

Respuesta del pino híbrido a las heladas invernales en función a las condiciones de micrositio y caracteres de crecimiento.

Hybrid pine response to winter frosts as a function of microsite conditions and growth characteristics.

Schoffen, Cristian ¹; Bulfe, Nardia ¹; Belaber, Ector ¹; Gauchat, María Elena ¹; Martínez Meier, Alejandro ²

¹ INTA EEA Montecarlo, ² INTA EEA Bariloche – IFAB (INTA – CONICET)

Resumen.

La obtención de material genético de calidad superior o mejorado a partir del desarrollo de híbridos permite combinar los caracteres deseables de las especies parentales. La plantación del pino híbrido entre *Pinus elliotii* var. *elliotii* x *Pinus caribaea* Morlet var. *hondurensis* (Sénéclauze) W.H. Barrett & Golfari. se limita actualmente a regiones tropicales y con restricciones en regiones subtropicales, principalmente por su susceptibilidad al daño por bajas temperaturas. Esto quedó demostrado por la afectación diferencial del daño por bajas temperaturas registrado en dos sitios de plantación (BAJO y ALTO). A su vez, fue posible establecer que existen familias del pino híbrido con mayor tolerancia a las bajas temperaturas. El crecimiento inicial en etapa de vivero, como así también la rápida respuesta a condiciones favorables de crecimiento, son los principales factores que afectan su susceptibilidad a heladas.

Palabras claves: fenología; *Pinus elliotii* var. *elliotii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*; bajas temperaturas

Abstract.

Obtaining higher quality or improved genetic material from the development of hybrids makes it possible to combine the desirable traits of the parent species. The plantation of the hybrid pine between *Pinus elliotii* var. *elliotii* x *Pinus caribaea* Morlet var. *hondurensis* (Sénéclauze) W.H. Barrett & Golfari. it is currently limited to tropical regions and with restrictions in subtropical regions, mainly due to its susceptibility to damage by low temperatures. This was demonstrated by the differential affectation of the damage by low temperatures registered in two plantation sites (LOW and HIGH). In turn, it was possible to establish that there are hybrid pine families with greater tolerance to low temperatures. The initial growth in the nursery stage, as well as the rapid response to favorable growth conditions, are the main factors that affect its susceptibility to frost.

Key words: phenology; *Pinus elliotii* var. *elliotii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*; low temperatures

Introducción.

La productividad de las plantaciones forestales se relaciona estrechamente con las prácticas de manejo, su acervo genético y a las condiciones ambientales (Charrier et al. 2015). En relación a estas últimas, el impacto generado por las heladas sobre los plantines genera una preocupación creciente en regiones donde la ocurrencia de estos eventos es mayor. Es por ello que, el número de estudios en este campo ha aumentado durante la última década (Turchetto et al. 2020). Las especies originarias de áreas frías tienen una mayor tolerancia a las heladas, mientras que aquellas de climas tropicales-subtropicales son más susceptibles. Es así que la distribución de las especies está fuertemente relacionada con la tolerancia a las heladas invernales (Mabaso, Ham, and Nel 2019). Si las condiciones ambientales a las cuales las plantas están expuestas difieren de las óptimas para su desarrollo, decimos que éstas están bajo estrés (Arias 2015). Conocer los mecanismos de resistencia a eventos de estrés, como las bajas temperaturas, permiten no solamente comprender el proceso de adaptación sino además predecir las respuestas frente a futuros cambios en las condiciones ambientales. Por otro lado, puede ser aplicado en el proceso de selección con la finalidad de obtener materiales mejorados genéticamente más adecuados a condiciones ambientales particulares o capaces de soportar mejor las bajas temperaturas (Arias 2015). Por ello, es importante desarrollar métodos rápidos y confiables que permitan conocer cuáles son los mecanismos asociados a la resistencia a las bajas temperaturas. El híbrido entre *Pinus elliotii* var. *elliotii* x *Pinus caribaea* Morlet var. *hondurensis* (Sénéclauze) W.H. Barrett & Golfari (en adelante, híbrido) ha mostrado un buen

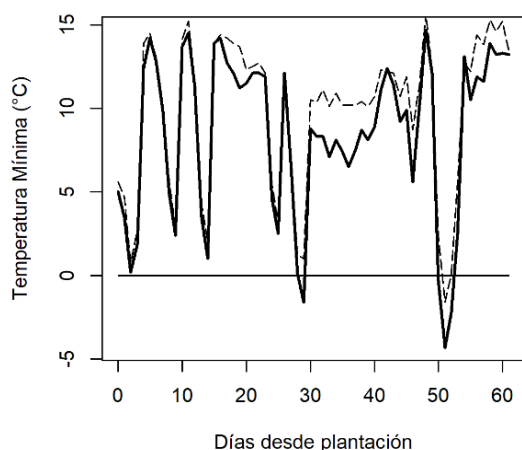
desempeño en diferentes países donde se lo ha cultivado (Belaber et al. 2018; Nikles 2017; Nilsson et al. 2020; Slee 1972). Sin embargo, su plantación comercial se limita a regiones tropicales y con restricciones en regiones subtropicales, principalmente por su susceptibilidad al daño por bajas temperaturas (Mabaso et al. 2019). Es así que el objetivo del presente trabajo fue determinar si el crecimiento y el estado fenológico, asociado a las condiciones ambientales del sitio son capaces de explicar la afectación diferencial por bajas temperaturas entre familias del pino híbrido y un parental

Materiales y Métodos.

Se instalaron dos ensayos en julio del 2020 en el Campo Anexo Laharrague del INTA, en Montecarlo, Misiones. El primero de ellos se lo instaló en la parte alta del lote (ALTO), mientras que el segundo en la parte baja (BAJO) separados 200 m entre si con una pendiente del 3%; la finalidad de esto es captar la variabilidad ambiental existente. El material vegetal consistió en plantines de 13 meses de edad de pino híbrido, provenientes de tres familias (F12, F28 y F51) y plantines obtenidos de un bulk de semillas de *Pinus elliottii* Engelm. var *elliottii*. (PEE). Ambos materiales fueron brindados por el Programa de Mejoramiento Genético Forestal de la EEA Montecarlo. El diseño utilizado fue de cuatro bloques completos al azar, con cinco plantas por parcelas, haciendo un total de 160 plantas. La preparación del terreno consistió en líneas subsolados de 50 cm de profundidad, previamente desmalezado. El marco de plantación fue de 3 metros entre líneas por 1 metro entre plantas. En cuanto a las variables evaluadas se registró la temperatura ambiente (TA, °C) y la humedad relativa (HR, %) mediante sensores HOBBO instalados en cada sitio. Se evaluó la altura total (AT_inicial, cm) y el diámetro a la altura del cuello (DAC_inicial, mm) al inicio del ensayo. Además, para cada planta se calcularon los incrementos parciales mediante mediciones periódicas de AT (Inc_par_AT) y DAC (Inc_par_DAC), como también la Esbeltez (E, cm.mm⁻¹), relacionando la AT y el DAC. Por otro lado, se evaluó el estado de desarrollo de las plantas mediante una escala cuantitativa (Estado_Feno) con cinco categorías (de 0 a 4), donde 0 corresponden a yema apical dormida y 4 a yema apical en plenitud de desarrollo. Finalmente se identificaron las plantas afectadas por los eventos de heladas que se produjeron durante los meses de julio y agosto del mismo año. Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para lograr determinar que caracteres son los que explican mejor la variabilidad existente.

Resultados.

Se registraron 4 días con temperaturas por debajo de los 0°C en el BAJO y solamente 1 día en el ALTO (Figura 1). Los primeros eventos de heladas se produjeron a los 29 días de instalados los ensayos, afectando solamente al sitio BAJO. Seguidamente entre los días 50 y 52 fueron registrados nuevamente temperaturas por debajo de los 0°C en el sitio BAJO, produciéndose en el día 51 heladas tanto en el ALTO como en el BAJO. Las temperaturas mínimas absolutas en



cada sitio fueron de -1,6 °C y -4,5 °C para ALTO y BAJO respectivamente. La presencia de plantas afectadas por las heladas se produjo solamente en el BAJO, por lo cual el análisis se centró solamente en esta situación de terreno.

Figura 1: Temperaturas mínimas registradas en terreno ALTO (línea discontinua) y BAJO (línea continua). El día 0 corresponde a la plantación, finalizando el período de análisis el día 66.

Figure 1: Minimum temperatures recorded in HIGH (dashed line) and LOW (solid line) terrain. Day 0 corresponds to plantation, ending the analysis period on day 66.

Los valores iniciales de AT y DAC mostraron diferencias significativas a nivel de familias ($p < 0,0001$). Para la variable AT la familia F51 presentó un menor tamaño promedio de planta ($18,73 \pm 4,20$ cm), mientras que para F12 se determinó un tamaño promedio mayor ($32,52 \pm 2,96$ cm). Por otro lado, F28 y PEE presentaron valores similares en AT_inicial ($24,13 \pm 3,08$ y $23,94 \pm 2,05$ cm, respectivamente). En cuanto al DAC_inicial, PEE presentó un valor promedio significativamente más bajo ($2,67 \pm 0,26$ mm) que las familias híbridas, mientras que para F51 se determinó un valor promedio más alto ($3,68 \pm$

0,79 mm). El ACP explica el 70,3% de la variabilidad en las dimensiones Dim1 y Dim2. Los caracteres que mayor variabilidad aportan a la Dim1 son la Esbeltez_inicial (32,3%), el Inc_par_AT (20,6%) y AT_inicial (18,9%). Mientras que en la Dim2 los caracteres de mayor importancia son AT_inicial (26,9%), DAC_inicial (25,4%) y Estado_Feno (23,3%).

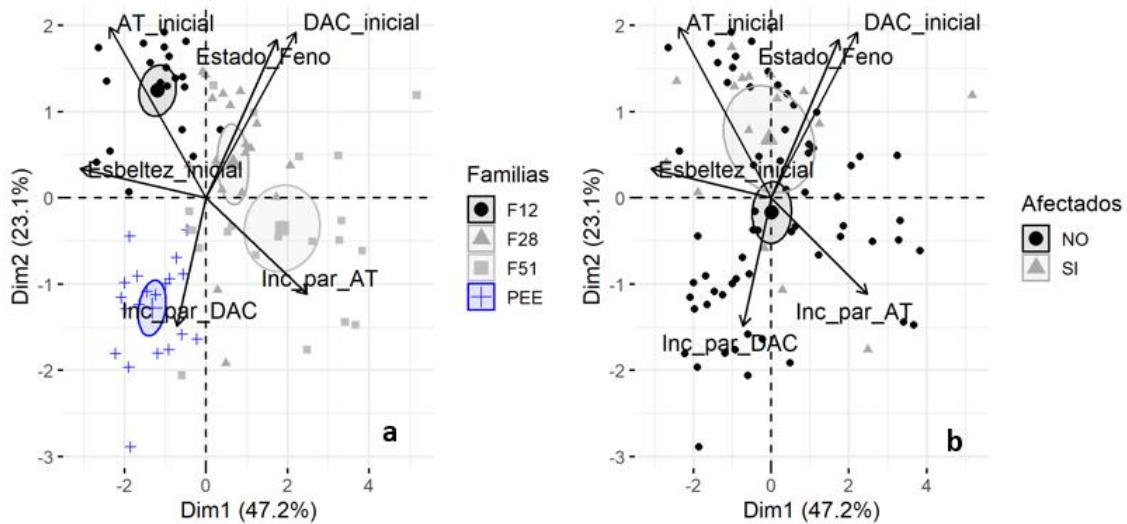


Figura 2: Biplot resultante del ACP sitio BAJO. Porcentajes de variabilidad que se logra explicar en cada dimensión. Criterios de clasificación: a) familias; b) plantas afectadas.

Figure 2: Biplot resulting from the PCA LOW site. Percentages of variability that can be explained in each dimension. Classification criteria: a) families; b) affected plants.

En la figura 2a se puede ver como se asocian las diferentes familias a cada una de las variables incluidas al análisis, la familia híbrida F12 está asociada positivamente con la altura inicial de las plantas mientras que PEE se asocia con el incremento parcial en DAC. Cuando la variable clasificatoria es la afectación por bajas temperaturas (Figura 2b) vemos que las familias híbridas fueron las afectadas, las cuales presentan una asociación positiva con los caracteres AT_inicial, DAC_inicial y Estado_Feno. Si bien solo se registraron plantas afectadas entre las familias híbridas, esta afectación no fue homogénea (F12: 8; F28: 5 y F51: 3 plantas afectadas), F12 fue la familia con mayor porcentaje de plantas afectas, mientras que F51 fue la menos afectada. Sin embargo, no se registraron daños por heladas en PEE, cuyos valores de incremento en altura se asemejan con la familia híbrida F28 y se contraponen con F12 y F51. En lo que respecta a la fenología, PEE presenta más del 95% de las plantas en estadios 1 y 2, los cuales se corresponden con yemas apicales hinchadas y comenzando a elongar, pero protegida por brácteas. Sin embargo, las familias híbridas presentan entre 95 y 100% en estadios 3 y 4, correspondiente a yemas bien elongadas y acículas desplegándose. Entre los días 30 y 50 las temperaturas mínimas oscilaron entre los 6 y 10°C (Figura 1). Mientras que, las temperaturas medias se mantuvieron entre los 15 y 20 °C en este periodo. Produciéndose un aumento en la amplitud térmica durante los 10 días posteriores a las primeras heladas (Figura 3). Las familias híbridas mostraron una rápida respuesta ante estas condiciones favorables. Iniciando el proceso de elongación del brote terminal pasando de un estadio 1-2, (día 30) a un estadio 3-4 (día 50). Período en el cual se evidenciaron afectación por bajas temperaturas para estas familias.

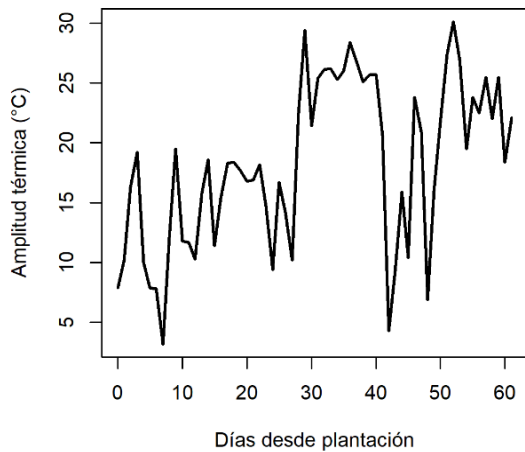


Figura 3: Amplitud térmica registrada en terreno BAJO desde el día 0 (plantación) al día 66.

Figure 3: Thermal amplitude recorded in LOW terrain from day 0 (plantation) to day 66.

Conclusiones.

Los plantines del híbrido de mayor tamaño (AT y DAC inicial fueron los más afectados. La esbeltez parece ser un carácter independiente de la afectación por heladas. Por otro lado, el incremento en AT como en DAC, se contrapone con los valores iniciales de AT y DAC y el estado fenológico. La rápida respuesta del híbrido frente a condiciones favorables para su desarrollo fenológico es la causa principal relacionada al

efecto negativo que tienen las bajas temperaturas sobre el material híbrido, las cuales alcanzaron mínimas absolutas de -5°C . Si bien las plantas afectadas no murieron debido a las heladas ocurridas, dichos eventos ambientales sí podrían afectar de manera negativa el crecimiento de estas, provocando una disminución en el ritmo de crecimiento, afectando la productividad de la especie.

Bibliografía.

- Arias, Nadia S. 2015. "Respuestas Morfo-Fisiológicas a Bajas Temperaturas y Disponibilidad de Agua En Variedades de *Olea Europaea* L." (September):154.
- Belaber, Ector C., María E. Gauchat, Hugo D. Reis, Nuno M. Borralho, and Eduardo P. Cappa. 2018. "Genetic Parameters for Growth, Stem Straightness, and Branch Quality for *Pinus Elliottii* Var. *Elliottii* x *Pinus Caribaea* Var. *Hondurensis* F 1 Hybrid in Argentina." *Forest Science* 64(6):595–608.
- Charrier, Guillaume, Jérôme Ngao, Marc Saudreau, and Thierry Améglio. 2015. "Effects of Environmental Factors and Management Practices on Microclimate, Winter Physiology, and Frost Resistance in Trees." *Frontiers in Plant Science* 6(APR):1–18.
- Mabaso, Fanelesibonge, Hannél Ham, and André Nel. 2019. "Frost Tolerance of Various *Pinus* Pure Species and Hybrids." *Southern Forests* 81(3):273–80.
- Nikles, D. .. 2017. "Southern Pines." *Woods Wiki Short Stories*.
- Nilsson, O., G. R. Hodge, L. J. Frampton, W. S. Dvorak, and J. Bergh. 2020. "Growth and Modulus of Elasticity of Pine Species and Hybrids Three Years after Planting in South Africa." *Southern Forests* 82(4):367–76.
- Slee, M. U. 1972. "GROWTH CARIBBEAN PATTERNS OF SLASH AND PINE AND THEIR HYBRIDS." *Euphytica* 21(1):129–42.
- Turchetto, Felipe, Maristela Machado Araujo, Adriana Maria Griebeler, Daniele Guarienti Rorato, Álvaro Luis Pasquetti Berghetti, Felipe Manzoni Barbosa, and Marillos Santos de Lima. 2020. "Can Intensive Silvicultural Management Minimize the Effects of Frost on Restoration Plantations in Subtropical Regions?" *Journal of Environmental Management* 269(May).