045 extrajeron del suelo 40 mm y 44 mm respectivamente, necesitando aplicarse en ambos híbridos 63 mm de riego para cubrir el déficit hídrico de este período. Al momento de inicio de floración los valores de kc fueron 1,32 y 1,37 para ambos híbridos respectivamente (Figura 3). En tanto que en T1 ambos híbridos extrajeron del suelo solamente 18 y 22 mm, obteniéndose valores de kr de 0,79 y 0,84 respectivamente (Figura 3). Los coeficientes kh resultantes -para T1- fueron 0,6 y 0,61 para cada hibrido, debido no sólo a la falta de riego, sino también a una menor extracción de agua del suelo.

Tyagi et al (2000) encontraron para girasol bajo riego y mediciones con lisímetros en Carmal, India, a 29.46° L N, valores de kc que se incrementan rápidamente de 1,06 a 1,39 en R1 (Figura 3), y valores también elevados en etapas vegetativas tempranas del cultivo ( $kc = 0,8$  en tercer semana de emergencia).



**Figura 3: Evolución del coeficiente del cultivo (kc) en diferentes etapas del ciclo de dos híbridos girasol (DK 4045 y DK 3940), en condiciones de riego (izquierda) y secano (derecha), comparados con Tyagi et al (2000).**

### **BAT. 2º corte:**

Se realizó en estado de floración (R3-R5,5), donde BAT se halló compuesta de tallo, hojas y capítulo, y la primera representó la mayor proporción. En este período se define gran parte de los componentes del rendimiento, y en él se hallaron diferencias significativas en la interacción tratamiento\*hibrido (Tabla 6), por lo cual no es posible analizar los factores principales por separado, comparándose los efectos simples de cada tratamiento entre híbridos. En los tratamientos T0 y T1, BAT de DK 4045 fue superior a DK 3940, con diferencias significativas entre promedios de 703 kg MS ha<sup>-1</sup> y 1195 kg MS ha<sup>-1</sup> respectivamente. En cambio, para el tratamiento con riego y fertilización (T2) se invirtió la situación, resultando DK 3940 con mejor respuesta y una diferencia significativa entre medias de 1642 kg MS ha<sup>-1</sup> (Figura 4). Por otra parte, analizando el comportamiento de cada híbrido según los tratamientos, DK 4045 tuvo un comportamiento bastante similar entre T1 y T2 (Figura 4), pero mayor que la condición testigo; mientras que DK 3940 tuvo escasa respuesta a la fertilización (T0  $\cong$  T1), pero con una diferencia altamente significativa cuando se aplicó riego (T2).

P y ETo fueron 65 mm y 87 mm respectivamente durante este periodo. En T2 se aplicaron 25,2 mm de riego a ambos híbridos para equiparar la demanda. El cultivo también extrajo agua del suelo, aunque en menor proporción que en la etapa anterior, resultando valores de kc de 1,13 y 1,00 respectivamente (Figura 3). En T1 el almacenamiento del suelo disminuyó 9 mm y 19 mm, lográndose valores de kr de 0,85 y 0,96 respectivamente. En cuanto a kh, los valores obtenidos fueron 0,75 y 0,96.

### **BAT. 3º corte:**

Se realizó en etapa de madurez fisiológica del grano (R9), ya terminada la translocación de fotoasimilados al destino, donde el capítulo representa la mayor parte de la BAT, y en menor proporción el tallo. Al igual que en el 2º corte, la interacción tratamiento\*hibrido fue significativa (Tabla 6), donde sólo T2 tuvo diferencias significativas entre ambos híbridos. Aquí también DK 3940 produjo más que DK 4045, con una diferencia de medias entre ambos de 1645 kg MS ha<sup>-1</sup>, similar a la encontrada en el 2º corte (Figura 4). Los demás tratamientos (T0 y T1) no mostraron diferencias significativas entre híbridos (Figura 5). En cuanto al comportamiento individual de cada híbrido según los tratamientos, fueron diferentes que en el 2º corte, con una tendencia creciente desde T0 a T2, aunque mucho más marcada en el híbrido DK 3940 (Figura 4).

P y ETo fueron de 24,5 y 128,6 mm respectivamente durante este periodo, debiéndose aplicar 50,4 mm de riego en ambos híbridos. Los valores de kc fueron 0,59 y 0,57 para DK 4045 y 3940 respectivamente (con riego), aún mayores que kr (0,45 y 0,27 respectivamente para seco). A su vez, los valores de kh encontrados fueron 0,76 y 0,47.

Comparando BAT entre 2º y 3º corte, en la condición testigo ninguno de los híbridos tuvo aumento de BAT; el tratamiento fertilizado (T1) tuvo un incremento de BAT respecto al 2º corte sólo en el híbrido DK 3940.



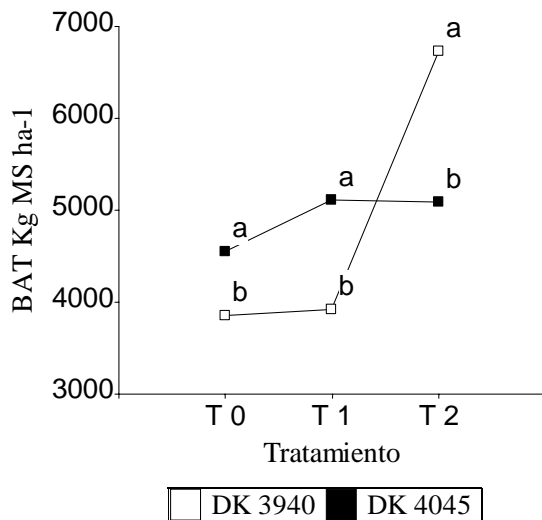


Figura 4: BAT segundo corte 09-11-08

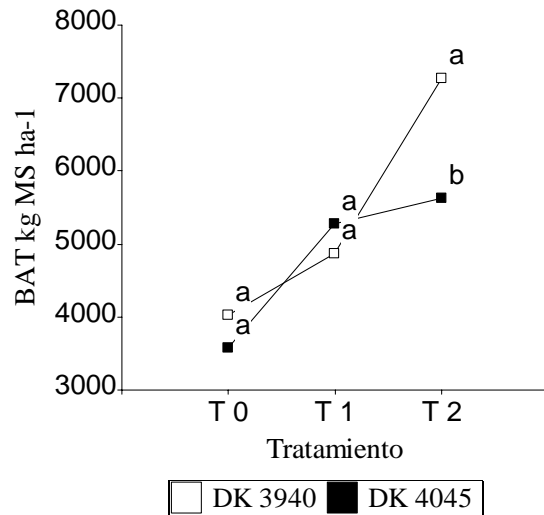


Figura 5: BAT tercer corte 03-12-08

Letras diferentes entre híbridos para cada tratamiento indican diferencias significativas según Tukey  $p < 0.05$

### Índice de área Foliar (IAF):

Esta medición se realizó en el 2° corte, en estado de floración (R3- R5.5), resultando también diferencias significativas en la interacción tratamiento\*híbrido (Tabla 6). El índice IAF se comportó del mismo modo que la BAT para este período fenológico, en consecuencia DK 4045 tuvo mayor IAF que DK 3940 en los tratamientos testigo y T1, aunque con diferencias significativas sólo en el testigo y sin alcanzar el valor crítico para girasol, que según Andrade et al. (1996) es próximo a 3 (Figura 6). En el tratamiento T2 se invirtió la situación anterior, resultando DK 4045 significativamente superior a DK 3940, alcanzando el valor de IAF crítico del cultivo.

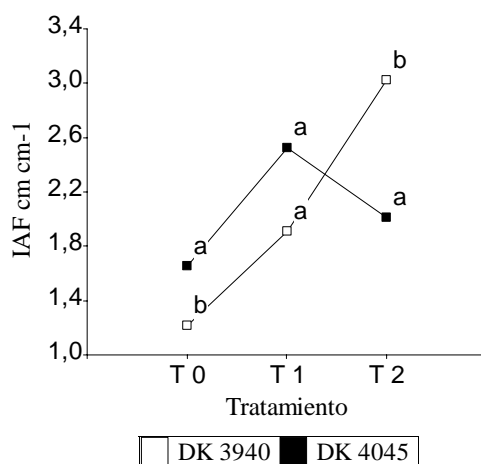


Figura 6: Índice de Área Foliar (IAF) de ambos híbridos para el período de floración.

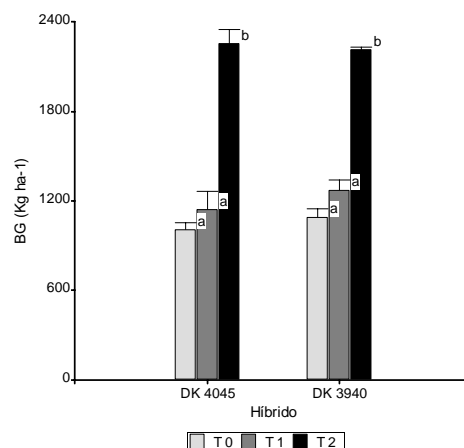


Figura 7: BG de girasol ajustada al 11% de humedad.

Letras diferentes entre híbridos para cada tratamiento indican diferencias significativas según Tukey  $p < 0.05$

Se destaca que en T2 DK 4045 tuvo menor IAF que en T1, producto de la pérdida de hojas por senescencia y por incidencia de hongos y bacterias. En tratamiento T2 se observó una

mayor evolución en los niveles de las enfermedades sobre todo de la mancha por *Septoria helianthi*. La aplicación de fungicida fue realizada en condiciones hídricas y de temperatura no convenientes para tal fin, reduciendo notablemente la eficiencia de control. Se observó una mayor presencia de bacteriosis en T2 de DK4045.

### **Biomasa de Grano (BG) y peso de 1000 Granos (P1000)**

Debido a que no se encontró diferencias significativas en la interacción tratamientos\*híbrido se pudo analizar los factores principales por separado (Tabla 6). No hubo diferencias significativas entre híbridos, pero sí a nivel de subparcelas con los tratamientos (Figura 7), donde T2 se comporto diferente a los tratamientos en secano fertilizado (T1) y no fertilizado (T0).

Como era de esperar, se destaca T2 respecto de T1 y T0. Para KD 3940, la diferencia de medias entre riego y secano (T1) fue 1064 kg ha<sup>-1</sup>. De similar manera DK 4045 bajo riego fue superior en 1112 kg ha<sup>-1</sup> con respecto a T1.

El peso de 1000 granos de T2 fue de 45 g para DK 4045 con 38 % de aceite (%A) y 34,5 g para DK 3940 con 48%A. En T1 DK 4045 pesó 27,7 g con 37%A y DK 3940 pesó 21,7 g con 34%A. En el caso de T0, DK 4045 pesó 26,2 g con 41%A y DK 3940 24,3 g con 44%A. Existe una predisposición genética de DK 3940, por ser de grano liso, a contener mayor %A y menor peso de grano. En cuanto a DK 4045 que es de grano estriado y con tendencia a tener mayor peso de grano y menor %A. Para obtener %A cercanos al potencial, es importante que el llenado de grano no sea acertado, por déficit hídricos y enfermedades (Aguirrezabal et al., 2001).

### **Eficiencia de Uso de Agua (EUA):**

Respecto a la producción de BG por milímetro consumido en los tratamientos T2, ambos híbridos se comportaron de manera similar (Tabla 8). T1 presentó mayor eficiencia en el híbrido DK 3940. En cuanto al agua aplicada en forma de riego, fue más eficientemente utilizada (EUAr) en el híbrido DK 4045.

**Tabla 8: Eficiencia de uso de Agua (EUA) y Eficiencia de uso de Agua de Riego (EUAr)**

	Tratamiento	EUA (kg m <sup>-3</sup> )	EUAr (kg m <sup>-3</sup> )
DK 4045	T1	0,48	
DK 4045	T2	0,65	1,02
DK 3940	T1	0,52	
DK 3940	T2	0,64	0,85

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

Bajo riego y fertilización ambos híbridos, en sus primeros estadios, consumieron más agua almacenada en el perfil y produjeron mayor BAT que los tratamientos en secano. Se destaca el consumo a mayor profundidad del híbrido KD 4045, el cual tuvo mayor crecimiento vegetativo en ambos tratamientos. Al llegar a floración los híbridos alcanzaron valores de kc acordes a lo expresado en otras experiencias, en cambio sin riego y con fertilización los valores de kr obtenidos, 0,79 y 0,84 para DK 3940 y DK 4045 respectivamente, demuestran severos déficits hídricos por la falta de precipitaciones. Ya

en el período reproductivo, se alcanzaron niveles de IAF indicados para realizar una buena captura de radiación en los tratamientos bajo riego. El híbrido DK 4045 irrigado sufrió mayor pérdida de hojas por senescencia y bacteriosis foliar. A pesar de ello la relación fuente/destino no se afectó ya que el peso de 1000 granos tuvo valores normales, pero su contenido de aceite no llegó a los estándares de comercialización (42%A). Al final del ciclo del cultivo, la BG lograda con riego y fertilización fue altamente superior a los tratamientos en secano de ambos híbridos, esto se demuestra claramente en la eficiencia de uso de agua (Tabla 5).

Si bien DK 4045 obtuvo mayor EUAr que DK 3940 (Tabla 5), este híbrido produjo un grano con mayor %A (45%), por lo que energéticamente utilizó mejor los carbohidratos para su transformación a triglicéridos que DK 4045 (38%A), obteniendo un grano de buena calidad comercial, dentro de los estándares comercializables sin castigos.

En el balance hídrico, ETo superó ETr, indicando posibles déficits hídricos, aún en los tratamientos bajo riego, esto hace pensar que mayores BG son posibles de obtener. Este aspecto, junto con la elevada variabilidad de las precipitaciones (CV% = 60,25) en el ciclo del cultivo justificaría la práctica de riego en girasol en el noreste de la provincia de Santa Fe.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRREZABAL L.; G. ORIOLI; L. HERNÁNDEZ; V. PEREIRA; J. MIRAVÉ J.** (1996) *Girasol, aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento*, INTA Balcarce, Facultad de Ciencias Agrarias UNMP. 111 p.
- ANDRADE, F.; V. SADRAS** (2000) *Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja*. EEA INTA Balcarce - Facultad de Ciencias Agrarias UNMP. Cap 4,5 y6, Pp 97-169
- ANDRADE, F. H.; A. G. CIRILO; S. A. UHART; M.E. OTEGUI.** (1996). *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Dekalbpres. Balcarce. 289 pp.
- AYERS, R. S.; D. W. WESTCOT.** (1987) *La calidad del agua en la agricultura*. Estudio FAO Riego y Drenaje N° 29 Rev. 1, 196 p.
- CAMUSSI G.; R. MARANO** (2008) “*Respuesta del trigo al riego suplementario en la región central de Santa Fe.*” Revista FAVE Sección Ciencias Agrarias Volumen 7 (1y2): pp 7-21.
- DOORENBOS J.; W. O. PRUITT** (1990) *Necesidad de agua de los cultivos* Estudio FAO Riego y Drenaje N° 24
- FADI KARAM; RAFIC LAHOUD, RANDA MASAAD, RABIH KABALAN, JOE<sup>^</sup> LLE BREIDI, CLAUDE CHALITA, YOUSSEF ROUPHAEL.** (2007). Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions
- MARANO R.P, M HERMAN; I CARNEVALE** (2006) *Estudio de la dinámica hídrica del cultivo de soja de segunda en la región central de Santa Fe*. Actas 3° Congreso de Soja del MERCOSUR. Rosario, 30 de junio 2006.
- MIRANDA, J. H.; C. PIRES.** (2001). *Irrigação 1*. Serie engenharia Agrícola 1. Piracicaba 410 p.
- PARRA, R; C. VIDAL; M. A. SOSA; S. PERICHE; A. F. WUTHRICH** (2005). *Diagnóstico de fertilización de Girasol en siembra directa para el norte santafecino*. Campañas 2002/2003, 2003/2004, 2004/2005. EEA INTA Reconquista.
- PARRA, R; A. F. WUTHRICH** (1989) *Fertilización del Girasol en el noreste de la provincia de Santa Fe*. Información para Extensión N° 30. EEA INTA Reconquista.

**TYAGI N. K.; D. K.HARMA; S. K. LUTHRA** (1999) *Determination of evapotranspiration and crop coefficients of rice and sunflower with lysimeter* Central Soil Salinity Research Institute, Karnal-132001, India

**VIDAL C.** (2006) *Evaluación de la aptitud de las tierras para riego por aspersión en el Noreste Santafesino*. FICH y FCA UNL