

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 103: Plantación de especies forestales nativas en matorrales de Patagonia norte

Nacif ME^{1,2}; *, Goldenberg M^{1,2}; Oddi F^{1,2}; Pastorino M³; Aparicio A³; Garibaldi LA^{1,2}

¹ Universidad Nacional de Río Negro. Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales; Agroecología y Desarrollo Rural. Río Negro; Argentina; ² Consejo Nacional de investigaciones Científicas y Técnicas. Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales; Agroecología y Desarrollo Rural. Río Negro; Argentina; ³ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA Bariloche; IFAB (INTA – CONICET)

*mnacif@unrn.edu.ar

Palabras clave: *Nothofagus sp.*; *Austrocedrus chilensis*; apertura del matorral

Introducción

La amenaza que presentan el cambio climático y la presión antrópica motiva a generar estrategias de manejo que satisfagan la demanda de bienes y servicios; y a la vez conserven la biodiversidad. Una estrategia en los bosques de Patagonia es el enriquecimiento con especies nativas de valor maderero. La preparación del sitio de plantación es clave; que en el caso de enriquecer matorrales; requiere definir el grado de apertura inicial del dosel para garantizar la supervivencia y crecimiento de la plantación. En los matorrales; las aperturas en forma de franjas dentro de la cobertura original; que pueden ser de distinto ancho; han demostrado mejorar la productividad; integridad ecológica y la conservación de la biodiversidad; proporcionando un ingreso económico inicial para cubrir la inversión requerida para la plantación. Al combinar estas técnicas de manejo con plantación de especies forestales nativas; también se mejoran características como la producción de madera; el componente arbóreo a largo plazo y se mitigan los riesgos asociados al uso de coníferas exóticas (i.e. propagación de incendios; posible invasión de plantas y patógenos).

En una plantación forestal; el éxito en la etapa inicial después de los trasplantes es clave para garantizar la sostenibilidad del proyecto. La supervivencia y el crecimiento inicial serán altamente variables entre especies y dependientes del contexto. Varios rasgos intrínsecos pueden moldear el rendimiento de las especies (i.e. tolerancia a la sombra; rango térmico; crecimiento; interacciones bióticas); así como el cambio en las condiciones ambientales que interactúan con las mismas; lo que conduciría a un éxito variable de la plantación (i.e. cambios de temperatura; niveles de luz; humedad; heladas). Estudios recientes de corto plazo demostraron que aperturas parciales en matorrales mixtos conllevan un mayor éxito inicial para especies nativas (Nacif et al. 2021). Es particularmente relevante informar a quienes aplican las técnicas de manejo; las diferencias inter-específicas; sobre todo en el largo plazo.

Los matorrales de Patagonia norte son bosques bajos dominados por especies leñosas nativas heliófilas y rebrotantes; pioneras en la sucesión luego de disturbios como el fuego; que son un componente clave de la biodiversidad. Históricamente; estos bosques han sido considerados una comunidad de bajo valor económico y ambiental; reemplazados por otros usos del suelo posteriores a extracciones masivas de biomasa (i.e. leña y postes); como forestaciones de coníferas exóticas y ganadería bovina. Esta vulnerabilidad evidencia la necesidad de desarrollar prácticas de manejo alternativas que eviten estos cambios de uso y la pérdida de servicios ecosistémicos que conllevan. La normativa vigente referida al manejo de bosques (LN 26.331 y LP 4.552); prohíbe el reemplazo de la mayoría de los matorrales por otros usos (ej.; forestaciones exóticas); al mismo tiempo promueve la plantación; el enriquecimiento y la restauración; incrementando el número de individuos; de especies o de genotipos en la vegetación existente. La aplicabilidad de estas normativas y su valor productivo es altamente factible dada la distribución regional de estos bosques y su abundante



cobertura. De esta manera; el marco legal propicia el desarrollo de tecnologías de procesos para el manejo sostenible; tales como extracciones y cortas parciales combinadas con especies patagónicas; estableciendo así una cobertura de alto valor forestal permanente. El manejo aplicado debe posibilitar la transición hacia este nuevo estado (sistemas matorral-*Austrocedrus chilensis* o matorral-*Nothofagus*); promoviendo la biodiversidad; los productos del bosque y los servicios ambientales. A la fecha; sin embargo; no existen estudios experimentales que hayan estudiado el efecto de distintas prácticas de manejo sobre la dinámica de estos bosques de Patagonia norte. Nuestro objetivo fue evaluar el efecto de la intensidad de apertura en la supervivencia y crecimiento en altura de plantaciones de especies forestales patagónicas de alto valor maderero durante 9 años; en tres sitios contrastantes ambientalmente.

Materiales y métodos

Trabajamos en experimentos situados en la provincia de Río Negro; que presentan diferentes estadios de bosques de transición; dominados por diferentes especies y representativos de la heterogeneidad de la provincia. Seleccionamos tres sitios ambientalmente contrastantes (matorral de ñire en un fondo de valle con baja productividad; FV; matorral mixto de ladera norte con productividad media; LN y matorral de alta productividad mixto de ladera sur; LS). En cada sitio se instaló un bloque de 8 parcelas a las que se les aplicó un gradiente de apertura (i.e.; área basal removida); seguidas por la plantación de 6 especies nativas de alto valor forestal (*Austrocedrus chilensis*; *Nothofagus alpina*; *N. pumilio*; *N. antarctica*; *N. dombeyi* y *N. obliqua*) en un diseño en parcelas divididas (un total de 720 individuos plantados en cada sitio; 2160 en total). Ver descripción del diseño experimental y de sitios en Goldenberg et al. (2020); Nacif et al. (2021) y Fernández et al. (2022). En los experimentos de plantación entre los años 2013 y 2021; se registró la supervivencia y se midió la altura para lograr curvas de crecimiento para las diferentes especies. Analizamos los efectos del sitio; de la intensidad de cosecha y de la especie en las tasas de crecimiento relativa de las plantas (altura; distribución normal) y en la supervivencia (distribución quasi-binomial) utilizando modelos lineales de efectos mixtos en R (R Core Team 2021); con la función lmer (paquete lme4). En los mismos modelos evaluamos los efectos aleatorios del origen de las plantas y de las parcelas. Modelamos la heterocedasticidad en función del tiempo (varConstPower); y la correlación temporal de los datos mediante una estructura auto-regresiva de medias móviles (ARMA). Como marco de estadística inferencial utilizamos la inferencia multimodelo y seleccionamos los modelos a través de una forma corregida del AIC.

Resultados

Los modelos de efectos mixtos mostraron que la edad de la plantación; el sitio; la apertura del matorral y la especie; fueron predictores importantes para la altura de las plantas. Encontramos interacciones dobles y triples entre algunas de las variables para los modelos. En el sitio FV sobrevivió el 3% de la plantación; en LN el 25% y en LS el 50%. En FV sólo sobrevivieron al 8vo año de experimento *N. pumilio* (entre 10% y 13%) y *N. antarctica* (entre 3% y 43%). En LN; la menor supervivencia fue registrada a 70% de apertura (<10%); en aperturas menores (0%; 30% y 50%) las mayores tasas de supervivencia fueron registradas para *A. chilensis* (80%; 83% y 67%) y *N. obliqua* (60%; 57% y 70%); y el resto de las especies con menos del 40%. En LS; las mismas especies; sobrevivieron con altas tasas a lo largo del gradiente de apertura (73%; 90%; 67% y 40% para *A. chilensis*; y 52%; 85%; 90% y 37% para *N. obliqua*) (Fig. 1); el resto de las especies mostraron mayores tasas de supervivencia en intensidades intermedias de apertura. Por su parte; el crecimiento también varió entre sitios; en FV $\sim 5 \pm 2$ cm/año; en LN $\sim 10 \pm 3$ cm/año y en LS $\sim 27 \pm 6$ cm/año. En la Fig. 2 se muestra el crecimiento en altura para *N. pumilio* en los diferentes sitios. Para los sitios de menor calidad (FV y LN) y para las plantas de las especies que sobrevivieron al 8vo año; la apertura del matorral tuvo menos influencia en el crecimiento de las plantas que en LS. En el caso de LS; intensidades intermedias de apertura resultaron mejores para el crecimiento de *N. obliqua* y *N.*



cobertura. De esta manera; el marco legal propicia el desarrollo de tecnologías de procesos para el manejo sostenible; tales como extracciones y cortas parciales combinadas con especies patagónicas; estableciendo así una cobertura de alto valor forestal permanente. El manejo aplicado debe posibilitar la transición hacia este nuevo estado (sistemas matorral-*Austrocedrus chilensis* o matorral-*Nothofagus*); promoviendo la biodiversidad; los productos del bosque y los servicios ambientales. A la fecha; sin embargo; no existen estudios experimentales que hayan estudiado el efecto de distintas prácticas de manejo sobre la dinámica de estos bosques de Patagonia norte. Nuestro objetivo fue evaluar el efecto de la intensidad de apertura en la supervivencia y crecimiento en altura de plantaciones de especies forestales patagónicas de alto valor maderero durante 9 años; en tres sitios contrastantes ambientalmente.

Materiales y métodos

Trabajamos en experimentos situados en la provincia de Río Negro; que presentan diferentes estadios de bosques de transición; dominados por diferentes especies y representativos de la heterogeneidad de la provincia. Seleccionamos tres sitios ambientalmente contrastantes (matorral de ñire en un fondo de valle con baja productividad; FV; matorral mixto de ladera norte con productividad media; LN y matorral de alta productividad mixto de ladera sur; LS). En cada sitio se instaló un bloque de 8 parcelas a las que se les aplicó un gradiente de apertura (i.e.; área basal removida); seguidas por la plantación de 6 especies nativas de alto valor forestal (*Austrocedrus chilensis*; *Nothofagus alpina*; *N. pumilio*; *N. antarctica*; *N. dombeyi* y *N. obliqua*) en un diseño en parcelas divididas (un total de 720 individuos plantados en cada sitio; 2160 en total). Ver descripción del diseño experimental y de sitios en Goldenberg et al. (2020); Nacif et al. (2021) y Fernández et al. (2022). En los experimentos de plantación entre los años 2013 y 2021; se registró la supervivencia y se midió la altura para lograr curvas de crecimiento para las diferentes especies. Analizamos los efectos del sitio; de la intensidad de cosecha y de la especie en las tasas de crecimiento relativa de las plantas (altura; distribución normal) y en la supervivencia (distribución quasi-binomial) utilizando modelos lineales de efectos mixtos en R (R Core Team 2021); con la función lmer (paquete lme4). En los mismos modelos evaluamos los efectos aleatorios del origen de las plantas y de las parcelas. Modelamos la heterocedasticidad en función del tiempo (varConstPower); y la correlación temporal de los datos mediante una estructura auto-regresiva de medias móviles (ARMA). Como marco de estadística inferencial utilizamos la inferencia multimodelo y seleccionamos los modelos a través de una forma corregida del AIC.

Resultados

Los modelos de efectos mixtos mostraron que la edad de la plantación; el sitio; la apertura del matorral y la especie; fueron predictores importantes para la altura de las plantas. Encontramos interacciones dobles y triples entre algunas de las variables para los modelos. En el sitio FV sobrevivió el 3% de la plantación; en LN el 25% y en LS el 50%. En FV sólo sobrevivieron al 8vo año de experimento *N. pumilio* (entre 10% y 13%) y *N. antarctica* (entre 3% y 43%). En LN; la menor supervivencia fue registrada a 70% de apertura (<10%); en aperturas menores (0%; 30% y 50%) las mayores tasas de supervivencia fueron registradas para *A. chilensis* (80%; 83% y 67%) y *N. obliqua* (60%; 57% y 70%); y el resto de las especies con menos del 40%. En LS; las mismas especies; sobrevivieron con altas tasas a lo largo del gradiente de apertura (73%; 90%; 67% y 40% para *A. chilensis*; y 52%; 85%; 90% y 37% para *N. obliqua*) (Fig. 1); el resto de las especies mostraron mayores tasas de supervivencia en intensidades intermedias de apertura. Por su parte; el crecimiento también varió entre sitios; en FV $\sim 5 \pm 2$ cm/año; en LN $\sim 10 \pm 3$ cm/año y en LS $\sim 27 \pm 6$ cm/año. En la Fig. 2 se muestra el crecimiento en altura para *N. pumilio* en los diferentes sitios. Para los sitios de menor calidad (FV y LN) y para las plantas de las especies que sobrevivieron al 8vo año; la apertura del matorral tuvo menos influencia en el crecimiento de las plantas que en LS. En el caso de LS; intensidades intermedias de apertura resultaron mejores para el crecimiento de *N. obliqua* y *N.*



dombeyi. Para *A. chilensis*; *N. pumilio*; *N. alpina* también fueron favorecidas en ausencia de apertura del matorral y en *N. antarctica*; las aperturas mejoraron el crecimiento. En LS la mayoría de las especies alcanzaron tasas de crecimiento superiores al 20%; particularmente entre 18% y 60% para intensidades intermedias.

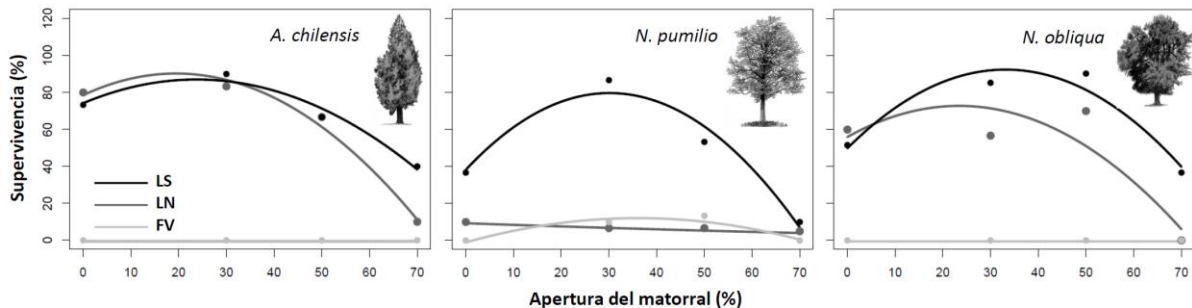


Figura 1. Respuesta de la supervivencia de las plantas al sitio y a la apertura del matorral. Cada punto es la supervivencia al año 2021 para cada sitio e intensidad de apertura del matorral.

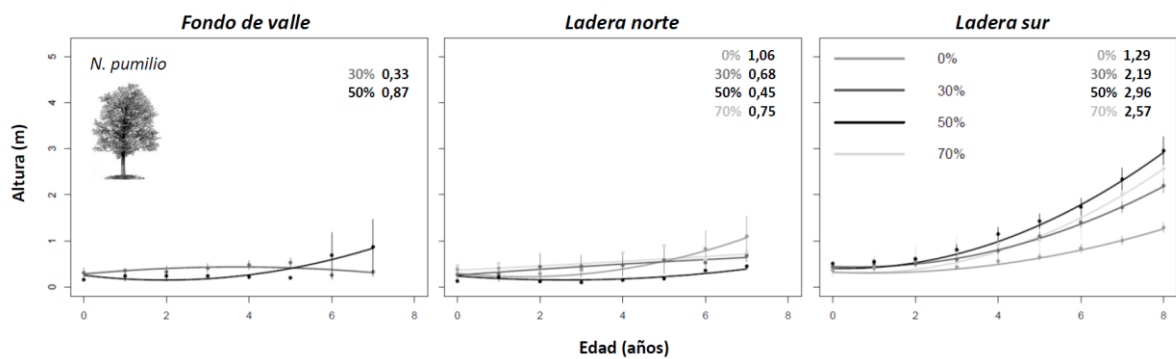


Figura 2. Respuesta de la altura de *N. pumilio* a la edad de plantación; para los tres sitios (de izquierda a derecha: FV; LN y LS) y para cada intensidad de apertura del matorral (0%; 30%; 50% y 70%). Cada punto es el valor promedio de altura (\pm EE) para cada año (entre 2014 y 2021; FV y LN; entre 2013 y 2021; LS); en cada sitio e intensidad de apertura.

Discusión y conclusiones. En este trabajo mostramos que en un sitio de alta productividad; intensidades intermedias de apertura maximizan la supervivencia de la plantación; mientras que el crecimiento es optimizado de manera variable en el gradiente de apertura. En los sitios estudiados; el éxito de la plantación parece verse afectado directamente por los factores ambientales que proporcionan las diferentes condiciones de sitio e intensidades de apertura de dosel del bosque pre-existente. La acumulación de masas de aire frío y gran irradiación en conjunto con vegetación de baja densidad y altura en el fondo de valle (Fernández et al. 2022); probablemente hayan causado la alta mortalidad de los individuos plantados; donde sólo sobrevivieron especies tolerantes a este tipo de ambientes; *N. antarctica* y *N. pumilio*. La ladera norte; un sitio de calidad intermedia; favoreció levemente el éxito de las plantaciones con aperturas hasta 50%. En esta ladera; más cálida que los otros sitios; tal cual se esperaba; hubo mayor supervivencia de *A. chilensis*; especie dominante en estas condiciones (Oddi et al. 2021); seguido por *N. obliqua*; capaz de establecerse en sitios más cálidos y menos húmedos (Donoso 2013). Después de 8 años; en el fondo de valle y en la ladera norte; ninguna plantación llegó a superar los 2 m de altura promedio ni a tener la altura de la vegetación circundante. Si bien esto implicaría que en estos sitios no sería recomendable plantar con objetivos productivos; las especies patagónicas podrían enriquecer el matorral a largo plazo.



Una opción superadora en términos de supervivencia y crecimiento luego de 9 años; resultó ser la ladera sur. Probablemente; los aumentos de temperatura y luz debido a las aperturas del matorral impulsaron tasas más altas de supervivencia; algo esperable para árboles intolerantes a la sombra como los *Nothofagus*. No obstante; la apertura excesiva (70%) intensificó el efecto de factores perjudiciales (i.e. heladas; estrés hídrico; Nacif et al. 2021). Asimismo; las aperturas del matorral fueron beneficiosas para el crecimiento (con tasas anuales de 10%). Antecedentes en experimentos de regeneración y plantación de *Nothofagus* mencionan un mayor éxito con una cobertura vegetal baja (Heinemann & Kitzberger 2006; Lencinas et al. 2007; Soto et al. 2015). A su vez; *N. antarctica* se comportó como una especie resistente a condiciones ambientales diversas; mientras que *N. alpina* y *N. obliqua* mostraron mayor tolerancia a la sombra; donde la baja de disponibilidad de luz de los primeros años podría haber sido compensada con la competencia con las plantas leñosas del matorral; al igual que *A. chilensis* dada su necesidad de protección temprana. Se encontraron resultados similares a estudios previos con respecto al crecimiento en *N. pumilio* (Martínez Pastur et al. 2011); *N. obliqua* (Torres et al. 2018) y *A. chilensis* (Urretavizcaya et al. 2015). Las especies que más crecieron en este sitio ya han comenzado a evidenciar dominancia apical con respecto a la vegetación circundante. Las diferencias de crecimiento entre los niveles de apertura para las distintas especies no se mantuvieron constantes durante los años de muestreo a lo largo del tiempo. Esto remarca la importancia de medir múltiples estaciones de crecimiento post-trasplante para capturar mejor las diferencias entre especies y tratamientos a largo plazo.

En resumen; las plantaciones pueden ser optimizadas mediante la elección de las características ambientales del sitio y de la especie; siendo necesario considerar la preparación del sitio en términos de niveles de apertura. En un sitio de alta productividad (i.e. ladera sur) es posible minimizar los costos de replantación manejando la biomasa aérea. Las aperturas proporcionarían beneficios económicos iniciales a los propietarios locales a través de la extracción de leña y postes (Goldenberg et al. 2020). Las ganancias en crecimiento redundarían en beneficios económicos a largo plazo si se mantienen las tendencias observadas en *A. chilensis*; *N. obliqua*; *N. alpina* y *N. dombeyi*) dado que ya que se han registrado valores comparables en plantaciones de coníferas exóticas en sitios similares en Andenmatten & Letourneau (2008) por ejemplo. Las aperturas parciales del matorral también han mostrado recientemente ofrecer beneficios ecológicos y provisión de servicios ecosistémicos (Coulin et al. 2019; Chillo et al. 2020; Nacif et al. 2021).

Bibliografía

- Andenmatten E & FJ Letourneau. 2008. Mejora del crecimiento inicial de pino ponderosa; por efecto del manejo de la vegetación en el sitio de plantación. *Presencia* 52:8-11.
- Chillo V; Goldenberg M; Garibaldi LA. 2020. Diversity; functionality; and resilience under increasing harvesting intensities in woodlands of northern Patagonia. *For. Ec. and Man.* 474-118349
- Coulin C; Aizen M & Garibaldi LA. 2019. Contrasting responses of plants and pollinators to woodland disturbance. *Austral Ecology*. doi:10.1111/aec.12771
- Donoso Zegers C. 2013. Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina: autoecología. Valdivia: Cuneo. ISBN: 9789567173273
- Fernández MM; Casas C; Garibaldi LA. 2021. Mite density; not diversity; declines with biomass removal in Patagonian woodlands. *Applied Soil Ecology* 169:104242.
- Goldenberg M; Gowda J; Garibaldi LA. 2018. Efecto de la tasa de descuento sobre la priorización de alternativas de manejo del matorral Norpatagónico argentino. *Bosque (Valdivia)* 39; 217-226.
- Goldenberg M; Oddi F; Garibaldi LA. 2020. Effects of harvesting intensity and site conditions on biomass production of northern Patagonia shrublands. *Eu. J of For. Res.* doi:10.1007/s10342-020-01292-6
- Heinemann K & Kitzberger T. 2006. Effects of position; understory vegetation and coarse woody debris on tree regeneration in two contrasting forests of Patagonia. *Journal of Biogeography* 33; 1357-1367.
- Lencinas MV; Martínez Pastur G; Busso C. 2007. Producción diferencial de biomasa en plántulas de *Nothofagus pumilio* bajo gradientes de luz y humedad del suelo. *Bosque* 28; 241-248.
- Martínez Pastur GJ; Cellini JM; Peri PL. 2011. Environmental variables influencing regeneration of *Nothofagus pumilio* in a system with combined aggregated and dispersed retention. *For. Ec. and Man.* 261; 178-186.



Nacif ME; Quintero C & Garibaldi LA. 2021. Intermediate harvesting intensities enhance native tree performance of contrasting species while conserving herbivore diversity in a Patagonian woodland. *For. Ec. and Man.* 483:118719.

Oddi F; Goldenberg M; Nacif M; Heinemann K & Garibaldi LA. 2021. Supervivencia y crecimiento de plantines de ciprés de la cordillera durante siete años en dos sitios contrastantes de Patagonia norte. *Ec. Au.*; 31:204-215

Soto D; Donoso P; Puettmann K. 2015. Light availability and soil compaction influence the growth of underplanted *Nothofagus* following partial shelterwood harvest. *Can J of For Res* 45; 998–1005.

Torres CD; Magnin A; Puntieri JG. 2018. Morpho-physiological responses of *Nothofagus obliqua* to light intensity and water status; with focus on primary growth dynamics. *Trees – Str. and Funct.* 32; 1301–1314.

Urretavizcaya MF; M Pastorino; V Mondino; L Contardi. 2015. La plantación con árboles nativos. Pp. 335-368 en Chauchard; MC et al. (eds.). *Manual de Buenas Prácticas para el manejo de plantaciones forestales en el noroeste de la Patagonia*. Buenos Aires.