

MÉTODOS DE CONTROL EFECTIVO DE PINO OREGÓN

(Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco):

EXPERIENCIAS EN SITIOS CON DIFERENTES GRADOS DE
INVASIÓN EN EL CENTRO-SUR DE CHILE.

Proyecto FIBN 022/2018

Autores:

Rodrigo Vargas Gaete, Andrés Fuentes Ramírez y Esteban Sepúlveda Núñez

Autores:

Rodrigo Vargas Gaete
Andrés Fuentes Ramírez
Esteban Sepúlveda Núñez

Diseño y Diagramación:

Esteban Sepúlveda Núñez
José Garrido Limarí

Fotografías:

Rodrigo Vargas Gaete
Andrés Fuentes Ramírez
Nayadeth Muñoz Gómez
Paola Arroyo Vargas
Esteban Sepúlveda Núñez
Carla Garrido Limarí

Citar este documento como:

Vargas-Gaete R, Fuentes-Ramírez A, Sepúlveda E. 2023. Métodos de control efectivo de Pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco): Experiencias en sitios con distinto grado de invasión en el centro-sur de Chile. Resultados Proyecto FIBN 022/2018. 28 paginas.

Primera Edición, Temuco 2023.



MÉTODOS DE CONTROL EFECTIVO DE PINO OREGÓN

(*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco):

EXPERIENCIAS EN SITIOS CON DISTINTO GRADO DE
INVASIÓN EN EL CENTRO-SUR DE CHILE.

Agradecimientos

A la Corporación Nacional Forestal, al Fondo de Investigación del Bosque Nativo, especialmente a Carmen Gloria Quezada y Verónica Oyarzún por su ayuda y apoyo para la gestión y desarrollo del proyecto desde un inicio.

Al Departamento de áreas Silvestres Protegidas de CONAF Araucanía por las múltiples facilidades otorgadas en terreno. Especialmente al Sr. Pablo Higuera (Conaf, Temuco), Florentino Alvarado (R.N. Malcalhuello Nalcas).

Al Centro Nacional de Excelencia para la Industria de La Madera (CENAMAD; ANID BASAL FB210015).

A todos los profesionales que trabajaron para el éxito de la iniciativa, incluso en plena pandemia: Nayadeth Muñoz, Deyanira Cortés, Paola Arroyo.

A los estudiantes de Ingeniería en Recursos Naturales de la Universidad de La Frontera que se involucraron a través de prácticas profesionales y trabajo en terreno contribuyendo en variados temas, desde la descripción de estructura de bosques, flora, evaluación de semillas, control de invasión de Pino oregón y otros: Camila Fernández, Bárbara Muñoz, William Toy, Vanessa Pino, Francisca Hernández, Camila Olate, Claudia Amigo y Betzy Curilem.

Se agradece también a Ariel Mortoro (Universidad Nacional del Comahue, Argentina) por el desarrollo de su tesis de Magister en Manejo de Recursos Naturales de la UFRO, asociado al proyecto.

A Kelly Catrileo por su ayuda en la colecta de datos y especialmente a Esteban Sepúlveda por su ayuda colectando datos, aportando en la identificación de especies y sistematizando información.

Finalmente, pero no menos importante a la profesional Valeska Yaitul, por su enorme contribución en la organización de recursos y administración del proyecto.

Índice

Introducción	6
Efecto de la distancia desde el borde de la plantación original y la luminosidad, sobre el establecimiento exitoso de Pino oregón en zonas adyacentes a plantaciones.....	11
Métodos de control para plántulas, individuos juveniles y brinzales en áreas con distinto grado de invasión.....	13
Recuperación de la vegetación nativa y su potencial de restauración natural después de la aplicación de los métodos de control de Pino oregón.....	17
Costos asociados a los métodos de control de Pino oregón en sitios con distinto grado de invasión para sustentar su potencial uso en la Ley N° 20.283.....	20
Conclusiones y consideraciones.....	22
Referencias.....	23
Experiencias en terreno.....	24

Invasiones biológicas

Las invasiones biológicas se definen como fenómenos en que una especie expande su rango geográfico de distribución, ocupando regiones en que previamente no se encontraba (Jaksic y Castro 2014).

Muchas de las invasiones son producto no deseado de introducciones deliberadas, lo cual produce importantes impactos sobre características ecológicas fundamentales como: la identidad de las especies dominantes en una comunidad, las propiedades físicas del ecosistema, el ciclo de nutrientes y la productividad vegetal. Sin embargo, también tiene impacto sobre la salud humana.

Por estos motivos, las especies invasoras son consideradas como uno de los principales factores que atribuyen al cambio global y sus impactos ecológicos son un grave problema que afecta el desarrollo económico y social de muchos países (Avendaño-González *et al.* 2015).

Invasión de coníferas en Chile

Las plantas vasculares se pueden dividir en tres grandes grupos: helechos, gimnospermas y angiospermas (plantas con flores). Las gimnospermas o también conocidas como coníferas, son especies principalmente leñosas que se caracterizan por poseer sus semillas al desnudo. Este grupo de plantas no produce frutos, por lo que las semillas se depositan en una estructura de consistencia leñosa llamada estróbilo o cono.

La invasión de las coníferas en el mundo, reporta 80 especies naturalizadas y unas 36 especies reconocidas como invasoras (Richardson y Rejmánek 2004).

En Chile, las primeras coníferas introducidas fueron en el siglo XVII, utilizadas con fines ornamentales. Posteriormente, fueron utilizadas para controlar el efecto de la erosión y estabilizar dunas en el centro-sur del país (Peña *et al.* 2008, Simberloff *et al.* 2010). A finales del siglo XIX se establecieron las primeras plantaciones en sectores donde el bosque nativo se encontraba degradado.

A partir de 1931, se comenzó a desarrollar la política de forestación, y se intensificó una vez que se implementó el Decreto de Ley 701 de 1974, el cual fue renovado por la Ley 19.561 de 1998 y que duró hasta el año 2012. Esta política entregó subsidios que cubrían entre el 75 y 90% de los costos del establecimiento y manejo de las plantaciones forestales, además de otros beneficios tributarios que significaron un fuerte impulso para la forestación a mayor escala.

Superficie Nacional
75.729.163 ha

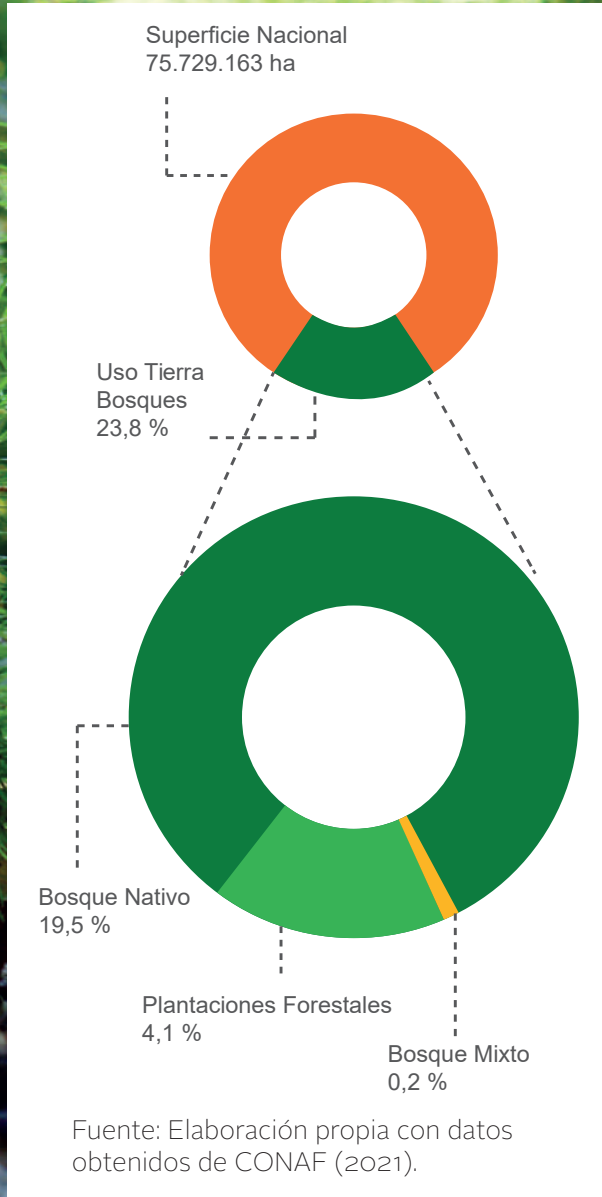
Uso Tierra
Bosques
23,8 %

Bosque Nativo
19,5 %

Plantaciones Forestales
4,1 %

Bosque Mixto
0,2 %

Fuente: Elaboración propia con datos
obtenidos de CONAF (2021).



Invasión de Pino oregón en Chile

Dentro de las especies utilizadas en plantaciones, se encuentra el Pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*). Ésta es la sexta especie introducida con mayor presencia en el país, y la tercera conífera que ocupa la mayor superficie plantada (INFOR 2021).

El Pino oregón fue introducido a comienzos de 1900 a Chile (Siebert *et al.* 2003) y se le ha observado como especie naturalizada e incluso invasora en algunos sitios (Peña *et al.* 2007). Sin embargo, Pauchard *et al.* (2008) indican que el potencial invasivo de *P. menziesii* respondería a factores de sitio como también a factores intrínsecos de la población establecida (i.e. condiciones favorables de clima y ecosistema).

Esta especie se establece principalmente entre las regiones del Maule y Aysén, pero es en la región de La Araucanía donde se concentra el 43% del total nacional (CONAF 2021).

En la región de La Araucanía su invasión se encuentra bien documentada al interior de Áreas Silvestres Protegidas, siendo reportada como naturalizada en el Parque Nacional Conguillío (Teillier *et al.* 2003), Parque Nacional Huerquehue y en la Reserva Nacional Malalcahuello (Peña y Pauchard 2001; Peña *et al.* 2007; Peña 2007), donde se encuentra invadiendo bosques de *Nothofagus* spp., tanto en sitios con intervención antrópica como sin esta (Peña 2007). Esta situación puede afectar significativamente la conservación de la biodiversidad y alterar el valor ecológico y de belleza escénica de estos ecosistemas naturales.

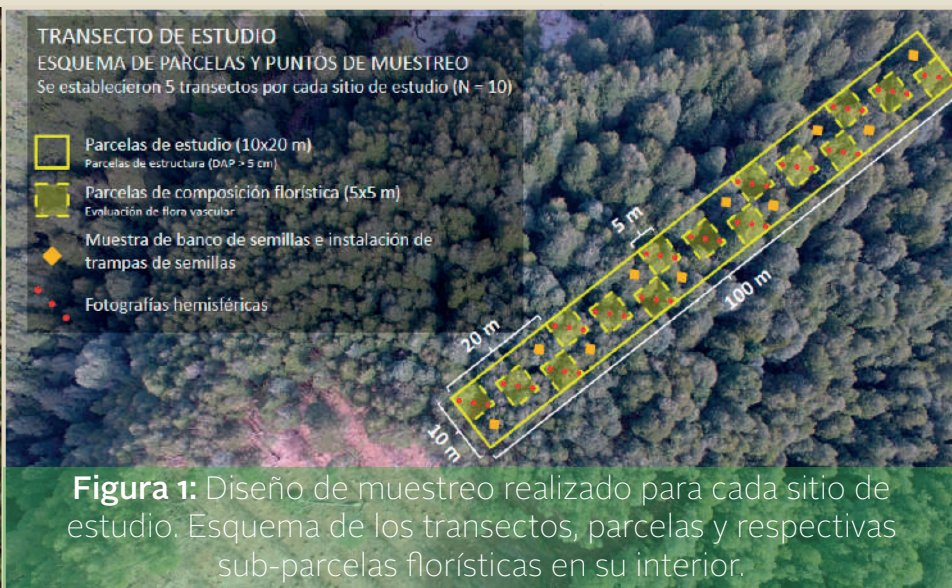
Control efectivo de Pino oregón

En este contexto, resulta de suma urgencia implementar y evaluar métodos efectivos de control de pino oregón como los realizados por el presente proyecto de Fondo de Investigación de Bosque Nativo 022/2018: Evaluación de métodos de control efectivo de Pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) en sitios con distinto grado de invasión en el centro-sur de Chile.

Para ello, se establecieron dos sitios de estudio con diferente grado de invasión en la región de La Araucanía (R.N Malalcahuello y predio Marsella, correspondiente a un sector del P.N. Conguillío), en donde se realizaron 5 transectos en cada sitio de estudio, con mediciones por un periodo de 3 años (2019, 2020 y 2022). Cada transecto fue de 10 x 100 m (1.000 m²), divididos en cinco parcelas de 10 x 20 m (200 m²), ubicados en los deslindes de las plantaciones, de manera perpendicular, alejándose de la fuente de propágulos de invasión de *P. menziesii* (Figura 1).

Esto se realizó bajo dos posibles condiciones, en áreas que trascienden a bosque nativo y otras que trascienden a zonas abiertas de pradera y/o matorral, a una altitud similar que fluctúa entre los 900 y 1.060 m s.n.m.

En esta guía se presentan los resultados principales obtenidos del proyecto, tales como, la estructura arbórea de las áreas estudiadas, control de la invasión y re-invasión de Pino oregón y la evaluación de los cambios de la composición florística.



Efecto de la distancia desde el borde de la plantación original y la luminosidad, sobre el establecimiento exitoso de Pino oregón en zonas adyacentes a plantaciones



Estructura arbórea

En la estructura arbórea, se registraron un total de 652 individuos, con un total de ocho especies en Marsella y siete en Malalcahuello (Figura 2), de las cuales una es exótica, correspondiente a *P. menziesii* y el resto son especies nativas. *P. menziesii* estuvo presente en ambas condiciones en la Reserva Nacional Malalcahuello, mientras que en predio Marsella sólo se encontró en la zona abierta.

En predio Marsella la especie nativa más abundante fue el Coigüe (*Nothofagus dombeyi*), seguida por Ñirre (*N. antarctica*). Asimismo, en Malalcahuello, la especie más abundante también fue *N. dombeyi*, seguida por Raulí (*N. alpina*).

De acuerdo con densidad de árboles por hectárea en función del DAP (Díametro a la altura del pecho), en ambos sitios, la mayor densidad se presenta en individuos entre los 5 y 10 cm de DAP. En el caso de Malalcahuello, se observa también una importante densidad de individuos entre los 10 y 30 cm de DAP.

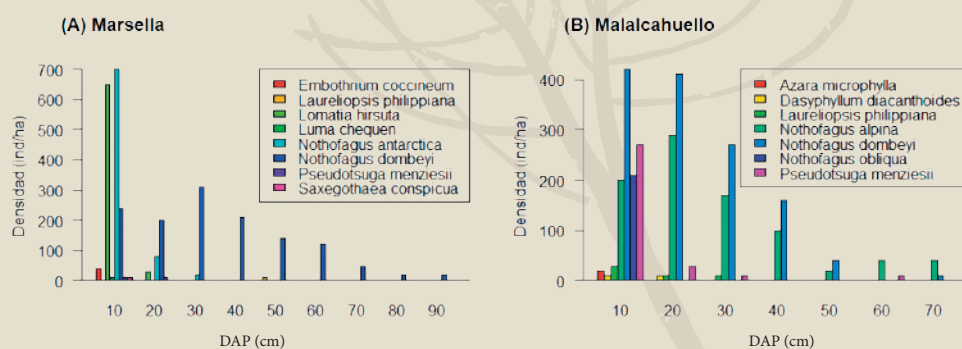


Figura 2. Estructura arbórea de los sitios estudiados en predio Marsella y Reserva Nacional Malalcahuello.

Fotografías hemisféricas

El análisis de las fotografías hemisféricas determina que el porcentaje de RS directa, difusa global que llega al piso del bosque, respecto a la que estaría llegando sobre el dosel arbóreo, se ve afectado por la influencia del tamaño de los claros de dosel (o porcentaje de cielo abierto), donde la tendencia indica que a medida que el dosel arbóreo se va abriendo la radiación solar aumenta.

En el sotobosque de bosque nativo se registraron valores menores al 25% de radiación tanto en zonas invadidas como en zonas controladas, respecto de la radiación total recibida en una zona abierta.

En las zonas abiertas la radiación fue mucho mayor, con valores entre 30% y 70% de la radiación total en zonas invadidas con pino oregón. También, en la zona abierta, las zonas controladas (i.e., donde el pino oregón fue extraído) reciben más radiación (75% en promedio) que las zonas que fueron invadidas (Figura 3).

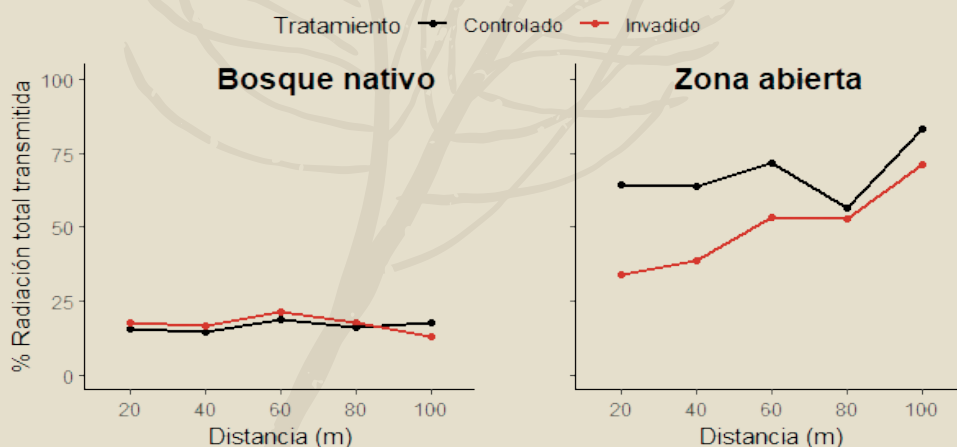


Figura 3. Porcentaje de radiación total transmitida obtenida en la zona invadida (en rojo) y en la zona controlada (en negro).

Métodos de control para plántulas,
individuos juveniles y brinzales en
áreas con distinto grado de invasión



Invasión y re-invasión de *P. menziesii* en predio Marsella

Durante el primer año (2019), en la condición de bosque nativo (Figura 4), se encontró una gran densidad de individuos de Pino oregón, principalmente plántulas y juveniles. Posterior al primer control, disminuyó el número de individuos en todos los estados de desarrollo estudiados (plántulas, juveniles y brinzales). No obstante, durante el tercer año de estudio, la densidad de plántulas aumentó considerablemente, densidad mayor a lo registrado en el primer control (Figura 5).

Por su parte, en la condición de zona abierta, se encontró menor densidad de pinos que en la condición de bosque nativo, representando sólo un 3,9% del total de pinos encontrados durante los tres períodos de estudio.

En este sentido, la densidad de plántulas tiende a aumentar a medida que se aleja de la fuente de propágulos. Los juveniles se mostraron con mayor densidad en las zonas intermedias del gradiente de distancia estudiado.

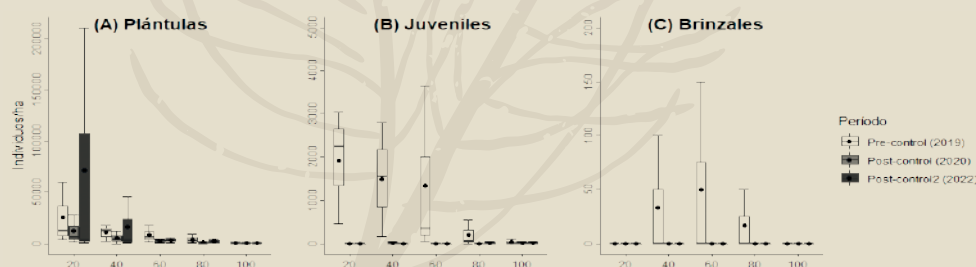


Figura 4. Densidad de Pino oregón en condición de bosque nativo durante los tres períodos de estudio, predio Marsella.

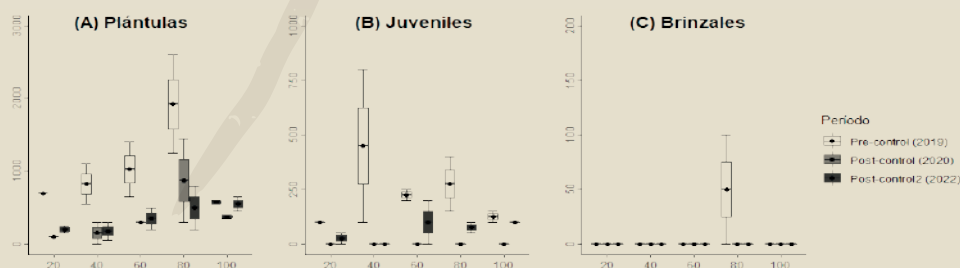


Figura 5. Densidad de Pino oregón en condición de zona abierta durante los tres períodos de estudio, predio Marsella.

Invasión y re-invasión de *P. menziesii* en Reserva Nacional Malalcahuello

Durante el primer año (2019), en la condición de bosque nativo (Figura 6), se encontró una gran densidad plántulas en comparación a los demás estados de desarrollo, y de densidad similar a lo largo del gradiente de distancia. Los individuos juveniles y los brinzales mostraron mayor densidad cercano a la fuente de propágulos.

Posterior al primer control (2020), el número de plántulas disminuyó en los primeros metros del gradiente. Sin embargo, se observa un aumento de la densidad de plántulas en el gradiente más lejano a la fuente de propágulos. En el caso de los individuos juveniles y los brinzales, estos disminuyeron considerablemente.

Finalmente, en el año 2022, se observa una mayor regeneración de plántulas con respecto al primer y segundo año de estudio.

En la condición de zona abierta (Figura 7), durante el primer año las plántulas mostraron un mayor número de individuos en los últimos metros del gradiente. En cuanto a los juveniles, estos presentaron mayor densidad entre los 20 y 60 m de distancia a la fuente de propágulos.

Durante el segundo y tercer año de estudio, los pinos disminuyeron en todos los estados de desarrollo, principalmente los juveniles y brinzales, donde este último no presentó individuos.



Control de invasión de Pino oregón en Reserva Nacional Malalcahuello, año 2020.

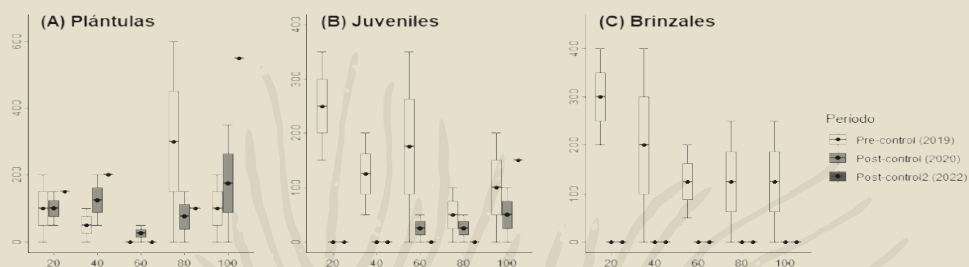


Figura 6. Densidad de Pino oregón en condición de zona abierta durante los tres períodos de estudio, Reserva Nacional Malcalahuello.

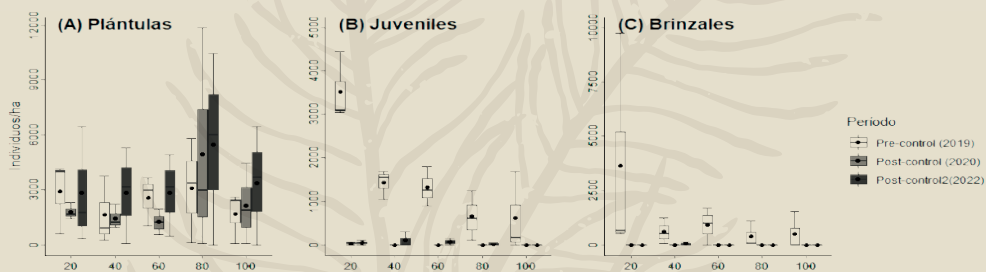


Figura 7. Densidad de Pino oregón en condición de bosque nativo durante los tres períodos de estudio, reserva Nacional Malcalahuello.

Recuperación de la vegetación
nativa y su potencial de
restauración natural después de
la aplicación de los métodos de
control de Pino oregón



Composición florística en predio Marsella

93 especies registradas durante los tres años de estudio

En el primer año (2019), se registraron 83 especies, en el segundo año (2020) se registraron 81 especies y en el tercer año (2022) se registraron 77 especies, donde en los tres años de estudio la riqueza de especies fue mayor en el bosque nativo.

A partir de la cobertura media de las especies registradas (Figura 8), en la condición de bosque nativo las especies nativas fueron más abundantes que las exóticas. Asimismo, en ambas condiciones la abundancia de las especies nativas aumentó posterior al primer control.

Las especies más abundantes en el bosque nativo fueron *Rubus* spp., *Gaultheria* spp., y *N. dombeyi*, mientras que en la condición de zona abierta fueron *Agrostis capillaris*, *Fragaria chiloensis* e *Hypochaeris radicata*.

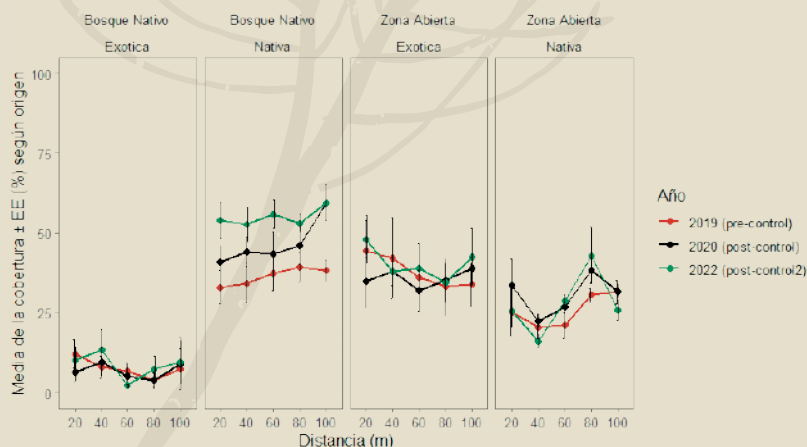


Figura 8. Media de la cobertura $\pm$ EE (error estándar) según origen fitogeográfico y condición (zona abierta y bosque nativo), antes y después del control de *P. menziesii*, en predio Marsella.

Composición florística en R.N. Malalcahuello

83 especies registradas durante los tres años de estudio.

En el primer año (2019) se registraron 73 especies, en el segundo año (2020) se registraron 57 especies y en el tercer año (2022) se registraron 62 especies, donde en los tres años de estudio, la riqueza fue mayor en bosque nativo.

A partir de la cobertura media (Figura 9), en la condición de bosque nativo las especies nativas fueron más abundantes que las exóticas, mientras que en la condición de zona abierta fueron más abundantes estas últimas.

En ambas condiciones, la abundancia de las especies nativas aumentó posterior al primer control de Pino oregón.

Las especies más abundantes en el bosque nativo fueron *Chusquea* spp., *N. dombeyi* y *N. alpina*, mientras que en la zona abierta fueron *Achillea millefolium*, *N. dombeyi*, *Agrostis capillaris* y *Lupinus polyphyllus*.

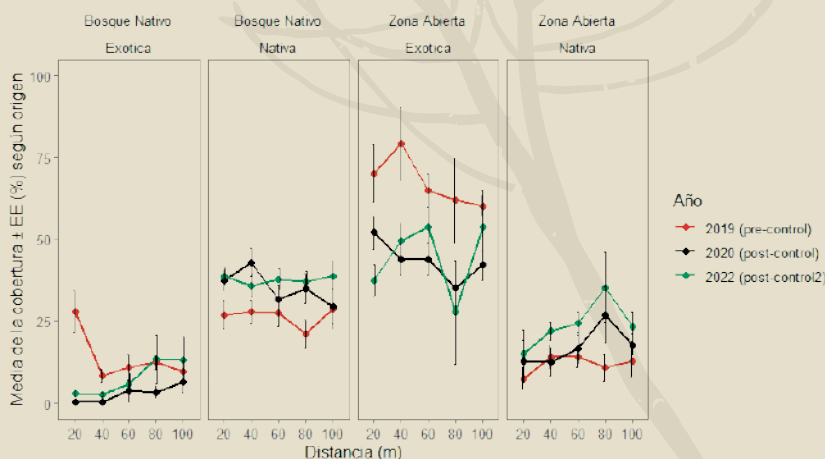
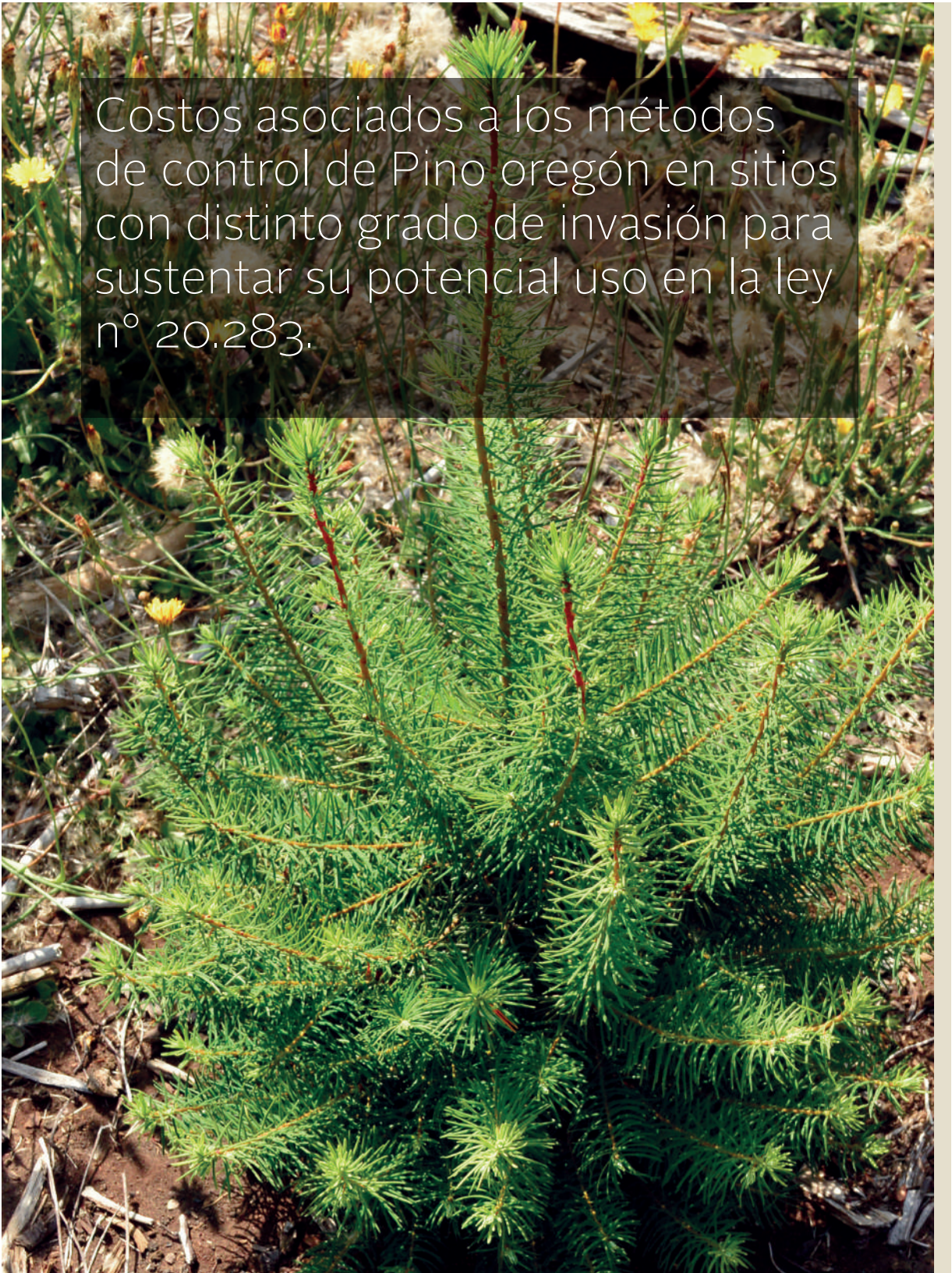


Figura 9. Media de la cobertura +/- EE (error estándar) según origen fitogeográfico y condición (zona abierta y bosque nativo), antes y después del control de *P. menziesii*, en R.N. Malalcahuello.

Costos asociados a los métodos de control de Pino oregón en sitios con distinto grado de invasión para sustentar su potencial uso en la ley n° 20.283.



Insumos para la estimación de costos asociados al control de Pino oregón

Con los datos obtenidos de la cantidad de trabajadores y tiempo requerido para el control de *P. menziesii*, se observa que, en los dos sitios de estudio durante los tres períodos de control, se requirieron cuatro trabajadores promedio para realizar el control de invasión de *P. menziesii* y un tiempo promedio de 51 minutos por transecto. De este modo, el tiempo por hectárea requerido es de 510 minutos, lo que equivale a ocho horas.

A partir de lo anterior, el tiempo promedio per cápita para emplear control y remoción de pino oregón es de 38 horas por hectárea. De este modo, considerando el sueldo mínimo y las horas semanales que actualmente comprende el país, se estima que el costo para un control de *P. menziesii* en sitios con distinto grado de invasión es de \$95,000 por hectárea (Tabla 1).

Tabla 1. Costos asociados al control y remoción de *P. menziesii*

Descripción	Unidad o cantidad
Tiempo/Trabajador/ha (horas)	38
Sueldo mínimo en Chile (CLP)	\$400.000.-
Valor hora (CLP)	\$2.500.-
Costo total * ha ⁻¹	\$95.000.-

Conclusiones y consideraciones

La evaluación de la invasión de Pino oregón antes y después de los controles, indica que la regeneración de esta especie, tanto en el bosque como en zonas abiertas desprovistas de dosel arbóreo puede ocurrir hasta al menos hasta 100 m de distancia de una plantación, la cual actúa como principal fuente de propágulos.

La invasión de Pino oregón fue más exitosa en el bosque nativo que en la zona abierta, de lo cual se presume que la cobertura del dosel dispone condiciones propicias para su regeneración y establecimiento, debido a que *P. menziesii* se trata de una especie semitolerante.

Tanto en el predio Marsella como en la Reserva Nacional Malalcahuello, en la condición de zona abierta, la riqueza de especies exóticas disminuyó gradualmente posterior a cada control de Pino oregón.

Dado lo anterior, para disminuir el efecto de las plantaciones en las Áreas Silvestres Protegidas, es recomendable que el control efectivo de *P. menziesii* en zonas adyacentes se realice de forma periódica, en lo posible, máximo cada un año.

La remoción manual es efectiva para plántulas y juveniles principalmente y no requiere de mayor esfuerzo.



Referencias

Avendaño-González M, E Arreola-Martínez, E Badano (2015). Sociedad e invasiones biológicas en la era de la globalización. Ciencia – Academia Mexicana de Ciencias. México.

Corporación Nacional Forestal. 2021. Superficies de uso de suelo regional. Disponible en <https://www.conaf.cl/nuestros-bosques/bosques-en-chile/catastro585vegetacional/>

Jaksic F, S Castro. 2014. Invasiones Biológicas en Chile: Causas globales e impactos locales. Santiago, 610 Chile. Ediciones UC. 528 p.

Peña E, A Pauchard. 2001. Coníferas introducidas en áreas protegidas: un riesgo para la biodiversidad. Bosque Nativo. Bosque Nativo 29:3-7.

Peña E. 2007. Naturalización e invasión de tres especies arbóreas introducidas en ecosistemas de la zona centro sur de Chile. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba. Córdoba-España. 132 p.

Pauchard A, B Langdon, E Peña. 2008. Potencial invasivo de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en bosques nativos del centro-sur de Chile: Patrones y recomendaciones. In Mujica R, H Grosse, B Muller-Using eds. Bosques Seminaturales: una opción para la rehabilitación de bosques nativos degradados. Santiago, Chile. Instituto Forestal. 89-114 p.

Peña E, M Hidalgo, B Langdon, A Pauchard. 2008. Patterns of spread of *Pinus contorta* Dougl. ex Loud in a Natural Reserve in southern South America. Forest Ecology & Management 256: 1049-1054.

Richardson DM, M Rejmánek. 2004. Conifers as invasive aliens: a global survey and predictive 645 framework. Diversity and Distributions 10(5-6): 321-331.

Simberloff D, MA Nuñez, NJ Ledgard, A Pauchard, DM Richardson, M Sarasola, B van Wilgen, SM Zalba, RD Zenni, RO Bustamante, E Peña, S Ziller. 2010. Spread and impact of introduced conifers in South America: lessons from other southern hemisphere regions. Austral Ecology 35: 489-504.

Siebert H, S Von Einsiedel, A Freiin. 2003. Mejoramiento de la calidad fustal en plantaciones de *Pseudotsuga menziesii* al crecer en asociación con *Acacia melnoxydon*. Bosque 24(3):75-83.

Teillier S, R Rodríguez, M Serra. 2003. Lista preliminar de plantas leñosas, alóctonas, asilvestradas en Chile Continental. Chloris Chilensis. Año: 6. N°: 2.

Experiencias en terreno



Control de Pino oregón,
Malalcahuello.



Experiencias de
estudiantes practicantes
UFRO, año 2019.



Control de Pino oregón,
sector Marsella.



Experiencias de
estudiantes practicantes
UFRO, año 2020.



Viola reichei (Violeta amarilla), Reserva Nacional Malalcahuello. Nativa.



Fragaria chiloensis
(Frutilla silvestre), sector Marsella. Nativa.



Polystichum plicatum (Helecho de cordillera), Reserva Nacional Malalcahuello. Nativa.



Azara microphylla (Chinchin), Reserva Nacional Malalcahuello. Nativa.



Hypochaeris radicata
(Hierba del chancho), sector Marsella. Introducida.



Centro Nacional
CENAMAD
para la Industria de la Madera

