

# VI JORNADAS FORESTALES PATAGÓNICAS

*El rol de los bosques en un  
mundo diferente*

**LIBRO DE ACTAS**

San Carlos de Bariloche  
30 de marzo al 1 de abril 2022

Libro digital



VI Jornadas Forestales Patagónicas

Actas VI Jornadas Forestales Patagónicas : el rol de los bosques en un mundo diferente / compilación de Mario J. Pastorino ... [et al.]. - 1a ed. - Viedma : Universidad Nacional de Río Negro ; San Carlos de Bariloche : Estación Experimental Agropecuario Bariloche, INTA, 2022.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4960-78-8

1. Explotaciones Forestales. 2. Incendios Forestales. 3. Política Forestal. I. Pastorino, Mario J., comp. II. Título.

CDD 634.9



### ID 173: Cambio climático; sequías extremas y dinámica forestal en la Patagonia

Villalba R<sup>1, \*</sup>; Rodríguez-Catón M<sup>1,2</sup>; Montepeluso S<sup>1</sup>; Amoroso MM<sup>3</sup>; Srur AM<sup>1</sup>; Mundo IA<sup>1,4</sup>; Marcotti E<sup>5</sup> Bianchi L<sup>3</sup>

<sup>1</sup> IANIGLA-CONICET; <sup>2</sup> LDEO; Columbia University; USA; <sup>3</sup> IRNAD-UNRN-CONICET; <sup>4</sup> UNCUIYO; <sup>5</sup> INECOA-CONICET-UNJu; <sup>6</sup> UNRN

\*ricardo@mendoza-conicet.gob.ar

**Palabras Clave:** eventos climáticos extremos; mortalidad episódica; dinámica forestal

El calentamiento del sistema climático global es una realidad innegable. Muchos de los cambios climáticos observados desde mediados del siglo XX no tienen precedentes en las últimas décadas o milenios (IPCC 2021). Los cambios en el clima y el ambiente son evidentes en todo el planeta y la Patagonia andina no es una excepción (Villalba et al 2003; 2012; Garreaud et al 2018). Si bien el calentamiento generalizado asociado al cambio climático global es posiblemente el proceso mejor documentado; otros cambios en el clima; incluyendo el aumento de los eventos climáticos extremos; han sido claramente identificados (IPCC 2021). Son precisamente estos eventos extremos los que tienen mayor impacto sobre los ecosistemas naturales y los servicios que prestan a la sociedad. En este contexto de cambio global; el impacto de las sequías extremas sobre los bosques ha recibido especial atención (Brodribb et al. 2020). Recientemente han aparecido extensos parches de mortalidad en bosques centenarios de los Andes patagónicos; los que representan un nuevo componente del paisaje andino en respuesta a eventos climáticos de una magnitud raramente documentada en la historia ambiental de la región.

En este contexto regional; es interesante preguntarse cuán diferentes son en frecuencia e intensidad las sequías actuales en relación a las que ocurrieron en los últimos siglos o milenios en los Andes patagónicos. ¿Son los eventos climáticos extremos actuales parte de la variabilidad climática natural de los ambientes andino-patagónicos; o representan eventos inusuales que; al no haber ocurrido en el pasado; están introduciendo cambios irreversibles en la dinámica ambiental de los Andes? En esta presentación combinamos registros paleoclimáticos de alta resolución con escenarios climáticos para el siglo XXI con el propósito de indagar los cambios en los regímenes de sequías extremas y sus conexiones con los procesos de mortalidad y decaimiento de los bosques en la región. En una perspectiva de más de 500 años provista por la combinación de registros dendrocronológicos y simulaciones climáticas; analizamos la evolución temporal de las sequías extremas y sus potenciales impactos en la dinámica de los bosques patagónicos durante el siglo XXI.

Al bloquear el paso de los vientos húmedos provenientes del Océano Pacífico; la Cordillera de los Andes genera uno de los gradientes de precipitación más abrupto del mundo (Villalba et al 2003; Viale et al 2019). La evaluación de la mortalidad de los bosques en relación a la sequía extrema del verano 1998/99 en el norte de la Patagonia claramente documentan diferentes grados de afectación de las masas forestales a lo largo del gradiente este-oeste de precipitación (Bran et al 2001; Suarez et al 2004). Las poblaciones de coihue (*Nothofagus dombeyi*) ubicadas hacia el este; más cercanas al ecotono con la estepa patagónica; registraron niveles de mortalidad superiores al 75% de sus individuos; valores que fueron decreciendo hacia el oeste hasta alcanzar sitios más húmedos sin afectación por sequía. Consistente con estas observaciones y otros estudios; la afectación por sequías ha sido más severa en los ambientes del ecotono estepa-bosque; aún en especies como el ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*); adaptado a condiciones más secas que la mayoría de las especies arbóreas patagónicas (Amoroso et al 2015; Marcotti et al 2021). Los episodios de mortalidad extensiva en los bosques de cipreses durante el siglo XX estuvieron directamente relacionados con sequías



extremas de uno o; más comúnmente; dos años de duración en 1913/14; 1942/43 y 1956/57 (Fig. 1; Villalba & Veblen 1998). Si bien estas sequías fueron de gran magnitud; las reconstrucciones de la precipitación a partir de los anillos de árboles en el norte de la Patagonia; indican que las mismas no fueron totalmente anómalas en el contexto de la variabilidad climática natural de los últimos siglos (Villalba et al 1998; Morales et al 2020). La sequía severa del año 1943 (DS -1.43) figura entre los 5 eventos más secos en las reconstrucciones de la precipitación desde el año 1600; pero es sobrepasada en intensidad por eventos secos como el del año 1655 (DS -1.55) y alcanza valores similares a los reconstruidos para los años 1681; 1813 y 1845 (Villalba et al 1998). Sin embargo; el patrón es claramente diferente cuando se analizan los registros instrumentales durante el último siglo. Basados en las estaciones de Bariloche y Esquel; la precipitación total acumulada desde noviembre de 1943 a febrero de 1944 inclusive; fue sólo de 43 mm en promedio. Durante los primeros 45 años del registro instrumental (1931 a 1975); se registraron en el periodo Nov-Feb cinco sequías de magnitud similares a las del verano 1943/44 (< 50 mm); o sea una sequía extrema en promedio cada 9 años. Por el contrario; en los 45 años más recientes del registro (1976-2020); las precipitaciones acumuladas Nov-Feb fueron menores a 50 mm en 12 oportunidades; es decir un evento extremo de sequía cada 3.75 años en promedio. Estas observaciones son consistentes con evidencias en otros sectores del planeta y con los resultados de modelos de circulación general de la atmósfera (GCMs) sugiriendo que el cambio climático está aumentando la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos (IPCC 2021). En respuesta a este desecamiento regional; el crecimiento de los cipreses en el ecotono estepa-bosque durante las tres décadas más recientes es; altamente probable; el menor registrado en los últimos 400 años (Fig. 1a; Villalba et al 2012).

¿Si los eventos de sequías extremas son entonces más frecuentes en el presente como lo sugieren los registros instrumentales y paleoclimáticos; podríamos postular que los eventos episódicos de mortalidad también deberían serlo? Los escasos estudios de los efectos de las sequías extremas sobre la mortalidad y el decaimiento de bosques patagónicos indicarían que esta relación no es siempre simple ni directa. La precipitación total acumulada Nov-Feb durante los 10 años previos a las sequías mencionadas fue alrededor de 150 mm; muy superior a los 50 mm durante los eventos secos (Fig. 1d). Los dos eventos episódicos de mortalidad extensiva de ciprés concurrentes con registros instrumentales de precipitación; sugieren que la mortalidad extensiva del ciprés desde el centro del Neuquén hasta Chubut en 1942/44 y 1956/58; no dependió exclusivamente de la severidad de la sequía; sino de la combinación con un periodo previo de varios años con alto crecimiento inducido por abundantes precipitaciones; en estos casos tres veces superiores en promedio a las registradas durante las sequías (Fig. 1d).



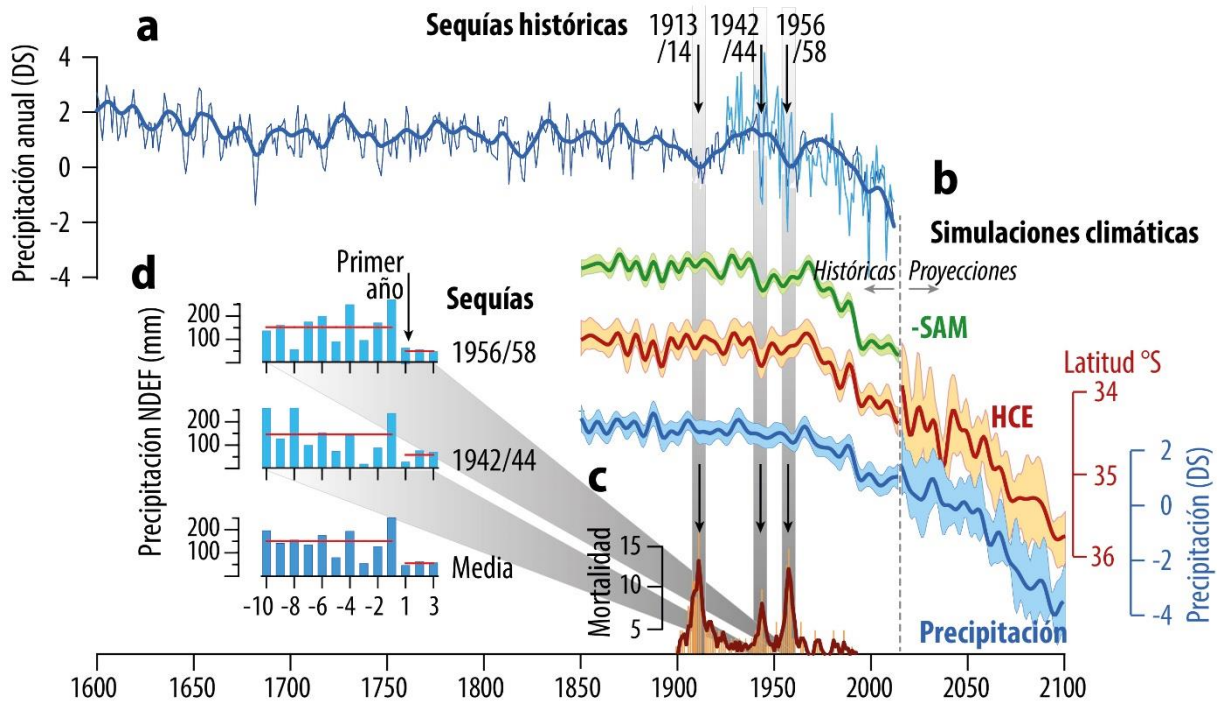


Figura 1. Sequías extremas y mortalidad de los bosques de ciprés de la cordillera en los ambientes secos del gradiente de precipitación en el norte de la Patagonia. (a) Variaciones de la precipitación en el ecotono estepa-bosque para los últimos 400 años reconstruidos a partir de los anillos de crecimiento (actualizado de Villalba et al 1998). (b) Índices estacionales para la precipitación (celeste) y la extensión latitudinal de la Celda de Hadley (HCE; rojo oscuro) simulados por un ensamble de GCMs durante el período histórico 1850-2014 y sus proyecciones futuras 2015-2100 bajo las condiciones de emisión establecidas por el escenario ssp585 (IPCC 2021). El sombreado corresponde al intervalo de confianza del 95% en las simulaciones. Simulaciones de la Oscilación Antártica (o Modo Anular del Sur SAM) durante el periodo histórico se muestran en verde pero invertidas (-SAM) para destacar su alta colinealidad de largo plazo con HCE (modificado de Villamayor et al 2021). (c) Eventos extensivos de mortalidad episódica del ciprés de la cordillera registrados a lo largo de un transecto latitudinal desde el centro del Neuquén al norte de Chubut en las estribaciones este de la Cordillera de los Andes. Se muestra el número de individuos muertos por año (barras naranjas verticales) y el promedio móvil (línea marrón oscuro) que destaca los tres eventos de mortalidad episódica registrados con anterioridad a 1990 (tomado de Villalba & Veblen 1998). (d) Variaciones de la precipitación estacional (Nov-Feb inclusive) acumulada en Bariloche durante las sequías históricas 1942/44; 1956/58 y su media para el periodo que se extiende desde 10 años antes (-10) hasta 3 años después (+3) del evento. El año de la sequía extrema se indica como Primer año. Los valores medios de la precipitación estacional para ambos periodos se indican en líneas rojas horizontales.

Resultados similares encontraron Rodríguez-Catón et al (2016) evaluando la influencia de las variaciones climáticas sobre el decaimiento de bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*) en la Patagonia norte (Fig. 2). Marcadas reducciones en el crecimiento regional de la lenga; desde el norte del Neuquén hasta Chubut; durante el siglo XX estuvieron relacionados con dos de las sequías más severas observadas en los registros instrumentales; también precedidas por periodos húmedos prolongados. Las sequías extremas de 1942/44 y 1978 que afectaron el crecimiento de la lenga a escala regional ocurrieron después de siete años de condiciones relativamente frías y húmedas en el norte de la Patagonia; sugiriendo que el inicio de un período de persistente disminución del crecimiento radial depende de la ocurrencia conjunta de veranos húmedos-frescos favorable para el crecimiento de los árboles interrumpidos abruptamente por un periodo seco extremo. En esta misma dirección; el evento de mortalidad extensiva de lenga en el sur de la Patagonia (Santa Cruz) registrado en el verano 2011/2012 (Montepeluso & Villalba 2016) es coincidente con este patrón climático consistente en un





periodo húmedo interrumpido por una sequía extrema asociado a la mortalidad y decaimiento de los bosques de ciprés y lenga en los Andes del norte de la Patagonia.

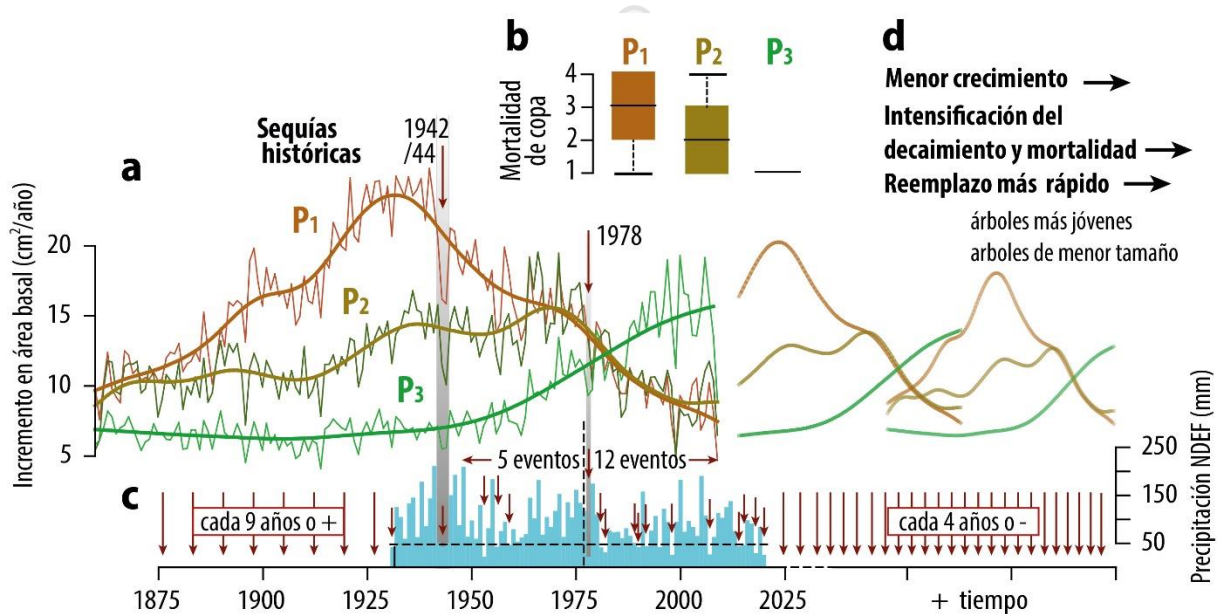


Figura 2. Evolución temporal de las sequías extremas y el decaimiento en bosques de lenga en los ambientes más secos en el norte de la Patagonia. (a) Los tres patrones dominantes del crecimiento radial (expresados como incrementos del área basal) durante el periodo 1860-2005 corresponden al promedio de 11 rodales ubicados en un transecto de 500 km de extensión (38° a 43° S) en el límite oriental de distribución de la lenga en la Patagonia norte (Rodríguez-Catón et al 2016). Los rodales muestreados se encuentran entre 1000 y 1500 m de elevación. Los puntos de inflexión en el crecimiento de los patrones dominantes P1 y P2 son coincidentes con las sequías extremas de 1942/44 y 1978. (b) Clases de mortalidad de la copa para los tres patrones dominantes de crecimiento. Los árboles de mayor crecimiento en P1 y P2 presentan los porcentajes más altos de mortalidad de copas. La evolución en la frecuencia de sequías estacionales extremas (Nov-Feb) para el periodo 1931-2020 (ilustradas en c) para el norte de la Patagonia está basada en los registros instrumentales de Bariloche y Esquel (barras verticales celestes) y sus proyecciones durante el siglo XXI atendiendo a las simulaciones de los GCMs que sugieren un incremento sostenido de la temperatura; más intenso en verano; y una reducción en las precipitaciones durante todo el año (IPCC 2021). (d) Propuesta para los patrones de crecimiento futuro de los bosques de lengas en ambientes secos en respuesta al cambio climático. El incremento en las sequías extremas desde mediados de la década de 1970 consistente con las proyecciones durante el siglo XXI (c) induciría una reducción en las tasas de crecimiento de los bosques de lenga; una aceleración en los procesos de decaimiento; mayor mortalidad y; por consiguiente; un reemplazo más rápido de los individuos en un rodal (Rodríguez-Catón et al 2019).

Por otro lado; los árboles que han mantenido un ritmo de crecimiento más alto por cierto tiempo antes de las sequías parecieran ser más sensibles a los efectos negativos de los eventos climáticos extremos. En los bosques aledaños a El Bolsón; Río Negro; Mundo et al (2010) estudiaron los patrones de crecimiento en ejemplares de ciprés con y sin signos externos de decaimiento. Las diferencias en el crecimiento radial entre árboles con y sin decaimiento comenzaron a ser consistentemente negativas siguiendo la ocurrencia de sequías extremas. Previo a los eventos extremos de sequía; los árboles con señales de decaimiento habían mantenido un ritmo más alto de crecimiento radial que los árboles externamente sanos. En base a estos resultados; Mundo et al (2010) concluyeron que los árboles con signos de decaimiento fueron más vigorosos y posiblemente con copas más densas y de mayor tamaño durante las primeras etapas de crecimiento que los clasificados como sanos al momento del muestreo. Rodríguez-Catón et al (2016) también observaron que las lengas dominantes y de mayor tamaño; registrando las tasas más altas de crecimiento radial; fueron las más afectadas por las sequías extremas durante el siglo XX (Fig. 2b). Así; estos autores llegaron a proponer la existencia de



diferentes respuestas entre individuos de un mismo rodal a los eventos climáticos extremos. Los árboles dominantes de mayor porte y con las tasas más altas de crecimiento fueron los más susceptibles a las sequías extremas. Los árboles con copas más grandes tienen una mayor demanda de agua; y aquellos sectores del fuste que no lograron satisfacer las necesidades hídricas durante una sequía fueron los más afectados; proceso que provocó la muerte de las ramas dañadas y posteriormente el colapso de todo el árbol.

Si bien nuestro entendimiento de las sequías extremas y sus impactos en los bosques patagónicos ha aumentado significativamente en las últimas décadas; atendiendo a los ejemplos aquí mencionados y los nuevos estudios en ejecución; estamos aún lejos de alcanzar un conocimiento comprensivo de los impactos de estos eventos climáticos extremos en los bosques patagónicos.

### Bibliografía

- Amoroso M; Daniels L; Villalba R; Cherubini P. 2015. Does drought incite tree decline and death in *Austrocedrus chilensis* forests? *Journal of Vegetation Science*. 26 :1171-1183.
- Bran D; Pérez A; Ghermandi L; Barrios S. 2001. Evaluación de poblaciones de coihue (*Nothofagus dombeyi*) del Parque Nacional Nahuel Huapi; afectadas por la sequía 98/99; a escala de paisaje (1:250.000). I Reunión Binacional del Ecología; p. 63.
- Brodrribb T; Powers J; Cochard H; Choat B. 2020. Hanging by a thread? Forests and drought. *Science*; 368: 261–266.
- Garreaud R. 2018. Record-breaking climate anomalies lead to severe drought and environmental disruption in Western Patagonia in 2016. *Climate Research* 74: 217– 229.
- IPCC. 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge University Press.
- Marcotti E; Amoroso M; Rodríguez-Catón M; Vega L; Srur A; Villalba R. 2021. Growth resilience of *Austrocedrus chilensis* to drought along a precipitation gradient in Patagonia; Argentina. *Forest Ecology and Management*; 496; 119388.
- Montepeluso MS; Villalba R. 2016. Tree mortality and summer droughts in *Nothofagus pumilio* forests in the southern Patagonian Andes; Argentina Third American Dendrochronology Conference; p. 76
- Morales M; Cook E; Barichivich J; Christie D; Villalba R; LeQuesne C; Srur A; et al. 2020. Six hundred years of South American tree rings reveal an increase in severe hydroclimatic events since mid-20th century. *Proceedings of the National Academy of Sciences*; 16816-16823
- Mundo I; El Mujtar V; Perdomo M; Gallo L; Villalba R; Barrera M. 2010. *Austrocedrus chilensis* growth decline in relation to drought events in northern Patagonia; Argentina. *Trees*; 24: 561-570
- 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. 10.1002/ecs2.1390
- Rodríguez-Catón M; Villalba R; Srur A; Williams P. 2019. Radial growth patterns associated with tree mortality in *Nothofagus pumilio* forest. *Forests*; 10; 489; doi:10.3390/f10060489
- Suarez ML; Ghermandi L; Kitzberger T. 2004. Factors predisposing episodic drought-induced tree mortality in *Nothofagus* - Site; climatic sensitivity and growth trends. *J Ecol*; 92; 954–966.
- Viale M; Bianchi E; Cara L; Ruiz LE; Villalba R; Pitte P; Masiokas M; Rivera J; Zalazar L. 2019. Contrasting climates at both sides of the Andes in Argentina and Chile. *Front. Environ. Sci.* 7:69. doi: 10.3389/fenvs.2019.00069
- Villalba R; Veblen TT. 1998. Climatic influences on episodic tree mortality at the forest-steppe ecotone in northern Patagonia. *Ecology* 79: 2624-2640.
- Villalba R; Cook ER; Jacoby GC; D'Arrigo RD; Veblen TT; Jones PD. 1998. Tree-ring based reconstructions of northern Patagonia precipitation since A.D. 1600. *The Holocene*; 8: 659-674
- Villalb; R; Lara A; Boninsegna JA; Masiokas M; Delgado S; Aravena JC; Roig FA; Schmelter A; Wolodarsky A; Ripalta A. 2003. Large-scale temperature changes across the southern Andes: 20th-century variations in the context of the past 400 years. *Climatic Change*; 59: 177-232
- Villalba R; Lara A; Masiokas M; Urrutia R; Luckman; BH et al.2012. Unusual Southern Hemisphere tree growth patterns induced by changes in the Southern Annular Mode. *Nature Geosci.* 5; 793–798.
- Villamayor J; Khodri M; Villalba; R; Daux; V.2021. Causes of the long-term variability of southwestern South America precipitation in the IPSL-CM6A-LR model. *Clim Dyn* 57; 2391–2414. <https://doi.org/10.1007/s00382-021-05811-y>