2025 | 16·20
GIJÓN | JUNIO
9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1591

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025**.
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza

Variación en la fenología foliar en procedencias costeras y preandinas de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser

ESPINOZA MEZA S. (1), GOMEZ DE LA FUENTE P. (2), QUIROZ MARCHANT I. (3) MAGNI DÍAZ C. (4), MARTINEZ HERRERA E. (4) y YAÑEZ ARCE M. (5)

(1) Departamento de Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Católica del Maule, Avenida San Miguel 3605, Talca, Chile
(2) Consultor Independiente. Doña Antonia, Pasaje Rio Portillo, N°1879, Maule, Chile
(3) Centro de Investigación de Ecosistemas Mediterráneos (CEIEM) and Instituto Forestal, Calle Nueva Uno 3570 LT 4 Michaihue, San Pedro de la Paz, Concepción, Chile
(4) CESAF. Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile, Avenida Santa Rosa 11365, La Pintana, Chile.
(5) College of Forestry, Agriculture, and Natural Resources, University of Arkansas at Monticello, 110 University Ct, Monticello, AR 71656

Resumen

La variación en la fenología de las hojas se debe principalmente al determinismo genético y a la temperatura ambiental. En este estudio, investigamos la variación fenológica durante la expansión foliar en cuatro procedencias de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser (hualo), especie en categoría Vulnerable. Dos procedencias de orígenes geográficos preandinos (Linares, Longaví) y dos procedencias de orígenes costeros (Curanipe, Empedrado) en Chile Central se plantaron en el año 2020 en un ensayo de jardín común establecido en un sitio con clima de tipo oceánico templado. Entre julio a septiembre de 2023 registramos los estadios fenológicos yema en latencia, yema abierta, hoja en expansión, hoja abierta, y hoja de tamaño mediano (> 1 cm de lámina) en 132 plantas. Las yemas y hojas de la procedencia Empedrado comenzaron a abrir y expandirse antes que aquellas de orígenes preandinos. En consecuencia, los estadios de yema en latencia y yema abierta tuvieron un retraso de 8 a 10 días en las procedencias preandinas. Estas respuestas podrían estar asociadas a adaptaciones a la temperatura en los sitios de origen de la semilla y pueden orientar la transferencia de material genético de la especie en programas de restauración.

Palabras clave

Hualo, yema abierta, fuente de semilla, transplante recíproco, días grado, horas frío.

1. Introducción

La expansión foliar porque indica el comienzo de la temporada de crecimiento que afecta los procesos ecosistémicos como absorción de CO2, crecimiento de los árboles, intercepción de luz y movimiento de agua en bosques templados como

aquellos del género *Nothofagus*. Entre las especies de este género se encuentra *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser (hualo), una especie vulnerable con un rango de distribución restringido en Chile central (34º a 37º S) que ha sido intensamente degradada y fragmentada (ECHEVERRÍA et al. 2006). Experimentos de jardín común con especies del género *Nothofagus* han demostrado el determinismo genético para la fenología foliar (RUSCH 1993; BARRERA et al. 2000; DDUBOSCQ-CARRA et al. 2020). El control del momento de formación y apertura de yemas tiene implicaciones para la adaptación y diferenciación de los árboles y para la conservación de ecosistemas y especies; sin embargo, aún hay falta de información sobre la fenología foliar en especies como *N. glauca*. En uno de los pocos estudios observacionales sobre la especie, QUIROZ et al. (2022) observaron que las procedencias costeras abren sus yemas más temprano en la temporada, mientras que las procedencias preandinas retrasaron esta etapa. Sin embargo, estos resultados se basaron en una sola fecha de observaciones. En el presente estudio continuamos el estudio de QUIROZ et al. (2022) y monitoreamos la fenología foliar de *N. glauca* desde la etapa de yemas en reposo hasta que las plantas tienen hojas pequeñas y expandidas.

2. Objetivos

Nuestro objetivo fue analizar las variaciones en las etapas fenológicas durante la expansión foliar en procedencias de *N. glauca* de orígenes costeros y preandinos establecidas en un ensayo de jardín común en un sitio costero.

3. Metodología

Este estudio es una continuación del estudio de QUIROZ et al. (2022). Brevemente, semillas de cuatro procedencias (fuentes de semillas) de *N. glauca* de orígenes geográficos costeros y preandinos (Tabla 1) se cultivaron en vivero durante el año 2019 y se establecieron en un ensayo de jardín común en julio de 2020 en Constitución, Chile (35° 30’ S, 72° 22’ O). El clima en el sitio de estudio se clasifica como Cfb (templado oceánico sin estación seca y verano cálido) con una precipitación anual de 774 mm, una temperatura media anual de 13,8 °C y una temperatura máxima promedio de 18,7 °C en enero y febrero. Las plántulas se plantaron manualmente en hoyos de plantación de 30 × 30 × 40 cm a un espaciamiento de 2 × 2 m (es decir, una densidad de 2.500 plantas ha-1). El ensayo siguió un diseño de bloques completos al azar con cuatro procedencias (Longaví, Linares, Curanipe, Empedrado) y 3 tratamientos de protección solar (malla negra, tratamiento con caolín y un tratamiento control a pleno sol). Un total de 1.680 plántulas se establecieron originalmente en 2020 (4 procedencias × 3 tratamientos de protección solar × 5 bloques × 28 plántulas por parcela = 1.680 plántulas). En el presente estudio solo monitoreamos una muestra de las plantas sobrevivientes establecidas en el tratamiento a pleno sol con 560 plántulas. Monitoreamos un total de 132 plantas distribuidas en los 5 bloques del experimento (4 procedencias × 5 bloques × 3 réplicas de 3 plantas). Como las cuatro procedencias tenían un número heterogéneo de plantas sobrevivientes, nos ocupamos de que cada procedencia

estuviera presente en los 5 bloques y contuviera tres plantas por cada réplica.

Tabla 1. Ubicación y parámetros climáticos de las procedencias de N. glauca y del ensayo de jardín común.

Procedencia	Origen geográfico	Latitud (ºS)	Longitud (ºW)	Altitud (msnm)	PP (mm)	T (º C)
Longaví	Pre Andino	36º 08’	71º 30’	500	1,262	12.6
Linares		35º 51’	71º 17’	560	1,041	11.9
Curanipe	Costa	35º 51’	72º 36’	550	820	13.0
Empedrado		35º 35’	72º 22’	450	861	11.6
Jardín común		35º 30’	72º 22’	445	855	11.6

PP = precipitación media anual, T = temperatura media anual.

Los días 14 y 24 de julio, 1, 15 y 25 de agosto y 1 y 15 de septiembre de 2023, registramos los estados fenológicos yema en reposo, yemas abiertas, hojas en expansión, hojas abiertas y hojas de tamaño mediano (> 1 cm de longitud de lámina) en 132 plántulas (27 en Longaví, 33 en Linares, 36 en Curanipe y 36 en Empedrado). Utilizamos una escala ordinal subjetiva desarrollada para *Nothofagus obliqua* (BARBERO 2014) y *Nothofagus pumilio* (RUSCH 1993). Las diferencias fenológicas entre procedencias en cada fecha de observación por separado se probaron mediante la prueba de *X2* y se comparó la frecuencia de plantas en cada fase y fecha. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS versión 21.0 (SPSS Inc, Chicago, Illinois, EE. UU.).

4. Resultados

Las plantas de las diferentes procedencias presentaron diferencias fenológicas significativas durante el período de observación de 64 días desde el 14 de julio y hasta que todas las plantas presentaron hojas con lámina mayor a 1 cm. Las yemas y hojas de la procedencia Empedrado iniciaron la brotación y expansión antes que las de procedencias preandinas. Como resultado, durante los primeros 19 días del período de observación, ambas procedencias costeras Empedrado y Curanipe presentaron un mayor promedio de plantas en etapa de yemas abiertas en comparación con las procedencias preandinas Longaví y Linares (56 y 34%, respectivamente) (Figura 1). Durante este período, la procedencia Empedrado no presentó plantas en etapa de yemas en reposo, y esto ocurrió 15 días después en la procedencia Curanipe. A esta fecha (15 de agosto), ambas procedencias preandinas aún presentaban entre 6 y 15% de plantas con yemas en reposo. Diez días después (25 de agosto), el 100% de las plantas en ambas procedencias costeras habían alcanzado el estado de yema abierta. Este estado se alcanzó 8 días después en el caso de las procedencias preandinas mientras que las procedencias costeras ya tenían hasta un 36% de plantas con hojas > 1 cm. En consecuencia, los máximos fenológicos de yemas en reposo y yemas abiertas tuvieron un retraso de 8 a 10 días en las procedencias preandinas. Para el 15 de septiembre todas las plantas del experimento tenían hojas > 1 cm.

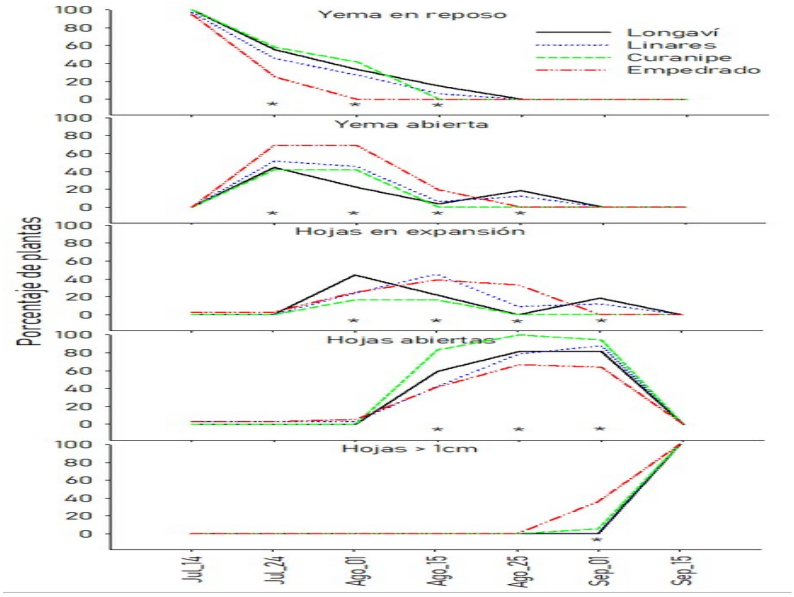

Figura 1. Etapas fenológicas entre procedencias costeras y preandinas de N. glauca. Los asteriscos indican diferencias significativas (P < 0,05) entre procedencias por fecha en cada fase fenológica por separado.

5. Discusión

En este estudio monitoreamos distintas fases de la fenología foliar de *N. glauca* pero concentramos nuestro análisis en la fase de yemas abiertas, que es una etapa clara. Se observó que las procedencias preandinas mostraron un retraso significativo en la brotación y consecuentemente en la expansión foliar. Los registros climáticos históricos desde 1965 a 2013 en los sitios de origen en ambas procedencias preandinas indican una temperatura promedio mínima en julio de -1,9 °C (datos obtenidos del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia CR2 en https://explorador.cr2.cl/), mientras que en localidades costeras esas temperaturas oscilaron entre 4 - 7 °C en el mismo mes y período. El potencial de crecimiento de una especie está fuertemente influenciado por la temperatura en el origen de la semilla (THOMSON et al. 2009; CALLAHAM 2013) por lo que nuestros resultados sugieren que las procedencias preandinas tienen adaptaciones para retrasar la brotación como estrategia para escapar de las temperaturas desfavorables de manera precautoria y hacer más efectivo el uso de la estación de crecimiento más corta. Estas adaptaciones parecen heredarse al mover las especies a diferentes condiciones de sitio, es decir, la apertura de las yemas en las procedencias preandinas permaneció retrasada a pesar del cambio de temperatura experimentado en el sitio de jardín común. Esto sugiere un control genético de la fenología, un fenómeno que se ha encontrado que está bajo un fuerte control genético en algunas especies (BRADSHAW y STETTLER, 1995). Sin embargo, el retraso en la apertura de las yemas y la expansión foliar reduce el crecimiento y la producción de biomasa (LEINONEN y HÄNNINEN, 2002; DOI y KATANO 2008). En este sentido, QUIROZ et al. (2022) demostraron que las procedencias preandinas Linares y Longaví sobrevivieron menos y crecieron menos que las procedencias costeras en el mismo experimento de jardín común un año después de la plantación. De manera similar, APARICIO et al. (2015) en un experimento con

Nothofagus obliqua informaron menos daño por heladas en una población que retrasó la brotación, pero también una disminución en el crecimiento. Esto sugiere que la brotación tardía en las procedencias preandinas se produjo a costa de una adquisición subóptima de los recursos disponibles y un potencial de crecimiento reducido. También observamos que las yemas y las hojas de las procedencias costeras comenzaron a brotar y expandirse antes que las de los orígenes preandinos. Hipotéticamente, esto implica una mayor capacidad para competir por la luz y otros recursos; y el consecuente mayor crecimiento, pero también puede aumentar el riesgo de daño por temperaturas de congelación (HEIDE, 2003). Este pudo haber sido el caso de las procedencias costeras, pero no ocurrió porque en el sitio del jardín común no hubo temperaturas bajo cero durante el período de estudio debido a la influencia oceánica.

6. Conclusiones

Las procedencias costeras abren las yemas temprano en la temporada como una respuesta adaptativa a las condiciones climáticas en su sitio de origen. Por el contrario, las procedencias preandinas retrasan la apertura de las yemas como una posible estrategia para escapar de condiciones desfavorables de temperatura.

7. Agradecimientos

Las mediciones de fenología foliar durante el año 2023 fueron financiadas por Botanic Gardens Conservation International (BGCI) a través del proyecto “Phenotypic variation in phenology of local and non- local provenances of *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser in Central Chile” a cargo de Persy Gómez. Forestal Mininco S.A., apoyó financieramente el establecimiento de los ensayos en sus terrenos.

8. Bibliografía

APARICIO, A.G.; ZUKI, SM.; AZPILICUETA, MM.; BARBERO, FÁ.; PASTORINO, MJ. 2015. Genetic versus environmental contributions to variation in seedling resprouting in *Nothofagus obliqua*. Tree Genet Genomes 11 1-14

BARRERA, MD.; FRANGI, JL.; RICHTER LL.; PERDOMO, MH.; PINEDO, LB. 2000. Structural and functional changes in *Nothofagus pumilio* forests along an altitudinal gradient in Tierra del Fuego, Argentina. J Veg Sci 11(2) 179-188

BRADSHAW, HD.; STETTLER RF. 1995 Molecular genetics of growth and development in Populus. IV. Mapping QTLs with large effects on growth, form, and phenology traits in a forest tree. Genetics 139 963–973

CALLAHAM, RZ. 2013. *Pinus ponderosa*: geographic races and subspecies based on morphological variation. Res. Pap. PSW-RP-265. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. 53 p. Albany, CA: U.S.

DOI, H.; KATANO, I. 2008. Phenological timings of leaf budburst with climate change in Japan. Agric For Meteorol 148 512–516

DUBOSCQ-CARRA, VG.; ARIAS-RIOS, JA.; El MUJTAR VA.; MARCHELLI, P.; PASTORINO, MJ. 2020. Differentiation in phenology among and within natural populations of a South American Nothofagus revealed by a two-year evaluation in a common garden trial. For Ecol Manag 460 117858

ECHEVERRIA, C.; COOMES, D.; SALAS, J.; REY-BENAYAS, JM.; LARA, A.; NEWTON, A. 2006. Rapid deforestation and fragmentation of Chilean temperate forests. Biol Conserv 130(4) 481-494

HEIDE, OM. 2003. High autumn temperature delays spring bud burst in boreal trees, counterbalancing the effect of climatic warming. Tree Physiol 23 931–936

LEINONEN, I.; HÄNNINEN, H. 2002. Adaptation of the timing of bud burst of Norway spruce to temperate and boreal climates. Silva Fenn 36 695–701

QUIROZ, IA.; ESPINOZA, SE.; YAÑEZ, MA.; MAGNI, CR.; MARTÍNEZ, EE.; GUTIERREZ, BT.; FAUNDEZ AF.; VASWANI, SA. 2022. Provenance causes variation on early growth and survival and sun protection on physiological responses of the vulnerable *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser in a common garden in Central Chile. Environ Sustain Ind 15 100192

RUSCH, VE. 1993. Altitudinal variation in the phenology of Nothofagus pumilio in Argentina. Rev Chil Hist Nat 66 131–4

THOMSON, AM.; RIDDELL, CL.; PARKER, WH. 2009. Boreal forest provenance tests used to predict optimal growth and response to climate change: 2. Black spruce. Can J For Res 39 143– 153