

Cuantificación de parámetros térmicos vinculados con los cambios en el nivel de dormición y germinación de *Chloris virgata*

Sebastián Rodríguez¹, Betina C. Kruk¹✉, Emilio H. Satorre¹

¹Cátedra de Cerealicultura, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453 (1417)-Buenos Aires, Argentina
✉ bkruk@agro.uba.ar

Resumen: Se estudiaron los cambios en el nivel de dormición de semillas de *Chloris virgata* a los 0, 98 y 175 días luego de la dispersión. Se evaluó la dormición de semillas a través de parámetros que describen el efecto de la temperatura sobre la germinación a campo. Los valores de T_b , T_{opt} y T_{max} para este biotipo fueron 7°C, 28°C y 40°C, respectivamente, y se mantuvieron constantes independientemente del nivel de dormición. La temperatura del límite inferior para la germinación del 50 % de la población fue de 24°C, 19°C y 11°C a los 0, 98 y 175 días después de la dispersión y la temperatura del límite superior se mantuvo constante (40°C). Estos parámetros permitieron predecir el inicio de la germinación a mediados de septiembre en la región pampeana argentina.

Palabras clave: días desde la dispersión, dinámica de emergencia, modelos predictivos de emergencia, post-maduración, temperatura base, temperatura óptima, tiempo térmico.

1. INTRODUCCIÓN

Los modelos matemáticos basados en conocimientos sobre la ecofisiología y la genética de las plantas son una herramienta útil para predecir el comportamiento de las malezas. Estos modelos, pueden ser utilizados para evaluar estrategias de manejo sustentables que permitan mantener niveles bajos de infestación de malezas en el largo plazo (Martínez-Ghersa et al., 2000). Muchos de ellos se construyen a partir del análisis de las respuestas que generan las condiciones ambientales sobre la germinación de las semillas. En zonas templadas del mundo, el principal factor que determina la germinación de la mayoría de las especies es la temperatura (Baskin & Baskin, 1988), por lo tanto, el conocimiento del comportamiento de las malezas en respuesta a este factor podría ser útil para diseñar prácticas agrícolas que permitirían evitar o suprimir cambios evolutivos indeseables (Martínez-Ghersa et al., 2000; de Abelleira & Satorre, 2004).

Chloris virgata P. Durand es una gramínea anual C4 que se encuentra presente como maleza en los sistemas agrícolas de la región pampeana argentina (Leguizamón, 2007; Metzler et al., 2014). Debido a su capacidad de adaptación a diversos ambientes, se ha convertido en una maleza difícil de combatir en muchas partes del mundo (Osten, 2012) y se han reportado biotipos resistentes a herbicidas en varios países (Heap, 2017). Si bien, se ha estudiado la influencia de la temperatura y la concentración salina del medio sobre la germinación de semillas de esta especie (Zhang et al., 2015; Lin et al., 2015), poco se sabe acerca de su dormición y las condiciones ambientales que permiten modificar esta condición. La estimación de parámetros que permitan predecir su establecimiento a campo, puede ser una herramienta útil para direccionar el manejo de esta maleza en lotes agrícolas, especialmente en lugares donde el control se ha dificultado.

En este trabajo se estudió la germinación de semillas de la especie *C. virgata* bajo diferentes tratamientos de post-maduración en diferentes momentos del año para calcular algunos parámetros que permitan modelizar su comportamiento y predecir la dinámica de emergencia en condiciones de campo.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

En el mes de Febrero de 2016 se recolectaron semillas maduras de la especie *Chloris virgata* en varios lotes de producción agrícola de la región pampeana argentina (35°5'39"S, 62°12'45"O). Inmediatamente luego, se calculó la viabilidad de la población inicial de semillas a través de una prueba con tetrazolio (cloruro de 2, 3, 5-trifeniltetrazolio) al 1 % p/v (Delouche, 1962) para evitar lecturas erróneas de la germinación en los experimentos. Posteriormente, se sometieron diferentes poblaciones de semillas a cuatro procesos de post-maduración: a) almacenamiento en húmedo a 5°C en cajas de Petri; b) almacenamiento en seco a 5°C en bolsas de papel; c) almacenamiento en seco a 25°C en bolsas de papel; y d) en bolsas de polyster transparente (3 cm x 5 cm) con microporos abiertos, enterradas en campo a 2 cm de profundidad. Los tratamientos se mantuvieron durante 175 días y se hicieron extracciones de semillas a los 0, 98 y 175 días desde la dispersión inicial de semillas para cuantificar la germinación a regímenes de temperaturas ascendentes (IT), descendentes (DT) y temperaturas constantes (CTE). En el caso de las semillas enterradas, se registró la temperatura del suelo a intervalos de una hora con dos sensores conectados a datalogger (Pendant - HOBO modelo DTUA-001-08) enterrados junto con las semillas.

El test de germinación IT y DT se realizó según la metodología propuesta por Washitani (1987) y modificada por Kruk & Benech-Arnold (1998). La misma consiste en exponer a las semillas embebidas a incrementos graduales de temperatura de 5 °C dentro de un rango entre 5°C y 35°C (régimen IT) y a una disminución gradual de temperatura de 5°C para el rango inverso (régimen DT). Debido a que la tasa de germinación aumenta con la temperatura, la duración del período a cada temperatura constante fue variable. Las semillas permanecieron 8 días a 5°C, 6 días a 10°C, 5 días a 15°C, 4 días a 25°C, 3 días a 30°C y 2 días a 35°C. Se realizaron 4 repeticiones de 25 semillas colocándolas en cajas de Petri de 90 mm de diámetro con 3 capas de papel de filtro y 5 ml de agua destilada. Las semillas germinadas se registraron inmediatamente antes de cada variación de temperatura y luego fueron removidas. Como criterio de germinación se utilizó la protrusión de la radícula (Washitani, 1987). Con esta metodología se obtuvieron curvas de germinación para cada categoría de semillas consideradas en función de la temperatura y de las condiciones de post-maduración.

En el test de germinación CTE, las semillas recolectadas fueron incubadas a 10, 15, 25 y 30°C. Se colocaron 50 semillas en cajas de Petri de 90 mm de diámetro con 3 capas de papel de filtro y 5 ml de agua destilada. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones. Cada cinco días (a los 98 días de post-maduración) o diariamente (a los 175 días de post-maduración) se realizaron conteos y posterior remoción de las semillas germinadas a lo largo de 30 días de duración del experimento. El tiempo (días) en que se alcanzó el 10 y 20% de germinación fue estimado para cada temperatura a través de un análisis de regresión no lineal. La tasa de germinación de cada una de dichas fracciones se graficó en función de la temperatura, quedando la temperatura base (T_b) determinada por la intersección de las rectas con el eje x (Steinmaus et al., 2000). Los porcentajes finales de germinación fueron sometidos a un análisis de varianza y las medias fueron comparadas mediante un test de Tukey ($\alpha < 0.05$).

Los parámetros que explican la dinámica de la entrada o salida de la dormición y la germinación en el sistema experimental utilizado se cuantificaron sobre la base de un modelo matemático modificado de Kruk & Benech-Arnold (1998) para las semillas que permanecieron enterradas

en el suelo durante diferentes intervalos de tiempo. El modelo describe la dinámica de la germinación de semillas en función del tiempo y la temperatura. Con los resultados obtenidos en el test de germinación y el modelo matemático se cuantificaron dos grupos de parámetros: (i) temperatura del límite inferior (T_l) y temperatura del límite superior (T_h) del rango permisivo para la germinación y dentro de ese rango; (ii) temperatura base (T_b), temperatura óptima (T_{opt}), temperatura máxima (T_{max}) y, tiempo térmico requerido para que germine el 50% de la fracción de semillas despiertas (TT_{50}).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El 97% de las semillas fueron viables al inicio de los experimentos. Sin embargo, las semillas recién dispersadas tuvieron niveles máximos de germinación de 16, 2 y 6% para los test de germinación IT, DT (Fig. 1) y CTE, respectivamente. Esto indica que las semillas presentaban altos niveles de dormición primaria, en coincidencia con lo sugerido por Osten (2012), quien indicó que las semillas de *C. virgata* requieren entre 6 y 10 semanas de post-maduración para disminuir el nivel de dormición.

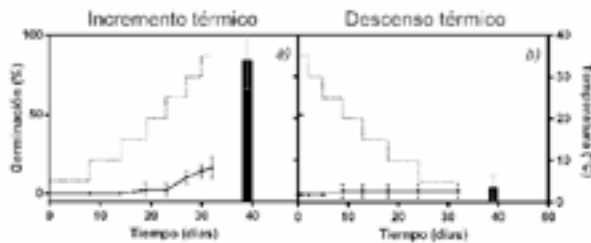


Figura 1. Porcentaje de germinación de semillas de *Chloris virgata* recién dispersadas bajo los regímenes Incremento térmico (IT) (a) y Descenso térmico (DT) (b). Las barras indican el porcentaje de germinación luego de exponer a las semillas a 24/10°C y 25°C en los regímenes IT y DT al finalizar el test de germinación. Líneas punteadas indican las temperaturas del test de germinación.

Luego de 98 días de post-maduración, el nivel de dormición dependió del tratamiento aplicado (Fig. 2a-h). Las semillas que permanecieron a 5°C con humedad y las enterradas en el campo presentaron los mayores niveles de germinación en todos los test. En el régimen IT, se alcanzaron porcentajes de germinación de 52.4% para las semillas enterradas y 86.3% para las semillas post-maduradas a 5°C con humedad, mientras que en los tratamientos a 5 y 25°C en seco, los niveles de germinación alcanzados fueron 18.2 y 22.2%, respectivamente. Bajo el régimen de temperaturas DT, los niveles de germinación final fueron similares a los indicados para IT, con la excepción que en el régimen DT la germinación se concentró en los primeros días, mientras que en el régimen IT la germinación aumentó continuamente a lo largo del experimento. En el ensayo a temperaturas constantes, la temperatura a la cual se observaron los mayores porcentajes de germinación fue 25°C, seguida por 30°C, independientemente del tratamiento. Esto podría confirmar que la temperatura óptima para la germinación de *Ch. virgata* estaría entre 25 y 30°C. Si bien los niveles de germinación a 10°C fueron bajos, la presencia de semillas germinadas a esta temperatura nos permitiría deducir que el valor de la T_b es menor a 10°C, debido a que por debajo de esta temperatura algunas semillas fueron capaces de germinar.

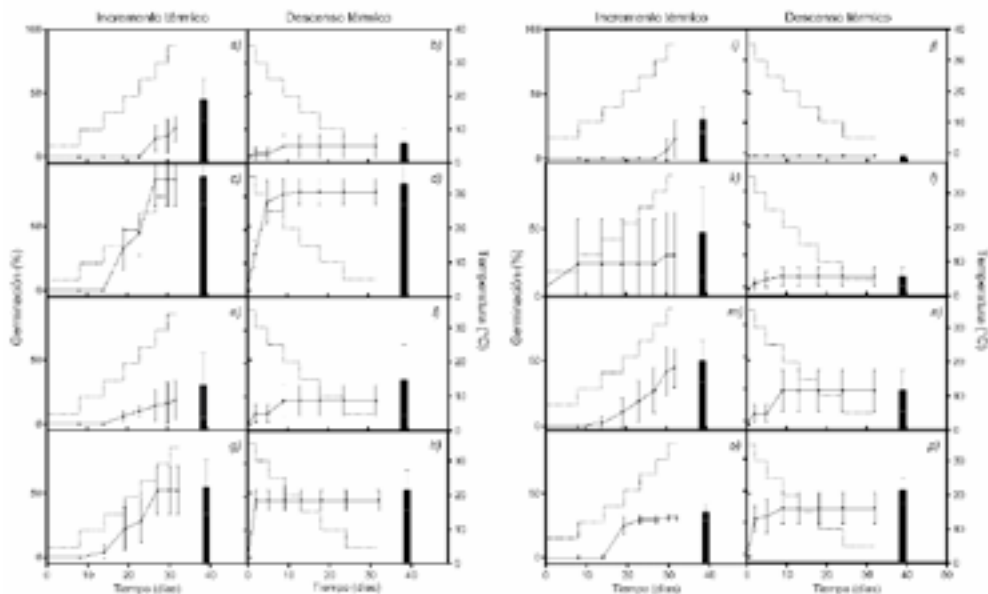


Figura 2. Porcentaje de germinación de semillas de *Chloris virgata* bajo los regímenes Incremento térmico (IT)(a, c, e, g, i, k, m, o) y (a) y Descenso térmico (DT)(b, d, f, h, j, l, n, p), medidos a los 98 días (a-h) y a los 175 días después de la dispersión (i-p). Tratamientos de post-maduración: 5°C seco (a-b, i-j); 5°C húmedo (c-d, k-l); 25°C seco (e-f, m-n); enterradas (g-h, o-p). Las barras indican el porcentaje de germinación luego de exponer a las semillas a 24/10°C y 25°C en los régimen IT y DT al finalizar el test de germinación. Líneas punteadas indican las temperaturas del test de germinación.

A los 175 días de post-maduración, los tratamientos que presentaron mayores porcentajes de germinación fueron el que mantuvo a las semillas a 25°C en seco y el de las semillas enterradas en el suelo (Fig. 2i-p). A temperaturas ascendentes, las semillas postmaduradas a 25°C en seco comenzaron a germinar a partir de los 10°C y alcanzaron 44.6% al final del test, mientras que las semillas enterradas a campo comenzaron a germinar a partir de los 15°C y alcanzaron el 31% de germinación. Los otros dos tratamientos no superaron el 15% de germinación. En cambio, bajo el régimen a temperaturas descendentes, el tratamiento que mayor porcentaje de germinación arrojó fue el de las semillas enterradas (38.4%) seguido por las semillas a 25°C en seco. Al igual que a los 98 días de post-maduración, en el test CTE las temperaturas que mostraron mayores porcentajes de germinación fueron 25 y 30°C.

A través de la germinación acumulada del tratamiento de semillas enterradas a campo bajo el régimen CTE, la T_b estimada fue de 7°C. El TT requerido para que germine el 10 y 20% de la población de semillas fue de 21 y 42°Cdía respectivamente y la T_{opt} fue 28 °C. Los valores de T_b y T_{opt} son similares a los presentados por Zhang et al. (2015) y Osten (2012).

La dinámica de germinación obtenida en los ensayos de régimen IT y DT se analizó a través del modelo propuesto por Washitani (1987) y modificado por Kruk & Benech-Arnold (1998) (Fig. 3). Los valores de T_b (7°C), T_{opt} (28°C) y T_{max} (40°C) se mantuvieron constantes en los tres momentos de medición (0, 98 y 175 días). El rango de temperaturas permisivo para que germine el 50% de la población fue establecido entre $24 \pm 5^\circ\text{C}$ y $40 \pm 6^\circ\text{C}$ en el momento inicial; $19 \pm 5^\circ\text{C}$ y $40 \pm 1^\circ\text{C}$ a los 98 días y $11 \pm 5^\circ\text{C}$ y $40 \pm 9^\circ\text{C}$ a los 175 días (Fig. 4). Estos resultados nos indican que a medida que las semillas fueron sometidas a las temperaturas bajas del invierno bajo

condiciones de humedad de campo, los niveles de dormición fueron descendiendo ampliando el rango de temperaturas permisivo para la germinación. De manera que cuando la temperatura del suelo superó la temperatura del límite inferior de dicho rango, la población de semillas estuvo en condiciones de germinar en el campo (Fig. 4). Bajo las condiciones de campo del año 2016 en la región pampeana argentina, este momento habría ocurrido alrededor del día 10/09/16, asemejándose al momento del año en los que otros trabajos determinaron el inicio de la emergencia de esta especie en la región pampeana (Metzler, 2014; Ustarroz, 2015).

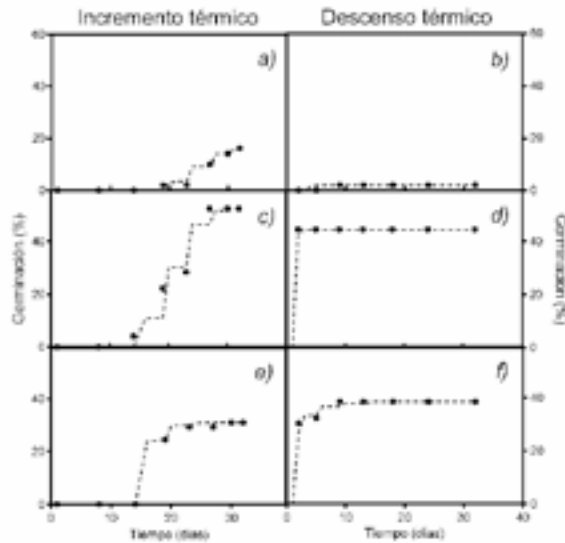


Figura 3. Germinación acumulada de *Chloris virgata* bajo los regímenes Incremento térmico (IT) a los 0 (a), 98 (c) y 175 días (d) de post-maduración y bajo el régimen Descenso térmico (DT) a los 0 (b), 98 (d) y 175 días (f) de post-maduración. Puntos negros indican germinación observada y líneas punteadas indican germinación esperada.

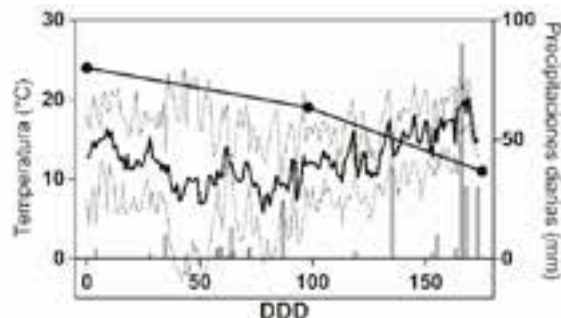


Figura 4. Evolución de la temperatura media diaria del suelo (línea sólida), temperaturas máximas y mínimas diarias del suelo (líneas punteadas), temperatura límite inferior para la germinación (línea sólida con puntos negros) y precipitaciones diarias (columnas) en la región pampeana argentina (35°5'39"S, 62°12'45"O). DDD: días desde la dispersión de *Chloris virgata*, año 2016.

4. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Fondo para Investigación Científica y Tecnológica de Argentina (PICT 2013-2620) y la Universidad de Buenos Aires, Proyecto UBACYT 2014-2017. S. Rodriguez es becario de doctorado FONCYT. Se agradece la colaboración del Dr. Ignacio Alzueta por proveer el acceso a lote de producción e información climática del sitio.

5. REFERENCIAS

- Baskin CC & Baskin JM (1988). Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperate region. *American Journal of Botany*, 75, 286-305.
- DeAbelleyra D & Satorre EH (2004). Web-Supported System to estimate *Sorghum halepense* and *Cynodon dactylon* sprout emergence dynamics in the Argentine Pampas. *4th International Weed Science Congress*, Durban, Sudáfrica.
- Delouche JC (1962). The tetrazolium test for seed viability. Mississippi State University.
- Heap I (2017) The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Available online: <http://www.weedscience.org>.
- Kruk BC & Benesh-Arnold RL (1998). Functional and quantitative analysis of seed thermal responses in prostrate knotweed (*Polygonum aviculare*) and common purslane (*Portulaca oleracea*). *Weed Science*, 46, 83-90.
- Leguizamón ES (2007). El manejo de malezas: desafíos y oportunidades. *Revista Agromensajes*, 23 (12), 26-29.
- Lin J, Shao S, Wang Y, Qi M, Lin L, Wang Y and Yan X (2015). Germination responses of the halophyte *Chloris virgate* to temperature and reduced potential caused by salinity, alkalinity and drought stress. *Grass and Forage Science*, 71, 507-514.
- Martínez-Ghersa MA, Ghersa CM and Satorre EH (2000). Coevolution of agricultural systems and their weed companions: implications for research. *Field Crops Research*, 67, 181-190.
- Metzler M, Papa JC and Tiesca D (2014). *Chloris* spp. Un problema en franca expansión. *Revista «Para producir mejor»*, N° 51. E.E.A. INTA Oliveros, Santa Fe, Argentina.
- Osten V (2012). Feathertop Rhodes grass: a best weed management guide. Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Queensland, Australia.
- Steinmaus SJ, Prather TS and Holt JS (2000) Estimation of base temperatures for nine weed species. *Journal of Experimental Botany*, 51, 275-286.
- Ustarroz D (2015). Dinámica de emergencia de *Chloris virgate* y su control con herbicidas. *Cartilla digital Manfredi*. ISSN On line 1851-7994. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), Argentina.
- Washitani I (1987). A convenient screening test system and a model for thermal germination responses of wild plant seeds. *Plant, Cell & Environment*, 10, 587-598.
- Zhang H, Tian Y and Zhou D (2015). A modified thermal time model quantifying germination response to temperature for C3 and C4 species in temperate grassland. *Agriculture*, 5, 412-426.

Thermal parameters related to changes in dormancy and germination of *Chloris virgate*

Summary: Changes in seed dormancy levels of *Ch. virgate* were studied at 0, 98 and 175 days after seed dispersion. Thermal parameters of the germination and emergence dynamics of this weed under non-limiting water conditions were obtained. The values of T_{b} , T_{opt} and T_{max} for this biotype were 7°C, 28°C and 40°C respectively and were kept constant regardless of the level of dormancy. The lower limit temperature for germination of 50% population was 24°C, 19°C and 11°C at 0, 98 and 175 days after seed dispersion and the upper limit temperature was kept constant (40°C). These parameters may allow the prediction of the beginning of weed germination and establishment in the Pampas region.

Keywords: base temperature, days after dispersion, emergency dynamics, emergency predictive models, optimal temperature, thermal time.