

Actas del VIII Congreso Forestal Latinoamericano y V Congreso Forestal Argentino

27 al 30 de marzo de 2023
Ciudad de Mendoza



Organizadores





Actas del VIII Congreso Forestal latinoamericano y V Congreso Forestal Argentino

Pablo Luis Peri ... [et al.]. - 1a ed., 2023.

Libro digital, PDF

Editores: Peri P.L.; Mundo I.; Lencinas M.V.; Goya J.; Mastrandrea C.; Colcombet L.

Diagramación; y diseño de carátula e interiores: María José Ledesma Cecot y Rodolfo Morone

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-46815-7-7

1. Recursos Forestales. 2. Ecología Forestal. 3. Genética. I. Peri, Pablo Luis.
CDD 577.3

Efectos del ambiente en la respuesta a la sequía de bosques de *Nothofagus pumilio* en el norte de la Patagonia

Mariano Martin Amoroso¹, Eugenia Marcotti², Ana Srur³

Palabras clave: dendrocronología, resistencia, recuperación

Introducción

El clima global ha experimentado fuertes y rápidos cambios desde la segunda mitad del siglo XX, provocando un aumento de la escasez de agua, que se ha traducido en sequías más severas (Dai 2013). Estas se prevé que aumenten en frecuencia e intensidad durante el siglo XXI (IPCC 2022), lo cual conduciría a una mayor vulnerabilidad de los ecosistemas boscosos. En este sentido, se ha incrementado el interés en investigar cómo la variabilidad extrema del clima afecta el crecimiento de los árboles en diferentes regiones, brindando los anillos de crecimiento información retrospectiva única y valiosa para esto (Gazol et al. 2017, Vanhellemon et al. 2019, Anderegg et al. 2020, entre otros).

Los eventos de sequía se definen como desviaciones de las condiciones climáticas normales relacionadas a la disminución de la precipitación y/o el aumento de las temperaturas (De Boeck y Verbeeck 2011). Además, se ha planteado que el mismo evento podría tener un efecto diferente en los árboles que crecen a lo largo de un gradiente ambiental (Stolz et al. 2021). A su vez, es importante considerar la intensidad y la estacionalidad de los eventos al comparar la tolerancia a la sequía de las diferentes especies forestales (Schwarz et al. 2020).

Los bosques de *Nothofagus pumilio* ([Poepp. & Endl.] Krasser) son importantes proveedores de múltiples servicios ecosistémicos. Diversos estudios dendrocronológicos han dado cuenta de la importancia de la variabilidad climática en el crecimiento de *N. pumilio* como así también de las condiciones estacionales que aumentan el déficit hídrico y lo afectan negativamente

(Srur et al. 2008, Álvarez et al. 2015, Rodríguez-Catón et al. 2016, entre otros). Dada la amplitud de ambientes en donde esta especie crece, y en el contexto de cambio climático, nuestro objetivo fue evaluar la respuesta del crecimiento radial a la sequía en bosques de *N. pumilio* a lo largo de un marcado gradiente de precipitación y bajo diferentes exposiciones topográficas.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en la cuenca del Río Manso-Lago Mascardi-Lago Guillermo en el PN Nahuel Huapi, provincia de Río Negro. Dentro del área se muestrearon rodales de *N. pumilio* en tres ambientes (húmedo, mésico, seco) con diferente orientación (norte y sur), representando el gradiente de precipitación y exposiciones contrastantes, respectivamente. En cada rodal se estableció una parcela (superficie variable) incluyendo un mínimo de 60 individuos adultos y de cada uno se tomaron dos muestras utilizando un barrenado de incremento de Pressler.

Las muestras fueron procesadas siguiendo métodos dendrocronológicos estándares. Posteriormente fueron datadas visualmente y medidas, y su confiabilidad verificada con el programa COFECHA. A las 294 series se les ajustó un spline de 30 años sobre las que se calculó la resiliencia del crecimiento radial de *N. pumilio* a las 5 sequías meteorológicas más severas del siglo XX: 1943, 1944, 1957, 1979 y 1999 (Marcotti et al., 2021). Dos métodos fueron combinados para el cálculo de los índices de resiliencia: Resistencia (R_t) = $IAA\ S / IAA\ preS$ (Lloret et al. 2011), y Recuperación (R_c) = $1 / R_t$, que considera la hipotética resiliencia total (Schwarz et al. 2020); donde IAA S y IAA preS representan el índice de ancho de anillos durante el año de la sequía y el promedio de los 5 años anteriores al

¹ Universidad Nacional de Río Negro, Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural (IRNAD), 2 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural (IRNAD). Contacto: mamoroso@unrn.edu.ar.

² Instituto de Ecorregiones Andinas (INECOA, CONICET-UNJu). Contacto: eugemarcotti@gmail.com.

³ Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Contacto: asruri@mendoza-conicet.gob.ar@gmail.com.

evento, respectivamente. Se consideró que un árbol era resistente o capaz de recuperarse tras una sequía cuando los valores de R_t o R_c eran superiores a 1,0.

El efecto del tipo de ambiente y la orientación de los sitios sobre la R_t y la R_c frente a las sequías se evaluó utilizando Modelos generalizados de efectos mixtos (GLMM). Las variables fijas fueron: 1) ambiente (húmedo, mésico, seco), orientación (norte, sur) y año de la sequía (1943, 1944, 1957, 1979, 1999), la variabilidad de crecimiento del árbol se consideró efecto aleatorio. Debido a que la R_t y R_c no estaban distribuidas normalmente, utilizamos una distribución gamma (función link= logarítmica). Los modelos resultantes se clasificaron y seleccionaron según el Criterio de Información de Akaike (AIC) y el delta AIC, respectivamente.

Resultados

Los GLMM arrojaron diferentes efectos de las variables evaluadas sobre la R_t y la R_c , compartiendo ambas el efecto significativo del ambiente y el año de la sequía sobre la respuesta de *N. pumilio* (Tabla 1). Los modelos seleccionados fueron: $R_t \sim$ Efectos fijos (ambiente + orientación + ambiente * orientación + año de la sequía) + Efecto aleatorio (variabilidad del árbol) y, $R_c \sim$ Efectos fijos (ambiente + año de la sequía) + Efecto aleatorio (variabilidad del árbol).

Los sitios húmedos en ambas orientaciones norte y sur, presentaron alta R_t (>1), mientras que hacia los sitios más xéricos, se reduce la R_t (<1) (Figura 1). Sin embargo, para estos sitios con escasez hídrica, se observó un efecto positivo de la interacción entre ambiente y orientación, específicamente, la orientación sur contribuye a una mayor R_t a las sequías (Tabla 1, Figura 1). La R_t en el año 1979 fue la mayor de todos los años evaluados. La R_c , por su lado, presentó altos valores (>1) a lo largo del gradiente y fue mayor en el ambiente seco, donde se registraron altos valores para el año 1999 (Tabla 1, Figura 1).

Discusión y Conclusiones

La resiliencia del crecimiento radial a las sequías más importantes del siglo XX de los bosques de *N. pumilio* varió a lo largo de un marcado gradiente de precipitación y bajo diferentes exposiciones topográficas. El ambiente y la orientación, presentaron efectos significativos sobre la Resistencia (R_t), siendo los ambientes húmedos con orientación norte los más resistentes a las sequías, posiblemente por la mayor reserva de

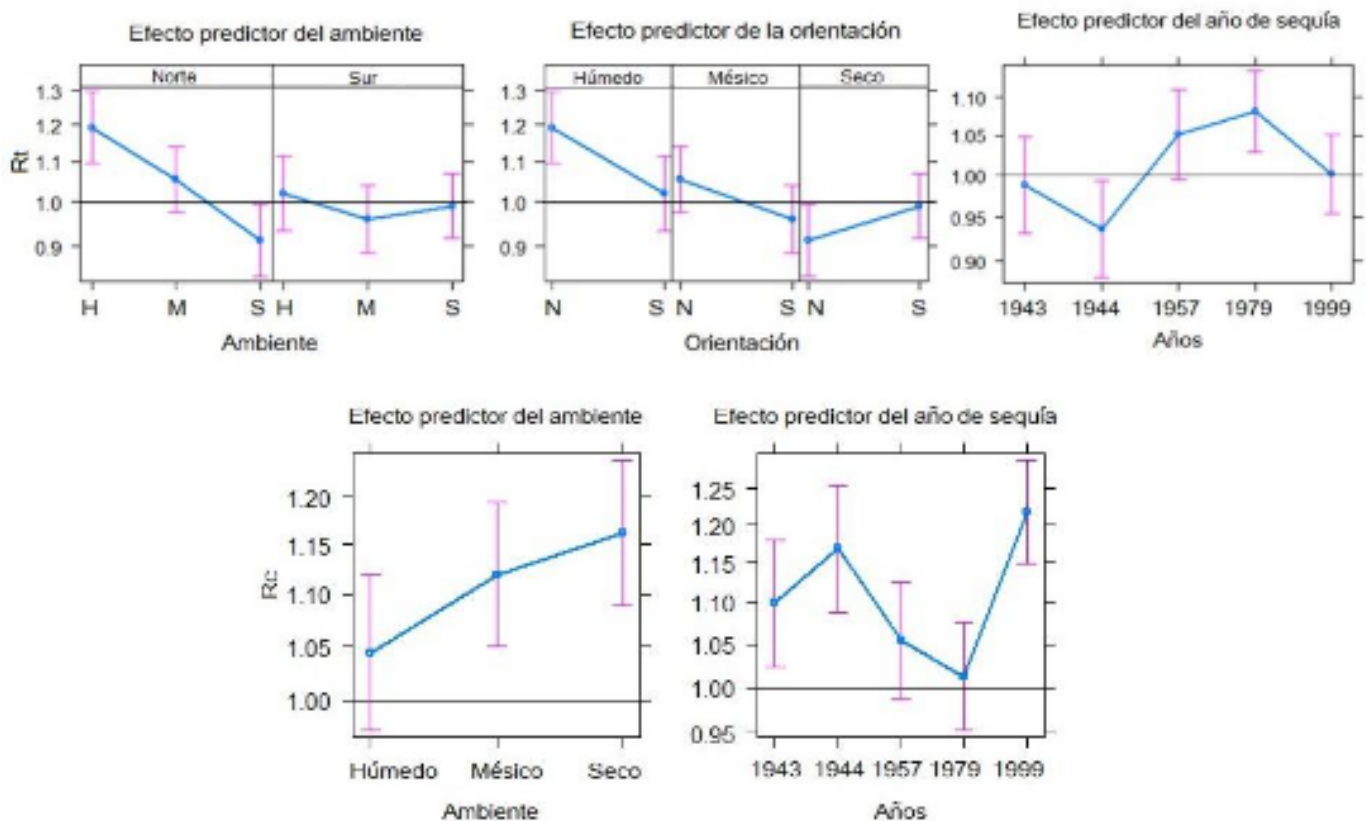


Figura 1: Efectos del ambiente (H: húmedo, M: mésico, S:seco), la orientación (N: norte, S: sur) y el año de la sequía sobre la Resistencia (R_t) y la Recuperación (R_c) del crecimiento radial de *N. pumilio*.

Tabla 1: Resultados de los GLMM para la Resistencia y Recuperación del crecimiento radial considerando el ambiente, la orientación y el año de la sequía como efectos fijos, y la variabilidad de cada árbol como efecto aleatorio. Los efectos significativos están marcados en negrita. Niveles de significación: * ** $p < 0,001$; * * $p < 0,01$; * $p < 0,05$; . $p < 0,1$.

Predictor	Resistencia				Recuperación			
	Estimado r	Error estándar	valor t	P	Estimado r	Error estándar	valor t	P
Intercepto	0.17	0.04	3924	8.69e-05 ***	0.03	0.05	752	0.45
Mésico	-0.13	0.05	-2743	0.01 **	0.07	0.05	1458	0.14
Seco	-0.27	0.05	-5202	1.97e-07 ***	0.11	0.05	2202	0.03 *
Sur	-0.17	0.05	-3252	0.00 **	-	-	-	-
Año 1944	-0.05	0.04	-1389	0.16	0.06	0.05	1330	0.18
Año 1957	0.06	0.04	1636	0.10	-0.04	0.04	-945	0.34
Año 1979	0.09	0.04	2449	0.01 *	-0.08	0.04	-1908	0.06
Año 1999	0.02	0.03	464	0.64	0.10	0.04	2395	0.02*
Mésico:Sur	0.07	0.07	991	0.32	-	-	-	-
Seco:Sur	0.24	0.07	3343	0.00 ***	-	-	-	-

agua acumulada. Si bien los sitios con menor aporte de humedad presentaron baja R_t (<1), la orientación sur los favoreció como consecuencia de la menor irradiación directa (menor temperatura y evaporación). Los dos veranos consecutivos de 1943 y 1944, con anomalías negativas, repercutieron en la R_t en relación con el último evento evaluado (1999). La Recuperación (R_c) de *N. pumilio* fue alta (>1) en general y no se vió influenciada por la orientación, pero si por el ambiente y el año de la sequía. Estos resultados sugieren profundizar en la naturaleza de los eventos (Gazol et al. 2017) como así también en las condiciones que le precedieron (Marcotti et al. 2021).

Bibliografía Citada

Álvarez C, Veblen T, Christie D, González-Reyes A. 2015. Relationships between climate variability and radial growth of *Nothofagus pumilio* near altitudinal treeline in the Andes of northern Patagonia. Chile. *Forest Ecology and Management* 342: 112–121.

Anderegg WRL, Trugman AT, Badgley G, Konings AG, Shaw J. 2020. Divergent forest sensitivity to repeated extreme droughts. *Nature climate change* 10:1091-1095.

Dai A. 2013. Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature climate change* 3: 52–58.

De Boeck H, Verbeeck H. 2011. Drought-associated changes in climate and their relevance for ecosystem experiments and models. *Biogeosciences* 8:1121-1130.

Gazol A, Camarero JJ, Anderegg WRL, Vicente-Serrano SM. 2017. Impacts of droughts on the growth resilience of Northern Hemisphere forests. *Global Ecology and Biogeography* 26: 166–176.

IPCC. 2022. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

Lloret F, Keeling EG, Sala A. 2011. Components of tree resilience: effects of successive low-growth episodes in old ponderosa pine forests. *Oikos* 120:1909-1920.

Marcotti E, Amoroso MM, Rodríguez-Catón M, Vega L, Srur AM, Villalba R. 2021. Growth resilience of *Austrocedrus chilensis* to drought along a precipitation gradient in Patagonia, Argentina. *Forest Ecology and Management* 496: 119388

Rodríguez-Catón M, Villalba R, Morales M, Srur A. 2016. Influence of droughts on *Nothofagus pumilio* forest decline across northern Patagonia, Argentina. *Ecosphere* 7: e01390.

Srur AM, Villalba R, Villagra PE, Hertel D. 2008. Influencias de las variaciones en el clima y en la concentración de CO_2 sobre el crecimiento de *Nothofagus pumilio* en la Patagonia. *Revista Chilena de Historia Natural* 8: 239-256.

Schwarz J, Skiadaresis G, Kohler M, Kunz J, Schnabel F, Vitali V, Bauhus J. 2020. Quantifying growth responses of trees to drought—A critique of commonly used resilience indices and recommendations for future studies. *Current Forestry Reports* 6: 185-200.

Stolz J, van der Maaten E, Kalanke, Martin J, Wilmking M, van der Maaten-Theunissen, M. 2021. Increasing climate sensitivity of beech and pine is not mediated by adaptation and soil characteristics along a precipitation gradient in northeastern Germany. *Dendrochronologia* 67: 125834.

Vanhellemont M, Sousa-Silva R, Maes SL, Van den Bulcke J, Hertzog L, De Groote SR, Van Acker JR, Bonte D, Martel A, Lens L. 2019. Distinct growth responses to drought for oak and beech in temperate mixed forests. *Science of The Total Environment* 650: 3017-3026.