

# RESPUESTA FOTOPERIODICA DE TRES CULTIVARES DE LINO (*Linum usitatissimum* L.)

D. SORLINO\*

Recibido: 01/03/94

Aceptado: 14/12/94

## RESUMEN

Se realizó el estudio de la respuesta fotoperiódica de tres cultivares de lino oleaginoso (Areco INTA, Salto INTA y Rojas INTA) mediante el análisis de los resultados obtenidos de fechas de siembra continuadas a campo por un período de dos años y medio.

La respuesta encontrada puede ser descripta mediante una función de tipo lineal para fechas no muy lejanas a las tradicionalmente utilizadas en la zona linera argentina. Fuera de ese período el efecto de la falta de vernalización modifica la respuesta de modo tal que se aleja de la función lineal. Con fotoperíodos menores a 12,2 horas(hs.), los tratamientos vernalizados no mostraron sensibilidad fotoperiódica. Para la gama de fotoperíodos que se dan en la región pampeana las plantas no llegarían a estar sometidas valores correspondientes al fotoperíodo óptimo.

**Palabras clave:** Lino, *Linum usitatissimum*, Temperatura, Fotoperíodo, Vernalización.

## PHOTOPERIODIC RESPONSE OF THREE FLAX CULTIVARS (*Linum usitatissimum* L.)

### SUMMARY

The photoperiodic response investigation of three flax cultivars (Areco INTA, Salto INTA and Rojas INTA) was made through the analysis of results derived from of continuous sowing dates carried out in the field during a term of two years and a half.

The response can be described by a lineal function for similar dates to those traditionally used in the Argentine flax zone. Out of this period the result of lack of vernalization modifies the response making it different from the lineal function.

The vernalized treatments did not show photoperiodic sensitivity for photoperiods less than 12.2 hours. Within the range of photoperiods that take place in the pampa zone, the plants would not be submitted to values corresponding to the best photoperiod.

**Key words:** Flax, *Linum usitatissimum*, Temperature, Photoperiod, Vernalization.

### INTRODUCCION

Internacionalmente, la Argentina desempeña desde hace décadas un rol destacado en la producción de lino oleaginoso. En los últimos años ha disminuido por la competencia que sufre el aceite por parte de productos sintéticos derivados del petróleo; no obstante, regionalmente el lino conserva una gran importancia ya que en Entre Ríos, centro de Santa Fe y sur de Buenos Aires es parte

importante de las rotaciones, ocupando suelos que normalmente no son utilizados para otras oleaginosas.

El rol que desempeñó y desempeña en el país no ha sido acompañado de suficiente investigación, quizás la baja rentabilidad de las zonas marginales donde se cultiva no justifica la utilización de técnicas avanzadas.

---

\* Cátedra de Cultivos Industriales, Facultad de Agronomía (U.B.A.). Av San Martín 4453 (1417) Buenos Aires

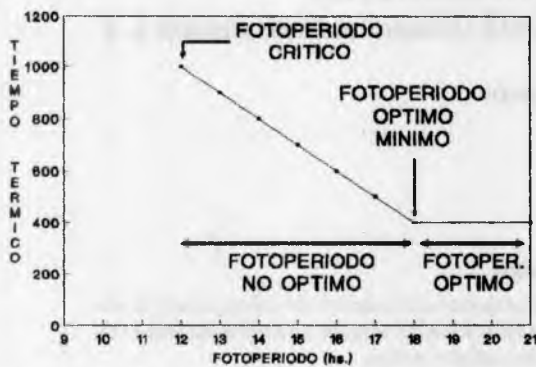


Figura 1: Esquema del tipo de respuesta fotoperiódica en plantas de días largos.

La posibilidad de entrada al mercado de cultivares de bajo contenido de ácido linoléico (Weis, 1993), que permitiría el uso del aceite de lino para consumo humano, el uso de sus rastrojos para la fabricación de aglomerados, y la importancia regional ya destacada, aconsejan renovar esfuerzos tras la meta de mejorar su cultivo y producción.

El conocimiento de los factores que intervienen en la regulación de la duración de las etapas fenológicas permitiría entender el comportamiento de los distintos cultivares ante diferentes estímulos ambientales y así dar la solución a problemas que puedan presentarse para el logro de una optimización en la producción.

La temperatura, por acción positiva, en cualquier cultivo es el factor primario en la regulación del desarrollo, el que también es modulado por otros factores como el fotoperíodo y la vernalización. (Hodges, 1991).

Para la etapa emergencia-floración de los cultivos se ha definido al fotoperíodo óptimo (FO), el que no provoca atrasos en la floración; por su acción el subperíodo emergenciafloración se produce en un número constante de días llamado fase vegetativa básica (FVB).

El fotoperíodo óptimo mínimo (FOM) separa al FO del no óptimo (FNO), siendo este último el responsable de atrasos en el inicio de la floración. La zona del FNO es la zona donde existe respuesta

al estímulo fotoperiódico y la función que permite describir esta fase es de tipo lineal, (Major *et al*, 1991). La Fig.1 esquematiza lo descripto. (Major, 1983).

La influencia de la duración de día (crepúsculos incluidos) sobre las plantas de lino ha sido poco estudiada. La bibliografía informa que a partir de un fotoperíodo algo superior a 12 horas (hs), todo fotoperíodo medio superior acelera el desarrollo lo que determina que a mayores fotoperíodos se requerirán sumas térmicas menores y viceversa. Es decir para una dada duración de día existe una dada suma de temperaturas (De Fina, 1939 y Pascale *et al*, 1967/68).

Más recientemente, se ha encontrado en invernáculo una respuesta de tipo lineal a las variaciones en el fotoperíodo entre 12 hs y 24 hs, para dos cultivares de origen canadiense (Major, 1980). Estos valores no serían extrapolables a los cultivares y a las condiciones ambientales de la Argentina, ya que existen diferencias entre genotipos y el fotoperíodo en invierno llega a valores más bajos (menos de 11 hs).

#### MATERIALES Y METODOS

Con los cultivares Areco INTA, Salto INTA y Rojas INTA, se realizaron siembras continuadas a campo a lo largo de dos años y medio (1987, 1990 y 1991); Las mismas fueron siembras quincenales en 1987 y mensuales en los otros años, en 1993 se agregaron siembras de enero y febrero.

El lugar del ensayo fue el campo experimental de la Cátedra de Cultivos Industriales ubicado a escasos 300 m del Observatorio Meteorológico de Villa Ortúzar, de donde se obtuvo la información de temperaturas.

Los tratamientos contemplaron la utilización de semilla vernalizada y sin vernalizar, en ambos casos pregerminada 48 hs a 20°C. Para la vernalización, las semillas se colocaron en rollos de papel-toalla humedecido el primer año y en vermiculita el segundo año, permaneciendo 18 días en heladera a 4°C. (Pascale, 1956)

Las parcelas consistieron en cuatro surcos de tres metros cada uno, dos vernalizados y dos sin vernalizar. El diseño del experimento fue en bloques con tres repeticiones por tratamiento.

El número total de fechas de siembra fue de 22 (13 el primer año y 9 el segundo año y medio). En cada una se realizaron todas las observaciones fenológicas correspondientes, aunque las únicas relevantes para este experimento fueron las de emergencia a principio de floración.

**RESULTADOS Y DISCUSION**

Existió una variación en la duración del ciclo total de los tres cultivares con los distintos tratamientos; a medida que la fecha de siembra se atrasó de marzo hasta febrero el ciclo del cultivo se redujo como así también la altura de las plantas. La reducción señalada fue principalmente producto de una variación en la duración de la etapa emergencia - principio de floración por acción del fotoperíodo y la temperatura. (Ellis *et al*, 1988). Un ejemplo de lo antedicho se señala en la figura 2, en la cual se vuelcan los resultados de 1987 para 3 cultivares con y sin vernalización. La variación entre tratamientos en cada fecha de siembra fue pequeño, en especial en siembras cercanas a las normales.

La respuesta fotoperiódica de los tres cultivares varió de acuerdo a si se trataba de tratamientos vernalizados o sin vernalizar.

El tratamiento de vernalización permitió que se exprese más claramente el efecto del fotoperíodo que de otra manera hubiera quedado confundido por acción de la falta de vernalización en fechas de siembra extremas.

Las plantas que ya habrían tenido satisfecho su requerimiento en frío, florecieron cuando la temperatura y el fotoperíodo lo permitieron.

Esta situación fue especialmente evidente en



Figura 2. Duración del ciclo en días para distintos tratamientos y fechas de siembra realizados en 1987.

fechas de siembra cercanas al verano; en fechas de siembra próximas a las comúnmente utilizadas en sistemas de producción (junio a julio) hubo escasa diferencia entre los tratamientos vernalizados y sin vernalizar.

En tratamientos sin vernalización los fotoperíodos superiores a 15hs se corresponden con acumulaciones térmicas bastante similares a las alcanzadas con fotoperíodos entre 14 hs y 15hs (fig. 4). Si se suma a esto la tendencia observada en los valores dentro del rango que se extiende de las 12 hs. a las 12,5 hs., bien podría establecerse una curva hiperbólica como la descrita por De Fina (1939) y reafirmada por Durand *et al*, (1967).

Sin embargo, las plantas de lino sometidas a tratamiento de vernalización no presentan similar respuesta evidenciándose un mejor ajuste a una recta. Los valores correspondientes a las mayores duraciones de día en plantas vernalizadas (alrededor de 14,4 hs) sumaron menos temperatura que en el caso de los tratamientos sin vernalizar (se trató de fechas más cercanas al verano). Pero los valores más llamativos son los logrados con fotoperíodos menores a 12,2 hs. Estos casos corresponden a fechas de siembra tempranas (marzo - abril) que adelantaron su floración al invierno con fotoperíodos entre 10hs y 11,5hs pues ya tenían su requerimiento en frío cubierto y florecieron luego de recibir el estímulo fototérmico adecuado.

Esto último evidenciaría carencia de sensibilidad fotoperiódica cuando el fotoperíodo es menor a 12,2 hs de modo tal que este valor sería el correspondiente al fotoperíodo crítico. (Fig 1).

Ninguna de las fechas de siembra realizadas habría llegado al FO lo que sería esperable teniendo en cuenta estudios en ambiente controlado realizados con los cultivares Noralta y Redwood (Major, 1980) en los que el FO se alcanzó con fotoperíodos de 16 hs y 18hs respectivamente, a los cuales no se llega a campo en la latitud de Buenos Aires.

Los fotoperíodos cercanos a 15 hs. que se alcanzaron en este experimento podrían corresponder al FOM, pero para poder asegurarlo sería necesario realizar ensayos con fotoperíodos mayores en condiciones controladas.

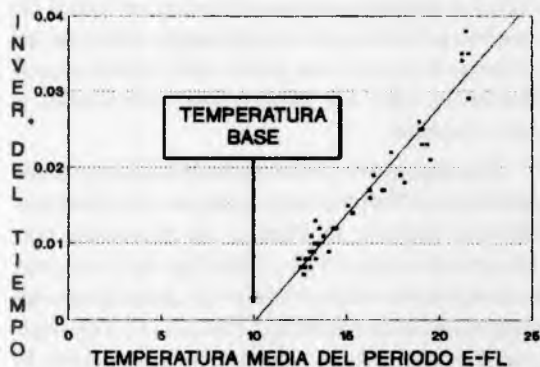


Figura 3: Temperatura base obtenida por método gráfico. latitud de Buenos Aires.

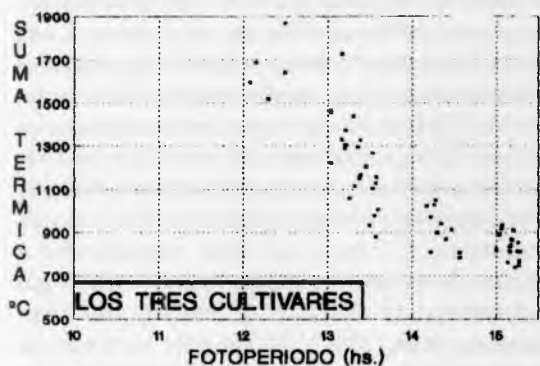


Figura 4: Respuesta fotoperiódica de 3 cultivares de lino sin tratamiento de vernalización.

El grueso de las fechas de siembra expresaron su floración en la zona del FNO verificándose la función lineal como la más adecuada para describir el proceso.

Las sumas térmicas empleadas utilizaron una temperatura base de 2°C, valor obtenido mediante una metodología iterativa que por regresión obtuvo el valor con el mejor ajuste entre temperaturas base de 0°C a 12°C.

Para determinar la temperatura base también se utilizaron el coeficiente de variabilidad y el método gráfico, pero resultaron métodos inadecuados pues el efecto fotoperiódico determinó valores erróneos.

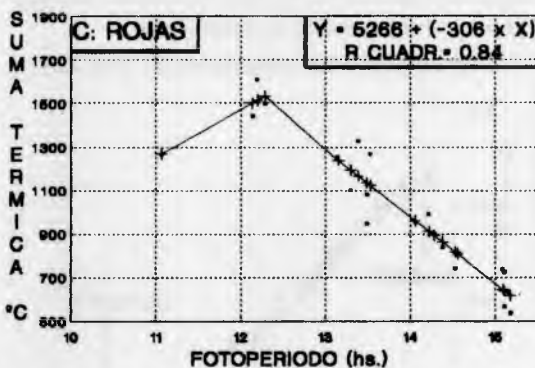
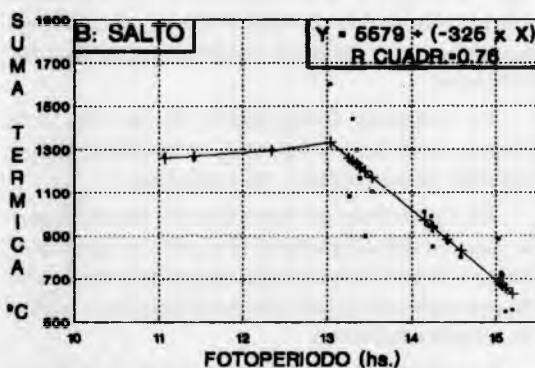
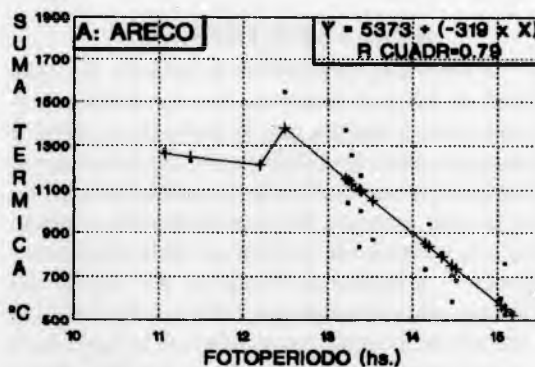


Figura 5: Respuesta fotoperiódica de 3 cultivares de lino (A: Areco, B: Salto, C: Rojas) con tratamiento de vernalización.

Temperaturas medias altas estuvieron asociadas a fotoperiodos largos que redujeron la duración del período analizado y así modificaron los datos resultantes. Es decir que estos métodos no permiten aislar el efecto térmico del fotoperiódico.

La figura 3 muestra la temperatura base de 10°C obtenida en forma gráfica mediante la combinación de datos de los tres cultivares utilizados en el ensayo. Como temperatura base, 10°C resulta alta si se tiene en cuenta que en heladera a 4°C el lino tiene algún crecimiento y que otros cultivos de invierno como por ejemplo el trigo tienen una temperatura base de 0°C (Ritchie *et al*, 1991). Es así que, estas metodologías sólo son recomendables con datos obtenidos en condiciones de ambiente controlado con fotoperíodo constante.

Juntando la respuesta de los tres cultivares se confeccionó la figura 4, en la cual se visualiza la suma térmica correspondiente a los fotoperíodos de principio de floración de cada fecha de siembra en tratamientos sin vernalizar y se puede observar la falta de floración con fotoperíodos inferiores a 12 hs y la distribución de los puntos parecen describir una curva de tipo hiperbólica similar a las encontradas en la bibliografía (Durand *et al*, 1967; De Fina, 1939).

Los tratamientos con vernalización muestran una respuesta diferente, bastante aproximada al del esquema de la figura 1 (Fig. 5, A,B y C). La presencia del estímulo vernalizante permite apreciar en forma más independiente el efecto fotoperiódico puro y establecer alrededor de 12,2 hs el valor del fotoperíodo crítico.

La pendiente de la recta delimitada por fotoperíodos de 12,20 hs. y 15,5 hs es reflejo de la sensibilidad fotoperiódica de cada cultivar; como se puede observar en la fig. 5 (A,B y C) y en las correspondientes fórmulas, los tres cultivares usados tienen pocas diferencias entre sí. Este comportamiento concuerda con la diferencia en pocos días que los tres cultivares tienen en el largo de la etapa emergencia - principio de floración a campo.

En un rango bastante amplio de fotoperíodos que va desde aproximadamente 13 hs hasta 14,5 hs los momentos de floración de los tratamientos vernalizados prácticamente no difirieron con los sin vernalizar. Este rango incluye a las fechas de siembra normales e incluso a otras con cierto adelanto o atraso. De modo tal que la relación establecida

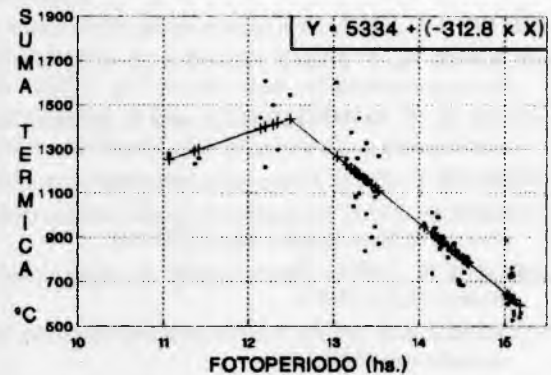


Figura 6: Respuesta fotoperiódica de los 3 cultivares vernalizados.

describe en forma aproximada la respuesta que a campo pudieran tener cultivos de lino sembrados a latitudes no muy alejadas a las del lugar del ensayo.

La figura 6 resume en un solo gráfico el ajuste encontrado para los tres cultivares por separado en la figura 5 (A,B y C). La disminución de la duración de la etapa que se registra por debajo del fotoperíodo de 12.2 hs es atribuible al escaso número de observaciones en ese sector más que a una tendencia real. Pero resulta admisible que el quiebre de la recta en esa zona determine el fotoperíodo crítico.

## CONCLUSIONES

Los tres cultivares mostraron una respuesta lineal al fotoperíodo por encima de 12.2 hs.

El efecto de la falta de vernalización en fechas extremas enmascara el efecto fotoperiódico. Con el tratamiento de vernalización se pudo establecer un fotoperíodo crítico de 12.2 hs y falta de sensibilidad fotoperiódica con fotoperíodos menores.

No es posible a campo determinar el FOM ni el FO para lo cual se requieren condiciones de ambiente controlado.

La temperatura base de 2°C permitió un ajuste aceptable.

**BIBLIOGRAFIA**

- DE FINA A. (1939). Días que determinan la floración en lino. (*Linum usitatissimum* L.) *Physis*, 18:291-315.
- DURAND R., P. PARCEVEAUX y P. ROCHE (1967). Action de la temperature sur la croissance et le developpement du lin. *Ann. Physiol. Veg.* 9(1):87-105.
- ELLIS R., R. SUMMERFIELD and E. ROBERTS (1988). Effects of temperature, photoperiod and seed vernalization on flowering in Faba Bean (*Vicia faba*). *Annals of Botany*. 61:1-11.
- HODGES T. (1991). Temperature and water stress effects on phenology. CRC Pres, Boca Raton, USA Cap. 3.
- MAJOR D. (1980). Photoperiod response characteristics controlling flowering of nine crops species. *Canadian Journal of Plant Science*. 60 (3):777-784.
- MAJOR D. (1983). Determination of photoperiod response characteristics using a greenhouse. *Int J. Biomet.* 27(2):117-124.
- PASCALE A.J. (1956). Técnica de la vernalización para la investigación bioclimática en cereales. *Ingeniería Agronómica*. 14(5):3-10.
- PASCALE A.J., C. REMUSSI y A.M. DE ROSBACO (1967). Exigencias bioclimáticas del lino y su relación con la evolución del cultivo en Argentina. *Rev. Fac. Agr. y Vet. de Buenos Aires*. 17 (1): 5-28.
- RITCHIE J. and D. NESMITH (1991). Temperature and Crop Development. En *Modeling Plant and Soil Systems. Agronomy Monograph* N° 31. ASA-CSSA-SSSA. 5-29.
- WEISS E. (1993). Linola. Un nuevo aceite comestible. Trad. de *Oils and Fats Internacional*. 9(3):23-24.