



# Dinámica forestal pos-incendio en el gradiente de precipitaciones del río de las Vueltas, Santa Cruz (Argentina)

*Post-fire forest dynamic in a rainfall gradient of de las Vueltas River, Santa Cruz (Argentina)*

MARCOS RAÚL RADINS<sup>1\*</sup>, MARIANO M. AMOROSO<sup>2,3</sup>,  
LUCAS O. BIANCHI<sup>2,3</sup> Y RICARDO VILLALBA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales, Eldorado, Misiones.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Río Negro, Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural, San Carlos de Bariloche, Río Negro.

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural, San Carlos de Bariloche, Río Negro.

<sup>4</sup> Laboratorio de Dendrocronología e Historia Ambiental, Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Cs. Ambientales, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Mendoza

\*<marcosradins@gmail.com>

## RESUMEN

Los incendios forestales representan un disturbio frecuente en la Patagonia con importantes impactos en la dinámica del paisaje. Si bien nuestro conocimiento de los regímenes históricos de incendios y su relación con los cambios históricos en el uso de la tierra y la variabilidad climática es amplio, pocos estudios han evaluado la dinámica forestal pos-incendio como resultante de los mismos. Nuestro objetivo fue comparar la historia de incendios y dinámica forestal pos-incendio en bosques de *Nothofagus pumilio* en dos sitios contrastantes dentro del gradiente de precipitaciones en la cuenca del río de las Vueltas, provincia de Santa Cruz utilizando técnicas dendroecológicas. Nuestros resultados dan cuenta de diferentes historias de incendios y dinámica forestal pos-incendio. Mientras que en el sector seco ocurrió un único evento de alta severidad y de gran extensión espacial, en el sector húmedo tuvieron lugar tres incendios de menor extensión y de menor intensidad. Las dinámicas pos-incendio reflejan tanto las diferentes historias de incendios como también la disponibilidad hídrica y la sensibilidad de *N. pumilio* a esta. Estudios retrospectivos de dinámica forestal combinando la reconstrucción del historial de incendios y el establecimiento de individuos son de gran valor para mejorar nuestro entendimiento de la dinámica del paisaje en el tiempo.

## ABSTRACT

*Forest fires represent a frequent disturbance in Patagonia with important impacts on the dynamics of the landscape. Although our knowledge of historical fire regimes and their relationship to*

*historical land use changes and climate variability is extensive, few studies have evaluated post-fire forest dynamics. Our objective was to compare the fire history and post-fire forest dynamics in Nothofagus pumilio forests at two contrasting sites within the precipitation gradient in Las Vueltas river basin, Santa Cruz province using dendroecological techniques. Our results show different fire histories and post-fire forest dynamics. While in the dry sector a single event of high severity and of great spatial extension was recorded, in the humid sector three fires of less extension and less intensity took place. The post-fire dynamics reflect both the different fire histories as well as the water availability and sensitivity of N. pumilio to it. Retrospective studies of forest dynamics combining fire history reconstruction and establishment of individuals are of great value in improving our understanding of landscape dynamics over time.*

---

**Palabras clave:** incendio, *Nothofagus pumilio*, dinámica

---

---

**Keywords:** fire, *Nothofagus pumilio*, dynamic

---

## INTRODUCCIÓN

El fuego es el disturbio de mayor importancia a nivel mundial en los ecosistemas boscosos (Bowman et al., 2009). Sin embargo, los incendios forestales difieren mucho en severidad, recurrencia y extensión resultando en diferentes grados de impacto en el suelo, la vegetación y otros componentes del ecosistema. Los efectos de los incendios forestales sobre el ecosistema dependen del régimen del fuego, pudiendo resultar en diferentes trayectorias de desarrollo (Amoroso et al., 2011). Un régimen de incendios representa el patrón de ocurrencias temporales y espaciales y la magnitud de eventos y efectos de los incendios, como así también las interacciones del fuego con otros agentes de disturbio (Agee, 1993; Daniels et al., 2017). Describir y comprender los regímenes históricos de incendios y de la respuesta de los bosques a estos en un determinado paisaje puede ayudar a identificar ecosistemas vulnerables a los impactos acumulativos del cambio ambiental (Stephens et al., 2013). Por otro lado, la caracterización de los regímenes permite evaluar si los mismos

se encuentran dentro del rango histórico de variación de las condiciones ambientales en las que los ecosistemas han funcionado en el pasado reciente (Landres et al., 1999; Swetnam et al., 1999). Asimismo, la información sobre los regímenes de incendios pasados puede ser una referencia útil para comprender las características, los patrones y las características de la estructura forestal actuales y futuros del régimen de incendios.

Los cambios en la estructura de un bosque y, en consecuencia, en su dinámica pueden ser examinados mediante técnicas dendrocronológicas que nos permiten documentar fechas de establecimiento y mortalidad de los individuos, los patrones de crecimiento radial y la frecuencia y magnitud de los disturbios (Fritts & Swetnam, 1989; Baker et al., 2005; Amoroso et al., 2017). Las técnicas dendrocronológicas permiten inferir patrones y procesos por períodos más prolongados que los resultantes de estudios regulares de monitoreo ecológico y con una resolución precisa a escala anual. Si bien los estudios dendroecológicos han sido un instrumento fundamental para reconstruir la historia de

los regímenes de incendios y cuantificar sus atributos (Daniels et al., 2017), son relativamente escasos aquellos estudios enfocados en complementar la reconstrucción de historias de incendios con la medición de parámetros cuantitativos de la estructura forestal y los patrones de dinámica forestal posteriores a los eventos de incendio (Amoroso et al., 2011; Marcoux et al., 2015). Asimismo, poco se conoce sobre la intensidad y severidad de los disturbios y los patrones de desarrollo posteriores a ellos (Amoroso & Suarez, 2015).

El fuego es un disturbio frecuente en la Patagonia argentina con importantes impactos en la dinámica forestal de sus diferentes bosques (Veblen et al., 1999; Mundo et al., 2017a). En contraste con la abundante información respecto de la historia de incendios en el norte de la Patagonia y su rol en la dinámica de sus bosques (Kitzberger & Veblen 1997; Veblen et al., 1999; 2008; Mundo et al., 2013; 2017a), la información en la Patagonia austral es relativamente escasa e incipiente (Mundo et al., 2017a, b). Asimismo, la gran mayoría de los estudios se han basado en la datación de cicatrices de incendios para reconstruir atributos de regímenes históricos de incendios y su relación con los cambios históricos en el uso de la tierra y la variabilidad climática. En contraste, pocos estudios han evaluado la dinámica pos-incendio y analizado, por ejemplo, la estructura por edades para detectar cohortes relacionadas con eventos de incendios (Veblen & Lorenz, 1988; Burns, 1993; Mundo, 2011).

En el presente manuscrito se presentan estudios comparativos de historia de incendios y dinámica forestal pos-incendio en dos sitios contrastantes dentro del

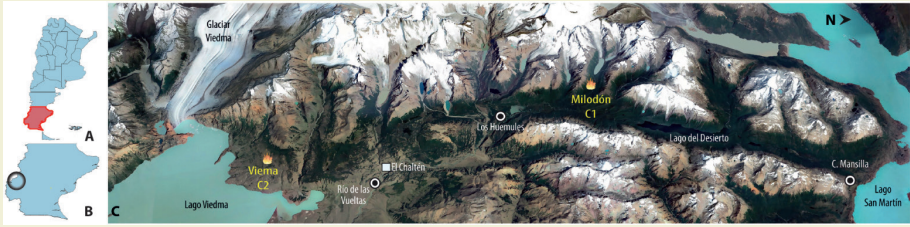
gradiente de precipitaciones en la cuenca del río de las Vueltas, provincia de Santa Cruz utilizando técnicas dendroecológicas. Con este fin se reconstruyeron las estructuras forestales resultantes en relación a la intensidad y recurrencia de los incendios forestales, y se comparó la dinámica en relación al gradiente ambiental y la historia de incendios.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Sitios de estudios

El área de estudio se encuentra ubicada en los Andes patagónicos del sector sur en la cuenca del río de las Vueltas, provincia de Santa Cruz, Argentina (**Figura 1**). El área está dominada por bosques de *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser ("Lenga") que se extienden a lo largo un gradiente altitudinal entre los 500 a los 1150 m de altitud. El relieve es abrupto y escarpado, resultado de la erosión glaciaria en tiempos geológicos recientes, con valles de paredes empinadas y numerosos ríos y arroyos en pronunciadas pendientes y abundantes lagos de origen glaciario. El clima de esta región es templado a frío y húmedo con nevadas invernales y heladas durante casi todo el año. En nuestra área de estudio (48-50°S), en solo 80-100 km, la precipitación puede variar entre más de 4000 mm/año en el lado oeste y sobre la cordillera de los Andes a menos de 400 mm/año sobre el ecotono bosque/estepa hacia el este (Villalba et al., 2003).

La selección de los sitios de estudios se realizó en base al análisis de imágenes históricas (base datos del IANIGLA) y satelitales provenientes de Google Earth. En las imágenes satelitales, los sitios afectados por los incendios forestales pueden ser reconocidos por aperturas



**Figura 1.** Mapa de la cuenca del río de las Vueltas, provincia de Santa Cruz indicando los sitios de estudios, la estación meteorológica de la Administración de Parques Nacionales (P) y las estaciones pluviométricas Estancia los Huemules y C. Mancilla (Chile)

*Figure 1.* Map of the Rio de las Vueltas watershed, Santa Cruz province, showing the study sites, the meteorological station of the National Parks Administration (P) and the Estancia los Huemules and C. Mancilla (Chile) pluviometric stations. Mancilla (Chile)

de claros de diferentes tamaños, con estructuras forestales aleaños muy dispares y presencias de individuos en pie en diferentes sectores de los claros. Los sitios identificados en las imágenes fueron posteriormente visitados con el fin de verificar la ocurrencia de incendios forestales. En la exploración de campo se buscaron cicatrices de fuego en los individuos aleaños al fuego, restos de árboles quemados y estructuras de bosques coetáneos. Mediante esta metodología, se seleccionaron dos sitios dentro del marcado gradiente de precipitaciones en la cuenca del río de las Vueltas, incluyendo un sitio con abundantes precipitaciones en el valle del río Milodón ( $49^{\circ} 06' S$ ,  $72^{\circ} 57' O$ ), y el otro sitio hacia el extremo más seco en el ecotono con la estepa patagónica en la cercanía al glaciar Viedma ( $49^{\circ} 26' S$ ;  $72^{\circ} 55' O$ ) (**Figura 1**). La precipitación total anual registrada en las cercanías al sitio seco (período 1992-2001) correspondiente a la seccional Lago Viedma de la Administración de Parques Nacionales en El Chaltén (P) (405 m s.n.m.) es de 438 mm, mientras que el sitio más húmedo se encuentra ubica-

do entre las estaciones meteorológicas de estancia los Huemules (H) (459 m s.n.m., periodo 2006-2019) y Candelario Mancilla (300 m, periodo 1996-2019), donde las precipitaciones totales anuales registradas alcanzan 1096.9 y 780 mm, respectivamente.

### Muestreos y procesamiento

Los muestreos fueron realizados durante dos años consecutivos, en los meses de febrero de 2015 y enero de 2016. Para la datación de los incendios se colectaron muestras de árboles con presencia de las cicatrices características dejadas por los fuegos, las cuales poseen una forma de “V” invertida, que se inicia desde la base del árbol y alcanza una altura variable en el fuste (0.4 a 1 m). En algunos casos, estas cicatrices muestran presencia de carbón remanente del fuego (Arno & Sneek, 1977). De cada árbol se tomaron secciones transversales parciales, siguiendo la metodología descrita por Arno & Sneek (1977). Las muestras fueron cortadas con serrucho de mano o motosierra, dependiendo de las condiciones del campo, seleccionando árboles dispersos en el si-

tio y que no presentaban madera muerta con alto grado de descomposición.

Para el estudio del establecimiento y la estructura del bosque se dispusieron en cada sitio 10 parcelas circulares de diámetro variable para asegurar un mínimo de 15 individuos por parcela. Las mismas fueron ubicadas en el área afectada por los incendios buscando alcanzar una representación amplia de las edades de los individuos, mediante un análisis visual de las alturas y diámetros observados en el campo. Dentro de cada parcela, y para todos los individuos adultos (altura mayor a 1 m), se obtuvieron muestras de barrenos de incremento de Pressler (tarugos), en los individuos cuyo diámetro lo permitía, y cortes transversales con la utilización de serruchos o tijeras de poda en los individuos muy chicos para barrenar. La altura de muestreo fue lo más cercano al cuello de la planta, para poder contar con mayor precisión sobre la fecha de establecimiento de los individuos. Todas las muestras dendrocronológicas (secciones transversales y tarugos) fueron montadas, pulidas y fechadas visualmente siguiendo los criterios de Stokes & Smiley (1968).

La datación de todo el material dendrocronológico se realizó por métodos visuales a través de skeleton-plots (Stokes & Smiley, 1968) y la calidad del fechado se verificó a través de métodos computacionales con el Programa COFECHA (Grissino Mayer, 2001; Holmes, 1983). La medición del ancho de los anillos de las series datadas se realizó con una tableta Velmex conectada a un contador digital Metronics Quick-Chek QC-10V con una precisión de 0,001 mm, y a partir de imágenes digitales de las muestras empleando el software CooRecorder (2009).

## **Análisis dendrocronológicos**

**Datación de incendios.** En las secciones transversales parciales se determinó y cuantificó la presencia de cicatrices, las que fueron utilizadas para establecer la fecha de ocurrencia del incendio. Las fechas de los anillos con cicatrices de incendio se determinaron con una resolución anual contando desde el anillo más externo de la sección hasta el que presenta la cicatriz de fuego. Aquellas fechas consistentes entre todas las muestras obtenidas dentro de un sitio fueron consideradas para establecer las fechas de los incendios.

**Estructura y dinámica forestal.** Las series de ancho de anillos provenientes de individuos adultos en rodales ubicados en las cercanías de los fuegos fueron utilizadas para determinar: 1) el crecimiento radial medio del rodal afectado por el fuego, 2) las liberaciones abruptas en crecimiento radial de individuos en respuesta al fuego, 3) los cambios en el crecimiento radial posterior al incendio, y 4) las fechas del establecimiento de los individuos. La cuantificación de los aumentos abruptos del crecimiento radial (liberaciones) se realizó calculando el cambio porcentual de crecimiento (CPC) para árboles individuales siguiendo la metodología de Nowacki & Abrams (1997) y utilizando el paquete TRADER del software R (Altman et al., 2014). El CPC para un año es igual a  $(M2 - M1) / M1$ , donde M1 representa el crecimiento promedio durante los 10 años anteriores y M2 representa el crecimiento promedio durante los 10 años siguientes. Se seleccionó un período de 10 años para el crecimiento radial promedio porque tiende a promediar las respuestas de crecimiento a corto pla-

zo relacionadas con el clima, mientras se capturan los cambios de crecimiento asociados a la dinámica forestal (Nowacki & Abrams, 1997; Amoroso y Blazina, 2020). Los criterios utilizados para clasificar el grado de liberación fueron: (a) liberaciones mayores para CPC > 100%, y (b) liberaciones moderadas para CPC 50%-99% (Nowacki & Abrams, 1997; Amoroso & Blazina, 2020). El cambio en crecimiento radial posterior al incendio se realizó solamente sobre los individuos que presentaron cicatrices calculando el porcentaje de cambio (CPC) (Amoroso et al., 2011). Las fechas de establecimiento corresponden a las fechas del primer anillo que contiene la medula o del anillo más interno de cada muestra.

## RESULTADOS

### Fecha de eventos de incendios

En total se obtuvieron 65 secciones transversales con cicatrices de incendios, 30 y 35 para los sitios Milodón y Viedma, respectivamente. Del total

se lograron datar las cicatrices de fuego en 15 (50%) y 18 (51,4%) muestras, respectivamente (**Tabla 1**). El diámetro promedio de los árboles afectados por el incendio varió para las diferentes fechas de incendio, presentando un diámetro relativamente bajo en ambos sitios durante el primer evento registrado en cada sitio (**Tabla 1**). La respuesta promedio en el crecimiento radial posterior a los eventos también mostró una importante variación con la ocurrencia de los mismos. En general, las liberaciones de crecimiento radial posterior a cada evento de incendio fueron mayores al 100%, evidenciándose crecimiento alto (> 250%) particularmente para la primera fecha de incendio en cada sitio (**Tabla 1**).

### Dinámica forestal

Para el estudio de la dinámica forestal se muestrearon un total de 346 individuos correspondientes a 125 secciones transversales y 121 tarugos. De ellos, 188 y

**Tabla 1** Cicatrices de fuego datadas totales y por fecha de incendio para cada sitio de estudio y año de evento. Para cada fecha de incendio se indica el porcentaje de cambio promedio y desvío estándar en el crecimiento radial posterior a la ocurrencia del incendio, y el diámetro medio y desvío estándar al momento del evento.

*Table 1. Total and dated fire scars by fire date for each study site and event year. For each fire date, the mean percent change and standard deviation in radial growth after the occurrence of the fire, and the mean diameter and standard deviation at the time of the event are indicated.*

Sitio	Año	Cicatrices de fuego		Liberación de crecimiento		Diámetro cm
		n	% Árboles con cicatrices	n	% LC	
Milodón	1965	8	26,7	7	299±157	14,8±10,9
	1966	5	16,7	3	117±13	21,4±6,7
	1984	2	6,7	2	119±6	38,2±10,8
Viedma	1924	18	51,4	14	250±111	14,4±8,9



152 muestras correspondieron a Milodón y Viedma, respectivamente.

La evaluación del crecimiento medio y cambios abruptos en los individuos adultos en Milodón da cuenta de liberaciones mayores a 250% en el año 1965, observándose también otra importante liberación en el año 1993 (**Figura 2.A**). El sitio Viedma, alternativamente, mostró un incremento en el crecimiento radial mayor al 250% en respuesta al fuego del año 1924, observándose también otra liberación mayor al 100% en el año 1937 (**Figura 3.A**).

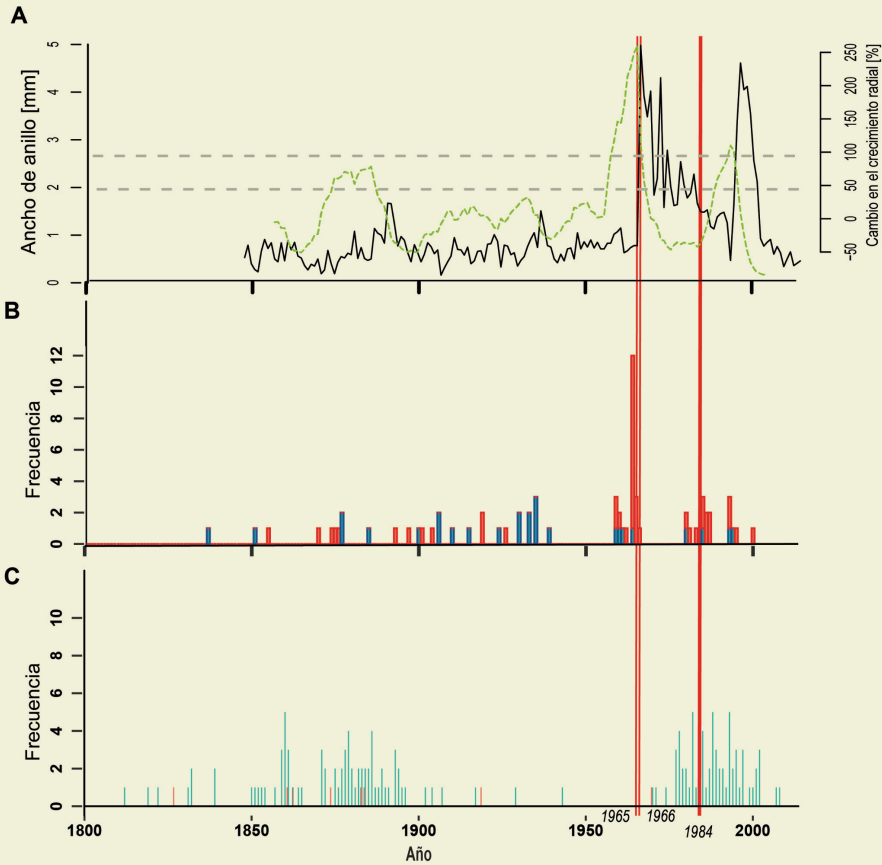
Por otra parte, del análisis de las liberaciones individuales se desprende la presencia de diferentes pulsos en el tiempo (**Figura 2.B**, **Figura 3.B**). Para el sitio Milodón se observan liberaciones mayores al 100% asociadas principalmente a los dos eventos de incendios; las liberaciones menores al 100% tienen una distribución más dispersa con presencia de un pulso bajo a inicios de la década del 1930 (**Figura 2.B**). En el sitio Viedma, contrariamente, no se observan pulsos de gran magnitud, pero sí de liberaciones aisladas en los periodos 1875-1885 y 1920-1930 y en el año 2005 (**Figura 3.B**).

El fechado dendrocronológico de individuos en el área afectada por incendios forestales en Milodón sugiere que los árboles más viejos se establecieron alrededor del año 1760 (no incluidos en el gráfico), registrándose pulsos posteriores de establecimiento en las décadas de 1860, 1870-1890 y 1970-2000, este último particularmente relacionado a los incendios registrados más recientemente (**Figura 2.C**). En el caso del sitio Viedma, contrariamente, se observó un bajo y discontinuo establecimiento durante el comienzo del siglo 19 y un fuerte pulso en la década de 1970; muy retrasado en

relación a la fecha de ocurrencia del incendio registrado en 1924 (**Figura 3.C**).

## DISCUSIÓN

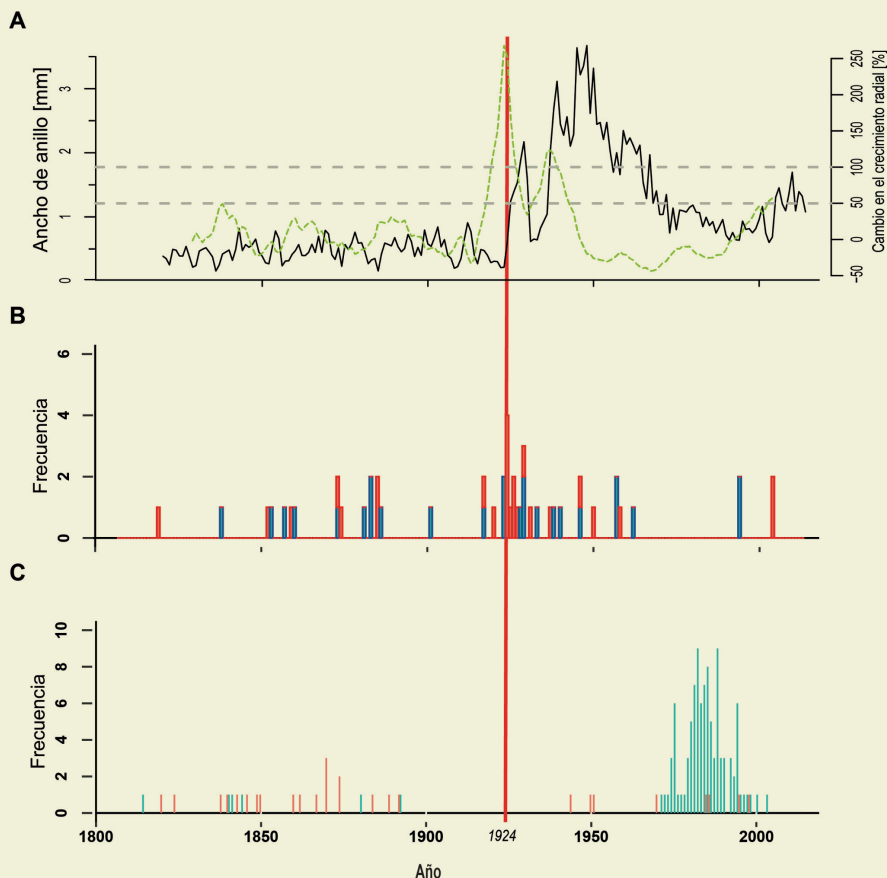
Nuestros resultados dan cuenta de las diferentes historias de incendios y dinámica forestal pos-incendio para dos contrastantes sitios de estudio en el gradiente de precipitaciones en la cuenca del río de las Vueltas, provincia de Santa Cruz, Argentina. Del análisis conjunto de las fechas de incendios y el crecimiento radial medio de los individuos del dosel superior se desprenden importantes diferencias en las historias de incendios. El sitio Milodón, en el sector más húmedo, registró la ocurrencia de tres incendios, siendo el primero posiblemente de alta intensidad dado el marcado incremento radial en los individuos que sobrevivieron como respuesta a los recursos liberados por los árboles muertos o seriamente afectados por el fuego. Se observó además un cambio evidente, aunque menor, en el patrón de crecimiento a comienzos del 1880. Contrariamente, en el sitio Viedma se registró un único evento extensivo de incendio durante los últimos 200 años. Si bien hay algunos indicios de fuegos anteriores, los estudios dendrocronológicos previos y en ejecución indicarían que la ocurrencia de incendios aumentó marcadamente con la llegada de los colonos desde fines del siglo XIX comienzos del siglo XX (Halvorsen, 1997; Mundo et al., 2017). La ocurrencia de incendios en el sitio Milodón estaría relacionada con la ocupación por colonos, que utilizaban las quemadas para extender las pasturas para la ganadería. Al destruir o reducir la cobertura arbórea, los fuegos favorecerían el ingreso de luz y por ende el crecimiento de pastizales.



**Figura 2.** Crecimiento radial medio anual (línea de color negra) correspondiente a 29 individuos y sus respectivos cambios abruptos en el crecimiento radial medio (línea discontinua de color verde) (A), Número de cambios abruptos en el crecimiento radial individual (liberaciones) superiores al 50% y menores al 100% (barras de color azul) y superiores al 100% (barras de color rojo) (B), y fechas de establecimiento de individuos (barras de color celeste con médula, barras rojas individuos sin médula) (C) para el sitio Milodón. Las líneas verticales rojas indican el año del incendio forestal

Figure 2. Annual mean radial growth (black line) corresponding to 29 individuals and their respective abrupt changes in mean radial growth (green dashed line) (A), Number of abrupt changes in individual radial growth (releases) greater than 50% and less than 100% (blue bars) and greater than 100% (red bars) (B), and dates of establishment of individuals (light blue bars with pith, red bars individuals without pith) (C) for the Mylodón site. The red vertical lines indicate the year of the forest fire





**Figura 3.** Crecimiento radial medio anual (línea de color negra) correspondiente a 28 individuos y sus respectivos cambios abruptos en el crecimiento radial medio (línea discontinua de color verde) (A), Número de cambios abruptos en el crecimiento radial individual (liberaciones) superiores al 50% y menores al 100% (barras de color azul) y superiores al 100% (barras de color rojo) (B), y fechas de establecimiento de individuos (barras de color celeste con médula, barras rojas individuos sin médula) (C) para el sitio Viedma. Las líneas verticales rojas indican el año del incendio forestal

*Figure 3.* Annual mean radial growth (black line) corresponding to 28 individuals and their respective abrupt changes in mean radial growth (green dashed line) (A), Number of abrupt changes in individual radial growth (releases) greater than 50% and less than 100% (blue bars) and greater than 100% (red bars) (B), and dates of establishment of individuals (light blue bars with pith, red bars individuals without pith) (C) for the Viedma site. The red vertical lines indicate the year of the forest fire.

Por tal motivo, luego de la primera quema del año 1965 en Milodón, se generaron las condiciones para la aparición de parches de regeneración en las zonas afectadas por el fuego. El año 1966 presentó nuevamente registro de incendio en la zona, sin embargo, a diferencia del sector Viedma, los incendios en Milodón no lograron extenderse, por las condiciones de mayor humedad imperante en la zona. En el año 1985, se volvieron a realizar quemas en el valle del río Milodón, bajo condiciones ambientales tal vez algo diferentes a las de los fuegos en la década de 1960, las que permitieron una regeneración más rápida que en fuegos anteriores.

Las diferencias observadas en las características de los incendios entre los sitios Viedma y Milodón responden principalmente a los distintos regímenes de precipitación en ambos sitios. Si bien no contamos con datos precisos, es muy probable, en función de los escasos registros climáticos en la región, que las precipitaciones en el valle Milodón dupliquen a las que se registran en la vertiente oeste del lago Viedma. Por ello, la condición más seca permitió que el fuego de 1924 en el sector del Viedma fuera mucho más extenso que los registrados en el valle del río Milodón. Un solo incendio fue lo suficientemente extenso para crear amplias áreas de pastizales para la ganadería, sin la necesidad de volver a realizar nuevos incendios. Por el contrario, las condiciones húmedas casi permanentes en Milodón no permiten el desarrollo de fuegos extensivos, sino limitados a áreas reducidas. Por ello los colonos, en busca de extender las áreas de pastizales para su ganado, se veían forzados a quemar prácticamente todos los años. Esta estrategia es consistente con los fuegos re-

gistrados en Milodón durante dos años consecutivos: 1965 y 1966.

Si evaluamos el establecimiento de los diferentes sitios de estudio, podemos observar marcadas diferencias en los tiempos de establecimiento de nuevos individuos, relacionados, posiblemente, al tiempo de recuperación pos incendio del área y a la particular sensibilidad de los renuevos de *N. pumilio* a la falta de humedad. En el sitio seco (Viedma), se observa un lapso de tiempo sin establecimiento de individuos cercano a los 40 años posteriores al incendio registrado. En el sitio húmedo, sin embargo, el tiempo no superó los 5 años. Estas diferencias pueden observarse en las **Figuras 2.C y 3.C**, donde se detalla la ocurrencia de los eventos por sitios, como también los momentos de establecimiento posteriores al año 1800. La diferencia en las precipitaciones entre ambos sitios es una de las causas principales que explica el establecimiento de nuevos individuos. Un factor importante es que las plántulas de lengas son muy sensibles al déficit hídrico y mueren con facilidad en los sitios más secos como en el sitio Viedma. Las plantas tienen mayores probabilidades de sobrevivir en las áreas de mayor humedad, como en los bordes de los incendios y bajo la protección de restos de los individuos caídos (Heinemann et al., 2000; Lopez Bernal, 2003). En áreas que limitan con la estepa patagónica, que registran fuertes sequías en verano, el establecimiento podría estar asociado con un periodo de condiciones climáticas húmedas favorables. La alta densidad de ganado ovino en la zona del glaciar Viedma durante un largo periodo del siglo XX es también una de las causas por las que no se encuentra regeneración del bosque por más de 40 años, esto lleva a

pensar que en el pasado se contaba con una alta carga animal por superficie, lo que impediría la regeneración del bosque.

Si evaluamos el crecimiento del bosque en ambos sitios posteriores a los eventos de fuego, se observa en el sitio Milodón una importante liberación en el año 1965, donde las liberaciones fueron superiores al 250%. Por el contrario, no se aprecian liberaciones de importancia para los años 1966 y 1984. Asimismo, se observa una liberación superior al 50% en el año 1883, posiblemente asociada a un viejo incendio registrado en el valle contiguo (Mundo et al., 2017). Sin embargo, la extensión reducida de los fuegos en las áreas húmedas no pareciera sustentar esta conexión de fuegos entre valles vecinos. En el sitio Viedma, por su parte, se encontró un pulso de liberación en el año 1885, que pudo ser causado por un incendio en la región: Mundo et al., (2017) dan cuenta de un evento de incendio en el año 1883 en el valle próximo al sitio Milodón. De ser así, es altamente probable igualmente que no quedaran registros en el campo dado el gran incendio del año 1924 que hizo desaparecer todas las evidencias del fuego anterior.

### CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo fortalecen los conocimientos de la influencia del gradiente de precipitaciones en la ocurrencia de incendios forestales en la cuenca del río de las Vueltas en la provincia de Santa Cruz. Estas diferencias dan cuenta de incendios de alta severidad (mueren la mayoría de los árboles en el sitio) y de gran extensión espacial en el sector seco, versus incendios de menor extensión y de menor intensidad

(no mueren todos los árboles) en sitios húmedos. Asimismo, estos contrastantes resultados ayudan a comprender las estrategias de los colonos para crear áreas libres para la ganadería como consecuencia de las diferencias ambientales. Las diferentes dinámicas pos-incendio del bosque entre sitios reflejan no solo las diferentes historias de incendios, sino también la disponibilidad hídrica y la sensibilidad de los renovales de *N. pumilio* a la sequía. Los estudios de dinámica forestal, en conjugación con la reconstrucción de la historia de incendios, son de gran valor en el entendimiento de los factores que determinan la dinámica del paisaje en el tiempo.

### AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (PIP 112-2011010-0809) y el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Climático (IAI CRN 2047).

### BIBLIOGRAFÍA

- AGEE, J.K., 1993. Fire ecology of Pacific Northwest forest. *International Journal of Wildland Fire* 4: 195-200. <https://doi.org/10.1071/WF9940195>
- ALTMAN, J., P. FIBICH, J. DOLEZAL & T. AAKALA, 2014. TRADER: A package for Tree Ring Analysis of Disturbance Events in R. *Dendrochronologia* 32(2):107-112. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2014.01.004>
- AMOROSO, M.M., L.D. DANIELS, M. BATAINEH & D.W. ANDISON, 2011. Evidence of mixed-severity fires in the foothills of the Rocky Mountains of west-central Alberta, Canada. *Forest Ecology and Management* 262(12): 2240-2249. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.08.016>

- AMOROSO, M.M. & M.L. SUAREZ, 2015. La aplicación del análisis de los anillos de crecimiento a interrogantes ecológicos: Un breve repaso de la Dendroecología en Hispanoamérica. *Ecosistemas* 24: 1-6
- AMOROSO, M.M., L.D. DANIELS, P.J. BAKER & J.J. CAMARERO, 2017. Introduction. En: Amoroso M.M., Daniels L.D., Baker, P.J., Camarero J.J. (Eds). *Dendroecology: Tree-ring analyses applied to ecological studies*. Springer.
- AMOROSO, M.M. & A.P. BLAZINA, 2020. Disturbance history and dynamics of an old-growth *Nothofagus* forest in southern Patagonia. *Forests* 11: 101.
- ARNO, S.F. & K.M. SNECK, 1977. A Method for Determining Fire History in Coniferous Forests Fire History in Coniferous Forests of The Mountain West. *Agriculture* 28.
- BAKER, P.J., S. BUNYAVEJCHEWIN, C.D. OLIVER, et al., 2005. Disturbance history and historical stand dynamics of a seasonal tropical forest in Western Thailand. *Ecological Monographs* 75(3): 317-343.
- BOWMAN, D.M.J., J.K. BALCH, P. ARTAXO, W. BOND, M. JEAN, M.A. COCHRANE & S.J. PYNE, 2009. Fire in the Earth System. *Science*: 324-481. <https://doi.org/10.1126/science.1163886>
- BURNS, B.R., 1993. Fire-induced dynamics of *Araucaria araucana-Nothofagus antarctica* forest in the Southern Andes. *Journal of Biogeography* 20: 669-685
- COORECORDER, 2009. Cybis Wiki. <http://www.cybis.se/forfun/dendro>.
- CRUZ JOHNSON, P., P. HONEYMAN LUCCHINI, A. PEZO CORREA & C. SCHULZE, 2007. Análisis de crecimiento de árboles maduros de lenga (*Nothofagus pumilio*) en bosques de la XII Región, Chile. *Bosque* 28(1): 18-24.
- DANIELS, L.D., L.L. YOCOM KENT, R.L. SHERRIFF & E.K. HEYERDAHL, 2017. Deciphering the Complexity of Historical Fire Regimes: Diversity Among Forests of Western North America. En: Amoroso, M.M., L. D. Daniels, P. J. Baker, & J. J. Camarero (Eds.)- *Dendroecology* (1.ª ed., Vol. 231: 185-210). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-61669-8>
- FRITTS H.C. & T.W. SWETNAM, 1989. Dendroecology: a tool for evaluating variations in past and present forest environments. *Advances in Ecological Research* 19:111-188.
- GRISSINO MAYER, H.D., 2001. For the computer program *cofecha*. *Tree -Ring Research*, 57(2): 205-221.
- HALVORSEN, P., 1997. Entre el río de las Vueltas y los Hielos Continentales. Editorial Vinciguerra: 224 pags.
- HEINEMANN, K., T. KITZBERGER & T.T. VEBLEN, 2000. Influences of gap microheterogeneity on the regeneration of *Nothofagus pumilio* in a xeric old-growth forest of northwestern Patagonia, Argentina. *Canadian Journal of Forest Research*, 30: 25-31.
- HOLMES, R.L., 1983. Research report computer - assisted quality control in tree - ring dating and measurement. 43 pp.
- KITZBERGER, T., T.T. VEBLEN & R. VILLALBA, 1997. Climatic influences on fire regimes along a rain forest-to-xeric woodland gradient in northern Patagonia, Argentina. *Journal of Biogeography*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.1997.tb00048.x>
- LANDRES, P., P. MORGAN, F. SWANSON, 1999. Overview of the use of natural variability concepts in managing ecological systems. *Ecological Applications* 9: 1179-1188.
- LOPEZ BERNAL, P.M., J.O. BAVA & S.H. ANTEQUERA, 2003. Regeneración en un bosque de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp et Endl.) Krasser) sometido a un manejo de selección en grupos. *Bosque* 24: 13-21. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002003000200002>
- LORIMER, C.G., 1980. Age structure and disturbance history of a southern Appalachian virgin forest. *Ecological Society of America* 61(5): 1169-1184.
- MARCOUX, H.M., L.D. DANIELS, S.E. GERGEL, E. DA SILVA, Z. GEDALOF & P.F. HESSBURG, 2015. Differentia-

- ting mixed- and high-severity fire regimes in mixed-conifer forests of the Canadian Cordillera. *Forest Ecology and Management* 341: 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.12.027>
- MUNDO, I.A., 2011. Historia de incendios en bosques de *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch de Argentina a través de un análisis dendroecológico. Tesis Doctoral. 163 pp.
- MUNDO, I.A., T. KITZBERGER, F.A. ROIG JUÑENT, R. VILLALBA & M.D. BARRERA, 2013. Fire history in the *Araucaria araucana* forests of Argentina: Human and climate influences. *International Journal of Wildland Fire* 22: 194-206. <https://doi.org/10.1071/WF11164>
- MUNDO, I., A. HOLZ, M.E. GONZÁLEZ & J. PARITSIS, 2017a. Fire History and Fire Regimes Shifts in Patagonian Temperate Forests. En: Amoroso, M.M., L. D. Daniels, P.J. Baker & J-J. Camarero (Eds.). *Dendroecology: Tree-ring analyses applied to ecological studies*. Springer
- MUNDO, I.A., R. VILLALBA, T.T. VEBLEN, T. KITZBERGER, A. HOLZ, J. PARITSIS & A. RIPALTA, 2017b. Fire history in southern Patagonia: Human and climate influences on fire activity in *Nothofagus pumilio* forests. *Ecosphere* 8(9): 23. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1932>
- NOWACKI, G.J. & M.D. ABRAMS, 1997. Radial-growth averaging criteria for reconstructing disturbance histories from presettlement – origin oaks. *Ecological Monographs* 67: 225-249.
- STEPHENS, S.L., J.K. AGEE, P.Z. FULÉ, M.P. NORTH, W.H. ROMME, T.W. SWETNAM & M.G. TURNER, 2013. Managing Forests and Fire in Changing Climates. *Science* 342: 41-42. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1126/science.1240294>.
- STOKES, M.A. & T.L. SMILEY, 1968. An Introduction to tree –ring dating. Tucson
- SWETNAM, T.W., C.D. ALLEN & J.L. BE-TANCOURT, 1999. Applied historical ecology: Using the past to manage for the future. *Ecological Applications* 9: 1189–1206. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1999\)009\[1189:AHEUTP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1999)009[1189:AHEUTP]2.0.CO;2)
- SWETNAM, T.W. & A.M. LYNCH, 1993. Multicentury, regional-scale patterns of western spruce budworm outbreaks. *Ecological Monographs*. <https://doi.org/10.2307/2937153>
- VEBLEN, T.T. & D.C. LORENZ, 1988. Recent Vegetation Changes along the Forest/Steppe Ecotone of Northern Patagonia. *Annals of the Association of American Geographers*. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1988.tb00193.x>
- VEBLEN, T.T., T. KITZBERGER, E. RAFFAELE, M. MERMOZ, M.E. GONZÁLEZ, J.S. SIBOLD & A. HOLZ, 2008. The historical range of variability of fires in the Andean Patagonian *Nothofagus* forest region. *International Journal of Wildland Fire*. <https://doi.org/10.1071/WF07152>
- VEBLEN, T.T., T. KITZBERGER, R. VILLALBA & J. DONNEGAN, 1999. Fire history in northern Patagonia: The roles of humans and climatic variation. *Ecological Monographs*. [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(1999\)069\[0047:FHINPT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(1999)069[0047:FHINPT]2.0.CO;2)
- VILLALBA, R., A. LARA, J.A. BONINSEGNA, M. MASIOKAS, S.C. DELGADO, J.C. ARAVENA, F. A. ROIG, A. SCHMELTER, A. WOŁODARSKY-FRANKE & A. RIPALTA, 2003. Large-scale temperature changes across the Southern Andes: 20th-century variations in the context of the past 400 years. *Climate Change* 59:177–232.

Recibido: 07/2021  
Aceptado: 11/2021

