

EFFECTO DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN EL CRECIMIENTO DE *Pinus ponderosa* EN EL NOROESTE DE LA PATAGONIA

Mercedes Peretti¹, Mariana Weigandt², Sergent Anne Sophie², Alejandro Martinez-Meier², Federico Letourneau², José Villacide³, Juan Pablo Diez², Santiago A. Varela²
merperetti@agro.uba.ar; varela.santiago@inta.gob.ar. Autores correspondientes.

¹ Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas

² IFAB (INTA-CONICET), Grupo de Ecología Forestal - LEEMA (Laboratorio de Ecología, Ecofisiología y Madera), INTA EEA Bariloche, Argentina

³ IFAB (INTA-CONICET), Grupo de Ecología de Poblaciones de Insectos, INTA EEA Bariloche, Argentina

Palabras clave: sequías, SPEI, incremento en área basimétrica.

1) INTRODUCCIÓN

El estudio de la variabilidad climática y su relación con el crecimiento de los árboles ha cobrado una relevancia creciente en el contexto del cambio climático global. Las especies de coníferas introducidas representan un grupo particularmente interesante ya que, al encontrarse fuera de su rango de distribución natural y siendo especies de rápido crecimiento, pueden proporcionar información valiosa sobre cómo las condiciones climáticas influyen sobre su crecimiento y la productividad de los sistemas forestales implantados. Entre las variables climáticas, la precipitación (PP) y la temperatura (T) son dos de los factores críticos que más afectan el crecimiento de los árboles, condicionando en gran medida la recarga de agua en el suelo. En distintas regiones del mundo las variaciones en la disponibilidad de agua tienen fuertes impactos en el crecimiento anual de especies arbóreas (Pasho y otros, 2011; Akhmetzyanov y otros, 2023). En algunos casos, la escasez de precipitaciones puede influir en el crecimiento dentro de una ventana temporal amplia, incluyendo varios meses antes del inicio del período de crecimiento (Camarero y otros, 2013; Akhmetzyanov y otros, 2023). El objetivo de este trabajo fue identificar una ventana temporal adecuada para estudiar el impacto de las variaciones de un índice multiescalar de sequía en el crecimiento de *Pinus ponderosa* en el noroeste de la Patagonia.

2) METODOLOGÍA

Se utilizaron muestras de tarugos forestales recolectados en 20 sitios con plantaciones de *P. ponderosa*, dentro de un gradiente latitudinal y longitudinal. La cantidad promedio de plantas muestreadas por sitio fue de 24 individuos. Para construir las cronologías de crecimiento (incremento en área basal, IAB) se utilizó el ancho de los anillos y se calculó el IAB con la función *bai.out* del paquete *dplR* de *RStudio*.

Las cronologías de cada individuo fueron validadas por sitio usando el software Interdat (Dupouey J.L., inédito). Este software compara la serie de IAB de cada individuo con la serie promedio del sitio al que pertenece. Para ser validada la serie individual debe tener una correlación ≥ 0.6 con la serie promedio. Una vez validadas, se generó una única serie promedio para cada sitio (Figura 1). Las cronologías de crecimiento obtenidas cubrieron el

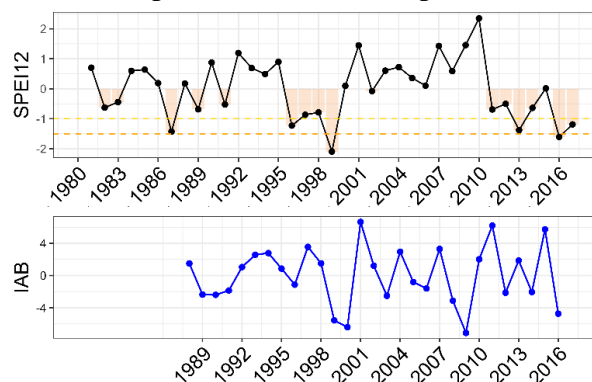


Figura 1: Serie temporal de SPEI 12 al mes de junio (arriba) y de los residuos del IAB (cm^2) (abajo) para uno de los sitios de estudio considerados.

periodo 1990-2015 en 10 sitios y en los restantes el año del primer anillo de crecimiento varió entre 1980 y 1987 y cubrió hasta el año 2017. Para representar las fluctuaciones de períodos secos y húmedos y/o cálidos o fríos se utilizó el Índice Estandarizado de la Precipitación y la Evapotranspiración (SPEI; Vicente-Serrano y otros, 2010), ya que capta la influencia conjunta de la PP y la evapotranspiración potencial (EP) sobre la disponibilidad de agua en el suelo. Éste se calculó con series mensuales de datos de PP y EP (calculada por Penman-Montieth) de la base de datos global de alta resolución CHELSA (Karger y otros, 2021), en las distintas escalas temporales (SPEI₁ a SPEI₁₈) y para los 12 meses del año. Para correlacionar las cronologías del IAB con las series de SPEI se eliminaron las tendencias a largo plazo de ambas variables. En el caso del IAB la remoción de tendencias se realiza con el fin de darle mayor importancia a las variaciones de alta frecuencia, eliminando también el efecto de la edad de cada individuo, y se utilizó la función Smooth Spline. Mientras que, para los datos de SPEI, se usó una función lineal. Las series de SPEI y IAB se correlacionaron con el método de Spearman, para cada sitio y para las distintas combinaciones de meses del año y escalas de SPEI (1 a 12 x 1 a 18). Se aplicó un Análisis de Conglomerados Jerárquico (HCA) con el método de Ward.D2 para agrupar los sitios según la similitud en sus correlogramas.

3) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La respuesta del IAB anual ante el SPEI presentó variaciones entre sitios (Figura 2 a y b). Esto es esperable al tratarse de ambientes con niveles distintos de PP anual y calidades de sitio para el establecimiento de *P. ponderosa* (Figura 2a). Según el HCA, se detectaron 3 grupos de respuestas (Figura 3a). Los sitios ubicados al norte de la región (grupo 1), mostraron una fuerte sensibilidad ($r = 0.4/0.6$) del crecimiento a las condiciones hidrológicas acumuladas en periodos largos (de 6 a 18 meses), contemplando así el periodo de lluvias de la región (otoño-invierno).

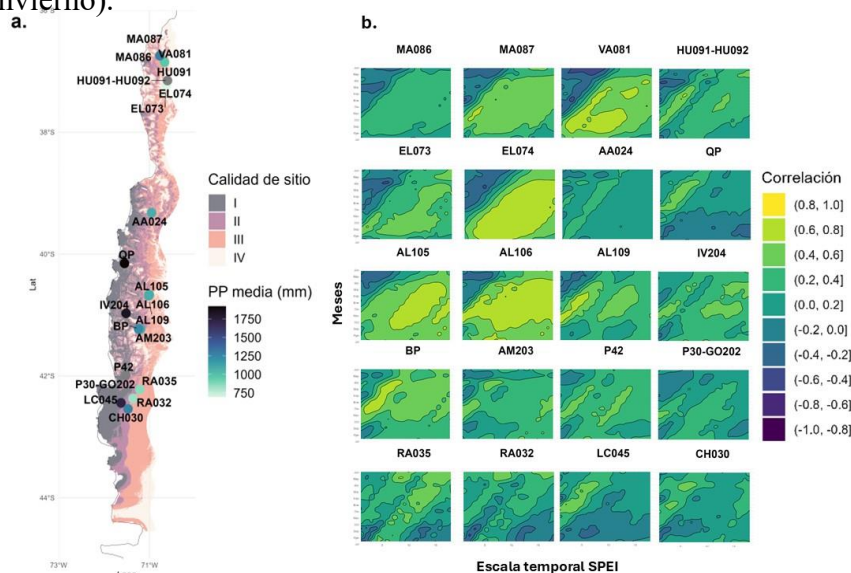


Figura 2: a) Ubicación de los 20 sitios de muestreo. Se muestra el detalle de las PP medias y la calidad de sitio para la especie *P. ponderosa* ($I >$ calidad que IV; Bava y otros 2016). b) Correlogramas SPEI-IAB para cada mes (eje y, periodo julio a junio) y escala del SPEI (eje x, 1 a 18).

Las correlaciones fueron bajas o nulas cuando se consideraron escalas cortas (menores a cinco meses) o meses fuera del período de crecimiento (octubre a abril). Los sitios del grupo 3, mostraron correlaciones positivas entre 0.4 y 0.6, aunque en una ventana temporal muy acotada dentro del periodo de crecimiento, particularmente entre octubre y marzo, para escalas del SPEI cortas (<5) (Figura 3c). Las plantas de este grupo responden a los aportes de agua de corto plazo. Las correlaciones restantes están en rangos cercanos a cero, lo que muestra que no hay señales significativas en otros meses. Por último, el grupo 2, que se separó del grupo 3, tiene muy poca o nula respuesta ($-0.2 < r < 0.2$) a los aportes de agua (Figura 3c), probablemente al tratarse de una zona más húmeda. Estos sitios tienen mayores PP anuales y mejores calidades de sitio.

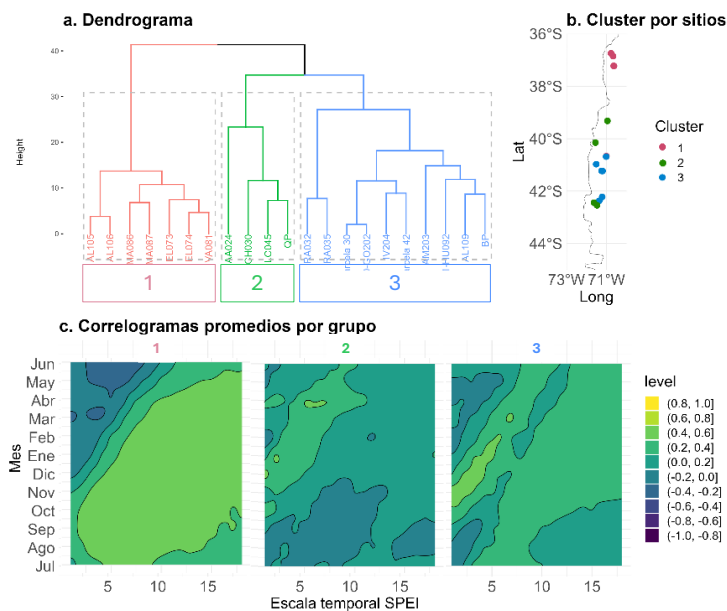


Figura 3: a y b) Resultados del HCA; c) Correlogramas promedio para cada grupo

4) CONCLUSIONES

A partir de este trabajo fue posible identificar un gradiente latitudinal en la respuesta a mediano y corto plazo del crecimiento de *P. ponderosa* a las variaciones de PP y EP reflejadas a través del SPEI. En zonas más secas, el crecimiento responde a acumulaciones hídricas de mediano plazo; en zonas de humedad intermedia responde a las condiciones de corto plazo durante la época de crecimiento y en zonas húmedas la respuesta es mínima. Estos patrones evidencian distintas sensibilidades a la variabilidad climática. Los resultados alcanzados permiten comprender impactos diferenciales para las regiones en las cuales se planta *P. ponderosa* a la vez que ayudan a tomar decisiones sobre el manejo forestal adaptativo (prever) en función del aumento regional esperado en la frecuencia e intensidad de sequías.

5) REFERENCIAS

- Akhmetzyanov, L., Sánchez-Salguero, R., García-González, I., Domínguez-Delmás, M., y Sass-Klaassen, U., 2023:** Blue is the fashion in Mediterranean pines: New drought signals from tree-ring density in southern Europe. *Science of the Total Environment*, 856, 159291.
- Bava JO, GA Loguercio, I Orellana, MF Ríos Campano, MM Davel, HE Gonda, L Heitzmann, M Gómez, MA González, G Salvador, G. Zacconi: 2016.** Evaluación Ambiental Estratégica. Una visión sobre dónde y cómo forestar en Patagonia.
- Camarero, J. J., Manzanedo, R. D., Sanchez-Salguero, R., & Navarro-Cerrillo, R. M., 2013:** Growth response to climate and drought change along an aridity gradient in the southernmost *Pinus nigra* relict forests. *Annals of forest science*, 70, 769-780.
- Karger, D.N., Conrad, O., Böhner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R.W., Zimmermann, N.E., Linder, H.P. & Kessler, M., 2021:** Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *EnviDat*. <https://doi.org/10.16904/envodat.228.v2.1>
- Pasho, E., Camarero, J. J., de Luis, M., & Vicente-Serrano, S. M., 2011:** Impacts of drought at different time scales on forest growth across a wide climatic gradient in north-eastern Spain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(12), 1800-1811.
- Vicente-Serrano S.M., Santiago Beguería, Juan I. López-Moreno, 2010:** A Multi-scalar drought index sensitive to global warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index - SPEI. *Journal of Climate* 23: 1696-1718.