



Estimacion de tiempo termico para germinación y emergencia de roble (*Quercus robur*) en invernáculo

Alvaro Lamas¹ y Silvina Maio¹

¹Facultad de Agronomía da Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, C1417DSE CABA, Argentina. E-mails: lamas@agro.uba.ar y smaio@agro.uba.ar

^(*)Autor corresponsal.

INFORMACIÓN

Historia del artículo:

Recibido el 1 junio de 2019

Aceptado el 6 de septiembre de 2020

Termos para indexação:

bioclimatología

temperatura base

fenología

RESUMEN

Muchas plantas crecen a partir de semillas, y la germinación es la primera y fundamental etapa de crecimiento de la producción de cultivos y por lo tanto de alimentos. La temperatura es uno de los principales factores ambientales que controlan la germinación y la siguiente fase fenológica, la emergencia. Esta investigación analizó la influencia de térmica sobre la germinación y emergencia de bellotas de roble (*Quercus robur*) en invernáculo. A partir de los valores de Temperatura base y de temperatura media permiten estimar los tiempos térmicos para la germinación y emergencia, siendo una herramienta muy eficaz para predecir los tiempos de ambas fases, en condiciones ambientales fluctuantes. La germinación se produce en un rango de 917°/día a 1095°/día, mientras que la emergencia ocurre en el rango de 1182,4°/día a 1351,4°/día. Por lo tanto, la germinación y la emergencia de brotes son respuestas altamente dinámicas y adaptables que permiten que esta especie pueda producirse en condiciones controladas de invernáculo durante casi todo el año.

© 2020 SBAgro. Todos los derechos reservados.

Introducción

El estudio de la relación entre los factores ambientales y la fisiología de las plantas es fundamental para comprender y predecir la dinámica bioclimática en función, de las características de un determinado lugar, como altitud, humedad del suelo, temperatura y regímenes de precipitación, luz y el fotoperíodo (Baskin & Baskin, 2014; Cristaudo, et al., 2016; Gresta, et al., 2010; Zhang et al., 2017). Esto es particularmente importante para las regiones de latitudes medias, que se caracterizan por una gran variabilidad de las condiciones ambientales.

La germinación (*G*) y emergencia (*E*) de semillas son procesos biológicos importantes en las plantas. El éxito o el fracaso de la introducción de una población en un nuevo hábitat está estrechamente relacionado con la capacidad de *G*. La dinámica de este proceso es compleja y está influenciada por los cambios genéticos y/o la variabilidad fenotípica de las diferentes poblaciones de plantas (Heinz, 2012). Un ejemplo de esta complejidad es el mecanismo de latencia. Se trata de una condición interna de las semillas que impide su germinación en condiciones hídricas y térmicas determinadas (Balla, 2015).

Conocer el comportamiento de las semillas de roble es

fundamental a los efectos de comprender los mecanismos de regeneración natural, que son la base para desarrollar y aplicar prácticas eficientes en la producción y manejo de plantines en vivero (Dey, 2014; Olliet et al., 2015). Hay varias herramientas para el estudio de G y E , básicamente dos tipos de modelos: empíricos y mecanicistas. El primero se utiliza para un objetivo específico, pero los resultados son difíciles de aplicar (Forcella et al., 2000). Los modelos mecanicistas, por otra parte, se basan en mediciones de los efectos ambientales sobre latencia, inhibición y germinación y emergencia de brotes.

Los principales modelos desarrollados son el de tiempo térmico y el hidrotérmico, que describe los efectos de la temperatura y/o el potencial de agua en las tasas de G y B . Estos modelos utilizan el tiempo biológico, que puede ser cuantificado por la medida en que el potencial de agua y/o la temperatura superan umbrales (base), por debajo de los cuales no se completan las fases fenológicas en estudio. El modelo de tiempo térmico se basa en la respuesta de las plantas bajo regímenes de temperatura variable y su uso proporciona información importante para vincular la observación fenológica con las características bioclimáticas (Pascale & Damario, 2004).

La G y E de las bellotas de roble, como en casi la totalidad de las especies, se produce entre un rango de temperatura mínima (T_{min}) y otro máximo (T_{max}), quedando así determinados los umbrales térmicos, por debajo y por encima de la cual no ocurren la G , ni la E . La temperatura base de G (T_{b_g}) es una característica de cada especie, suele estar cerca de la temperatura mínima de G (T_{min_g}), y se obtiene a partir de la estimación de un ajuste lineal de la velocidad con la cual la semilla germina. El proceso de aceleración de G sucede a una temperatura óptima (T_{opt}). Labouriau (1987) desarrolla un modelo donde demuestra que dicha velocidad es función del tiempo con la expresión $1/t$ donde t es el tiempo medio de G , corroborado por Dahal & Bradford (1994), para semillas de árboles. La caracterización de los umbrales de G define los límites del entorno térmico que una especie tolerará (Orrù et al., 2012). Los valores térmicos específicos, que caracterizan la capacidad de las semillas para germinar en diferentes condiciones ambientales, se han establecido para muchas especies, incluidos los árboles, entre ellos los del género *Quercus*, que es el caso que nos ocupa. Sin embargo, considerando el bioclima, la aplicación de modelos térmicos es una herramienta valiosa para evaluar y predecir las relaciones planta-clima (Trugdill et al., 2005). La temperatura ejerce diversas acciones sobre las plantas, según se considere el crecimiento o el desarrollo. Cualquiera sea la disponibilidad lumínica, de nutrición o hídricas, existen niveles de temperatura por debajo y por encima de los cuales el crecimiento de los cultivos no se manifiesta (Pascale & Damario, 2004). Para ello, disponemos

de parámetros ya definidos como la temperatura base de G (T_{b_g}) y temperatura base de E (T_{b_e}), El tiempo térmico (TT) y las temperaturas cardinales (T_{min} , T_{opt} y T_{max}) (Pritchard et al., 1990 y 1996). Ahora bien, además de las variables meteorológicas y ambientales, la G también está controlada por factores endógenos, como la latencia primaria, que es un mecanismo de adaptación por el cual la planta evita la G en condiciones desfavorables para el establecimiento de las plántulas (por ejemplo, exceso de calor o sequías) y las pospone hasta el momento más benigno (Baskin & Baskin, 2014).

De acuerdo con Pascale & Damario (2004), la caracterización del tiempo térmico es fundamental para hallar la temperatura óptima de G y E como criterio de distribución de especies, siendo variable entre las especies, las poblaciones e incluso dentro de una especie, como efecto directo de la adaptación. Por lo tanto, es necesario estudios sobre el efecto de la temperatura en las fases fenológicas investigadas, ya que es un paso necesario para la conservación y la gestión sostenible de la producción. Es importante mencionar que no hay estudios previos sobre umbrales y tiempo térmico de G y B en robles, tales investigaciones son necesarias para identificar el efecto del aumento de la temperatura en la distribución potencial de la especie bajo diferentes escenarios de cambio climático. Así pues, los objetivos de esta investigación fueron determinar los umbrales de temperatura y el tiempo térmico de ocurrencia de G y B , en ambiente controlado.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en invernáculo ubicado dentro del campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (Latitud: -34.5° ; Longitud: -58.4°). Utilizamos 400 semillas de roble europeo (*Quercus robur*), las bellotas se limpiaron con agua destilada y se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 10 % (Dey & Buchanan, 1995), luego se mantuvieron en cámara climática a 4°C durante 3 semanas (Mc Cartan et al., 2015). El sustrato utilizado fue vermiculita y arena en una relación de 2:1 previamente esterilizados en autoclave a 1,36 atm de presión y a una temperatura de 240°C durante 30 minutos. La siembra se realizó el 1 de marzo de 2019, las bellotas fueron dispuestas en cajones de 40 cm x 50 cm, se sembraron en un marco de plantación de 10 cm por 10 cm y a 2 cm de profundidad, a razón de 30 por cajón. Se regó con un sistema automatizado de micro aspersores a razón de 1 riego cada 8 horas con una lámina por turno de 3 mm. Las mediciones de temperatura fueron realizadas con termómetro digital registrando la temperatura del aire en forma continua, los datos se almacenaron en un data logger. Los cajones se dispusieron en mesadas, registramos fecha de siembra y las observaciones fenológicas fueron

hechas cada 3 días. Consideramos la bellota germinada cuando la radícula alcanzó una longitud de 2 mm (Mc Cartan et al., 2015). La emergencia se registró cuando el brote tuvo 5 mm de longitud. Además, se calculó el poder germinativo (PG), expresando el porcentaje final de bellotas germinadas (Sg) con relación al número total de sembradas (Ss). $PG = (Sg/Ss) \times 100\%$. Las bellotas sin germinar fueron desechadas. El tiempo térmico (θ), cuya unidad es grados/día, se define como el número de grados celcius (T) por encima de la temperatura base (Tb), en que las semillas acumulan grados día en un período de tiempo (t) determinado, la ecuación es $\theta = (T - T_b) \cdot t$, fue estimado con la metodología propuesta por Bewley et al., (2013); Cômeand & Corbineau (2006). Esta acumulación residual considera la temperatura a partir de la cual ejerce acción sobre el desarrollo vegetal, calculada para los distintos subperíodos (Pascale & Damario, 2004). La temperatura base de germinación (Tbg) utilizada fue 2.3° C (Mc Cartan et al. 2015) y la Temperatura base de emergencia (Tbb) 4.1° C (Dürr, 2015).

Resultados y discusión

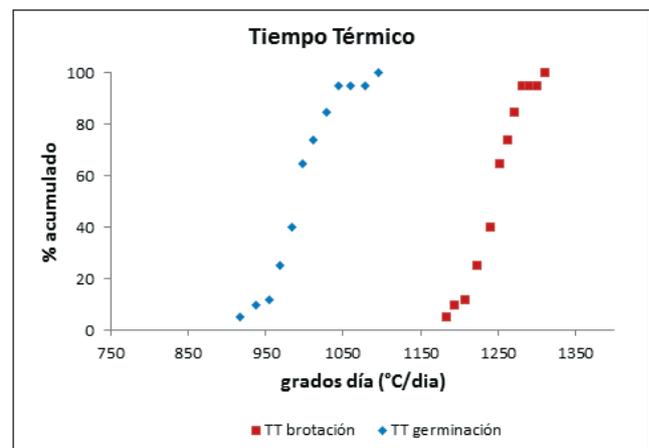
Los resultados de esta investigación determinaron que el poder germinativo fue del 95%, es decir de un total de 400 bellotas, geminaron 380. Este alto porcentaje se puede atribuir al enfriamiento al que fueron sometidas las semillas, habiendo mejorado la tasa de germinación, coincidiendo con lo encontrado por García-Martin (2001), para la misma especie. Como se puede observar en la Figura 1, las estimaciones de grados día para la germinación, oscilan entre 917°/día a 1095°/día, tomando como día 1 la siembra, la germinación se inicia el día 49 hasta el 60. La temperatura de inicio de esta fase fue de 23,4°C, donde se acumuló el 10 % de las germinaciones. El descenso térmico indica la aceleración de la fase alcanzando el 50 % con una temperatura de 16,3°C. Similares resultados encuentran Bonner y Vozzo (1987) al observar el aumento del porcentaje de germinación cuando la temperatura media diaria comienza a descender. La temperatura óptima de germinación para este ensayo es posible fijarla en 17.6 °C. mientras que el rango comprendido entre 969°/día a 1044°/día, ocurren el 60 % de las germinaciones y donde se visualiza la mayor velocidad de germinación. Nolan et al. (2013) sugieren que el tiempo térmico puede ser una variable para caracterizar el comportamiento de la germinación en semillas de roble en invernadero. Considerando la aparición del primer brote los grados día calculados se encuentran entre 1182,4°/día a 1351,4°/día. Para esta fase fenológica el primer día de ocurrencia fue el 75 y el último observado ocurrió el día 90. Mientras que la temperatura óptima de brotación es de 15°C con una condición entre 1251°/día y 1271°/día donde se registraron

casi el 71 % de las brotaciones. Olson (1974) estudió casos de regeneración de *Quercus* en los Estados Unidos, concluyendo que hay un patrón térmico que determina el porcentaje de emergencia. Algunos estudios han demostrado que los modelos basados en el tiempo térmico resultan eficaces para describir el comportamiento de la germinación en aquellos casos en los que no se observan variaciones en los parámetros de Tb (Bradford, 1995; Finch-Savage, et al., 2006). En este estudio, los factores térmicos, nivel y fluctuación de las temperaturas, influyeron en la germinación.

Tabla 1. Temperaturas base utilizadas, la duración de cada período, su desvío y los valores del 50 % acumulado. Roble europeo (*Quercus robur*) en invernáculo. Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos, Buenos Aires, 2019.

Parámetros	Gr	Br
Temperatura Base (°C)	2,3	4,1
TT final de Fase	1095,4	1310
TT plenitud de fase (50%)	998,3	1251,4
SD	318,3	57,1

Figura 1. Evolución del tiempo térmico acumulados. Roble europeo (*Quercus robur*) en invernáculo. Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos, Buenos Aires, 2019.



La Tabla 1 muestra las temperaturas base utilizadas, la duración de cada período, su desvío y los valores del 50 % acumulado para la germinación y emergencia de bellotas de roble europeo (*Quercus robur*) en invernáculo.

La temperatura media de germinación en este ensayo fue de 18,7 °C lo que coincide con lo encontrado por Suszka et al. (1996), que sitúa la temperatura óptima por debajo de los 20°C para la misma especie. El proceso de emergencia ocurrió con perfecta normalidad, no se observaron tallos múltiples ni deformaciones en el proceso de la fase. Guibert & Le Pichon (2001) señalaron, con una temperatura diaria de 20°C ocurren el mayor número de germinaciones y además disminuyen significativamente las plantas anormales. Mientras Corbineau et al. (2001)

han encontrado múltiples brotaciones por encima de 20 °C. Los resultados obtenidos indican, el tiempo térmico para el caso de la germinación fue menor con respecto al de emergencia. Es probable que la acumulación para la emergencia se realice más rápidamente, Farmer (1977) & Wigston (1987) señalaron casos similares en situaciones de producción en invernadero. En este ensayo se observan temperaturas medias diarias durante el otoño y el invierno más altas que las temperaturas base de germinación y brotación, (ver anexo con los datos). Como consecuencia, las bellotas normalmente germinan en otoño y producen brotes pocas semanas después. Eso contrasta con la creencia generalizada de que es necesario un invierno frío para la emergencia (Wareing, 1969). Mac Cartan (2015) señala el tiempo térmico tiene una correlación negativa con la temperatura base; o sea las especies con bajas temperaturas base, tanto de germinación como de brotación, requieren más grados días para alcanzar la plenitud de fase, (Dürr et al. 2015). Para el caso de la brotación la temperatura media fue de 15,2 °C, coincidente con lo expuesto por Finch-Savage (2006) quienes fijaron el óptimo de brotación en valores por debajo a los 20°C. La germinación y la aparición de brotes son respuestas altamente dinámicas y adaptables permitiendo a las semillas de roble producirse en condiciones controladas de invernáculo durante casi todo el año.

Conclusiones

Por lo observado en este ensayo y para las condiciones descritas, podemos afirmar que *Quercus robur* tiene un fuerte mecanismo de regeneración, con muy buena adaptación a los cambios térmicos que ocurren bajo condiciones de invernáculo. De esta manera, logrando obtener plantas con las mejores características de la especie lo que facilita el manejo para el posterior desarrollo de las plantas. Ante escenarios de aumentos de temperaturas en las áreas urbanas, vemos que es poco probable que esto tenga un efecto negativo sobre la germinación o brotación de las bellotas, dado que las temperaturas medias son mayores que las temperaturas base.

Aportes de los Autores

A. Lamas contribuyó con diseño y ejecución del ensayo a campo y escritura del trabajo. S. Mayo contribuyó con control, análisis y procesamiento de datos meteorológicos y escritura del trabajo.

Referencias

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination** (2nd ed.). London, UK: Elsevier Academic Press. 2014.

BATLLA, D.; BENECH-ARNOLD, R. L. A framework for the interpretation of temperature effects on dormancy and germination in seed populations showing dormancy. **Science Research: Seed Sci Res.** 25(2):147–58. 2015.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K.; HILHORST, H.; NONOGAKI H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**, 3rd edn. Springer, New York, p 313. 2013.

BONNER, F. T.; VOZZO, J. A. Seed biology and technology of *Quercus*. **General technical report SO-66**. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans. 1987.

CÔME, D.; CORBINEAU, F. **Germination rate**. In: BLACK, M.; BEWLEY, J. D.; HALMER, P. (eds) *The Encyclopedia of seeds: science technology and uses*. Cromwell Press, Trowbridge, p 273. 2006.

CORBINEAU, F.; DACHER, F.; CÔME, D. Influence de la durée de conservation des glands au froid et de la température de germination sur le développement des plantules de chêne sessile. **Rev For Fr LIII** 32–43. 2001.

CRISTAUDO, A. C.; CATARA, S.; MINGO, A.; RESTUCCIA, A.; ONOFRI, A. Temperature and storage time strongly affect the germination success of perennial *Euphorbia* species in Mediterranean regions. **Ecol Evol.** 2019;9 (19):10984–10999. Published 2019 Sep 21. doi:10.1002/ece3.5535. 2019.

CRISTAUDO, A.; GRESTA, F.; RESTUCCIA, A.; CATARA, S.; ONOFRI, A. Germinative response of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) to environmental conditions: Is there a seasonal pattern? **Plant Biosystems**, 150(3), 583–591. 10.1080/11263504.2014.987845. 2016.

DAHAL, P.; RADFORD, K. J. Hydrothermal time analysis of tomato seed germination at suboptimal temperature and reduced water potential. **Seed Sci. Res.** 4, 71–80.1994.

DEY, D. C.; BUCHANAN, M. **Red oak (*Quercus rubra* L.) acorn collection, nursery culture and direct seeding: a literature review**. Report number: Forest Research Information Paper No. 122. Affiliation: Ontario Ministry of Natural Resources, Ontario Forest Research Institute. 1995.

DEY, D. C. Sustaining oak forests in eastern North America: regeneration and recruitment, the pillars of sustainability. **For Sci** 60:926–942. 2014.

DÜRR, C.; DICKIE, J. B.; YANG, X. Y.; PRITCHARD, H. W. Ranges of critical temperature and water potential values for the germination of species worldwide: contribution to a seed trait database. **Agric Forest Met** 200:222–232. Available online at <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192314002482#>. 2015.

FARMER, R. E. Epicotyl dormancy in white and chestnut oaks. **For Sci** 23:329–332. 1977.

FINCH-SAVAGE, W.; LEUBNER-METZGER, G. Seed dormancy and the control of germination. **The New Phytologist**, vol. 171, no. 3, pp. 501–523. 2006.

FORCELLA, F.; BENECH-ARNOLD, R. L.; SANCHEZ, R.; GHERSA, C. M.; Modeling seedling emergence. **F Crop Res.** ; 67(2):123–39. 2000.

GARCÍA-MARTÍN, G.; GONZÁLEZ-BENITO, E. M.; MANZANERA, J.A. *Quercus suber* L. Somatic embryo germination and plant conversion: Pretreatments and germination conditions. *In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant* 37, 190–198. 2001.

GRESTA, F.; CRISTAUDO, A.; ONOFRI, A.; RESTUCCIA, A.; AVOLA, G. Germination response of four pasture species to temperature, light, and post-harvest period. **Plant Biosystems**, 144(4), 849–856. 10.1080/11263504.2010.523549. 2010.

GUIBERT, M.; LE PICHON, C. Influence de la température sur la germination, la levée et sur les taux de semis âgés multiples chez le chêne sessile. **Rev For Fr LIII** 44–54. 2001.

HEINZ S. I. **Population biology of *Typha latifolia* L. and *Typha angustifolia* L.**: establishment, growth and reproduction in a constructed wetland. Technische Universität München; 2012

LABOURIAU, L. G. ; AGUDO, M., On the physiology of seed germination in *Salvia hispanica* L. I. Temperature effects. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, vol. 59, pp. 37–56. 1987.

MC CARTAN, S.; JINKS, R. L.; BARSOUM, N. Using thermal time models to predict the impact of assisted migration on the synchronization of germination and shoot emergence of oak (*Quercus robur* L.). **Annals of Forest Science** 72:479–487. 2015.

NOLAND, T. L.; MORNEAULT, A. M.; DEY, D.; DEUGO, D. The effect of storage temperature and duration on northern red oak acorn viability and vigour. **Forestry Chronicle**, DOI: 10.5558/tfc2013-139. 2013.

OLIET, J.A.; DE CASTRO, A. V.; PUÉRTOLAS, J. Establishing *Quercus ilex* under Mediterranean dry conditions: sowing recalcitrant acorns versus planting seedlings at different depths and tube shelter light transmissions. **New For** 46:869–883. 2015.

OLSON, D. F. **Quercus L. Oak**. In C.S. Schopmeyer (ed.). *Seeds of Woody Plants in the United States*. pp. 692–703. USDA For. Serv., Agric. Handbk No. 450, Washington, DC.1974

ORRÙ, M.; MATTANA, E.; PRITCHARD, H. W.; BACCHETTA, G. Thermal thresholds as predictors of seed dormancy release and germination timing: altitude-related risks from climate warming for the wild grapevine *Vitis vinifera* subsp. *sylvestris*. **Ann. Bot.** 110, 1651–1660. 2012.

PASCALE, A. J.; DAMARIO, E. M. **Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología**. Ed. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. ISBN 950-29-0822.8. 2004.

PRITCHARD, H. W.; MANGER, K. R. Quantal response of fruit and seed-germination rate in *Quercus robur* L and *Castanea sativa* Mill to constant temperatures and photon dose. **Journal of Experimental Botany** 41, 1549-1557. 1990.

PRITCHARD, H. W.; TOMPSETT, P. B.; MANGER, K. R. Development of a thermal time model for the quantification of dormancy loss in *Aesculus hippocastanum* seeds. **Seed Science Research** 6, 127-135. 1996.

SUSZKA, B.; MULLER, C.; BONNET-MASIMBERT, M. **Seeds of forest broad-leaves from harvest to sowing** Translated by A.G. Gordon. INRA, France. 1996.

TRUDGILL, D. L.; HONEK, A.; L. I, D.; VAN STRAALEN, N. M. Thermal time - Concepts and utility. **Annals of Applied Biology**, 146:1-14. 2005.

WAREING, P. F. **Germination and dormancy**. In: MORRIS, M. G. (ed) *Physiology of plant growth and development*. McGraw Hill, New York, pp 605–644. 1969.

WIGSTON, D. L. Epicotyl dormancy in *Quercus robur* L. **Q.J. For** 81: 110–112. 1987.

ZHANG, R.; BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C.; MO, Q. ; CHEN, L.; HU, X.; WANG, Y. Effect of population, collection year, after-ripening and incubation condition on seed germination of *Stipa bungeana* . **Scientific Reports**, 7(13893), 1–11. 10.1038/s41598-017-14267-2. 2017.

REFERENCIANDO

LAMAS, A.; MAIO, S. Estimacion de tiempo termico para germinación y emergencia de roble (*Quercus robur*) en invernáculo. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.28, e026740, 2020.



Thermal time estimation for germination and emergency of oak (*Quercus robur*) in greenhouse

Alvaro Lamas¹ and Silvina Maio¹

¹Facultad de Agronomía da Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, C1417DSE CABA, Argentina. E-mails: lamas@agro.uba.ar and smaio@agro.uba.ar

^(*)Corresponding author.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 1 June 2020

Accepted 6 September 2020

Index terms:

bioclimatology

base temperature

phenology

ABSTRACT

Many plants grow from seed, and germination is the first and fundamental growth stage of crop production and therefore of food. Temperature is one of the main environmental factors that control germination and the next phenological phase, emergence. This research analysed the influence of temperature on the germination and emergence of oak acorns (*Quercus robur*) in greenhouses. From the values of base temperature and average temperature, the thermal times for germination and emergence can be estimated, being a very effective tool to predict the times of both phases, in fluctuating environmental conditions. Germination occurs in a range of 917°/day to 1095°/day, while emergence occurs in the range of 1182.4°/day to 1351.4°/day. Therefore, germination and emergence of sprouts are highly dynamic and adaptive responses that allow this species to occur under controlled greenhouse conditions throughout most of the year.

© 2020 SBAgro. All rights reserved.

CITATION

LAMAS, A.; MAIO, S. Estimacion de tiempo termico para germinación y emergencia de roble (*Quercus robur*) en invernáculo. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.28, e026740, 2020.