



## Respuestas del desarrollo fásico y el filocrono a extensiones del fotoperíodo.

Rafael Mac Donough y Antonio Juan Hall.  
Cátedra de Fisiología Vegetal, FAUBA e IFEVA (FAUBA/CONICET)

### Introducción

Los factores ambientales más relevantes en el control del desarrollo de los cultivos son la temperatura y el fotoperíodo y su importancia relativa depende de la sensibilidad de las plantas en cada fase. Evidencia anterior indica que en girasol la fase desde emergencia (E) a iniciación floral (FI) respondería como una planta de día largo o neutro y la siguiente, FI – inicio de antesis (R5.1) respondería como una planta de día corto o neutro, determinando una respuesta E-R5.1 neutra o de día corto (Rawson y Hindmarsh, 1982). Evidencia proveniente de experimentos sembrados en verano con: i) fotoperíodos naturales (13hs50' a la siembra y 11hs40' en antesis) vs. fotoperíodos extendidos de 16hs (Balbi, 2002); y ii) fotoperíodos naturales (14hs30' a la siembra y 13hs30' en antesis) vs. fotoperíodos extendidos de 14hs30' (de la Vega, 2001) es consistente con las anteriores. Estas respuestas podrían estar mediadas por varias alteraciones en el desarrollo, incluyendo cambios en el número final de hojas, en el filocrono y en duración de la fase de diferenciación floral (Balbi, 2002).

### Objetivo

Determinar el efecto del fotoperíodo sobre el filocrono y la duración de las fases E-FI, FI-R1 y R1-R5.1, para cinco genotipos de girasol.

### Materiales y métodos

Se sembró un experimento el 20/08/2002 (fotoperíodo natural 11hs a la siembra) con dos tratamientos, uno bajo fotoperíodo natural (FN) y con fotoperíodo extendido (FE) alargando la duración del día en 4hs (2 hs la mañana y 2hs a la tarde) con luz suplementaria de baja intensidad provista por tubos fluorescentes y lámparas incandescentes (relación rojo/rojo lejano 1.15, similar a la del sol; intensidad de PAR: entre 20 y 40  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ). Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con parcelas divididas. Se sembraron 3 bloques con tratamiento de fotoperíodo adjudicado a la parcela principal y 5 genotipos (Tabla 1) como subparcelas.

Se monitoreó el estado de desarrollo del cultivo desde iniciación floral (FI = FS1.3) hasta FS10 (que siempre coincidió con estrella visible) mediante el diseado periódico de ápices categorizándolos según la escala propuesta por Marc y Palmer (1981). Se estimó FS1.3 mediante regresión lineal inversa ajustada a la relación entre FS y tiempo térmico, utilizando todas las observaciones de ápices entre FS1.3 y FS10. También se registró el número de hojas aparecidas (más de 4cm de largo de lámina) en las plantas cosechadas para observación del ápice. A partir de estrella visible (R1), se monitorearon 6 plantas seleccionadas al azar en cada parcela representando el desarrollo de acuerdo a la escala no destructiva propuesta por Schneiter y Miller (1981) hasta fin de antesis (R6). Se estimaron, para cada genotipo y tratamiento, los momentos en los que el 50% de las plantas llegaron a R1 (estrella visible), R5.1 (inicio de antesis), R5.5 (mediados de antesis), R6 (antesis completa). En estas mismas plantas se registró el momento de aparición de las últimas 2 o 3 hojas, lo que permitió calcular el número final de hojas y el tiempo entre la aparición de la última hoja y R5.1. Se registró la temperatura media diaria del aire sobre el canopeo medida a 10m del sitio del ensayo, y se la utilizó para calcular el tiempo térmico usando como temperaturas cardinales:  $T_b = 4^\circ\text{C}$ ,  $T_o = 28^\circ\text{C}$  y  $T_{max} = 40^\circ\text{C}$  (Villalobos y Ritchie, 1992). Los análisis estadísticos y las regresiones se realizaron usando SAS (SAS system for Windows 8.2).

### Resultados

Tres de los genotipos acortaron el ciclo hasta R5.1 bajo FE (Paraíso20, HA89 y Morgan734), mientras que en otros dos (Aguará y HAR2B) no se produjeron modificaciones (Figura 1). Los efectos del fotoperíodo se manifestaron modificando diferencialmente la duración de cada fase y estos efectos fueron variables entre cultivares.

Los FE acortaron o no afectaron la duración de la fase E-FS1.3 de todos los genotipos. La duración de la fase siguiente, FS1.3-FS10, se acortó en tres genotipos, mientras que no se afectó en Aguará y se alargó en HAR2B. (Figura 1B y Tabla 1, ver ejemplos en Figura 2). No hubo efecto del fotoperíodo sobre la duración de la floración (R5.1 a R6) (datos no mostrados).

El número final de hojas varió poco excepto para HA89 y Paraíso 20. La mayoría de los genotipos redujo el filocrono bajo

FE (Tabla 1 y Figura 3). Bajo FE HA89 y Morgan 734 redujeron fuertemente el tiempo transcurrido entre la aparición de la última hoja y antesis (Tabla 1).

### Conclusión

Los resultados obtenidos muestran un efecto múltiple del tratamiento FE sobre el desarrollo fásico fuertemente modulado por el cultivar. Contribuyeron a determinar cambios en el desarrollo una o varias de las siguientes variables: duración de la fase E-FS1.3, número final de hojas, filocrono, duración de la fase FS1.3-R1 y tiempo entre la aparición de la última hoja y R5.1 (Tabla 1). Algunos de estos efectos habían sido informado por otros autores (Rawson y Hindmarsh, 1982; Balbi, 2002), pero nunca habían sido documentados en forma conjunta en experimentos a campo. No existen antecedentes de efectos del fotoperíodo sobre la duración del intervalo entre la aparición de la última hoja y R5.1, ni se ha informado acerca de efectos del fotoperíodo sobre el filocrono abarcando todas las hojas de niveles de inserción superiores a la quinta. Los resultados confirman observaciones de Balbi (2002), realizadas en condiciones de invernáculo, de efectos del fotoperíodo sobre la duración del intervalo FS1.3-FS10.

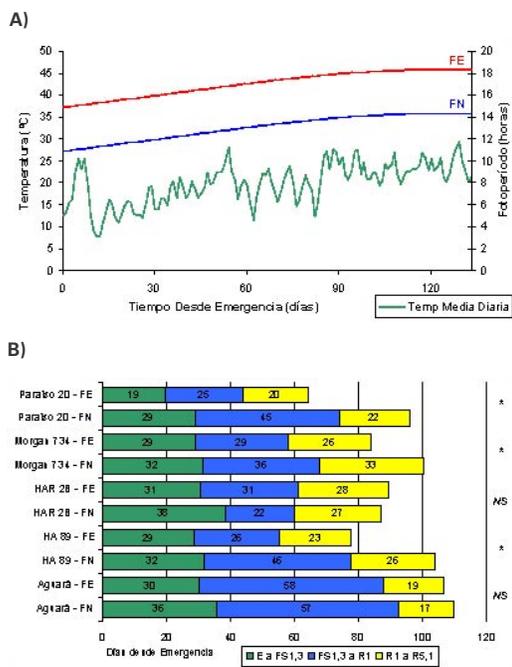
Un aspecto muy llamativo de los resultados es que en los cultivares utilizados, salvo Aguará y HAR2B, el tratamiento de FE produjo un adelantamiento de la floración. Esto contrasta con los resultados de Balbi (2002) y de la Vega (2001), a veces con los mismos cultivares, que encuentran que los fotoperíodos extendidos atrasaban la floración en algunos cultivares. Este contraste entre ensayos plantados en fin del invierno y en el verano plantea una importante serie de preguntas respecto de la naturaleza del control fotoperiódico del desarrollo en girasol.

### Referencias

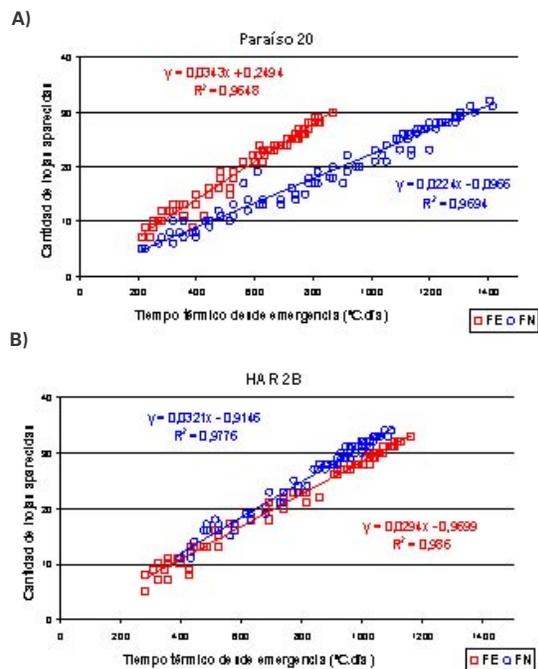
Balbi M. C. (2002). Fotoperíodo, genotipo y la duración de las etapas ontogénicas preflorales en girasol. Trabajo de intensificación, Facultad de Agronomía, UBA. 25 pgs.  
De la Vega, A. J. (2001). Interacciones genotipo x ambiente y mejoramiento de girasol para las regiones central y norte de Argentina. Tesis Doctoral, Facultad de Agronomía, UBA. 291 pgs.  
Marc, J. and J. H. Palmer (1981). Photoperiodic sensitivity of inflorescence initiation and development in sunflower. Field Crops Research 4: 155-164.  
Rawson, H. M. and J. H. Hindmarsh (1982). Effects of temperature on leaf expansion in sunflower. Australian Journal of Plant Physiology. 9: 209-219.  
Schneiter, A. A. and J. F. Miller (1981). Description of sunflower growth stages. Crop Science. 21: 901-903.

**Tabla N° 1:** Duración de las fases E-FS1.3 y FS1.3-FS10, N° Final de Hojas, filocrono promedio, y tiempo térmico desde aparición de la última hoja hasta principio de antesis (R5.1), para 5 genotipos y dos tratamientos de fotoperíodo. Los valores son promedios y (error estándar). Se destacan diferencias significativas entre tratamientos de fotoperíodo (al 5% en rojo y al 10% en verde)

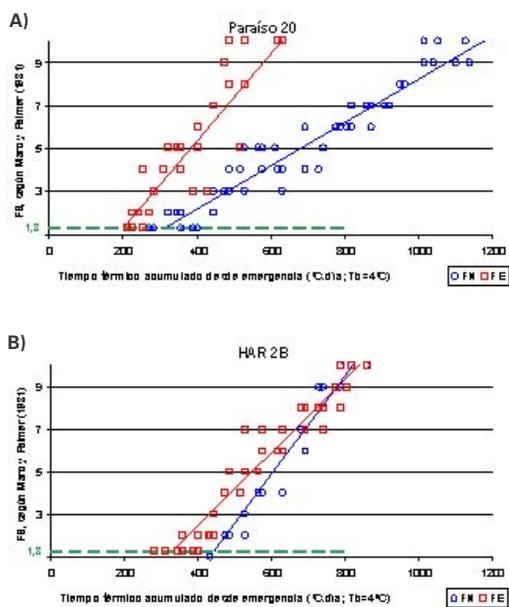
Genotipo	Trat.	E - FS1.3 (°C.día)	FS1.3 - FS10 (°C.día)	N° Final de Hojas	Filocrono Promedio (°C.día/hoja)	Tiempo entre última hoja y R5.1 (°C.día)
Paraíso 20	FE	201	330 (13)	25,9 (0,36)	29 (0,2)	107 (7)
	FN	312	700 (18)	28,4 (0,34)	45 (0,2)	140 (11)
Morgan 734	FE	313	460 (6)	28,4 (0,31)	33 (0,2)	225 (7)
	FN	348	569 (9)	29,7 (0,1)	37 (0,2)	386 (3)
HAR2B	FE	334	480 (5)	30,5 (0,1)	35 (0,1)	208 (2)
	FN	446	353 (9)	31,4 (0,2)	32 (0,2)	217 (12)
HA89	FE	308	422 (6)	27,5 (0,33)	33 (0,1)	163 (9)
	FN	353	715 (8)	32,5 (0,5)	39 (0,2)	303 (13)
Aguará	FE	329	919 (19)	32,7 (0,59)	45 (0,1)	134 (6)
	FN	400	939 (8)	31,6 (0,31)	46 (0,3)	196 (10)



**Figura 1:** A) Marcha de la temperatura y el fotoperiodo (fotoperiodo natural, FN, y fotoperiodo expandido, FE) durante el experimento (siembra: 20/08/2002). B) Duración de fases de 5 genotipos bajo los dos tratamientos fotoperiódicos mostrados en la figura 1 A. Iniciación floral (FS1.3), fue determinado mediante diseado de ápices según Marc y Palmer (1981). Los estados denominados con R, corresponden a la escala de Schneiter y Miller (1981) (R1, estrella visible; R5.1, inicio de antésis). Se informan diferencias significativas al 5% (asteriscos) y no significativas (NS) en la duración del periodo E-R5.1.



**Figura 3:** Efecto de la extensión del fotoperiodo sobre la marcha de la aparición de hojas en dos genotipos con respuestas contrastantes. Cada punto representa una observación en una repetición particular. La inversa de las pendientes de las rectas ajustadas arrojan el valor de filocrono.



**Figura 2:** Efecto de la extensión del fotoperiodo sobre la marcha del desarrollo del ápice (escala de estados florales, FS, según Marc y Palmer, 1981) para dos genotipos con respuestas contrastantes. Cada punto representa una observación. La intersección de las rectas ajustadas con la horizontal FS1.3 representa el momento de iniciación floral.