

DT
Nº 235

Restauración ecológica post-incendios forestales en La Araucanía Andina



Ministerio de
Agricultura

**TODOS
POR
CHILE**

Gobierno de Chile



Restauración ecológica post-incendios forestales en La Araucanía Andina

Por Ricardo Vargas P.¹, Mauro González², David McWethy³, Javier Sanguinetti⁴, Aníbal Pauchard⁵⁻⁶, Carlos Zamorano², Marco Cortés⁷, Jan R. Bannister⁸, Andrés Fuentes-Ramírez⁹, César Ibáñez¹, Rodrigo Vargas G.⁹

INTRODUCCIÓN

(Ricardo Vargas P., CONAF Región de La Araucanía)

Luego de los catastróficos incendios forestales ocurridos en la zona cordillerana de la Región de La Araucanía (marzo 2015), que afectaron áreas silvestres protegidas del Estado y zonas aledañas de propiedad privada, CONAF Región de La Araucanía impulsó el desarrollo de un Plan de Restauración con la particularidad de ser construido especialmente en las etapas de diagnóstico con la participación activa de actores locales, regionales y nacionales.

Ante la necesidad de avanzar en la conciliación del conocimiento científico y la aplicación del proceso de restauración ecológica a escala operativa, poniendo énfasis en áreas afectadas por incendios forestales, en mayo de 2016 CONAF Región de La Araucanía y el Departamento de Ciencias Forestales de la Universidad de La Frontera reunieron a destacados especialistas nacionales y extranjeros en el "Seminario de Restauración Eco-

lógica Post Incendios Forestales en La Araucanía Andina". Dicho seminario contó con el patrocinio de la Universidad Austral de Chile, el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2 y la Red Chilena de Restauración Ecológica. La actividad tuvo una amplia asistencia de profesionales, investigadores y público en general, desde la zona central de Chile hasta la Región de Magallanes.

El presente documento sistematiza las materias expuestas en el Seminario de Restauración, estructurándolo en tres partes. En primera instancia, se muestra la influencia climática (a escala global) en la ocurrencia de incendios y el efecto de los principales tipos de perturbaciones sobre la ecología y dinámica de los ecosistemas Andinos de La Araucanía. Luego, se profundiza en experiencias operacionales de restauración activa y, finalmente, se comparten estudios de caso de restauración ecológica en ecosistemas que han sido perturbados/alterados. Además, se discute brevemente en torno a la relevancia, dificultades y desafíos que imponen los procesos de restauración.

- 1 Departamento de Fiscalización y Evaluación Ambiental, Unidad de Estudios y Control de Gestión. Región de La Araucanía, Corporación Nacional Forestal.
- 2 Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2; Instituto de Conservación, Biodiversidad y Territorio, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- 3 Department of Earth Sciences, Montana State University, Bozeman, Montana, Estados Unidos.
- 4 Departamento Conservación y Manejo. Parque Nacional Lanín, Argentina.
- 5 Laboratorio de Invasiones Biológicas, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Concepción.
- 6 Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), Santiago, Chile.
- 7 Escuela de Graduados, Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales. Universidad Austral de Chile, Fundación Centro de los Bosques Nativos FORECOS, Valdivia.
- 8 Instituto Forestal de Chile (INFOR), Valdivia.
- 9 Laboratorio de Biometría, Departamento de Ciencias Forestales, Universidad de la Frontera, Temuco.

1. PERTURBACIONES Y LA NECESIDAD DE RESTAURAR

Incendios forestales y cambio climático

(David McWethy, Montana State University, EE.UU.).

Las condiciones climáticas y meteorológicas influyen en la frecuencia y magnitud de los incendios forestales. Cuando largos períodos de condiciones cálidas y secas coinciden con vientos fuertes, en áreas con disponibilidad de combustible, pequeños incendios forestales pueden crecer rápidamente hasta convertirse en graves incendios, con impactos dramáticos sobre comunidades naturales. En el centro-sur de Chile, una tendencia de aumento de las temperaturas y disminución de las precipitaciones ha creado condiciones favorables para la ignición y propagación de grandes incendios forestales, como los que afectaron las reservas nacionales China Muerta y Malleco y el Parque Nacional Tolhuaca en 2015.

El cambio climático está interactuando con los cambios de uso del suelo, incluido el aumento de la extensión de las plantaciones forestales, altamente inflamables de *Pinus* spp. y *Eucalyptus* spp., y la invasión de especies de plantas como *Teline monspessulana* y *Ulex europaeus* (García et al. 2015).

Las observaciones de más de 350 estaciones meteorológicas en el centro de Chile muestran que la precipitación anual ha disminuido un 7,9% desde 1979 (Boisier et al. 2015). Esta disminución en la precipitación anual coincide con un aumento de 1° C en las temperaturas anuales durante los últimos 30 años (IPCC 2013).

También se proyecta una tendencia a la baja de la precipitación anual debido a la expansión hacia los polos de las células de Hadley del hemisferio sur, asociadas con calentamiento de los océanos. Se espera que esta expansión hacia los polos generará tormentas convectivas y precipitaciones hacia latitudes más australes en Chile.

Además, la intensificación de interacciones océano-atmosféricas, tales como El Niño y La Niña, dará lugar a fuertes oscilaciones entre años cálidos/seco y fríos/húmedo en el centro-sur de Chile. Estas condiciones, en última instancia, promueven el desarrollo de combustible (años húmedos) y el secado de combustible (años cálidos y secos), creciendo la probabilidad de grandes incendios forestales.

Igualmente, se prevé que condiciones climáticas extremas ideales para el fuego (e.g., vientos fuertes, temperaturas altas) aumenten en el futuro (IPCC SREX 2012). En resumen, se estima que en el centro-sur de Chile continúe una tendencia creciente hacia condiciones climáticas más cálidas y secas en el futuro. Estas condiciones climáticas y del combustible incrementarán la probabilidad de que se produzcan grandes incendios forestales en el futuro.

Severidad del fuego en bosques de araucaria y recuperación de la producción de conos y su interacción con fauna exótica invasora en Argentina

(Javier Sanguinetti, Parque Nacional Lanín, Argentina).

Desde 2009 se está monitoreando la recuperación de la capacidad reproductiva de *Araucaria araucana*, la introducción de fauna exótica invasora y sus efectos en seis incendios ocurridos entre 1987 y 2013 en Argentina, dentro y fuera del Parque Nacional Lanín. Se han analizado la severidad del fuego y la mortalidad de araucarias en general y de semilleros en particular. Además, se ha comparado la producción de conos y de kilos por hectárea de semillas (piñones) entre parches quemados y no quemados. Se estimó un promedio de 61% de mortalidad en araucaria. En incendios recientes, los árboles sanos producen 2, 3 y 8 veces más conos que árboles con severidad baja (chamuscada), leve y moderada-fuerte, respectivamente. Estas diferencias se acentúan en años más productivos. Los árboles quemados hace seis años o más, producen en promedio 62-66% menos conos que árboles sanos y se acentúa con el aumento de la severidad de quema.

Luego de un incendio, los árboles sobrevivientes tardan 30-32 años en equiparar la capacidad reproductiva de árboles sanos. En forma global, los bosques quemados producen, en años de baja productividad, ocho veces menos semillas por superficie que bosques sanos (8 vs 64 kilos/ha) y cinco veces menos en años de alta productividad (121 vs 526 kg/ha).

En Argentina, los bosques de araucaria están invadidos por diferentes ensamblajes de fauna exótica invasora (liebre, conejo, jabalí, ciervo colorado, ganado), la cual modifica la vegetación del sotobosque, la supervivencia de semillas y la capacidad de recuperación después del fuego. Es necesario determinar la severidad de los bosques quemados y su respuesta en el corto y mediano plazo, conocer el contexto de invasión de fauna y plantas exóticas (pinos, especialmente) y de presiones humanas (ganadería, piñoneo y/o extracción de leña) para plantear la estrategia de restauración pasiva y/o activa.

Invasiones de plantas en bosques de araucaria: implicancias para la restauración ecológica

(Aníbal Pauchard, LIB, Universidad de Concepción).

Las invasiones de plantas exóticas son un problema, incluso en zonas usualmente consideradas libres de invasión, como los bosques de montañas y áreas protegidas (Kueffer et al. 2013). Los bosques de araucaria, aún cuando se encuentran ubicados en zonas relativamente aisladas por la topografía y la altitud, están sufriendo importantes cambios y presiones producto de la antropización global y local. Muchas especies invasoras presentes en los bosques de araucaria podrían ser consideradas especies "pasajeras", es decir, que dependen de las perturbaciones humanas para mantenerse en el ecosistema. Entre estas especies se encuentran, por ejemplo, las malezas ruderales de origen europeo (e.g., lupino, vinagrillo) que necesitan de perturbación.

Sin embargo, hay un grupo de especies invasoras que son claramente "conductoras del cambio", o sea, que son capaces de modificar los bosques de araucaria y perpetuarse en el tiempo de forma autónoma. Entre las especies invasoras conductoras de cambio en los bosques de araucaria están las pináceas del hemisferio norte (Pauchard et al. 2015). *Pinus contorta* es una especie originaria de Norteamérica, que en Chile está invadiendo los bosques de araucaria cercanos a las áreas en donde fue plantado.

El Laboratorio de Invasiones Biológicas (LIB) se encuentra estudiando la invasión de pino contorta en los bosques de araucaria de la Reserva Nacional Malalcahuello. Se ha detectado que *Pinus contorta* disminuye la diversidad de plantas nativas a escala local, aumenta la hojarasca, reduce los rangos de temperatura y genera cambios en la humedad del suelo. Aún falta entender los cambios en el largo plazo y para ello se están monitoreando estos bosques, utilizando un protocolo internacional que busca entender la dinámica de la invasión, sus impactos y el legado de esos impactos.

El escenario futuro de invasiones es incierto, pero la retroalimentación positiva con el fuego podría ser muy perjudicial para los bosques de araucaria, ya que podría aumentar la intensidad y la frecuencia de los incendios forestales (Cóbar-Carranza et al. 2014). La amenaza de las invasiones biológicas en los bosques de araucaria requiere tomar acciones preventivas y de control temprano, que deben acompañar los esfuerzos de restauración ecológica.

Implicancias de la ganadería en la resiliencia de bosques de *Araucaria araucana*

(Carlos Zamorano, Universidad Austral de Chile).

A pesar de la histórica y creciente actividad ganadera en los bosques templados sudamericanos, sus impactos en la regeneración forestal son aún poco conocidos. En esta investigación se estudió

la influencia de la ganadería en la regeneración de *Araucaria araucana* a lo largo de toda su distribución en la Cordillera de Nahuelbuta. La regeneración fue analizada en función de la intensidad ganadera, régimen de propiedad, sitio de estudio (población norte y sur de Nahuelbuta) y la densidad de árboles padre.

Los resultados sugieren un impacto exponencial negativo de la ganadería en todas las variables respuesta. Este efecto es aún mayor en pequeñas propiedades. Si bien *araucaria* no es una especie palatable, el impacto en la regeneración se puede explicar por la influencia indirecta del tránsito del ganado, que alteraría todavía más las restrictivas condiciones de sitio en las cuales se establece y desarrolla *araucaria* en la Cordillera de la Costa.

La ganadería también afecta la regeneración de *araucaria* cualitativamente al promover la reproducción vegetativa (asexual). Ello puede conducir a problemas de deriva genética en el largo plazo, lo que tiene aún mayor relevancia al considerar que las poblaciones de *araucaria* de la Cordillera de la Costa son distintas genéticamente al resto de las poblaciones de *araucaria* de Chile y Argentina.

La investigación demuestra que, si bien la *araucaria* es relativamente resistente y capaz de recuperarse (resiliente) a incendios de mediana intensidad, la ganadería tiene profundos impactos en la conservación de la especie. En el contexto de los grandes incendios que han afectado en el último tiempo a los bosques de *araucaria* en las reservas nacionales de China Muerta y Malleco y en el Parque Nacional Tolhuaca, comprender la influencia de estos agentes es de gran relevancia para el desarrollo de adecuadas estrategias de conservación y restauración.

Los resultados sugieren que la conservación de una sola especie no necesariamente asegura su persistencia en el largo plazo. Es necesario proteger el ecosistema en el cual se establece y desarrolla e integrar a los actores locales en el diseño de estrategias de manejo, conservación y restau-

ración que reduzcan los impactos del ganado. La restauración de estos ecosistemas debe plantearse no sólo a partir de la especie de interés, sino que también considerando la recuperación de la funcionalidad de los ecosistemas.

2. EXPERIENCIAS DE RESTAURACIÓN.

Restauración ecológica de *Araucaria araucana* en la Cordillera de Nahuelbuta en Chile

(Marco Cortés, Universidad Austral de Chile).

Araucaria araucana es una conífera vulnerable y endémica de los bosques templados de Chile y Argentina. En la Cordillera de la Costa crecen dos poblaciones disyuntas, que no sobrepasan el 3% de su extensión total en Chile. El aislamiento de la población meridional ha favorecido una diferenciación ecológica, vegetacional y genética con las restantes poblaciones de ambas cordilleras. En el último siglo ha sido fragmentada y degradada por incendios intencionales, habilitación para praderas, sustitución para el establecimiento de plantaciones forestales exóticas y cosecha inadecuada de sus semillas.

Este trabajo analiza el avance del proceso de restauración ecológica de fragmentos de *A. araucana* sin y con plantaciones forestales de *Pinus radiata* y *Pseudotsuga menziessi*. Se utilizaron cinco parcelas permanentes (exclusiones) de 0,5 ha cada una de ellas, establecidas en 1999 y cuatro parcelas permanentes de 0,2 ha instaladas en el año 2011. Transcurridos 15 años, el proceso de restauración ecológica en los fragmentos no plantados es más acelerado. Por ejemplo, la diversidad vegetal con 62 especies duplica y hasta sextuplica los fragmentos plantados con *P. radiata* y *P. menziessi*, respectivamente.

Asimismo, se produce un incremento en la densidad de los árboles adultos de 51,0% y de 14,2% del área basal. En cambio, en los sectores con plantaciones, la densidad aumenta en 14,6% y el área basal disminuye en 36,5%. También las plántulas y brinzales crecen en 120% en los fragmentos no plantados

versus los sectores plantados que no sobrepasan el 20%. Además, el 95,6% de las plántulas y brinzales son de origen vegetativo. La conservación de estos ecosistemas, ecológica y socioculturalmente importantes, requieren que la restauración de los fragmentos de *A. araucana* considere la plantación de esta especie para complementar el proceso de regeneración natural. En cambio, las fracciones plantadas con especies forestales exóticas necesitan de su extracción y la reintroducción de *A. araucana* con algunas de sus especies acompañantes, tales como *Nothofagus dombeyi* y *N. antarctica*.

Usando silvicultura para la restauración: últimos avances en la restauración de bosques Norpatagónicos en el Archipiélago de Chiloé, Chile

(Jan Bannister, Instituto Forestal de Chile).

La restauración de bosques quemados o degradados debe orientarse a aumentar la biodiversidad y complejidad estructural de éstos, de tal forma de incrementar su resiliencia y capacidad adaptativa. En este contexto, es indispensable que exista sólida información científica. Sin embargo, muchas veces esta información es escasa o no existe.

En el Archipiélago de Chiloé, gran parte del manejo y restauración que se realiza en sus bosques está basado en información proveniente de bosques ubicados más al norte, en sitios significativamente mejores y que tienen un origen y dinámica distinta. Esto ha producido que en la actualidad sufran de graves problemas de fragmentación y degradación debido a la fuerte presión por recursos.

Hace ocho años se inició una serie de proyectos de investigación a largo plazo en estos ecosistemas, que se enfocaron en: a) entender los procesos ecológicos que ocurren en bosques inalterados y definir sus atributos estructurales, b) analizar la tasa de recuperación natural de bosques quemados o degradados y c) explorar opciones para su restauración pasiva y activa mediante ensayos experimentales.

En este trabajo, se presentaron y discutieron los resultados más importantes obtenidos hasta el momento para distintos bosques de Chiloé. Durante estos años se ha aprendido que: a) es esencial el estudio de los bosques inalterados para saber cuál es el potencial de restauración y qué expectativas se pueden tener de ella, b) restaurar es extremadamente costoso, por lo que se deben buscar métodos de restauración mixtos activo-pasivos que aumenten la eficiencia en terreno y bajen los costos de la restauración, c) existen muchos métodos que pueden incrementar los niveles de eficiencia sin incurrir en costos extras (plantación en grupos o clusters, uso de legados biológicos, retención de estructuras, etc.) y d) es importante establecer pequeños ensayos de restauración para aumentar la eficiencia a mayores escalas de trabajo.

El enfoque usado en este estudio incorpora información desde el nivel de árbol individual a rodal y paisaje, analizándose los procesos ecológicos y fisiológicos esenciales que ocurren en sitios alterados e inalterados de forma previa a la planificación, lo que puede aumentar el éxito de las actividades silviculturales orientadas a la restauración de estos ecosistemas, sobre todo si son complementadas con el establecimiento y monitoreo de ensayos a largo plazo.

3. RESTAURACIÓN ECOLÓGICA: ESTUDIOS DE CASO EN LA ARAUCANÍA ANDINA.

Incendios de las reservas nacionales Malleco, China Muerta y Parque Nacional Tolhuaca: causas, impactos y acciones desarrolladas

(César Ibáñez, CONAF Región de La Araucanía).

En marzo de 2015, se originaron en la Región de La Araucanía dos incendios de magnitud que afectaron a áreas silvestres protegidas (ASP) y zonas aledañas. Estos incendios corresponden al de China Muerta (RN China Muerta, PN Conguillío, terrenos privados) y al incendio Malleco-Tolhuaca (RN Malleco, PN Tolhuaca y en menor medida terrenos privados aledaños).

De un total de 9.234,6 ha afectadas, el 80% se localizó en ASP, 18% en colonos y un 2% en terrenos de comunidades indígenas. Al respecto, 3.765,6 ha fueron dañadas en el incendio China Muerta y 5.469 ha en Malleco-Tolhuaca. Un 26% de la superficie afectada en el incendio de China Muerta tiene daños de alta severidad y un 54% en el caso de Malleco-Tolhuaca. El principal tipo forestal afectado es araucaria, el cual representa el 28% del total de superficie dañada.

Posterior al control de los incendios, CONAF impulsó actividades para iniciar la restauración. Entre estas acciones destacan: diagnóstico del daño, programa de recolección de semillas, talleres participativos realizados en Melipeuco y Curacautín, formulación del plan de restauración y presentación de proyecto al Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR). El plan de restauración integró la opinión de expertos y propuestas originadas en los talleres participativos. Estableció criterios de restauración y prescripción de actividades. Entre estas últimas, se registran: 1.233 ha a restaurar, 4.000 kg de semillas nativas a coleccionar, 1.364.880 plantas nativas a producir, 53 km de cercos, 1.257 m² de control de erosión y cauces, 94 proyectos asignados a través de fondo concursable, cinco brigadas comunitarias para el combate de incendios y 100 habitantes aledaños al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) capacitados.

El programa inicial de restauración considera cinco años y requiere un presupuesto de \$ 5.960.084.213.

El fuego y la restauración de los bosques andinos de Araucaria-Nothofagus

(Mauro González, Universidad Austral de Chile).

Los bosques de *Araucaria araucana* han sido modelados por el fuego desde milenios. En la Región de La Araucanía, la frecuencia de incendios durante las primeras décadas del siglo XX aumentó significativamente asociada al proceso de colonización euro-chilena del territorio (González, 2005).

Estos cambios en el régimen de fuego resultaron en una fuerte degradación y destrucción de los bosques andinos de araucaria. Sin embargo, después del año 1960, se comienza a observar una disminución de la frecuencia de incendios debido a un mayor control y prevención, especialmente efectivo en reservas y parques nacionales.

A partir de los estudios de largo plazo establecidos en el Parque Nacional Tolhuaca, luego del incendio del año 2002, que afectó más del 60% de la unidad, se comenzó a comprender adecuadamente las características de los procesos iniciales de recuperación de los bosques de Araucaria-Nothofagus. Uno de los aspectos importantes develados fue que, independiente de la severidad de los incendios, la araucaria tiene la capacidad de restablecerse a través de semilla o por regeneración vegetativa, junto con otras especies propias del ecosistema (González et al. 2014).

La recuperación de Nothofagus, por su parte, depende de la especie y la severidad del fuego. Incendios muy severos matan prácticamente el 100% del bosque que existía previamente y en esta situación *Nothofagus pumilio* (lenga) y en cierta medida *Nothofagus dombeyi* (coihue) tienen cierto nivel de dificultad en restablecerse, porque son especies que dependen de la regeneración por semilla. En el caso de *N. antártica* (ñirre), su recuperación es prácticamente instantánea, derivado de su muy fuerte capacidad de rebrote vegetativo.

Conociendo estos antecedentes básicos de las respuestas que tienen estas especies, se puede planificar y diseñar de mejor forma la estrategia de restauración, definiendo -por ejemplo- cómo y dónde sería necesario restaurar activamente o con un enfoque de restauración asistida, es decir, controlando algunos factores que presionan al sistema cuando está en proceso de recuperación.

En este sentido, el impacto de la ganadería es un problema serio en las áreas protegidas después de

un incendio y también la invasión de especies exóticas. Por otro lado, el potencial incentivo al madereo de salvataje (salvage logging) para extraer la madera quemada es otro aspecto que surge como amenaza en áreas protegidas (González y Veblen 2007). Esta actividad, que en la práctica constituye un nuevo y consecutivo disturbio al ecosistema en recuperación, puede socavar definitivamente la resiliencia de éste. Por tanto, si estos factores son controlados podría esperarse una recuperación natural del ecosistema, con una pertinente asistencia en casos puntuales asociados a procesos erosivos e hidrológicos.

Respuesta post-fuego de la vegetación al incendio de la Reserva Nacional China Muerta, Región de La Araucanía

(Andrés Fuentes-Ramírez, Universidad de La Frontera).

En marzo de 2015, se produjeron incendios forestales de gran intensidad en el centro-sur de Chile. Una de las zonas más afectadas en la Región de La Araucanía fue la Reserva Nacional Muerta China (RNCM), donde se quemaron alrededor de 3.700 ha de bosques de *Araucaria araucana* y *Nothofagus*, principalmente. En una primera evaluación en terreno llevada a cabo por CONAF, se determinaron tres condiciones de severidad de fuego: zonas de alta, media y baja severidad. Un año después del incendio (en marzo 2016), y en el marco del proyecto de investigación FONDECYT # 11150487 *"Using the forest fires of the China Muerta National Reserve as a natural laboratory for assessing their ecological impacts"*, se establecieron parcelas permanentes y se muestreó la regeneración de la vegetación en áreas de alta y media severidad.

Los resultados iniciales muestran que especies de los géneros *Chusquea*, *Gaultheria* y *Alstroemeria* son las que rebrotan en mayor proporción. Sin embargo, la riqueza total, la abundancia y el crecimiento de plantas vasculares son mayores en zonas de media severidad, comparadas con zonas de alta severidad de fuego. En áreas de alta severidad, se registró un total de 14 especies, mientras que en

media severidad, 16 especies, de las cuales sólo siete están compartidas en ambas condiciones de fuego (equivalente a un 30% de similitud florística).

Otro aspecto destacable es el cambio en la disponibilidad de nutrientes del suelo después del fuego. Por ejemplo, el nitrógeno (N) tiende a aumentar en zonas de media severidad, pero disminuye significativamente en zonas altamente afectadas por el fuego. Un patrón similar es el que muestra el fósforo (P).

Es importante seguir monitoreando la respuesta de la vegetación en el tiempo (mediano y largo plazo), así como las propiedades químicas y biológicas del suelo. Mediante esta investigación, se pueden obtener lineamientos estratégicos para implementar acciones de restauración post-fuego en la RNCM.

4. DISCUSIÓN

(Rodrigo Vargas G., Universidad de La Frontera)

El régimen natural de disturbios se ha visto alterado y acelerado por efecto antrópico en el centro-sur de Chile en las últimas décadas. El cambio de uso del suelo, los incendios, la ganadería extensiva, la invasión de especies exóticas, la tala y sustitución de bosque nativo por plantaciones de rápido crecimiento han sido los principales factores de degradación y pérdida de los bosques naturales (Cruz y Schmidt 2007). Así, la restauración ecológica surge como estrategia efectiva para recuperar bosques degradados, dañados o destruidos (Clewel et al. 2004).

En Chile existen escasas experiencias prácticas de restauración sistematizada, particularmente en el contexto de incendios de gran escala, como los ocurridos durante marzo de 2015. Los ocho estudios de caso resumidos en el presente documento dan cuenta del estado del arte de actividades de restauración en el país, con énfasis en áreas afectadas por incendios. Las principales conclusiones del seminario son las siguientes:

- El cambio climático global está influenciando los regímenes de disturbio asociados a bosques naturales. La extensión de plantaciones forestales altamente inflamables de *Pinus* spp. y *Eucalyptus* spp. y la interacción positiva de éstas con el fuego podrían ser perjudiciales para los bosques naturales del centro-sur de Chile. Considerando además, la sinergia del fuego con especies de plantas invasoras, como *Pinus* spp., *Teline monspessulana* y *Ulex europaeus*, se evidencia un escenario que hace más probable la frecuencia de incendios de mayor extensión y severidad en el futuro.
- Considerando el efecto de los incendios sobre bosques de *Araucaria araucana*, éstos afectan significativamente la producción de semillas (piñones) en el mediano-largo plazo. Zonas boscosas quemadas presentan de cinco a ocho veces menos producción de semillas que zonas inalteradas. La araucaria parece ser resistente y capaz de recuperarse (resiliente) a incendios de mediana intensidad, pero la ganadería asociada a estos bosques tiene profundos impactos en la conservación de la especie. La conservación de una sola especie no necesariamente asegura su persistencia en el largo plazo. Es necesario proteger el ecosistema completo en el cual se establece y desarrolla, e integrar a actores locales en el diseño de estrategias de manejo, conservación y restauración que reduzcan los impactos del ganado. En este contexto, el hecho que *Araucaria araucana* se encuentre catalogada como Monumento Natural no sería garantía para la conservación de la especie y su ecosistema asociado.
- La restauración ecológica es comúnmente una actividad que requiere un esfuerzo y desembolso económico significativo, por lo que se debe, en primer lugar, poner el máximo esfuerzo en políticas y acciones que conduzcan a aminorar o eliminar los procesos antrópicos de degradación y pérdida de ecosistemas naturales. En consecuencia, resulta fundamental incluir el control de

las amenazas dentro de los planes de restauración ecológica. En segundo lugar, es importante considerar -según las condiciones y evaluación técnica- estrategias de restauración asistida (activa) eficientes en terreno y de bajo costo. Existen métodos que pueden incrementar los niveles de eficiencia sin incrementar costos, como la plantación de árboles o arbustos en grupos (clusters), el uso de legados biológicos y la retención de estructuras para apoyar el proceso de establecimiento de la vegetación y arribo de fauna silvestre. Las normas actuales se basan en esquemas muy rígidos donde usualmente se fiscaliza el establecimiento de árboles homogéneamente distribuidos (e.g., plantación en hileras). En tercer lugar, uno de los desafíos mayores que ya han sido indicados por los profesionales forestales es la exigua y baja calidad de la producción de plantas de especies nativas necesarias para proyectos de restauración de gran escala, la cual es muy diferente a la producción de plántulas para plantaciones comerciales.

- Iniciativas como el seminario desarrollado en la Universidad de la Frontera acercan la brecha que existe entre ciencia y práctica. Nuevas estrategias de acción, implementación y seguimiento son necesarias de explorar en el ámbito de la restauración ecológica. Esto particularmente considerando el desafío concreto de restaurar más de 1.200 ha quemadas en la Reserva Nacional China Muerta en la cordillera de La Araucanía.

5. AGRADECIMIENTOS

R. Vargas G. agradece a Conicyt PAI 821320069. A. Fuentes-Ramírez agradece a Fondecyt 11150487. Los autores agradecen a VRIP Universidad de La Frontera. J. Sanguinetti agradece al Parque Nacional Lanín y la Fundación Rufford por su aporte a la investigación en *Araucaria araucana*. M.E. González agradece a Conicyt/Fondap 15110009. A. Pauchard agradece a Fondecyt 1140485, PFB-23 e ICM P05-002.

6. LITERATURA CITADA

- Boisier, J.P., Rondanelli, R., Garraud, R.D. & Muñoz, F. (2016) Anthropogenic and natural contributions to the Southeast Pacific precipitation decline and recent megadrought in central Chile. *Geophysical Research Letters*, 43, 413-421.
- Clewell, A., J. Aronson, y K. Winterhalder (2004). Principios de SER Internacional sobre la restauración ecológica. Sociedad Internacional para la restauración ecológica. Tucson, Arizona, Estados Unidos de América.
- Cobar-Carranza A, García R, Pauchard A & Peña E (2014) Effect of *Pinus contorta* invasion on forest fuel properties and its potential implications on the fire regime of *Araucaria araucana* and *Nothofagus antarctica* forests. *Biol Invasions* 16: 2273-229.
- Cruz, G y Schmidt, H. Silvicultura de Bosque Nativo. En: De la Maza, C; Hernandez, J. y Estades, C. (2007). Biodiversidad: Manejo y conservación de los recursos forestales. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Editorial Universitaria. Santiago. 279-307.
- García, R.A., Engler, M.L., Peña, E., Pollnac, F.W. & Pauchard, A. (2015) Fuel characteristics of the invasive shrub *Teline monspessulana* (L.) K. Koch. *International Journal of Wildland Fire*, 24, 372-379.
- González, M.E. 2005. Fire history data as reference information in ecological restoration. *Dendrochronologia* 22:149-154.
- González, M.E., y T.T. Veblen. 2007. Incendios en bosques de *Araucaria araucana* y consideraciones ecológicas al madereo de aprovechamiento en áreas recientemente quemadas. *Revista Chilena de Historia Natural* 80:243-253.
- González M.E., M. Amoroso, A. Lara, T.T. Veblen, C. Donoso, T. Kitzberger, I. Mundo, A. Holz, A. Casteller, J. Paritsis, A. Muñoz, M.L. Suárez, A. Promis. 2014. Ecología de disturbios y su influencia en los bosques templados de Chile y Argentina. En: C. Donoso, M.E. González, A. Lara (editores). *Ecología Forestal: Bases para el Manejo Sustentable y Conservación de los Bosques Nativos de Chile*. Ediciones Universidad Austral de Chile. 720 p.
- IPCC SREX. 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. In: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Field C.B, Barros V, Stocker T.F, Qin D, Dokken DJ, Ebi K.L (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 582.
- IPCC. 2013. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker T.F, D Qin, G.K Plattner, M Tignor, S.K Allen, J Boschung, A Nauels, Y Xia, V Bex and P.M Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kueffer C, McDougall K, Alexander J, Daehler C, Edwards P, Haider S, Milbau A, Parks C, Pauchard A, Reshi ZA, Rew LJ, Schroder M & Seipel T (2013) En L.C. Foxcroft et al. (eds.), *Plant Invasions in Protected Areas: Patterns, Problems and Challenges, Invading Nature*. 2013. *Plant Invasions into Mountain Protected Areas: Assessment, Prevention and Control at Multiple Spatial Scales*. Springer Series in Invasion Ecology 7, DOI 10.1007/978-94-007-7750-7_6.
- Pauchard A, García RA, Zalba S, Sarasola M, Zenni R, Ziller S & Nuñez MA (2015) Pine Invasions in South America: Reducing Their Ecological Impacts Through Active Management. En: João Canning-Clode (Ed.) *Biological Invasions in Changing Ecosystems Vectors, Ecological Impacts, Management and Predictions*. p 318 - 342. De Gruyter Open, Berlin.



