

FENOLOGIA DE LA FLORACION EN LINO (*Linum ussitatissimum* L.)

Daniel Sorlino

Cátedra de Cultivos Industriales, Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía,
Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires, Argentina.
Proyecto Subsidiado por UBACyT.

RESUMEN

Se estudió la duración de la etapa de floración en 19 fechas de siembra, durante 2 años y con 3 variedades de lino. El tiempo térmico de la etapa fue más largo en las siembras tempranas que en las tardías, pero sin encontrar diferencias entre tratamientos vernalizados y sin vernalizar. El fotoperíodo tuvo influencia aparente en plantas vernalizadas y siembras tempranas pero no tan claramente en todas las variedades y en el tratamiento sin vernalización. El conteo de flores fue realizado diariamente en pequeñas subparcelas de un segundo experimento con 3 variedades diferentes y 4 fechas de siembra (J, J, A y O). Se observó principalmente la distribución de la floración, la aparición de primera a última flor y la tasa de aparición de dichas flores.

Palabras Clave: Floración, Temperatura y Fotoperíodo.

SUMMARY

The length of flowering stage was studied in 19 sowing dates, 2 years and 3 varieties of flax. The thermal time of the stage was more long in early sowing dates than in latest, but vernalized and unvernallized plants haven't differences. The photoperiod have influence in vernalized plants of early sowing but not clearly in all varieties and in unvernallized. Flowers count were maked in small subplot on 3 different varieties at 4 sowing dates (J, J, A and O) every day since first flower to last flower. Principal data observed were the daily flowers counts and flowering rate.

Key Words: Flowering, Temperature, Photoperiod.

INTRODUCCION

La variación en el número de frutos por m² en general influye sobre el rendimiento en grano de los cultivos mucho más que otros componentes del rendimiento (semillas por fruto o peso de las semillas) (Albrechtsen *et al.*, 1973). El número de flores aparecidas en lino oleaginoso es entonces un antecesor de ese componente del rendimiento cuya evolución y dinámica resulta de interés en especial teniendo en cuenta que en esta especie la floración es un proceso prolongado en el tiempo y, por consiguiente, expuesto a distintos factores adversos que pueden afectar en diferente grado el número de flores producidas y a través de ellas el rendimiento final.

Lo antedicho sería particularmente cierto en cultivares como el lino de siembra primaveral (en el H.N.) donde el aborto de flores es conocido y reducido (Dybing *et al.*, 1988). En la Argentina el aborto más importante no está asociado a bajas temperaturas sino a altas temperaturas y falta de humedad conjuntas durante la floración y el comienzo del bolilla-

miento (Kugler, 1947).

Cabe acotar que el lino se trata de una especie donde la observación de la floración es muy definida y clara ya que las flores de un día se abren por la mañana y sus pétalos caen cerca del mediodía, unas pocas horas después. De este modo el conteo se vuelve muy confiable en comparación con el de otras especies.

Los patrones de floración en cultivares de siembra primaveral (en el H.N.) fueron estudiados bajo riego en California sumando al análisis un cultivar de origen argentino. El patrón observado fue cíclico, todos los cultivares tuvieron un segundo flujo de floración e incluso un tercero. El cultivar argentino tuvo el flujo inicial de floración más largo (61 días) y luego tuvo un segundo flujo cuando el resto de la variedades ya estaba en su tercer flujo de flores (Davidson *et al.*, 1965). En ambiente controlado este comportamiento fue verificado (Hovland *et al.*, 1973). Reguladores hormonales producidos en las bolillas determinarían las caídas de cada flujo de floración (Hovland *et al.*, 1973)

El H.N. tiene rangos de fecha de siembra bastante acotados (particularmente Canadá, el principal productor mundial) por frío al final del ciclo. En las condiciones de inviernos benignos dadas en la zona pampeana de la Argentina lo antedicho no ocurre y el rango de fechas de siembra (particularmente invernales) es bastante más amplio (Acosta, 1988). En fechas de siembra normales hay un segundo flujo de floración pequeño e indeseable (denominado rebrote) (Acosta, 1988) pues complica la operación de cosecha por incremento de material verde que entra a los órganos de trilla y limpieza. Los porcentajes de rebrote han sido cuantificados entre un 1% y un 4% del flujo principal en siembras normales (Acosta, 1988).

Aportar información sobre la duración de la floración como fenómeno fenológico y el ritmo de aparición de flores en distintas fechas de siembra puede ser de utilidad para relacionar esa información con datos de rendimiento mediante de metodologías predictivas (Dybing *et al*, 1988).

MATERIALES Y METODOS

Se realizaron dos experimentos en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de Buenos Aires (34° 25' S, 58° 29' W y 25 m s.n.m.). En el primero de ellos se sembraron 19 fechas de siembra continuadas a lo largo de 2 años utilizando 3 cultivares de lino oleaginoso nacionales (Areco, Salto y Rojas, todos de INTA). En el segundo se realizaron 4 fechas de siembra en 1995 (emergidas en: junio 1, julio 19, agosto 29 y octubre 23) y se usaron dos cultivares nacionales: Tape y Rojas, y uno de origen canadiense: Linott.

Cada cultivar, en cada fecha de siembra y en los dos experimentos tuvo dos tratamientos: Sin vernalización (pregerminadas para la siembra) y Con vernalización previa pregerminación (18 días a 5°C en heladera). El diseño de los experimentos fue similar: 3 bloques aleatorizados utilizando microparcels (Atlin *et al*, 1992) que en cada fecha de siembra fueron subdivididas según tratamiento de vernalización y cuyo formato fue de 4 surcos (15 cm entre si) por 3-4 m de largo según año. En el primer ensayo, las observaciones reali-

zadas con metodologías agroclimáticas convencionales (Sorlino, 1995), fueron las de emergencia (E), principio de floración (PF) y fin de floración (FF), y, por otro lado, en el segundo experimento se hizo el conteo diario de flores en submuestras de 30 cm de surco ubicadas dentro de las parcelas

Todas las parcelas fueron regadas manualmente, fertilizadas y realizados los controles fitosanitarios correspondientes.

RESULTADOS

La figura n° 1, muestra el resultado obtenido en el primer experimento con el cultivar Areco como ejemplo (Salto y Rojas fueron similares).

Las 19 fechas de siembra fueron divididas empíricamente en tres grupos que representarán: A) fechas de siembra tempranas, B) fechas de siembra cercanas a las normales y C) fechas de siembra tardías.

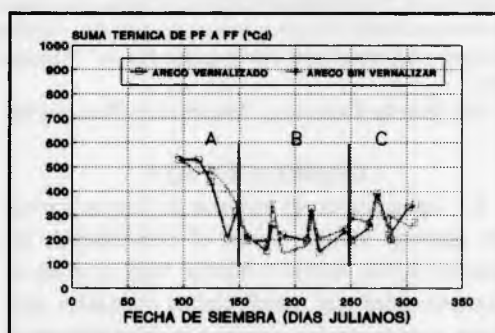


Figura n° 1: Tiempo térmico de la floración en el cultivar Areco en 19 siembras continuadas.

Entre tratamientos de vernalización no se detectaron diferencias significativas en la mayoría de las fechas de siembra y en los tres cultivares.

Los tres cultivares tuvieron mayor duración de la floración, medida en tiempo térmico (TT), particularmente hasta las 2-3 primeras fechas de siembra salvo con Rojas sin vernalizar.

La variación en TT entre una muy amplia gama de fechas de siembra fue, estadísticamente, baja (sólo algunas diferencias, Cuadro n°1). El TT se calculó en base a una temperatura base (TB) de 4°C que resultó la más adecuada de las obtenidas por prueba iterativa de temperaturas base entre valores establecidos de 2°C y 5°C.

Cuadro n°1: TT medio de la etapa de floración en 3 cultivares de lino oleaginoso. Las filas A,B y C dividen a las 19 fechas de siembra en tempranas, medias y tardías respectivamente. A=Areco, S=Salto, R=Rojas, V=Vernalizado, SV=Sin Vernalizar.

	A SV	A V	S SV	S V	R SV	R V
A	451 a	403 a	379 a	336 a	345 a	433 a
B	225 b	219 b	256 b	242 a	262 a	260 a
C	280 ab	277 b	322 ab	289 a	312 a	303 a

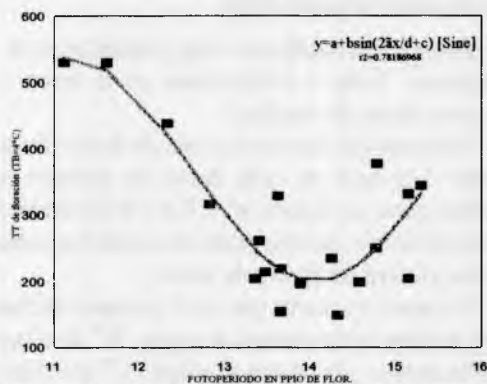


Figura n°2: TT de PF a FF de floración en función del fotoperíodo del día de PF. Cultivar Areco vernalizado en 19 siembras.

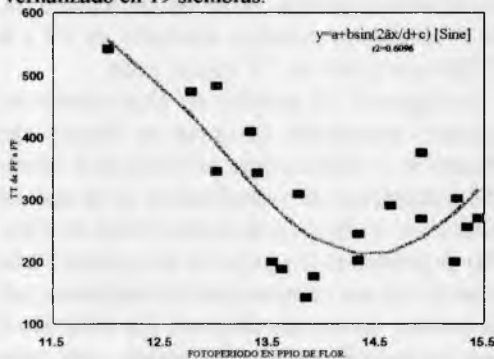


Figura n°3: TT de PF a FF de floración en función del fotoperíodo del día de PF. Cultivar Areco sin vernalizar en 19 siembras.

Areco marcó especialmente diferencias para las siembras tempranas y Salto sin vernalizar tuvo un comportamiento similar. Analizando tendencias, el grupo B tuvo en todos los casos

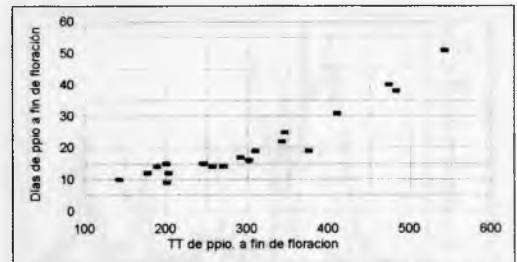


Figura n° 4: Contraste entre la duración de la floración en días y la duración en TT. Cultivar Areco sin vernalizar.

el menor promedio de TT.

El TT permitió establecer gráficos que mostraran claramente la posible acción de otros factores sobre la duración de la etapa de floración como por ejemplo: fotoperíodo y vernalización (Figuras n°2 y 3). El cultivar Areco fue el de más clara respuesta, Rojas sólo tuvo respuesta similar en el tratamiento vernalizado y Salto no respondió así en ningún caso.

La función de mejor ajuste resultó ser la función "seno" que figura en el cuerpo de cada gráfico.

La relación entre el TT de PF y FF y los días para igual período en plantas no vernalizadas no fue lineal. Por encima de 300°Cd no existió la misma relación que por debajo de dicho valor en donde el número de días varió entre 10 y 15 para 10 fechas de siembra mientras que por encima varió entre 15 y 50 días para las restantes 9 fechas de siembra (Figura n° 4). En realidad sólo 4 de ellas parecen alejarse claramente del resto. En fechas de siembra tardías el TT varió más que proporcionalmente en relación al número de días que le correspondió.

En el segundo experimento se pudieron establecer curvas de floración para los diferentes cultivares y en las 4 fechas de siembra; la diferencia con el tratamiento vernalizado sólo fue evaluado en el cultivar Rojas.

Una distribución de tipo "Normal" fue la que mejor representó la aparición diaria de flores en todos los cultivares y fechas; pero en las 2 fechas de siembra más tempranas se dieron segundos flujos (más pequeños) de floración en los cultivares nacionales, en tanto que Linott mostró 2 picos adicionales en igual

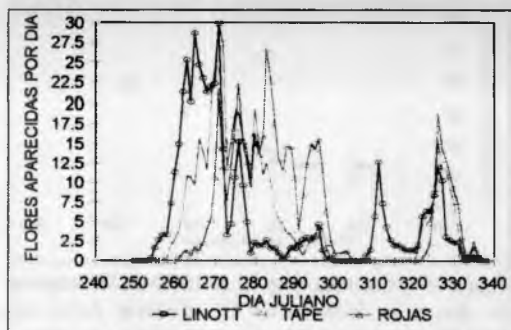


Figura n°5: Evolución de la floración de los 3 cultivares en 1ª fecha (S/V). N° de flores en submuestras de 30 cm de surco.

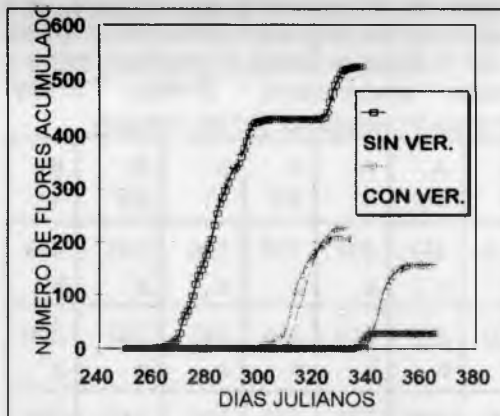


Figura n° 10: Floración acumulada de la 1ª, 3ª y 4ª fecha de siembra del cultivar Rojas comparando tratamientos de vernalización.

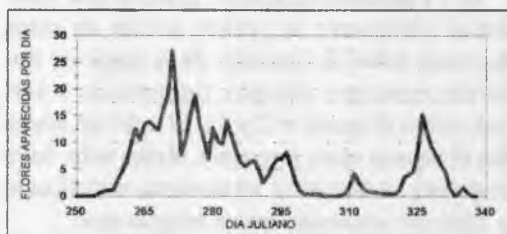


Figura n° 6: Floración de la 1ª siembra.

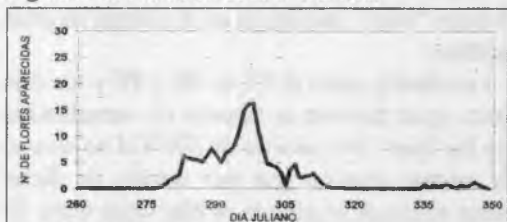


Figura n°7: Floración de la 2ª siembra.

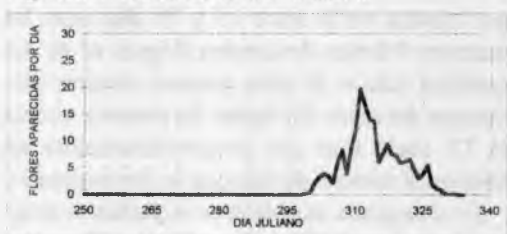


Figura n° 8: Floración de la 3ª siembra.

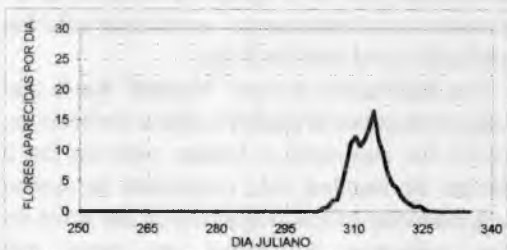


Figura n° 9: Floración de la 4ª siembra.

lapso.(Fig.n°7).

Estos picos resultaron muy pequeños en la segunda fecha e inexistentes en la tercer y cuarta fecha de siembra.

Promediadas las apariciones de flores de los tres cultivares en cada fecha de siembra se obtuvieron las figuras n° 6,7,8 y 9. El número contabilizado correspondió en todos los casos a las plantas de 30 cm de surco.

Teniendo en cuenta que las 3 primeras fechas de siembra corresponden al grupo "B" de siembras medias y la cuarta al grupo "C" (tardías), las sumas térmicas no guardan diferencias significativas con los valores promedio obtenidos en los años anteriores. Si se ven las tendencias, la 1ª siembra tuvo mayor duración en TT y la 2ª fue más pobre en TT que el resto.

La figura n° 10 permite ver el promedio del número acumulado de flores en función del tiempo en 3 fechas como así también el efecto del tratamiento de vernalización en la tasa de aparición de flores y el número total de ellas. No se presentan los datos de la segunda fecha pues la misma se superpone parcialmente con la tercera, su comportamiento fue atribuido a que, a pesar del riego suplementario, una parte de la floración de la misma sufrió falta de agua y bajas humedades relativas.

DISCUSION

La falta de diferencias entre tratamientos de vernalización en las 19 fechas del primer experimento demuestran la pobre o nula influencia de la vernalización sobre la fenología de

esta etapa.

Los grupos "A" mostraron diferencias significativas (en TT) en algunos casos y tendencias muy manifiestas en el resto de ellos (Cuadro n°1). Las 2 o 3 primeras fechas de siembra tuvieron su principio de floración muy tempranamente, en particular las vernalizadas, pero dicha floración si bien fue generalizada también fue "escasa" o "pobre" y, más adelante en la etapa, se verificó la aparición de una cantidad de flores abundante para el momento que ocurría lo mismo en parcelas de fechas de siembra más tardías.

El grupo "C" tuvo una ligera tendencia (no significativa) a presentar un TT mayor, ello podría interpretarse como el efecto de las altas temperaturas sobre el requerimiento de frío no satisfecho (plantas no vernalizadas) o por el proceso de devernalización (plantas vernalizadas) (Friend *et al.*, 1963) que actuaría alargando la duración de la etapa en TT.

Las figuras n°2 y 3 muestran al cultivar Areco ya que fue el único en responder claramente en los dos tratamientos de vernalización; el tratamiento vernalizado concentró muchas fechas de siembra con TT de valor comparable y sólo 3 ó 4 (de las primeras siembras) florecieron con fotoperíodo corto y sumando más TT. En el otro extremo 3 fechas de siembra tardías requirieron más TT que el conjunto; esta respuesta en siembras extremas permitió definir una función "seno" como la de mejor ajuste. El tratamiento no vernalizado mostró una tendencia similar.

Las interpretaciones de estos resultados pueden ser dos: a) existió un efecto directo del fotoperíodo y la vernalización sobre el TT en que se dió la etapa de floración o, b) La acción de estos factores sobre etapas anteriores (E - PF, E - Cambio de ápice (CA) y CA - FF) pueden haber condicionado el inicio de la floración de modo tal que la etapa haya transcurrido parcialmente con temperaturas no favorables alterando la respuesta "normal". Así, en esas situaciones (por ejemplo con días cortos), la TB de 4°C utilizada, puede no haber sido la adecuada para describir la respuesta observada (Slafer *et al.*, 1996).

La acción de estos factores sobre esas etapas

anteriores ha sido bastante estudiada en otros cultivos y en lino (Major, 1980; Major *et al.*, 1991; Richie, 1991; Pascale *et al.*, 1967, Sorlino, 1995).

Si bien la segunda opción parece tener más sentido, no se puede descartar efectos directos de esos dos factores sobre el TT en que ocurre la floración por lo que serán necesarios experimentos confirmatorios en condiciones controladas.

La figura n°4 traduce en días el TT de las distintas fechas de siembra mostrando la gran variación en número de días (correspondiente a las fechas más tempranas y a una fecha muy tardía) que se observó hasta un TT de aproximadamente 300°Cd. Valores inferiores representaron entre 10 y 15 días a proximadamente. La linealidad de la relación se perdió cuando los días comenzaron a "aportar" más grados-día en las floraciones de fechas de siembra normales a tardías.

La distribución de la aparición de flores en las distintas fechas de siembra y cultivares pudo ser descrita por una curva de tipo "normal" para los flujos de floración principales (figura n°5).

Los cultivares nacionales (Tape y Rojas) se caracterizaron por períodos de floración más prolongados y, en siembras tempranas, un segundo flujo de flores. El orden de precocidad en la primera siembra se puede apreciar en la figura n°5, allí, el segundo flujo de Tape y Rojas y el tercero de Linott resultaron bastante coincidentes en el tiempo.

La comparación entre fechas de siembra se puede ver en las figuras n°6 a n°9, en donde la diferencia en el comienzo de floración no es equivalente a la diferencia entre siembras por acción de los factores ambientales sobre la duración de la etapa vegetativa. Cuando esta última fue más corta, la floración también lo fue; teniendo como límite inferior aproximadamente 10-15 días, aunque en TT ya se vió que esos días pueden corresponder a TT diferentes (para la zona en que se realizó el ensayo).

En la figura n°10, si se considera que la derivada primera de un punto es la pendiente en dicho punto y que dicha pendiente tiene que

ver con la tasa de aparición de flores, se puede ver que la vernalización no introdujo cambios relevantes en dicha tasa.

En las tres fechas de siembra graficadas la vernalización adelantó un poco el comienzo de la floración con tasa inicial menor. Luego, en la 1ª y 3ª fechas las tasas de los dos tratamientos vernalizantes se equipararon y finalmente, en los tratamientos vernalizados la tasa decayó antes.

La vernalización afectó el número total de flores particularmente en la floración de la última siembra. Esto es asociable al número de ramificaciones de las plantas vernalizadas que siempre fue menor.

CONCLUSIONES

La duración de la floración de lino (en TT) es poco variable ante una modificación en la fecha de siembra. No obstante, para las condiciones

de siembras extremas, se debe confirmar en cámaras climáticas la falta de influencia directa del fotoperiodo y la vernalización sobre el TT de la etapa.

Utilizar el largo de la etapa de floración como criterio de selección genética carecería entonces de sentido.

La vernalización afectó poco la tasa de aparición de flores que fue poco variable entre fechas de siembra, pero influyó sobre el número total de flores a través de su efecto sobre estructuras vegetativas.

La distribución de las flores es aceptablemente descrita por una curva "normal" con lo que la descripción fenológica clásica de floración es válida pero sólo para siembras medias o algo tardías pues las tempranas poseen flujos secundarios de floración que dificultan las observaciones.

BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA P.(1988). Descripción de cultivares de linos oleaginosos argentinos. *Boletín de divulgación técnica N°69*. EEA Pergamino INTA. 8p.
- ALBRECHTSEN R., C. DYBING.(1973). Influence of seedling rate upon seed and oil yield and their components in flax. *Crop Science* 13:277-280.
- ATLIN G., E. KENASCHUK and D. LOCKWOOD. (1992). Single row plots for agronomic evaluation of flax lines. *Can. J. Plant Sci.* 72:997-1000.
- DAVIDSON J. and D. YERMANOS. (1965). Flowering pattern of flax. *Crops Science*, 5: 23-28.
- DYBING C., P. EVENSON and C. LAY. (1988). Relationships among daily flower production, length of the flowering period, and seed yield of flax. *Crops Science*, 28:287-292
- HOVLAND A. and C. DYBING.(1973). Cyclic flowering patterns in flax as influenced by environment and plant growth regulators. *Crops Science* 13:380-384.
- KUGLER W.(1947). Mejoramiento del lino oleaginoso y textil en Argentina. *Publicación n°24* EEA Pergamino (INTA).
- MAJOR D.,(1980). Photoperiod response characteristics controlling flowering of nine crop species. *Can.J.Pl.Sci.* 60:777-784
- MAJOR D. and KINIRY.(1991). Predicting daylength effects on phenological processes. *Predicting Crop Phenology*. CRC Press, Boca Raton. P.15-28.
- FRIEND D. and O. PURVIS (1963). Studies in vernalization in cereals: the thermal reactions in vernalization. *Annals of Botany* 27:554-579.
- RICHIE J. (1991). Wheat phasic development. Ed.ASA-CSSA-SSSA. *Modeling plant and soil systems. Agronomy monograph n°31*. p31-53.
- PASCALE A., C. REMUSSI y A. De ROSBACO (1967). Exigencias bioclimáticas del lino y su relación con la evolución del cultivo en la Argentina. *Rev.Fac.Agron. y Vet. de Buenos Aires*. 17(1):5-28
- SLAFER G. and H. RAWSON (1995). Photoperiod x temperature interactions in contrasting wheat genotypes: Time to heading and final leaf number. *Field Crops Research* 44:73-83.
- SORLINO D. (1995). Respuesta fotoperiódica de tres cultivares de lino. *Rev. Fac. Agron. De Buenos Aires*. 14(3):265-270.