

EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y LA PROFUNDIDAD DE SIEMBRA SOBRE LA DURACIÓN DE LA ETAPA SIEMBRA-EMERGENCIA EN LINO (*Linum ussitatissimum* L.)

D. SORLINO¹

Recibido: 16/07/01

Aceptado: 28/08/01

RESUMEN

Se realizó el reprocesamiento de los datos de Durand *et al.*, 1967, para obtener las temperaturas cardinales para la fase de siembra a emergencia en lino mediante un nuevo análisis de tipo lineal. La temperatura base encontrada fue de 2°C, la temperatura óptima estuvo entre 24,5°C y 30,8°C y la temperatura máxima fue de 43,1°C. El tiempo térmico de la etapa fue de 45°C. El efecto de la profundidad de siembra estudiado en laboratorio, mostró que la plántula necesita un promedio de 6,9°Cd/cm para emerger. Es necesaria mayor investigación para determinar la influencia del tipo de suelo sobre la duración de esta fase.

Palabras clave. *Linum ussitatissimum* L.; Germinación; Emergencia; Temperatura; Profundidad de siembra.

EFFECT OF TEMPERATURE AND SOWING DEPTH OVER SOWING - EMERGENCE PHASE IN LINSEED (*Linum ussitatissimum* L.)

SUMMARY

The re-processed data of Durand *et al.*, 1967, gave a new linear analysis and allowed to obtain cardinal temperatures. Base temperature was 1,7°C, the optimum temperature was between 24,5°C and 30,8°C and the maximum temperature was 43,1°C. The thermal time for germination was 45°Cd and the effect of sowing depth studied in laboratory, show that the seedling need an average of 6,9°Cd/cm for emergence. More investigation it is necessary to determinate soil type influence over this phase.

Key words. *Linum ussitatissimum* L.; Germination; Emergence; Temperature; Sowing depth.

INTRODUCCIÓN

El efecto de la temperatura sobre la duración de la etapa de siembra a germinación en lino fue estudiado en laboratorio con temperaturas constantes entre 0°C y 40°C, (Durand *et al.*, 1967). Estos estudios no determinaron parámetros como temperatura base (TB) o tiempo térmico (TT) de la expresión establecida por García-Huidobro *et al.*, (1982), y otros como por ejemplo la temperatura óptima (TO) y la temperatura máxima (TM) (Hodges, 1991) que sirven para definir la respuesta

de la duración de la etapa ante cambios en la temperatura.

Otros estudios realizados a campo, en los que se estudió la duración de la etapa de siembra-emergencia (S-E) en lino, estimaron la TB y el TT obteniendo valores de 1,9°C y 88,8°Cd respectivamente (Angus *et al.*, 1981) o sólo la TB: 2,1°C (D'Antuono y Rossini, 1995). En la Argentina (Pascale *et al.*, 1967/68) al analizar siembras puntuales, hallaron variaciones en la duración de S-E que fueron de 4 días en verano a 15 días en invierno,

¹Cátedra de Cultivos Industriales. Facultad de Agronomía UBA. Av. San Martín 4453 (C1417DSE) Buenos Aires, Argentina. E-mail: dsorlino@mail.agro.uba.ar. El presente trabajo fue realizado en el marco del subsidio UBACyT AG 071.

correspondiendo a valores de TT ($TB = 4^{\circ}C$) entre $90^{\circ}Cd$ y $120^{\circ}Cd$, respectivamente. Esta variabilidad sugiere que la TB utilizada no resultó adecuada para establecer la duración de la etapa en TT.

La regresión que relacionó la tasa de desarrollo de S-E con la temperatura media del aire obtenida por Angus *et al.*, (1981) con 25 siembras, tuvo un R^2 muy bajo (0,37). En contraste D'Antuono y Rosinni (1995) con 18 siembras lograron un buen ajuste ($R^2 = 0,98$). Todos trabajaron con la temperatura media del aire y los lugares de experimentación, latitud de 27° a 42° sur y norte, tuvieron condiciones climáticas y edáficas muy diferentes (rango de temperaturas, amplitud térmica, disponibilidad hídrica, fechas de siembra en distintas épocas). En ningún caso se pudo establecer TO y TM ni se cotejaron los resultados con datos obtenidos en ambientes controlados. Queda abierta la duda sobre la perturbación que los experimentos a campo pueden haber generado particularmente en el caso de Angus *et al.*, (1981).

Con relación a la profundidad de siembra, un objetivo común al manejo de todos los cultivos es la rápida emergencia de las plántulas, pero no siempre se dan todas las condiciones para asegurar ese objetivo. Los modelos generalmente asumen una profundidad de siembra estándar y que la duración de la etapa S-E es constante en tiempo térmico (White y Montes, 1993; Kirby, 1993), pero en realidad la primera es comúnmente muy variable y, en consecuencia, el TT hasta emergencia resulta variable. Por otro lado, la etapa S-E incluye Siembra-Germinación (S-G) y Germinación-Emergencia (G-E). Los parámetros térmicos y requerimientos hídricos de las dos subetapas, no son necesariamente similares, lo que puede sumar cierta incertidumbre en la interpretación de los sucesos si las condiciones de cada subetapa difieren.

En lino existe una evaluación de la duración en horas de la etapa S-E a 2 y 4 cm de profundidad y a 5 temperaturas constantes (O'Connor y Gusta, 1994). La misma centra su objetivo en establecer la variación en los porcentajes de germinación y emergencia y la duración de ambos procesos pero, nuevamente, sin definir parámetros fisiológicos útiles para la confección de modelos (García Huidobro *et al.*, 1982; Kirby, 1993). Este trabajo y otro de O'Connor y Gusta, (1994), dan cuenta de un aparente cambio de la duración del proceso S-E según la temperatura recibida en condiciones controladas y constantes. Por debajo de $10^{\circ}C$ la

duración de la etapa se alargaría y, por sobre ese valor, cambios en la temperatura no modifican sensiblemente el tiempo que dura la etapa en las condiciones controladas utilizadas. Esta respuesta observada por O'Connor y Gusta (1994) implicaría para la etapa temperaturas óptimas muy bajas.

El presente trabajo busca aportar una mayor certidumbre a la descripción de las respuestas a la temperatura de los procesos de germinación y emergencia. Una parte importante del trabajo se centra en un reanálisis de los datos de Durand *et al.*, (1967), a los que se agregan experimentos de validación y una explicación de los efectos de la profundidad de siembra. Se usa como marco de referencia conceptual para estos análisis la aproximación de García Huidobro *et al.*, (1982).

MATERIALES Y MÉTODOS

Temperatura

Se reprocesaron los datos generados por Durand *et al.*, (1967). Estos autores realizaron sus experimentos con semillas del cultivar Parvenche colocadas sobre papel de filtro en cajas de Petri. Las semillas quedaron en las cajas durante 24 hs a $5^{\circ}C$ para lograr su imbibición (Blacklow, 1972) y luego las trasladaron a diferentes temperaturas constantes hasta observar que el 50% de las semillas de cada caja tuviera una radícula de 1 mm de largo. Utilizando los 52 datos correspondientes a observaciones de duración de S-G (días) hechas por Durand *et al.*, (1967), con un rango de temperaturas entre $2^{\circ}C$ y $36^{\circ}C$, y obtenidos con una densidad de 100 semillas por caja de Petri, se procedió a ajustar regresiones bilineares simples a la relación $1/d$ versus temperatura, optimizando su punto de unión mediante el programa Jandel Scientific Table Curve 3.1. Con las regresiones realizadas en este trabajo se determinaron los valores de TB, TO, TM y TT. Con el objeto de verificar la bondad del modelo bilinear obtenido se efectuó un experimento siguiendo un protocolo similar al de Durand *et al.*, (1967), con 7 temperaturas entre $3^{\circ}C$ y $21^{\circ}C$ y usando el cultivar Linott (USA).

Para evaluar la duración de la germinación y emergencia sin imbibición previa, se realizaron pruebas utilizando un sustrato de arena humedecida con 10% de su peso en agua en potes de sección cuadrada de 8 cm de lado y 4 cm de profundidad. 20 semillas del cultivar argentino Omega fueron ubicadas en cada pote a 1 cm de profundidad sin previa imbibición a $5^{\circ}C$, como realizaron Durand *et al.*, (1967). Grupos de 3 potes fueron puestos a 4 temperaturas constantes (5, 15, 20, y $25^{\circ}C$) en incubadoras y se evaluó el momento de 50% de emergencia.

Profundidad de Siembra

A fin de establecer funciones que describieran la influencia de la profundidad de siembra sobre la duración de la etapa S-E, se utilizaron datos de O'Connor y Gusta (1994) y se efectuó un ensayo en condiciones controladas. Los autores arriba citados utilizaron siembras a 2 y 4 cm de profundidad en una mezcla arena-suelo (2:1) con 7 cultivares en su mayoría canadienses (Andro, Dufferin, McGregor, Norlin, Norman, Noralta y Vimy). La re-elaboración de los datos de O'Connor y Gusta (1994) se basó en sus observaciones a la temperatura de 15°C, y se utilizó para este fin una TB de 1,85°C.

Para el ensayo realizado en laboratorio se utilizó un sustrato de vermiculita + arena (1:1) en potes plásticos de 12 cm de diámetro por 22 cm de alto y los mismos fueron ubicados en una cámara mantenida a 20°C-30°C (12 hs por día cada temperatura) y en oscuridad. Todos los potes tuvieron una base o piso de siembra de 8 cm de alto para que el futuro crecimiento radicular no encontrara limitantes. Este piso de siembra fue humedecido con la misma cantidad de agua en todos los potes. Se colocaron 20 semillas del cultivar Rojas INTA por pote y se tapó con cantidades crecientes de la misma mezcla hasta obtener siembras a 2, 3, 4, 5, 6, 8 y 10 cm de profundidad. Los riegos adicionales fueron proporcionales a las diferentes cantidades de mezcla agregadas. Cada pote se cubrió con film de polietileno fino. Se estableció el momento de 50% de emergencia. El análisis abarcó a los 4 potes por cada una de las 7 profundidades ensayadas, se utilizó un ANVA ($P = 0,05$) en la evaluación de la variabilidad de los datos y se realizó una regresión lineal simple del TT (TB=1,85°C) de siembra a emergencia en función de la profundidad.

RESULTADOS

La Figura 1 muestra la regresión bilinear obtenida para el conjunto de 52 datos generados en los experimentos de Durand *et al.*, (1967). La TB fue de 2°C, la TO entre 24,5°C y 30,8°C y finalmente la TM de 43,1°C, la ecuación correspondiente se encuentra en la leyenda de dicha figura. Con estos valores y sumando 3,3°Cd del día de imbibición a 5°C, el TT para germinación resultó 45°Cd (Error estándar: 4,9).

Los resultados del análisis de la Figura 1 fueron parcialmente validados con datos obtenidos con el cultivar Linott para temperaturas sub-óptimas mediante una regresión lineal que permitió establecer una TB de 2°C y un TT de 37°Cd (Error estándar: 2) (Figura 2). Tanto las pendientes como las ordenadas al origen para los datos de Parvenche y Linott no difieren significativamente ($P < 0,01$).

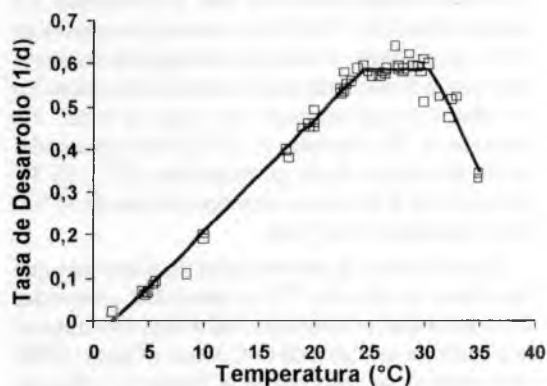


Figura 1. Tasa de germinación de semillas de lino en función de distintas temperaturas constantes en condiciones controladas. Datos de Durand *et al.*, (1967). La meseta representa el rango de temperaturas óptimas para germinación, el corte del eje X por la recta de pendiente positiva determina la TB y la prolongación de la recta de pendiente negativa sobre el mismo eje, la TM. La ecuación ascendente fue: $-0,048 + 0,027 \times T$ ($r^2 = 0,97$, $P < 0,0001$).

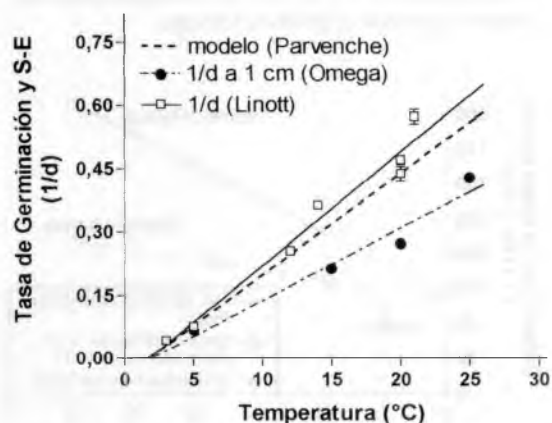


Figura 2. a) Regresión de la tasa de germinación de las semillas de lino en función de la temperatura (cultivar Linott: cuadrados vacíos). La ecuación de la recta para Linott es: $-0,046 + 0,027 \times T$ ($r^2 = 0,96$, $P < 0,0001$) y desvío estándar de los residuos = 0,039). b) Modelo de tasa de germinación en función de la temperatura datos de Durand *et al.*, (1967), (cultivar Parvenche: línea punteada). c) Regresión de la tasa de S-E en arena a 1cm de profundidad en función de la temperatura, (cultivar Omega: círculos llenos), la ecuación resultante fue: $-0,032 + (0,017 \times T)$.

En la misma Figura 2 se muestra la regresión ajustada a los datos de duración de la fase S-E en arena a 1 cm de profundidad. El r^2 de la última regresión fue de 0,96. La pendiente y ordenada al origen de esta recta fueron significativamente diferentes de los obtenidos con datos de germinación en caja de Petri. No obstante la TB obtenida (1,85°C) fue extremadamente próxima a la de germinación (2°C). El TT promedio de S-E en este experimento fue de 57°Cd (Error estándar = 4,4°Cd).

En relación a la profundidad, las funciones que describen la relación TT/profundidad, obtenidas del experimento con vermiculita/arena y la extrapolada a partir de los datos de O'Connor y Gusta (1994) (tierra/arena), se observan en la Figura 3. Utilizando una TB de 1,7°C obtenida del experimento de Durand *et al.*, (1994) y validada con datos establecidos con el cultivar Linott, se generaron dos funciones exhibidas en la Figura 3: a) La del laboratorio fue $69,9 + 23,3 \times \text{Prof.}$. b) La elaborada a partir de los datos de O'Connor y Gusta que fue $68,4 + 6,9 \times \text{Prof.}$. Existió una diferencia pronunciada en la pendiente de las dos rectas, pero la ordenada al origen (TT de germinación) resultó extremadamente cercana en ambos. Finalmente se añadió el punto correspondiente al TT de S-E en el experimento en arena a 1 cm con el cultivar Omega.

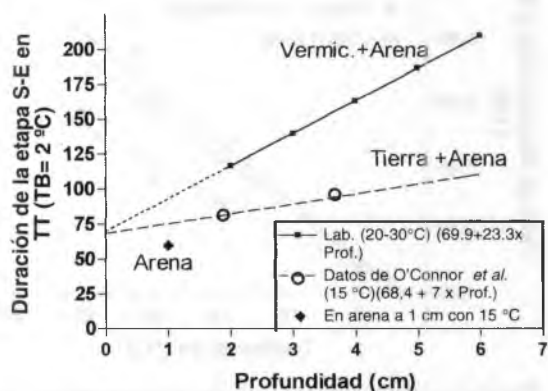


Figura 3. Duración de la etapa S-E en tiempo térmico (°Cd) en función de la profundidad de siembra para tres situaciones experimentales en condiciones controladas: a) 20-30°C: en potes con mezcla de vermiculita y arena (1:1) y temperaturas alternadas (20-30°C) cada 12 hs. b) 15°C: elaborado a partir de datos de dos profundidades en arena y tierra (2:1) y temperatura constante (15°C) generados por O'Connor y Gusta, (1994). c) Punto obtenido en arena a 15°C sembrando a 1 cm de profundidad.

DISCUSIÓN

Temperatura

Se obtuvieron parámetros térmicos utilizables para la descripción de la duración de la subetapa S-G. Con los mismos se realizó la construcción de modelos los que fueron acotadamente reafirmados y con resultados consistentes con los brindados por Durand *et al.*, (1967), entre TB y TO. Esta es la primera vez que se informan estos parámetros para lino. Es posible que existan fuentes de error en el modelo descriptivo derivado de los datos de Durand. *et al.*, (1967), fundamentalmente en dos aspectos: a) Los autores dejaron la semilla a 5°C durante 24 hs para embeberse adecuadamente antes de iniciar el experimento y en ese lapso se produjo acumulación de TT. b) La caja de Petri no generó el lugar propicio para la germinación desde el punto de vista hídrico ya que, por ejemplo, en arena el contacto semilla-medio se distribuye en mayor superficie que en la metodología utilizada. Ambas causas pueden afectar la estimación de la duración en TT de la etapa.

Las estimaciones de duración de la etapa S-G obtenidas con el proceso pre-imbibición (Durand *et al.*, 1967) y propias, 45 y 37°Cd, respectivamente) asignándole un TT a este último, fueron menores que las obtenidas extrapolando a profundidad cero (Figura 3) los datos propios y de O'Connor y Gusta, (1994), (70 y 68,4°Cd, respectivamente). Ello sugiere que el sustrato de germinación puede tener algún efecto sobre el proceso de germinación, hecho que conviene tener en cuenta a la hora de formular modelos de simulación. Es necesario realizar experimentos que profundicen el análisis de esta cuestión.

Profundidad de Siembra

Las diferencias en las pendientes de las rectas de la Figura 3 fueron importantes y en conjunto sugieren que la tasa de elongación del hipocótilo podría variar entre 6,9 y 23,3 °Cd/cm. Los datos obtenidos con temperatura de 20-30°C en cámara climática dan cuenta de diferencias generadas, fundamentalmente, en el proceso de emergencia y no tanto en el de germinación (la ordenada al origen fue similar). Esta respuesta diferencial podría deberse a: a) Que la alternancia térmica real a nivel de la semilla no haya sido la nominal pues probablemente existió un efecto inercial de la

temperatura en el seno del sustrato, b) Que haya habido un efecto de temperatura supra-óptima durante cada lapso de 12 hs en el que se sometió a 30°C, lo cual atrasó el proceso y, finalmente, c) El efecto del sustrato, ya que el proceso más afectado parece ser la elongación del hipocótilo por el efecto de la diferente resistencia de cada sustrato. Siembras a campo con 10 profundidades entre 0 y 15 cm arrojaron valores de S-E (datos no mostrados) muy superiores (aproximadamente el triple) a todos los observados en los diferentes experimentos con valores de 18,3°Cd/cm. Con esto se pretende dar una idea de la variación que pueden sufrir los parámetros observados en laboratorio cuando se realizan siembras a campo.

Aceptada la estimación de la duración de la etapa S-G de 45,1°C derivada de los datos de Durand *et al.*, (1967), a ello debería sumarse el TT de elongación del hipocótilo hasta emergencia para tener el TT de S-E. De los datos de O'Connor y Gusta, (1994), surgen TT promedio que según la función de la Figura 3 hecha con los datos de 2 y 4 cm, permite establecer 89,3°Cd para 3 cm de profundidad. Estos valores no muestran gran diferencia con los datos de Angus *et al.*, (1981), (TB = 1,9°C) y de D'Antuono y Rossini (1995), (TB = 2,1°C), los que trabajaron cerca de los 3 cm. Es decir que existen evidencias que permiten acercarse a valores representativos de la etapa entre

81°Cd y 89°Cd. Este rango acotado se desdibuja al contemplar los datos de Pascale *et al.*, (1967/68), (TB = 0°C) y los obtenidos en laboratorio para 3 cm, con ellos el rango se ampliaría a 81°C - 140°Cd

Resumiendo, los experimentos y análisis hasta aquí presentados han sido útiles para:

a) Definir la respuesta a la temperatura del proceso de germinación en lino. b) Estimar el efecto de la profundidad de siembra sobre la elongación del hipocótilo. c) Enfatizar la necesidad de investigación en forma más detallada sobre aspectos como el efecto de la profundidad de siembra y la naturaleza del sustrato sobre el proceso de germinación y emergencia en esta especie.

CONCLUSIÓN

A los fines inmediatos, valores de aproximadamente 45°Cd (TB = 2°C) para la germinación y de 6,9°Cd/cm para la emergencia parecen ser valores apropiados. Se deben usar los mismos con cautela, de acuerdo a las limitaciones derivadas de los efectos esenciales del sustrato que fueron indicadas arriba.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Antonio J. Hall su revisión crítica de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- ANGUS J.; R. CUNNINGHAM; M. MONCUR and J. MACKENZIE. (1980/81). "Phasic development in field crops. I. Thermal response in the seedling phase". *Field Crops Research*, 3:365-378.
- BLACKLOW W. (1972) "Influence of temperature on germination and elongation of the radicle and shoot of corn (*Zea Mays*)" *Crop Science* 12:647-650.
- D'ANTUONO L. and F. ROSSINI. (1995). "Experimental estimation of linseed (*Linum ussitatissimum* L) crop parameters". *Industrial Crops and Products*. 3: 261-271
- DURAND R.; R. DE PARCEVAUX et P. ROCHE. (1967). «Action de la temperature sur la croissance et le développement du lin.» *Ann. Physiol. Veg.*, 9 (1) : 87-105.
- GARCÍA HUIDOBRO J.; J. MONTEITH and G. SQUIRE. (1982). "Time, temperature and germination of pearl millet; I. Constant temperature". *Seed Science and Technology*. 33,(133) 288-296.
- HODGES T. (1991). "Temperatute and water stress effects on phenology". *Predicting Crop Phenology*. Cap.3. 7-15. CRC Press. Boca Raton.
- KIRBY E. (1993). Effect of sowing depth on seedling emergence, growth and development in barley and wheat. *Field Crops Research*, 35:101-111.

- O'CONNOR B. and L. GUSTA. (1994). "Effect of low temperature and seeding depth on the germination and emergence of seven flax (*Linum ussitatissimum* L) cultivars". *Canadian Journal of Plant Science*. 74:247-253.
- PASCALE A.J.; C. REMUSSI y A. de ROSBACO. (1967/68). "Exigencias bioclimáticas del lino y su relación con la evolución del cultivo en la Argentina". *Rev.Fac.Agron. y Vet. de Buenos Aires*. 17(I):5-28
- WHITE J. and C. MONTES-R. (1993). "The influence of temperature on seed germination in cultivars of common bean". *Journal of Experimental Botany* 44(269):1795-1800.