

Evaluación de tratamientos pregerminativos en semillas de Molle de beber (*Lithraea molleoides*(Vell) Engl.)

Evaluation of pregermination treatments on seeds of drinking molle (*Lithraea molleoides*(Vell) Engl.)

DOI: <https://doi.org/10.63207/ai.v8i16.161>

Kevin Joao Palacios Ballesteros ¹, José Omar Plevich ¹, Juan Carlos Tarico ¹, Marco Jesús Utello ¹

1. Área de Dasonomía, Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Resumen. *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl., es una especie arbórea dominante de la familia Anacardiaceae en el Chaco Serrano, caracterizada por su hábitat orófilo. La propagación de esta especie se ve limitada por la baja germinación de sus semillas, lo que hace necesario el desarrollo de tratamientos pregerminativos eficaces. Este estudio evaluó el efecto de diferentes tratamientos térmicos sobre la germinación de *L. molleoides* durante 30 días, mediante observaciones periódicas. Se aplicaron cinco tratamientos: inmersión prolongada a 100°C (T1) y 85°C (T2) durante 48 h; inmersión breve a 100°C (T3) y 85°C (T4) durante 5 min; y un testigo sin tratamiento térmico (T5). Los resultados mostraron diferencias significativas en el poder germinativo entre tratamientos ($p < 0.0001$). Los mayores porcentajes de germinación se obtuvieron con los tratamientos a 85°C (T2: 44%; T4: 43%), superando significativamente a los tratamientos a 100°C (T1: 9%; T3: 12%) y al testigo (T5: 7%). Estos resultados demuestran que las temperaturas de 85°C, independientemente del tiempo de exposición (5 min o 48 h), optimizan la germinación de *L. molleoides*, probablemente al favorecer la permeabilidad del tegumento sin dañar el embrión.

Palabras clave. Germinación, tratamientos térmicos, Anacardiaceae, *Lithraea molleoides*.

Abstract. *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl., is a dominant tree species of the Anacardiaceae family in the Serrano Chaco, characterized by its orophilic habitat. The propagation of this species is limited by the low germination of its seeds, which makes it necessary to develop effective pre-germination treatments. This study evaluated the effect of different heat treatments on the germination of *L. molleoides* for 30 days, through periodic observations. Five treatments were applied: prolonged immersion at 100°C (T1) and 85°C (T2) for 48 h; brief immersion at 100°C (T3) and 85°C (T4) for 5 min; and one control without heat treatment (T5). The results showed significant differences in germinative power between treatments ($p < 0.0001$). The highest germination percentages were obtained with the treatments at 85°C (T2: 44%; T4: 43%), significantly surpassing the treatments at 100°C (T1: 9%; T3: 12%) and the control (T5: 7%). These results demonstrate that temperatures of 85°C, regardless of the exposure time (5 min or 48 h), optimize the germination of *L. molleoides*, probably by enhancing seed coat permeability without damaging the embryo.

Keywords. Germination, thermal treatments, Anacardiaceae, *Lithraea molleoides*.

Recibido: 30/4/2025

Aceptado: 26/11/2025

Publicado: 19/12/2025

Autor para correspondencia: Kevin Joao Palacios Ballesteros, Ruta Nacional 36, Km. 601, 5804 Río Cuarto, Córdoba, Argentina; kpalacios@ayv.unrc.edu.ar

Financiamiento: Este trabajo fue realizado con recursos del Área de Dasonomía – FAV – UNRC.

INTRODUCCIÓN

La germinación es una etapa crítica en el ciclo de vida de las plantas, determinada por condiciones ambientales y la disponibilidad de recursos como suelo y nutrientes, factores que influyen directamente en el establecimiento de plántulas y la regeneración poblacional (Baskin y Baskin, 2021). Su estudio es esencial para optimizar la producción en viveros (Pedrini *et al.*, 2020) y entender los mecanismos que regulan el reclutamiento de especies.

Este proceso depende de:

- Factores intrínsecos: madurez, viabilidad y latencia de las semillas (Nonogaki, 2019).
- Factores extrínsecos: temperatura, sustrato, luz y humedad (Fernández-Pascual *et al.*, 2021; Peguero-Pina *et al.*, 2022).

Los tratamientos pregerminativos —como escarificación o aplicación de reguladores de crecimiento— pueden mejorar la eficiencia y uniformidad de la germinación (Gomez *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2022). Asimismo, las condiciones ambientales durante el desarrollo de la planta madre (temperatura, disponibilidad hídrica y nutrientes) también modulan la respuesta germinativa (Bewley *et al.*, 2022; Lamont *et al.*, 2024).

Este estudio evalúa el efecto de tratamientos pregerminativos en *Lithraea molleoides* mediante la inmersión en agua a distintas temperaturas y tiempos de exposición, con el fin de identificar las combinaciones óptimas para maximizar la germinación.

Los resultados aportarán bases técnicas para mejorar la propagación de *L. molleoides*, especialmente en ambientes donde su regeneración natural está limitada, contribuyendo a estrategias de restauración ecológica y conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de semillas

Las semillas de *Lithraea molleoides* se recolectaron en febrero de 2023 de árboles ubicados en la zona serrana de la provincia de Córdoba, Argentina (Tabla 1). Se seleccionaron cuatro sitios en las localidades de Villa El Tala y Villa Quillinzo, dentro del Departamento Calamuchita, abarcando un rango altitudinal entre 608 y 635 m.s.n.m.

Localización del ensayo

El experimento se realizó en el vivero de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina (33°06′49″ S, 64°18′09″ O).

Tratamientos pregerminativos

Se evaluaron cinco tratamientos térmicos:

- Inmersión prolongada (48 h):
 - T1: Agua a 100°C (enfriamiento progresivo a temperatura ambiente).
 - T2: Agua a 85°C (enfriamiento progresivo a temperatura ambiente).
- Inmersión corta (5 min):
 - T3: Agua a 100°C.
 - T4: Agua a 85°C.
- Control (T5): Semillas sin tratamiento térmico.

Las semillas se sometieron a una inmersión en agua durante 48 h. El tratamiento comenzó con el agua a una temperatura inicial de 100°C T1 y 85°C T2, y se dejó enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente.

Tabla 1. Sitios de recolección de semillas *L. molleoides*.

Especie	Localidad	Coordenadas	Altitud (m.s.n.m.)
<i>L. molleoides</i>	Villa el Tala	32°16′10″ S: 64°34′27″ O	630
	Villa el Tala	32°20′16″ S: 64°35′38″ O	635
	Villa Quillinzo	32°15′50″ S: 64°32′56″ O	608
	Villa Quillinzo	32°15′42″ S: 64°32′41″ O	610

Las semillas se colocaron en bandejas de polietileno (volumen unitario: 1504 cm³) con sustrato estéril compuesto por turba (60%), perlita (30%) y arena (10%), garantizando aireación y retención hídrica óptimas (Landis *et al.*, 2021; Oliviera *et al.*, 2023).

Evaluación de la germinación

Variables registradas:

Poder germinativo (PG%): Calculado según la ecuación:

Donde:

PG: Porcentaje de germinación (%)

SG: Semillas germinadas

ST: Semillas totales

El seguimiento del poder germinativo se realizó durante un periodo de 30 días, se estableció que una semilla se consideraría germinada una vez que la radícula alcanza una longitud igual al de la semilla (ISTA., 2023). El registro finalizó al cumplirse este periodo, ya que no se observó germinación por parte de los tratamientos.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones por tratamiento. Los datos se analizaron mediante modelos lineales generales y mixtos para mediciones repetidas en el tiempo (Infostat; Di Rienzo *et al.*, 2018), considerando:

- Variable respuesta: Poder germinativo (PG%).
- Factores: Tratamiento térmico, tiempo e interacción tratamiento × tiempo.
- Modelo: Efectos fijos (tratamiento) y aleatorios (bloques), con supuestos de homocedasticidad e independencia de errores.

Las comparaciones de medias se realizaron la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS

Efecto de los tratamientos térmicos en el poder germinativo

Los tratamientos pregerminativos aplicados a semillas de *Lithraea molleoides* mostraron diferencias significativas en el porcentaje de germinación ($p < 0.0001$), evidenciando la influencia crítica de la temperatura y el tiempo de exposición. Los tratamientos T2 (85°C_48h) y T4 (85°C_5min) presentaron los mayores valores de poder germinativo (PG%): 44% y 43%, respectivamente, superando significativamente a T1 (100°C_48h): 9%, T3 (100°C_5min): 12% y Testigo (T5): 7% (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de los tratamientos pre-germinativos.

Tratamientos	Condición térmica	PG%
T1	100°C_48 h	9
T2	85°C_48 h	44
T3	100°C_5 min	12
T4	85°C_5 min	43
T5 (Testigo)	Testigo	7

Estos resultados sugieren que las exposiciones prolongadas (48h) o cortas (5min) a 85°C favorecen la germinación, mientras que las temperaturas de 100°C provocan daños tisulares y desnaturalización proteica, reduciendo drásticamente el PG% (Moreira *et al.*, 2020).

Dinámica de la germinación

La germinación acumulada exhibió un patrón bifásico (Figura 1), caracterizado por:

Fase inicial (días 1–7): los tratamientos T2 y T4 iniciaron la germinación a partir del día 7, asociado a, imbibición de semillas genotípicamente vigorosas (Vazque-Yanes *et al.*, 2022) y condiciones óptimas de humedad (Pritchard *et al.*, 2023).

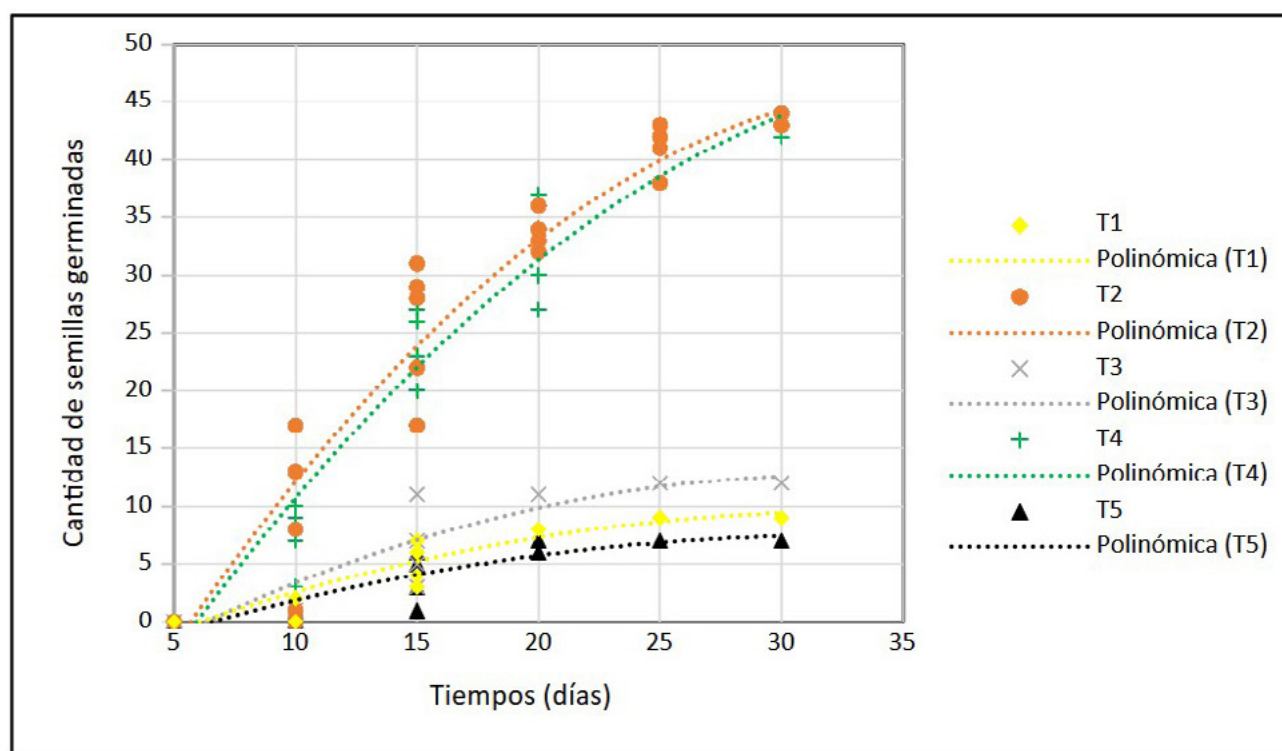


Figura 1. Germinación acumulada de *L. molleoides* en el tiempo para los diferentes tratamientos pregerminativos.

Fase estable (días 8–30): T2 y T4 mantuvieron una germinación constante, atribuible a la ruptura de latencia física por termoescarificación (Moreira *et al.*, 2021), mientras que T1 y T3 mostraron PG% mínimos (<12%), consistentes con daño térmico irreversible (Bewley *et al.*, 2022) y el testigo (T5) presentó el menor PG% (7%), reflejando latencia seminal no rota (Baskin y Baskin, 2021).

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos concuerdan con expuesto por Lozano, Aquino y Zapater (2022), quienes identificaron que la aplicación de agua a temperaturas de 85°C en un tratamiento promovió el poder germinativo para la especie de *L. molleoides*. Por otro lado, este patrón coincide con estudios recientes en semillas duras, donde las temperaturas entre 80 – 90°C promueven la ruptura seminal sin dañar el embrión (Lamont & He, 2022; Moreira *et al.*, 2022).

La temperatura de 85°C en los tratamientos de (5 min) y (48 h) hasta llegar a temperatura ambiente demostraron que se optimizó la permeabilidad del tegumento sin daño celular, coincidiendo con estudios previos de especies de *Anacardiaceae* realizados por (García *et al.*,

2018)., contrastando con estudios recientes que demuestran que exposiciones cortas (<2h) a 80-90°C pueden ser más efectivas que tratamientos prolongados (>24h) para mejorar el poder germinativo en semillas con testas duras (Pausas *et al.*, 2022).

Esta variabilidad responde principalmente a diferencias estructurales en la testa y adaptaciones ecofisiológicas específicas de cada especie (Lamont *et al.*, 2023), donde la conductividad térmica y composición de lignina determinan los umbrales óptimos de exposición, mientras que las temperaturas $\geq 100^\circ\text{C}$ muestran efectos letales consistentes, causando no solo ruptura irreversible de latencia (Moreira *et al.*, 2021), sino también inactivación de enzimas clave como las α -amilasas y proteínas de choque térmico (Bewley *et al.*, 2022). Este daño metabólico explica los bajos porcentajes de germinación (<12%) observados en nuestros tratamientos T1 y T3. Otros estudios confirman que temperaturas extremas $\geq 100^\circ\text{C}$ provocan la desnaturalización proteica masiva y pérdida de integridad mitocondrial (Gomez *et al.*, 2023).

Los estudios recientes confirman la distribución disyunta de *L. molleoides* en Argentina, con una marcada separación entre las poblaciones del NOA y NEA que responde a factores históricos

más que a patrones climáticos actuales (Zapater *et al.*, 2021), lo que plantea desafíos críticos para su conservación. Esta fragmentación, sumada a su baja eficiencia germinativa en condiciones naturales (<30%; Torres *et al.*, 2023), limita severamente su capacidad de regeneración y la conectividad entre poblaciones.

Finalmente, se recomienda implementar estudios integrados que evalúen tratamientos pregerminativos con gradientes térmicos controlados (70-100°C) para optimizar su propagación (Pereyra *et al.*, 2024), combinado con otras técnicas de tratamientos pregerminativos que permitan diseñar tratamientos óptimos para la reproducción de la especie.

CONCLUSIONES

Efecto de los tratamientos térmicos

Los tratamientos con agua a 85°C (T2: 48h y T4: 5min) mostraron la mayor eficacia, alcanzando un poder germinativo del 44% y 43% respectivamente, lo que sugiere que esta temperatura óptima favorece la ruptura de la latencia física sin causar daño tisular. En contraste, las exposiciones a 100°C (T1 y T3) redujeron drásticamente la germinación (<12%), evidenciando daño por estrés térmico.

Mecanismos fisiológicos implicados

La dinámica bifásica observada confirma que, la germinación inicial (días 1–7) está asociada a semillas vigorosas y condiciones de humedad adecuadas. La germinación sostenida (días 8–30) en T2 y T4 se explica por la termoescurificación, que debilita las cubiertas seminales sin afectar el embrión.

Implicaciones prácticas

Para la propagación de *L. molleoides* en viveros, se recomienda, evitar temperaturas $\geq 100^\circ\text{C}$, que desnaturalizan proteínas y reducen la viabilidad. Para mejorar la germinación, se sugiere aplicar inmersión en agua a 85°C (5min o 48h), esta técnica de fácil implementación, permite duplicar el porcentaje de germinación respecto al testigo.

Limitaciones y proyecciones

Futuros estudios deberían evaluar, la interacción de estos tratamientos con otros factores (luz, sustratos alternativos) y el desempeño post-germinativo (supervivencia de plántulas en campo).

AGRADECIMIENTOS

Este artículo fue desarrollado gracias al aporte de semillas realizado por el Sr. Manuel Nicola y al personal técnico del Vivero Agroforestal de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2021). *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination* (2nd ed.). Academic Press.

Bewley, J. D., Bradford, K. J., & Hilhorst, H. W. M. (2022). *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy* (4th ed.). Springer Nature.

Fernández-Pascual, E., Seal, C. E., & Pritchard, H. W. (2021). *Simulating the germination response to diurnally alternating temperatures under climate change scenarios: Comparative studies on Carex diandra seeds*. *Annals of Botany*, *127*(6), 807-817.

Gomes, M. P., Garcia, Q. S., Oliveira, J. A., Silva, F. G., & Ribeiro, D. M. (2023). Cellular damage markers in heat-treated seeds: Histological and biochemical approaches. *Seed Science Research*, 33(1), 12–25.

Gomes, M. P., Garcia, Q. S., & Oliveira, J. A. (2023). *Seed priming with phytohormones: A strategy to enhance germination under abiotic stress*. *Plant Growth Regulation*, *99*(1), 1-15.

International Seed Testing Association [ISTA]. (2023). *International rules for seed testing*. <https://www.seedtest.org/en/international-rules-content---1--1083.html>

Lamont, B. B. & He, T. (2022). «Fire-mediated germination syndromes in Mediterranean ecosystems». *Trends in Plant Science*, 27(7), 668-681.

Lamont, B. B., Pausas, J. G., & He, T. (2024). *Fire as a key driver of seed traits in Mediterranean ecosystems*. *Trends in Plant Science*, *29*(2), 123-135.

- Landis, T. D., Dumroese, R. K., & Haase, D. L. (2021). *The Container Tree Nursery Manual: Volume 2 – Containers and Growing Media*. USDA Forest Service.
- Moreira, B., Castellanos, M. C., & Pausas, J. G. (2020). Fire-driven germination in Mediterranean basins: Heat shock thresholds and their interaction with water availability. *Plant Ecology*, 221(7), 569–581. <https://doi.org/10.1007/s11258-020-01034-z>
- Moreira, Tavşanoğlu, Ç., & Pausas, J. G. (2021). Lethal temperature thresholds for seed germination in Mediterranean species. *Plant Ecology*, 222(3), 433–445.
- Moreira, B., Castellanos, M. C., & Pausas, J. G. (2021). Fire-related cues break physical dormancy in Mediterranean Basin flora. *Annals of Botany*, 127(5), 647–659.
- Nonogaki, H. (2019). *Seed germination and dormancy: The classic story, new puzzles, and evolution*. *Journal of Integrative Plant Biology*, 61(5), 541–563.
- Oliveira, G., Ribeiro, J. S., & Santos, T. M. (2023). *Optimizing peat-perlite-sand mixes for seed germination: Physical properties and seedling performance*. *Scientia Horticulturae*, 321*, 112289.
- Pausas, J. G., Lamont, B. B., Paula, S., & He, T. (2022). “Duration and intensity of heat shocks affect germination differently in fire-prone ecosystems”. *Frontiers in Plant Science*, 13, 891543.
- Pedrini, S., Balestrazzi, A., Madsen, M. D., & Bhalsing, K. (2020). *Seed enhancement: Getting seeds restoration-ready*. *Restoration Ecology*, 28*(S3), S266–S275.
- Peguero-Pina, J. J., Mendoza-Herrer, Ó., Morales, F., & Gil-Pelegrín, E. (2022). *Hydric and light regulation of seed germination in Mediterranean trees: Ecological implications under climate change*. *Forests*, 13*(2), 323.
- Pereyra, D. A., Gurvich, D. E., & Funes, G. (2024). Thermal scarification protocols for native species of the Gran Chaco. *Neotropical Ecology*, 12(1), 45–60.
- Pritchard, H. W., Daws, M. I., & Mattana, E. (2023). «Water relations in seed germination: New thresholds for tropical species». *Seed Science Research*, 33(1), 45–58.
- Torres, R. C., Renison, D., & Tecco, P. A. (2023). «Seed germination constraints in Argentinean dry forest species: Climate change implications». *Forest Ecology and Management*, 529, 120697.
- Vázquez-Yanes, C., Orozco-Segovia, A., & Sánchez-Coronado, M. E. (2022). “Seed vigour and hydration dynamics in pioneer species: Implications for ecological restoration”. *Journal of Seed Science*, 44(3), e2022440302.
- Zapater, M. A., Campos, C. M., & Tálamo, A. (2021). “Historical fragmentation explains current distribution patterns in seasonally dry tropical forest species”. *Journal of Biogeography*, 48(5), 1189–1203.
- Zhang, H., Liu, X., & Wang, Y. (2022). *Mechanical scarification and hydrogen peroxide breaking seed dormancy in native legumes: Implications for ecological restoration*. *Journal of Environmental Management*, 305*, 114387.