

Volumen 28 N° 1. Abril 2022

ISSN 0718-4646



CIENCIA & INVESTIGACIÓN FORESTAL



**INSTITUTO FORESTAL
CHILE**





REVISTA CIENCIA & INVESTIGACIÓN FORESTAL. INSTITUTO FORESTAL. CHILE

La revista Ciencia & Investigación Forestal es una publicación científico técnica, en español, publicada por el Instituto Forestal desde el año 1987.

Es una revista de acceso abierto, seriada, arbitrada, en formato digital y de carácter interdisciplinario.

En la Revista se divulga la investigación y ciencia forestal con una visión aplicada y orientada principalmente a profesionales y técnicos del sector forestal que demandan soluciones para sus problemas en el corto y mediano plazo, así como a profesionales del sector público y privado, investigadores, académicos, personeros con responsabilidad en la toma de decisiones técnico-políticas, y en general a la sociedad interesada en el conocimiento de los múltiples bienes y servicios que proveen los ecosistemas forestales.

Ciencia & Investigación Forestal publica contribuciones originales e inéditas de investigadores y profesionales, de instituciones nacionales o extranjeras, interesados en publicar investigación aplicada en el ámbito de las ciencias forestales y materias afines en las temáticas económicas, sociales y ambientales.

Todas las contribuciones presentadas a la revista son sometidas a un proceso de revisión por pares (*peer review*) bajo la modalidad de doble ciego.

La periodicidad de publicación es de tres números por año y ocasionalmente números especiales.

La Revista provee acceso libre a su contenido bajo el principio de hacer disponible la investigación al público para fomentar un mayor intercambio de conocimiento global. No existe costo por acceso a las contribuciones publicadas y los autores no asumen ningún costo por el procesamiento, revisión, edición y publicación de sus contribuciones.

En el sitio Web de la Revista (<https://revista.infor.cl/index.php/infor>) es posible acceder a todos los números publicados y también encontrar toda la información referente a Equipo Editorial, Propiedad Intelectual, Declaración de Privacidad, Tipo de Contribuciones y la Guía y Recomendaciones para Autores. Se trata de una plataforma OJS (*Open Journal System*) en la cual, además de la información indicada, radica el manejo del flujo editorial de la Revista. Los autores deben a través de esta plataforma incorporar sus contribuciones, recibir posibles sugerencias de correcciones y finalmente enterarse de la aceptación o eventual rechazo de estas.

Santiago Barros y Braulio Gutiérrez
Editores
sbarros@infor.cl y bgutierr@infor.cl



CONTENIDO

ARTÍCULOS

Crecimiento del monte bajo de *Eucalyptus globulus* en la Región del Biobío. **Juan Carlos Pinilla; Karina Luengo; Mauricio Navarrete & Felipe Navarrete.** 7

APUNTES

Ensayo de regeneración natural en bosques del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe. **Bastienne Schlegel; Sabine Müller-Using & Helmut Keim** 23

El agua y los ecosistemas boscosos en Chile: información para el desarrollo del sector forestal. **Christian Little C.** 37

Evaluación de metodología de extensionismo forestal para incrementar el conocimiento de pequeños propietarios respecto a establecimiento y manejo de plantaciones forestales. **Mauricio Aguilera & Edison García.** 51

Comparación de la normativa nacional y europea para la producción de pellet de madera. **Juan Carlos Pinilla; Karina Luengo; Felipe Lobo; Mauricio Navarrete & Felipe Navarrete.** 73

La Patagonia chilena en grandes cifras. **Santiago Barros Asenjo** 81



ARTÍCULO

Crecimiento del monte bajo de *Eucalyptus globulus* en la Región del Biobío

Pinilla S., Juan Carlos¹; Luengo V., Karina¹; Navarrete T., Mauricio¹; Navarrete U., Felipe¹.

¹ Instituto Forestal, Sede Biobío, Chile. jpinnacle@infor.cl

* Autor para correspondencia

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2022.559>

Recibido: 20.12.2021; Aceptado 19.01.2022

RESUMEN

La búsqueda de opciones eficientes de manejo forestal para especies de rápido crecimiento es una de las líneas de trabajo del Instituto Forestal, investigando opciones en especial para rodales de pequeños y medianos propietarios forestales. La capacidad de retoñación y crecimiento de los retoños de *Eucalyptus globulus* generan una opción en este sentido, por lo que se presentan antecedentes de rodales de *Eucalyptus globulus* manejados como monte bajo en la Región del Biobío, en las comunas de Cañete y Copiulemu.

A los 6 años, los rodales logran entre 8 y 19 metros de altura y diámetros de 5,9 a 12,5 cm, cifras similares a lo reportado para *Eucalyptus globulus* originados por semillas creciendo en las mismas condiciones. Se observan valores de 1.320 a 2.500 árboles por hectárea, en una situación de uno o dos retoños por tocón. Las parcelas con un retoño presentan DAP, altura y volumen mayores con respecto a las parcelas con manejo de dos varas. En cuanto a volumen, se proyecta que este puede alcanzar de 140 a 270 m³/ha a los 13 años. Ello es un indicador del comportamiento de este tipo de rodales, dependiendo de las condiciones de sitio, características del rodal y manejo realizado.

Se recomienda la mantención de las unidades experimentales para aumentar la base de datos de trabajo, abarcando, además, otras áreas geográficas.

Palabras clave: *Eucalyptus, globulus*, Crecimiento, Retoños, Manejo

SUMMARY

The search for efficient forest management options for fast-growing species is one of the lines of work of the Forestry Institute, investigating options especially for stands of small and medium forest owners. The growth capacity of coppice of *Eucalyptus globulus* creates an option in this regard. For this reason, this document presents antecedents of growth of stands of *E. globulus* coppice in the Biobío Region, in the communes of Cañete and Copiulemu.

At 6 years old, the stands reach 8-19 meters in height and 5.9-12.5 cm in diameter, similar figures to that reported for *Eucalyptus globulus* originated by seeds growing under the same conditions. Values of 1,320 to 2,500 trees per hectare are observed, in a situation of one or two stems per stump. The plots with one stem have greater DBH, height and volume with respect to the plots with two stems management. Regarding volume, it is projected that this can reach 140 to 270 m³/ha at 13 years. This is an indication of the behavior of this type of stands, depending on the site conditions, the characteristics of the stand and the management carried out.

It is recommended to maintain the experimental units to increase the work database, also covering other geographic areas.

Key words: *Eucalyptus, globulus*, Grow, Coppice, Management.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de recuperar las superficies plantadas con *Eucalyptus globulus* afectadas por los grandes incendios forestales que afectaron al país, ha motivado la búsqueda de opciones que permitan la rápida restauración productiva de estos bosques.

Tanto después el fuego como después de la cosecha, estas plantaciones presentan una importante capacidad de regeneración a partir de los tocones, lo que constituye una interesante opción silvícola para reestablecerlas, evitándose de esta manera, incurrir en el alto costo que significa volver a plantar.

La regeneración a partir de la retoñación de los tocones, conocida como manejo del monte bajo, es una de las características propias de la especie *Eucalyptus globulus*, y constituye una opción de manejo utilizada por la pequeña y mediana propiedad forestal.

La adecuada utilización del monte bajo requiere del conocimiento y caracterización de este tipo de bosques y de su mejor técnica de manejo, de modo de efectivamente obtener los resultados esperados de cobertura y homogeneidad requeridos para regenerar el rodal sin necesidad de volver a plantarlo, y beneficiarse de las ventajas que el monte bajo ofrece:

- Bajos costos de formación de una nueva plantación
- Rápido crecimiento inicial
- Disminución en costos de establecimiento
- Mejora la rentabilidad de la plantación
- Cosecha en menos años, rotación más corta

El manejo de los retoños, permite lograr una mayor y mejor ocupación y aprovechamiento de los recursos del suelo, siendo una adecuada opción para pequeños y medianos propietarios, a quienes les permite generar un nuevo bosque, sin incurrir en gastos de plantación.

Para producir madera pulpable (metros rumas), el manejo de rebrotes, en buenos sitios, involucra una rotación de 8 a 10 años. Sin embargo, no en todos los terrenos se recomienda el manejo de rebrote, solo se recomienda, cuando:

- El terreno es de alta productividad, donde la plantación original generó al menos 200 metros rumas por hectárea.
- La plantación original no presentó crecimiento desperejo o evidencias de algún ataque de insectos o enfermedades.

Para obtener un máximo rendimiento mediante el manejo de la retoñación de eucalipto se debe considerar los siguientes factores:

- Época de corta de plantación antigua: Lo más recomendable es cosechar la plantación antigua, a fines de invierno o principios de primavera. Así evitara un posible daño de heladas y además permitirá que los rebrotes tengan un rápido crecimiento.
- Método de volteo: Durante el volteo, no se debe dañar la corteza, evitando el desprendimiento de la corteza. El corte de cosecha debe ser a no más de 15 cm del suelo, realizando un corte en forma de bisel (inclinado), para evitar acumulación de agua.
- Tratamientos posteriores a la corta: Para obtener un buen rebrote del tocón, luego de la cosecha, los tocones, deben ser despejados de ramas o residuos que dificulte el desarrollo de los rebrotes. Si no realiza esta limpieza, al tocón no llegará la luz y perderá la capacidad de rebrotación.
- Altura de corte del tocón: Esta debe ser a 10 o 15 centímetros del suelo. Al cortar a esta altura, optimiza el rendimiento en madera del árbol cortado y los retoños tendrán un mejor desarrollo, siendo estos más firmes al posible daño por viento.
- Diámetro y edad del tocón: La calidad, cantidad y mortalidad de los rebrotes dependen del diámetro del tocón, donde los diámetros intermedios, son los que han presentado mejor

regeneración y sobrevivencia. A medida que aumenta la edad del tocón disminuye la capacidad de retoñación.

- Cuando ejecutar el manejo de rebrotes: Se recomienda que la selección de rebrote se realice a los 18 meses de edad (1,5 años). Se debe esperar la selección natural de los retoños y debe considerarse que si maneja muy temprano (antes de los 18 meses), podría estimular una nueva brotación que dificultara el manejo final.
- Método de ejecución del manejo de rebrotes: La corta de los rebrotes a eliminar, la debe efectuar con tijerones, serruchos o motosierra. El corte debe ser bajo y limpio, sin dañar el tocón ni los rebrotes a dejar. Al seleccionar los rebrotes a dejar, en lo posible 2, debe dejar aquellos que están al lado de donde proviene el viento.
- Número de rebrotes: El número de rebrotes por tocón es flexible y depende del futuro uso de la madera. Para producir madera pulpable (metros rumas), lo más recomendable es dejar no más de dos rebrotes y debe considerarse el diámetro del tocón. Los rebrotes a dejar, deben ser similares en cuanto a su desarrollo.
- Selección y manejo de los rebrotes: Se deben eliminar los rebrotes más débiles y peor ubicados en el tocón, los que corresponden a los ubicados muy cerca del suelo ya que estos tienden a agarrarse de la corteza, y se deben dejar los que se ubican cerca del corte del tocón que son los que se adhieren a la madera del corte.
- Selección y manejo de los rebrotes: Se deben dejar los de mejor forma, los que presentan mejor desarrollo y se muestran vigorosos. Los rebrotes a dejar deben quedar bien distribuidos, para evitar competencia y así permitir un mejor crecimiento. Si deja más de dos rebrotes preocúpese que tengan suficiente espacio para crecer y desarrollarse.
- Número de ciclos de corta: Depende de la mortalidad que presenten los tocones, el número de cortas que soporte el tocón y la longitud de la rotación (edad de corta final)

El Instituto Forestal ha realizado investigación sobre manejo del monte bajo de eucalipto y de los factores que inciden en su rendimiento volumétrico (Pinilla *et al*, 2016). En este marco se generó el presente documento, en el que se entregan antecedentes de crecimiento y estimaciones de productividad de unidades experimentales establecidas en la Región del Biobío, con el objetivo de aportar información técnica que oriente la toma de decisiones respecto al uso de la regeneración natural de *Eucalyptus globulus* como herramienta de gestión para la restauración productiva de plantaciones.

La información que se entrega ha sido desarrollada por INFOR a través de su área de investigación *Silvicultura y Manejo de Ecosistemas Forestales Nativos y Exóticos*, en la línea de *Gestión de Plantaciones Forestales*, particularmente en el contexto del producto "Uso de la regeneración natural para la generación de plantaciones productivas".

MATERIAL Y MÉTODO

La metodología general utilizada correspondió a:

- Monitoreo permanente de las unidades de manejo del Monte bajo de *Eucalyptus globulus* establecidas por INFOR en los años anteriores en la Región del Biobío.
- Evaluación de unidades de manejo monte bajo eucalipto y traspaso de la información a bases de datos.
- Análisis de información recopilada desde las unidades mensuradas, generación de parámetros descriptores del rodal y búsqueda de información bibliográfica de referencia y comparación.

En primera instancia se ubicó sectores en la región del Biobío con renuevo de *Eucalyptus globulus* de 1,5 a 2 metros de altura. Una vez ubicado los rodales, se gestionó la autorización de sus propietarios para

realizar la selección de vástagos e iniciar el manejo de la retoñación. Los rodales definitivamente utilizados para establecer las parcelas que se analizan en este estudio se detallan en el Cuadro 1, en general correspondieron a bosques cosechados o afectados por incendios forestales, en donde el majeo se orientó a dejar 1 o 2 retoños por tocón (Figura 1).

Cuadro 1. Unidades experimentales utilizadas en la investigación.

Predio	Comuna	Edad	Observación
Lo Carmen	Copiulemu	4 años	Establecimiento 2019
Santa Ángela 3	Cañete	6 años	Con manejo
Santa Ángela 4	Cañete	6 años	Con manejo
Farellón 1	Cañete	6 años	Sin manejo
Farellón 2	Cañete	6 años	Con manejo
Chacay	Nacimiento	1 año	Establecimiento 2021, con manejo

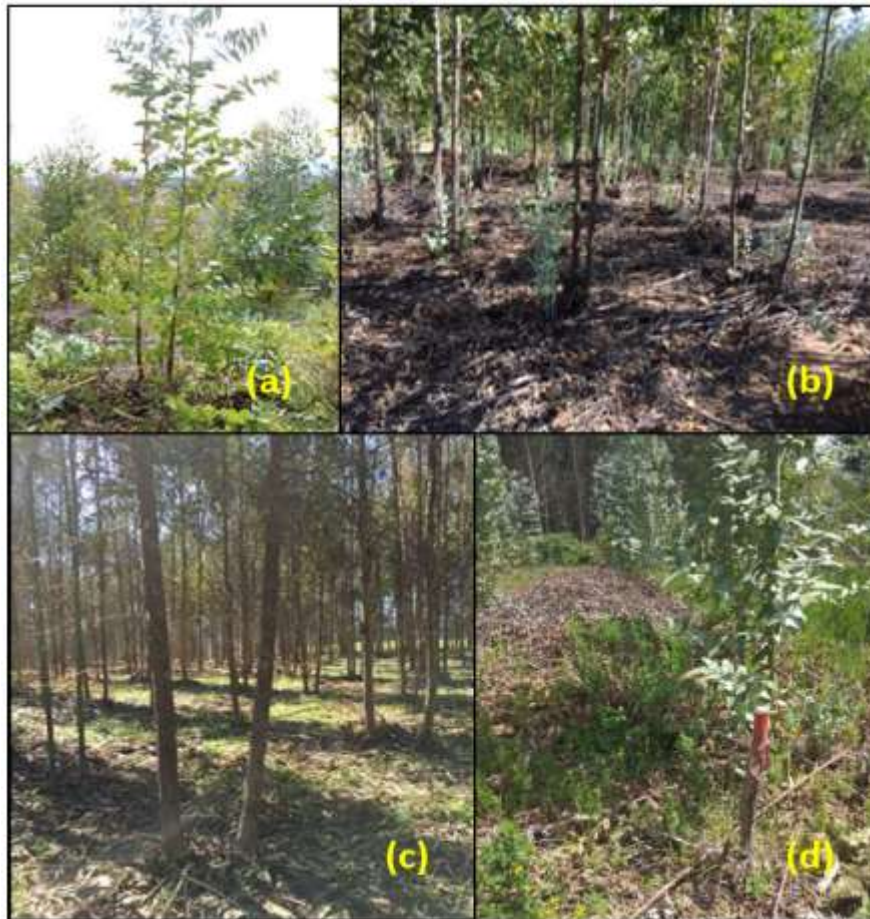


Figura 1. Unidad Lo Carmen, situación al 2019 (a) y al 2021 (b); Unidad Santa Ángela (c) y Unidad Chacay (d).

Una vez seleccionados los rodales a considerar, se estableció parcelas demostrativas circulares de 500 m² (radio de 12,6 m), en las que se contabiliza y enumera los árboles con dirección hacia el norte, y luego, se continúa hacia la dirección de las manecillas del reloj.

Se realiza manejo a los tocones dejando una o dos varas, según la parcela generada, y se procede a medir DAP y altura inicial, y registrar la coordenada de ubicación de las parcelas. A cada parcela se le realiza un seguimiento continuo cada uno o dos años, en donde se miden DAP y altura, con el objetivo de registrar estos datos y analizarlos, para ver el desarrollo de la especie según el tipo de manejo aplicado (Figura 2).



Figura 2. Medición parcela experimental de monte bajo de *Eucalyptus globulus*, Región del Biobío.

Usando las mediciones realizadas, se estima el crecimiento y rendimiento de los rodales de *Eucalyptus globulus* manejados como monte bajo, así como los volúmenes por hectárea factibles de obtener a una edad determinada. Estos valores fueron obtenidos usando el “Simulador experimental de crecimiento y rendimiento para *Eucalyptus globulus* de monte bajo”, el cual corresponde a una versión de prueba, basado en MS Visual Basic 6.0 para Excel desarrollada por INFOR (Figura 3).

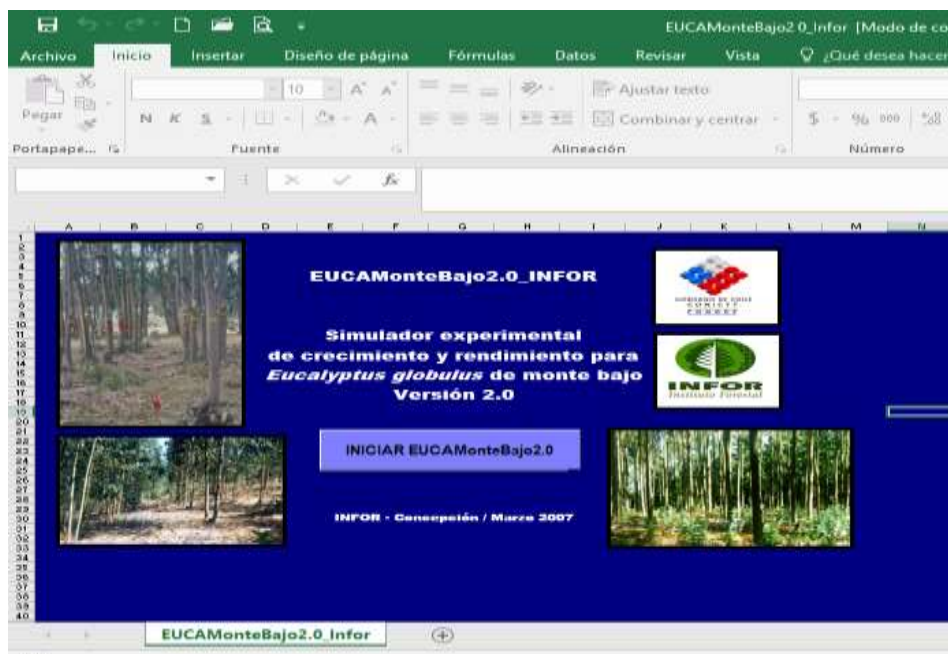


Figura 3. EUCA_Monte_Bajo 2.0, Simulador experimental de crecimiento y rendimiento para *Eucalyptus globulus* de monte bajo.

Este tipo de herramienta de gestión permite describir o caracterizar los rodales de monte bajo de esta especie, generando información acerca de variables de rodal según la edad, entre ellas el área basal, altura dominante, volumen e incrementos (Pinilla, 2007). Los antecedentes obtenidos de las mediciones realizadas en las unidades se ingresaron en el simulador de crecimiento y rendimiento, obteniendo datos de altura dominante y área basal, volumen y densidad por hectárea, a diferentes edades.

Con la información de crecimiento de las unidades experimentales se estudió el desarrollo y productividad de este tipo de manejo, fundamentar las ventajas de su utilización y actividades de capacitación y difusión hacia propietarios forestales o profesionales del área.

RESULTADOS

Estimación de Parámetros de Árbol Individual

La distribución de los DAP y altura de las unidades según año, se presentan en los gráficos de las Figuras 4 a 8.

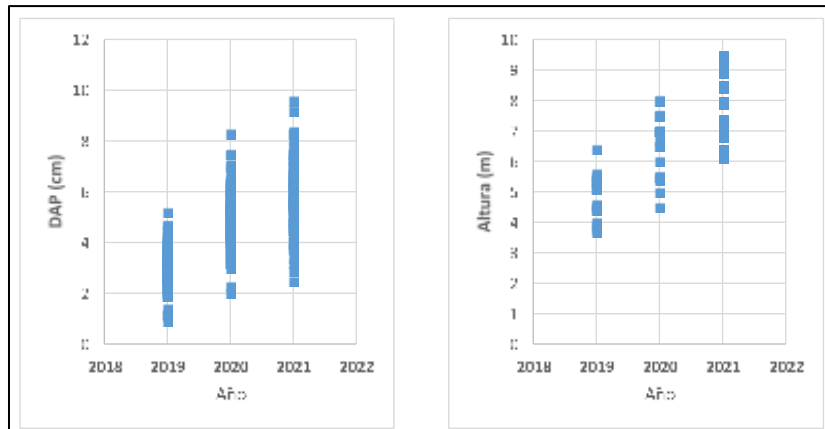


Figura 4. Distribución DAP y altura según año, Lo Carmen.

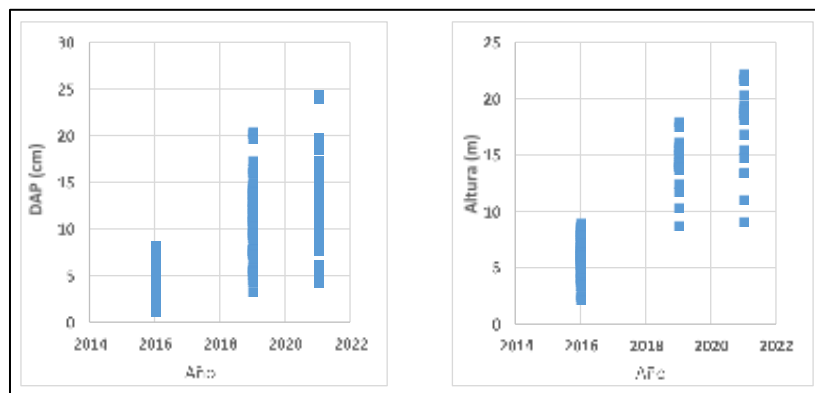


Figura 5. Distribución DAP y altura según año, Farellón 1.

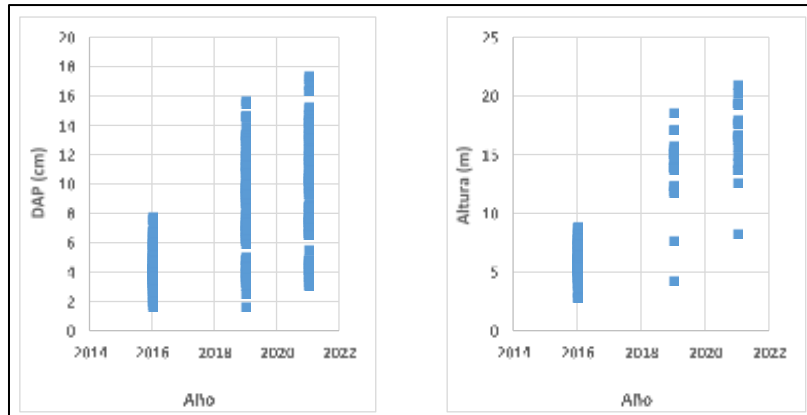


Figura 6. Distribución DAP y altura según año, Farellón 2.

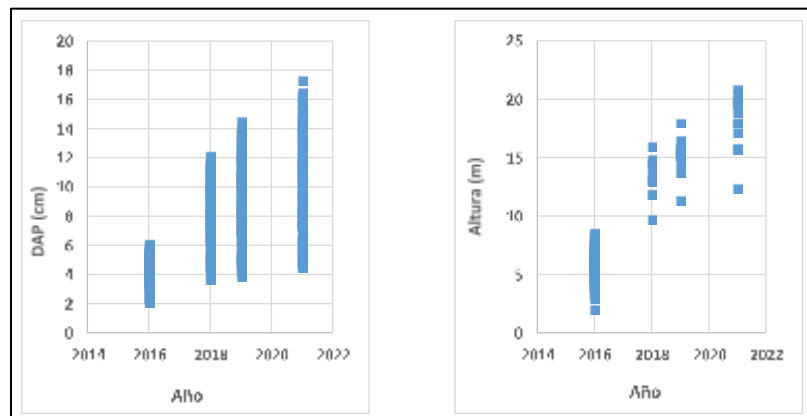


Figura 7. Distribución DAP y altura según año, Santa Ángela 3.

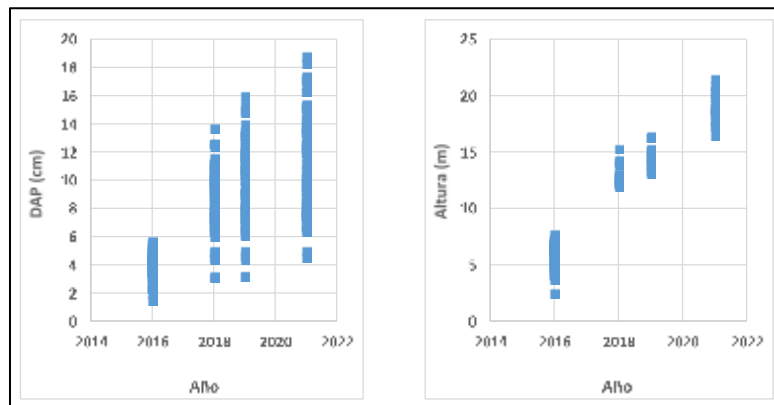


Figura 8. Distribución DAP y altura según año, Santa Ángela 4.

Los valores medios de dap y altura por unidad y año se resumen en el Cuadro 2, donde también se presenta la diferenciación estadística entre unidades para el año 2021.

Cuadro 2. Valores medios de DAP (D) y altura (H) por rodal y año.

Localidad	N° de retoños	2016		2018		2019		2020		2021	
		D (cm)	H (m)	D (cm)	H (m)	D (cm)	H (m)	D (cm)	H (m)	D (cm)	H (m)
Lo Carmen	2					3,06	4,87	4,97	6,61	5,86 d	7,89 d
Santa Ángela 3	1	4,01	5,87	8,81	13,04	9,78	14,67			11,12 bc	18,99 bc
Santa Ángela 4	2	4,34	5,92	8,33	13,38	9,22	15,22			10,15 b	18,05 ab
Farellón 1	1	5,08	6,11			11,05	14,22			12,53 a	17,18 bc
Farellón 2	2	4,43	6,05			8,58	13,77			9,45 c	16,48 c
Chacay	2									1,60 e	3,38 e

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

El análisis de varianza para las variables DAP y altura del año 2021 señala la existencia de diferencias significativas entre unidades.

La Unidad Farellón 1, con un retoño por tocón, presenta el mayor resultado en DAP, el cual es estadísticamente diferente del resto de las unidades evaluadas. Respecto a la altura, las unidades Santa Ángela 3 y 4, con uno y dos retoños por tocón, respectivamente, presentan los mayores crecimientos y resultan estadísticamente diferente del resto de las unidades evaluadas.

Se detecta un mayor crecimiento en DAP de las unidades que contaban con 1 retoño en relación a aquellas que contaban con 2 vástagos por tocón. Respecto a la altura se observa un crecimiento similar en todas las unidades, ya sea en rodales con uno o dos retoños tocón, con un menor valor en la unidad Lo Carmen que presenta una menor edad.

A partir de los resultados es posible observar el desarrollo en DAP y altura, donde se registra en promedio un crecimiento anual de 1,7 cm y 2,8 metros en DAP y altura, respectivamente. Los incrementos medios según unidad se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Incrementos medios anuales de DAP (D) y altura (H) por rodal según variable y unidad.

Unidad	Edad	N° de retoños	D (cm)	H (m)
Lo Carmen	4 años	2	1,47	1,97
Santa Ángela 3	6 años	1	1,85	3,17
Santa Ángela 4	6 años	2	1,69	3,01
Farellón 1	6 años	1	2,09	2,86
Farellón 2	6 años	2	1,58	2,75
Promedio			1,7	2,8

Estos valores son comparables con evaluaciones previas en las unidades, los que señalaban valores de 1,9 cm y 1,7 m para el DAP y Altura, respectivamente (Pinilla *et al.*, 2019), siendo similares a los obtenidos para *Eucalyptus globulus* creciendo como monte alto (plantaciones).

La relación DAP-Altura de todas las unidades analizadas en forma conjunta, en el año 2021, se grafica en la Figura 9. La misma relación, pero individualizada para cada unidad en particular se presenta en los gráficos de la Figura 10. En ellas se observa la tendencia normal en este tipo de formaciones en edades jóvenes donde existe una relación directa entre el DAP y la altura.

En relación con la mortalidad, las unidades presentaron una disminución del número de árboles por hectárea a través del tiempo, lo que se puede apreciar en el Cuadro 4.

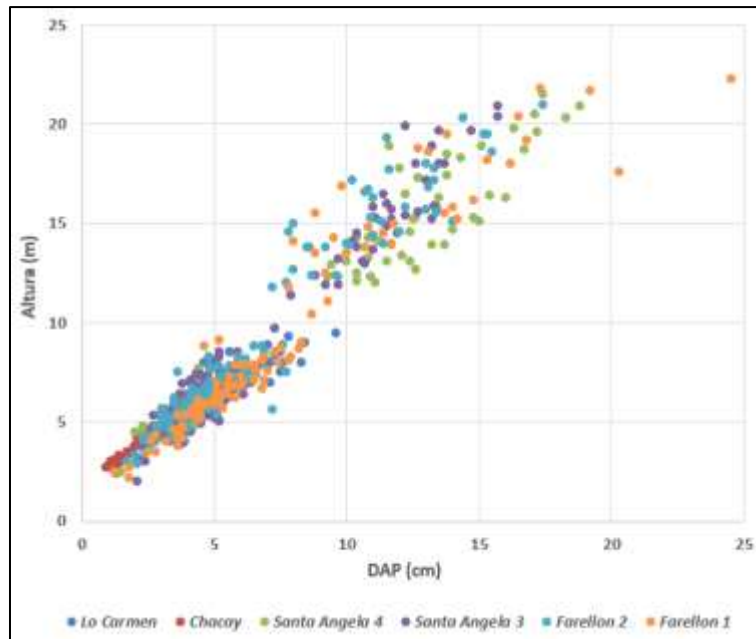


Figura 9. Relación DAP-Altura evaluación 2021.

Cuadro 4. Número de árboles por hectárea por rodal y año de medición.

Rodal	2016	2018	2019	2020	2021
Lo Carmen	-	-	2.600	2.500	2.500
Santa Ángela 3	1.500	1.440	1.440	-	1.400
Santa Ángela 4	2.600	2.560	2.560	-	2.540
Farellón 1	1.360	-	1.320	-	1.320
Farellón 2	2.240	-	2.240	-	2.200
Chacay	-	-	-	-	2.120

En cuanto a la tasa de mortalidad, con respecto al primer año medido, Lo Carmen presenta una mortalidad de 3,9% anual, en donde su primera medición fue en 2019; Santa Ángela 3 presentó la mayor tasa de mortalidad mostrando un 6,7% anual, en un lapso de 5 años; Santa Ángela 4 tiene una tasa de mortalidad anual de 2,3% de los individuos en un periodo de 5 años. Por otro lado, las parcelas establecidas en Farellón, presentaron mortalidades de 2,9 y 1,8% anual.

Las parcelas de Santa Ángela 3 y Farellón 1 son parcelas de un solo vástago, ambas parcelas fueron establecidas el 2016, por lo que ya tienen 5 años desde que se les realizó el manejo. Estas parcelas proyectan en promedio 1.360 árboles por hectárea, con un DAP medio de 11,8 cm y altura promedio de 18,1 m.

Por otro lado, Santa Ángela 2 y Farellón 2, son parcelas de dos vástagos, en rodales de 6 años. Estas parcelas presentan en promedio 2.370 individuos por hectárea, con un DAP medio de 9,8 cm y una altura promedio de 17,3 m. Por último, las parcelas de Chacay y Lo Carmen, son más pequeñas que las antes mencionadas, con 1 y 4 años, respectivamente. Ambas parcelas presentan dos vástagos, en donde Chacay presenta 2.120 árboles por hectárea con 1,6 cm de DAP y 3,4 m de altura, mientras que Lo Carmen cuenta con 2.500 individuos por hectárea, con un DAP y altura media de 5,9 cm y 7,9 m, respectivamente.

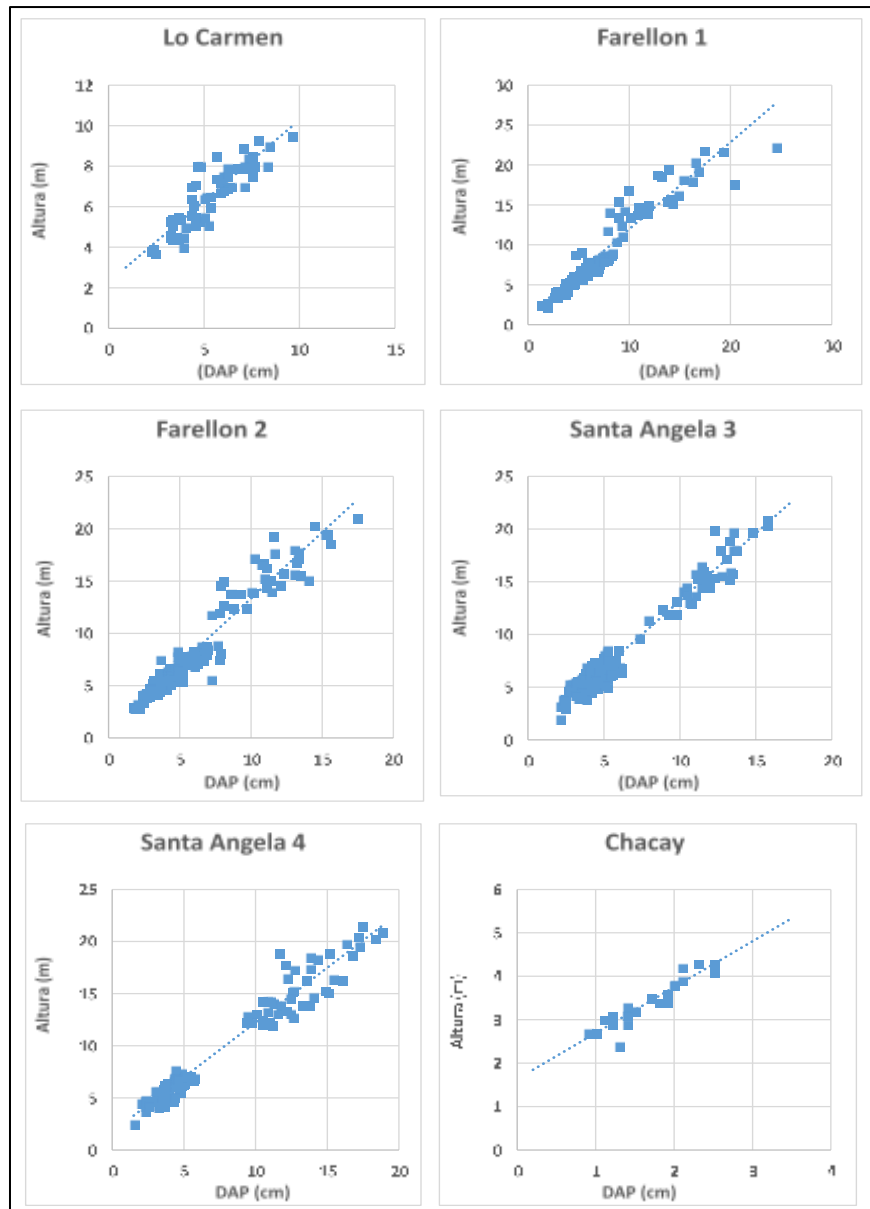


Figura 10. Relación DAP-Altura evaluación 2021 según unidad

Con la información anterior fue posible estimar el volumen individual y por hectárea, utilizando los DAP y alturas promedio por hectárea, utilizando la ecuación de Bahamondez *et al.* (1999):

$$V = 0,00198 + 0,000026756 * DAP^2 * H \quad (1)$$

Donde:

- V = Volumen de árbol individual en m³ ssc para un diámetro límite de utilización de 5 cm
- DAP = Diámetro a la altura del pecho, en centímetros
- H = Altura total, en metros

Los volúmenes estimados se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Volumen promedio por árbol individual según rodal.

Unidad	Edad (años)	N° de retoños	D (cm)	H (m)	Densidad (arb/ha)	Volumen individual promedio (m ³)
Santa Ángela 3	6	1	11,12	18,99	1.400	0,0897659 ab
Santa Ángela 4	6	2	10,15	18,05	2.540	0,1236381 a
Chacay	1	2	1,60	3,38	2.120	0,0022670 c
Lo Carmen	4	2	5,86	7,89	2.500	0,0116001 c
Farellón 1	6	1	12,53	17,18	1.320	0,1043751 ab
Farellón 2	6	2	9,45	16,48	2.200	0,0693536 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Se observa que los valores de volumen para las parcelas de 1 y 2 retoños a los 6 años, presentan valores estadísticamente similares, y diferentes a las unidades de menor edad.

Estimación de Parámetros de Rodal

Los resultados de las principales variables de rodal de los rodales mayores a 2 años y hasta una edad de estimación de 13 años (rotación estimada) se presentan en los gráficos de la Figura 11.

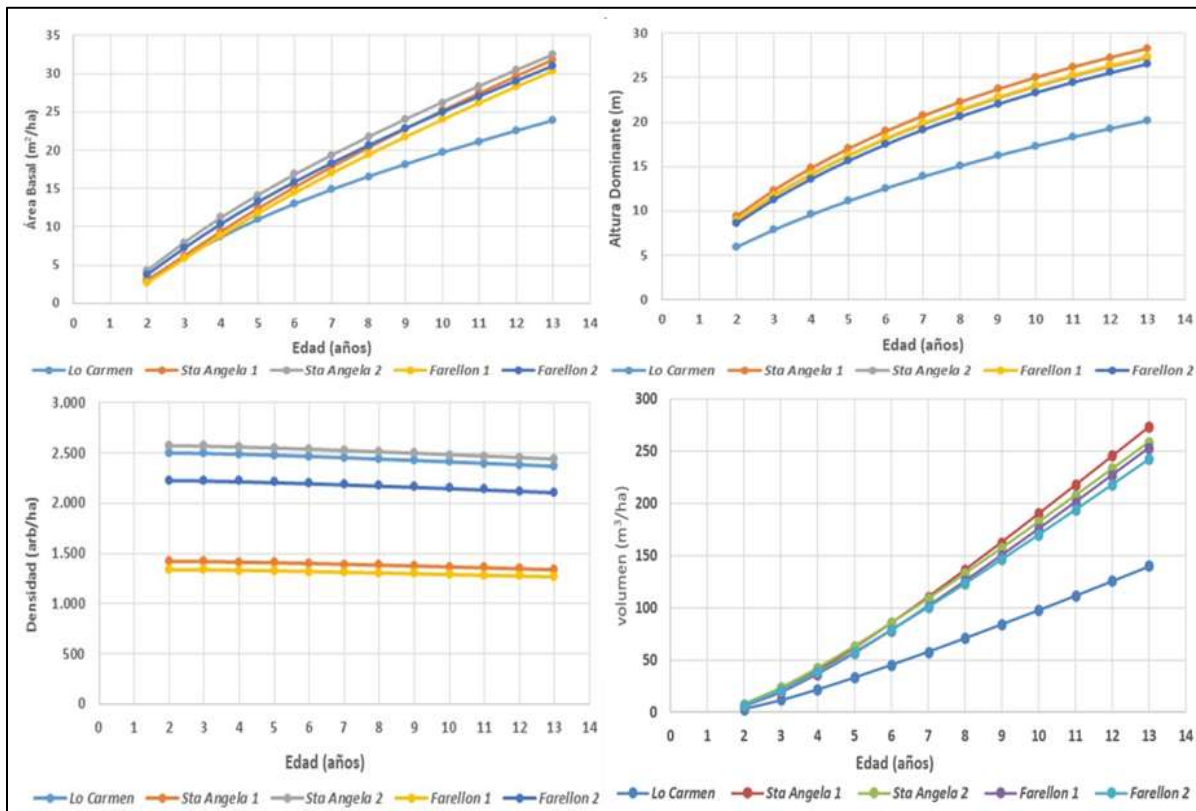


Figura 11. Proyecciones de área basal, altura dominante, número de árboles y volumen por rodal y edad (valores por hectárea)

En función de los datos emanados de la modelación, a la edad de corta de 13 años, el volumen a obtener se estima varía entre los 139 y 274 m³/ha, con una densidad entre los 1.266 y 2.436 arb/ha, y un área basal que oscila entre los 32,5 y 23,9 m²/ha.

Los incrementos corrientes y medios anuales registrado desde las unidades evaluadas se presentan en los gráficos de la Figura 12.

Se presentan incrementos hasta alrededor de los 12 años, con valores cercanos a los 13,1 m³/ha/año, lo que depende de la calidad del sitio donde está establecido el rodal y de su condición.

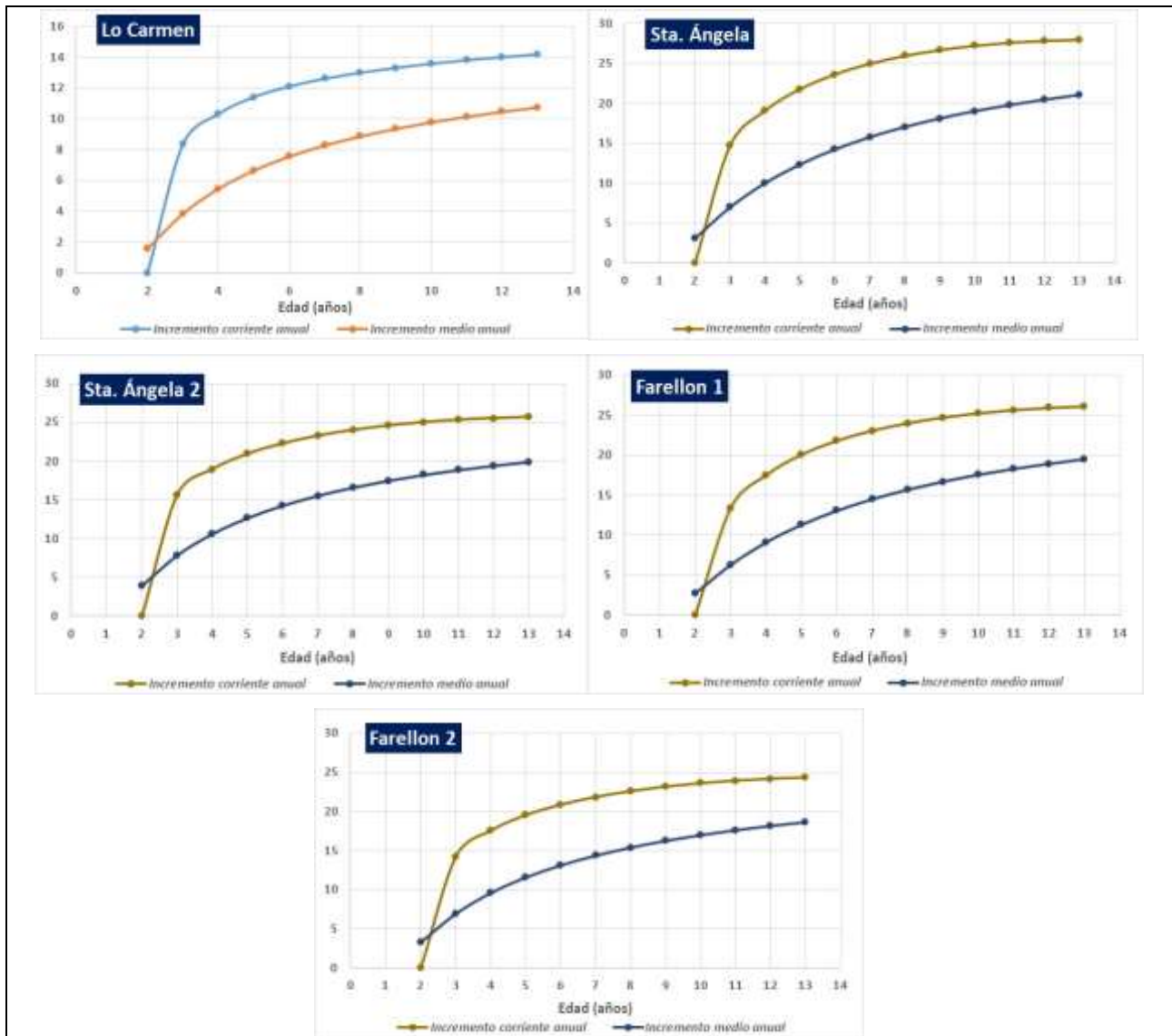


Figura 12. Incremento en volumen estimado en rodales de monte bajo de *Eucalyptus globulus* según edad.

DISCUSIÓN

Eucalyptus globulus es una especie que presenta una gran capacidad de retoñación, lo que permite a los propietarios generar una nueva plantación a través del manejo de los retoños. Este tipo de plantaciones son destinados principalmente a la producción de metros rumas para pulpa, polines y leña. La especie en sitios presenta interesantes rendimientos, expresado en volumen de madera, puede llegar a crecer entre 30 a 40 m³/ha/año equivalente entre 18 y 25 m³/ha/año.

Según la información de INFOR (2021), al año 2019 existen en Chile 580.726 hectáreas de plantaciones de *Eucalyptus globulus*, distribuidas principalmente entre las regiones del Maule a Los Lagos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Superficie de plantaciones de *Eucalyptus globulus* según región (2019).

Región	Superficie (ha)
Coquimbo	2.732
Valparaíso	36.142
Metropolitana	5.164
O'Higgins	45.320
Maule	53.137
Nuble	67.229
Biobío	183.273
Araucanía	145.894
Los Ríos	20.104
Los Lagos	21.731
Total	580.726

(Fuente: INFOR, 2021)

Del total de plantaciones de *E. globulus*, se estima que un 64% pertenece a pequeños y medianos propietarios. Un porcentaje de estas plantaciones, corresponden a crecimiento de segunda rotación, rebrotes de los tocones de la cosecha anterior, denominadas como plantaciones de Monte Bajo. Los propietarios de este tipo de plantaciones, requieren de un conocimiento técnico, que les permita obtener los máximos rendimientos de estos nuevos bosques.

Pinilla *et al.* (2007) mencionan que a partir de la segunda corta es difícil que los brotes puedan superar en producción de madera a una nueva plantación, lo cual también es señalado por otros autores (Andrade *et al.*, 1997; Ayling y Martins, 1981; Camargo *et al.*, 1997; Gonzalez *et al.*, 1997).

Los rodales de monte bajo de *E. globulus* presentan un acelerado crecimiento inicial y rendimientos volumétricos semejantes a los obtenidos para el monte alto (Pinilla *et al.*, 2007). Al respecto, los autores destacan la necesidad de desarrollar herramientas de apoyo para el manejo eficiente del monte bajo con esta especie.

Sobre el manejo de estas formaciones, se señala que basta con dejar uno o dos retoños por tocón para obtener la máxima ocupación de sitio, rendimiento volumétrico, aprovechamiento de los recursos del suelo, disminuir costos y actividades para asegurar el establecimiento y generar a corto plazo un recurso de alta demanda y rentabilidad. La ventaja en este último se manifiesta en obtener diámetros superiores y un menor número de árboles por hectárea, lo que influye a su vez en los costos y eficiencia de la cosecha final (Prado *et al.*, 1990; Toral, 1988; Pinilla, 2005; Pinilla *et al.*, 2007).

Para la adecuada selección del método de regeneración que se utilizará para reestablecer una plantación cosechada, o una pérdida por un incendio forestal, se debe estudiar el crecimiento y productividad de especies forestales sometidas al manejo de la regeneración utilizando diversas metodologías, particularmente la opción del manejo del rebrote de los tocones remanentes, respecto del establecimiento de una nueva plantación

El manejo del monte bajo se vislumbra como una opción adecuada para pequeños y medianos propietarios, principalmente para la producción de pulpa, postes y leña.

Un elemento de decisión para decidir la adopción del monte bajo como mecanismo de regeneración puede ser el establecer el volumen observado en el rodal en esas condiciones, y si este valor se estima cercano a los 125 MR/ha (200 m³/ha aproximadamente), o superior, entonces sería posible reestablecer

el bosque usando el manejo de los retoños. Si no es así, o si no existe una adecuada retoñación de los tocones, es necesario establecer una nueva plantación de *Eucalyptus globulus*.

El análisis de las unidades de monte bajo establecidas en los rodales de la Región del Biobío, indica que entre los 4 y 6 años de edad se observan valores de 8-19 metros de altura y 5,9-12,5 cm de DAP. Estos valores son similares a los reportados para *Eucalyptus globulus* originados de semilla y creciendo en las mismas condiciones. En cuanto a las densidades, se observan valores de 1.320 a 2.500 árboles por hectárea, en una situación de uno o dos retoños por tocón.

En cuanto a los volúmenes estimados, a los 13 años, ellos fluctúan entre los 140 y 270 m³/ha. Este volumen es un indicador del comportamiento de este tipo de rodales, el que depende en gran medida de las condiciones de sitio y de las características del rodal original, siendo el eucalipto susceptible de daños por factores de clima, plagas, suelo, etc.

Respecto al número de retoños manejados por tocón, se observa que las parcelas con un retoño, presentan DAP y alturas mayores con respecto a las parcelas con manejo de dos varas. Respecto del volumen total, las proyecciones indican que las parcelas que conservaron dos retoños por tocón, presentan un rendimiento inferior en relación a parcelas de un solo vástago (Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación de crecimiento según número de retoños manejados en rodales de *Eucalyptus globulus* de 6 años.

Manejo	D (cm)	H (m)	Densidad (arb/ha)	Volumen (m ³ /ha)
1 Retoño	11,8	18,1	1.360	263
2 Retoños	9,8	17,3	2.370	251

El análisis estadístico indica que la Unidad Farellón 1, con un retoño por tocón, presentó el año 2021 el mayor resultado en DAP, el cual fue estadísticamente diferente del resto de las unidades evaluadas, en especial de las unidades con similar edad. En el caso de la altura, las unidades Santa Ángela 3 y 4, con un y dos retoños por tocón, respectivamente, presentan el mayor crecimiento en altura, estadísticamente diferente del resto de las unidades evaluadas, excepto a Farellón 1 que también se encuentra entre las unidades de mayor altura.

En general se observa una baja tasa de mortalidad, e incidencia de daños, los que se deberían a efecto del viento y otros factores del clima.

En estos análisis de la investigación Pinilla *et al.* (2017) mencionan que existen incertidumbres acerca de la productividad y de los efectos del manejo de los retoños que solo podrán ser superadas cuando se cuente con mayor número de mediciones en edades superiores cercanas a los turnos de rotación, agregando que los modelos de estimación para el monte bajo están fuertemente afectados por la edad de la información con que se cuenta.

La información generada se requiere y utiliza en actividades de capacitación y difusión del manejo del monte bajo, lo que, agregado al set de modelos matemáticos para la estimación del crecimiento y productividad, permiten generar un escenario donde los propietarios pequeños y medianos, pueden contar con herramientas que les permiten tomar decisiones al momento de utilizar este tipo de manejo, las oportunidades de cosecha y de negocio a la que se ven expuestos.

Esta información y los modelos generados son un paso más, en un proceso de constante mejora y aumento de amplitud geográfica de aplicación. A ello se debe agregar que los efectos derivados del cambio climático que está afectando el crecimiento y productividad de este tipo de bosques, la información y los modelos de gestión a utilizar, deben estar acordes y ajustados a los nuevos escenarios ambientales.

En el proceso de investigación permanente de INFOR, se considera la mejora de la información y modelos, lo que será posible al contar con mayor número de mediciones y con una mayor densidad de estas para mayores rangos de edad, a fin de establecer si los resultados obtenidos hasta ahora se mantienen o varían en el tiempo.

CONCLUSIONES

El trabajo de investigación en este tipo de rodales permite además de conocer antecedentes acerca del crecimiento, manejo y usos de estos bosques, contar con información que es útil para el desarrollo de herramientas de apoyo para el manejo eficiente del monte bajo de *E. globulus*, lo que permitiría su uso para la estimación y generación de biomasa con fines pulpables o dendroenergéticos, aprovechando ciclos cortos de corta basado en el rápido crecimiento del monte bajo.

Se destaca el interesante crecimiento registrado en la Región del Biobío por el monte bajo de *Eucalyptus globulus* y la necesidad del desarrollo de herramientas de apoyo para su manejo forestal eficiente.

Se registró a edades de 4 y 6 años, valores entre los 8 y 19 metros de altura y diámetros entre los 5,9 y 12,5 cm. En cuanto a las densidades, se observan valores de 1.320 a 2.500 árboles por hectárea, en una situación de uno o dos retoños por tocón. Estos valores son similares a los reportados para *Eucalyptus globulus* originados por semillas creciendo en las mismas condiciones.

En cuanto a los volúmenes las proyecciones indican que a la edad de cosecha de 13 años es posible obtener volúmenes entre los 140 a 270 m³/ha. Ello es un indicador del comportamiento de este tipo de rodales, el que dependen en gran medida de las condiciones de sitio y de las características del rodal original, siendo el eucalipto susceptible de daños por factores de clima, plagas, etc. Se observa que los valores de volumen de árbol individual para las parcelas de 1 y 2 retoños a los 6 años, presentan valores estadísticamente similares, y diferentes a las unidades de menor edad.

Para una mejora permanente de este trabajo y desarrollo de herramientas, se requiere contar con un mayor número de mediciones, mayor cobertura geográfica y por sobre todo con una mayor densidad de estas para el rango de edades que va de los 2 a 15 años de edad.

Esto se hace más evidente y necesario dado las actuales variaciones derivadas de los efectos del cambio climático y que tiene incidencia directa sobre el crecimiento de *Eucalyptus globulus*, dado que es una especie muy sensible a los períodos de estrés hídrico o disminución del rango de precipitaciones. Estas variaciones y su efecto sobre el crecimiento de los rodales sólo pueden ser capturado a través de ciclos de sucesivas mediciones y el análisis de la información respectiva.

Se requiere en este caso de investigaciones que permitan generar la información para hacer más eficiente su manejo, obtención de productos y entregar una aproximación a la estimación de parámetros, que permitan darle un valor económico y promover su manejo adecuado.

Es imprescindible mantener la medición de unidades experimentales para aumentar la base de datos de trabajo y análisis, abarcando además otras áreas geográficas.

REFERENCIAS

- Andrade, H., Benedetti, V., Madaschi, J. & Bernardo, V. (1997). Aumento da Produtividade da Segunda Rotação de Eucalipto em Função do Método de Desbrotas. Serie Técnica IPEF, 11(30): 105-116.
- Ayling, R.D., Martins, P.J. (1981). The Growing of Eucalypts on Short Rotation in Brazil. Forestry Chronicle, 57(1): 9-16. <https://doi.org/10.5558/tfc57009-1>
- Bahamóndez, C., Ferrando, M., Martín, M. & Pinilla, J.C. (1995). Determinación de funciones de volumen y razón de volumen para eucalipto. Documento Instituto Forestal. Santiago.
- Camargo, F., Silva, C. & Stape, J. (1997). Resultados Experimentais da Fase de emissão de Brotação em *Eucalyptus* Manejado por Talhadia. Serie Técnica IPEF, 11(30): 115-122.

- Gonzalez-Río, F., Castellanos, A., Fernández, O., Astorga, R. & Gómez, C. (1997). El Cultivo del Eucalipto. Manual Práctico del Selvicultor. Celulosas de Asturias S.A. Principado de Asturias. 9Sp. <http://agrobyte.lugo.usc.es/agrobyte/publicaciones/eucalipto/indice.html>
- INFOR. (2021). Anuario Forestal 2021. En: <https://wef.infor.cl/publicaciones/publicaciones.php>. Consulta: diciembre, 2021.
- Pinilla, J.C. (2005). La Opción del Monte Bajo para el *Eucalyptus globulus*. En: Chile Forestal, 316. Pp: 26-29.
- Pinilla, J.C., Molina, M.P. & Aguilera, M. (2007). Antecedentes para el uso del monte bajo de *Eucalyptus globulus* en Chile. Ciencia & Investigación Forestal, 13(1): 5-21. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2007.267>
- Pinilla, J.C. (2007). Síntesis de resultados del proyecto FONDEF DO211117 Incremento del negocio forestal a través de modelos de manejo y gestión innovativa para la Pyme forestal: La opción del monte bajo de *Eucalyptus globulus*. Instituto Forestal. Concepción, Chile. 26 p.
- Pinilla J.C., Luengo, K.; Navarrete, M., García, E. y Villarroel, A. (2016). Gestión eficiente de plantaciones forestales orientados a pequeños propietarios forestales. Reporte Regiones del Maule a Los Ríos. Informe de proyecto. Ministerio de Agricultura de Chile. Instituto Forestal, Sede Biobío. Concepción, Chile. 25 p. + anexos.
- Pinilla, J.C., Luengo, K. & Navarrete, M. (2017). Antecedentes para la utilización del monte bajo de *Eucalyptus globulus* en Chile. Avances del programa de investigación. Presentación en 7° Congreso Forestal Español. Placencia, España. 26-30 junio.
- Pinilla, J.C., Luengo, K. & Navarrete, M. (2019). Reporte Productividad del manejo del monte bajo de *Eucalyptus globulus*. Informe trimestral proyecto MINAGRI. 25 p.
- Prado, J.A., Bañados, J. C. & Bello, A. (1990). Antecedentes sobre la capacidad de retoñación de algunas especies del género *Eucalyptus* en Chile. Ciencia & Investigación Forestal, 4(2): 183-190. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.1990.139>
- Toral, M. (1988). El efecto de diversas intensidades de clareo en el crecimiento de monte bajo de *Eucalyptus globulus*. En: Actas Simposio Manejo Silvícola del Género *Eucalyptus*. Viña del Mar, Chile. 9-10 junio, 1988. INFOR-CORFO. Pp: 310-333.



APUNTE

Ensayo de regeneración natural en bosques del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe.

Bastienne Schlegel^{1*}, Sabine Müller-Using¹, Helmut Keim²

¹ Dr. Ciencias Forestales, Instituto Forestal (Los Ríos), Valdivia/Chile, bschlegel@infor.cl; smuller@infor.cl

² Ingeniero Forestal, Consultor Forestal, CORMA Bosque Nativo, hkeimschilling@gmail.com

* Autor para correspondencia

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2022.556>

Recibido: 09.12.2021; Aceptado: 31.01.2022

RESUMEN

Se presenta una síntesis de las variables relacionadas al proceso de regeneración natural de los bosques nativos del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe, incluyendo la importancia de la fuente de semilla, el sustrato y el medio ambiente, para el establecimiento inicial de las especies arbóreas. Esta información es clave para la generación de las propuestas de corta y regeneración de bosques, las cuales deben basarse en la dinámica natural de los mismos.

Aun cuando existen experiencias prácticas asociadas a la evaluación de la regeneración en una primera etapa, en muchos casos tienen limitaciones, pudiendo conducir a conclusiones erróneas en procesos de mediano plazo. Para el análisis del proceso de regeneración asociado a faenas silvícolas a escala operativa, se presenta un ensayo que estudia el establecimiento de la regeneración tras la aplicación de cortas de regeneración de Árbol Semillero y diversos tratamientos al suelo. Se discute respecto de la incertidumbre de las variables que influyen en una regeneración natural exitosa, resaltando el monitoreo de largo plazo como una oportunidad para proporcionar información asociada a los procesos ecológicos que ocurren en ecosistemas abiertos en los cuales interviene la acción antrópica. Sin embargo, también representa un desafío para la investigación aplicada cuyos resultados tienen impacto en la toma de decisiones pública y privada, así como el desarrollo de la política pública asociada al manejo de los bosques nativos.

Palabras clave: Regeneración natural, *Nothofagus*, Roble-Raulí-Coigüe.

SUMMARY

We present a synthesis of the variables related to the process of natural regeneration of native forests of the Roble-Raulí-Coigüe forest type, including the importance of the seed source, substrate and environment, for the initial establishment of tree species. This is key information for the generation of proposals for harvesting and regeneration of forests, which must be based on the natural dynamics of the forests.

Although, there are practical experiences associated with the evaluation of regeneration in its first stage, in many cases they have limitations, which can lead to erroneous conclusions in medium-term processes. For the analysis of the regeneration process associated with silvicultural prescriptions at an operational scale, we present an experiment that studies the establishment of regeneration after the application of seed tree regeneration cuttings and various treatments to the soil. We discuss about the uncertainty of the variables that influence a successful natural regeneration, highlighting long-term monitoring as an opportunity to provide information associated with the ecological processes that take place in open ecosystems with anthropogenic interaction. However, it also represents a challenge for applied research whose results have an impact on public and private decision-making, as well as the development of public policy associated with the management of native forests.

Keywords: Natural regeneration, *Nothofagus*, Roble-Raulí-Coigüe.

INTRODUCCIÓN

La regeneración corresponde a un proceso dinámico que permite la permanencia de los bosques en el tiempo (Veblen & Donoso, 1987; Grubb, 1977). En este proceso, se concatenan una serie de etapas desde el establecimiento de las plántulas, su reclutamiento como árboles en el dosel y posterior

desarrollo como individuos adultos que dominan la estructura de los bosques (Grubb, 1977; Schemske *et al.*, 1994; Clark *et al.*, 1999).

En condiciones naturales, la regeneración de especies del género *Nothofagus* está fuertemente vinculada al régimen de disturbios o alteraciones, lo que se asocia a los modos de regeneración que tienen las distintas especies. Estudios de dinámica natural de los bosques del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe indican que los modos de regeneración de las tres especies principales (roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*N. alpina*) y coigüe (*N. dombeyi*)) están asociados a disturbios naturales de gran escala, como deslizamientos de tierra y caída masiva de árboles por viento, entre otros, lo que da origen a la mayoría de los renovales que caracterizan a este tipo forestal. Los disturbios también pueden tener un origen antrópico, como el caso de los incendios luego de la habilitación y abandono de praderas para la agricultura y ganadería, que eliminan parcial o totalmente la cobertura vegetal y exponen el suelo mineral, proveyendo los nichos adecuados para la regeneración de estas especies de comportamiento pionero (Veblen *et al.*, 1981; Veblen, 1982; Donoso, 1993; Pollmann & Veblen, 2004). Por otra parte, se ha observado que tanto roble como raulí, también pueden establecerse en claros de gran tamaño producidos por caída masiva de árboles por viento (Veblen *et al.*, 1979; Donoso, 1993). A su vez, raulí, especie más tolerante a la sombra que roble y coigüe, regenera con mayor facilidad con cierta protección lateral, como ocurre en los bordes de deslizamientos o en claros dentro del bosque (Veblen *et al.*, 1981).

Las intervenciones silviculturales intentan emular la dinámica natural de los bosques, determinándose de esta manera los distintos esquemas de manejo y métodos de corta y regeneración (Donoso & Lara, 1998). Cualquiera sea la alternativa, las intervenciones deben tener en cuenta la dinámica de regeneración de las especies presentes en el área a intervenir, siendo clave el conocimiento de algunos factores asociados a su primera etapa, donde una nueva cohorte de árboles logra alcanzar atributos que le permite competir por recursos para formar el rodal y continuar con su ciclo de desarrollo. En esta primera etapa se deben considerar las necesidades ecológicas de las especies objetivo, como el tipo de sustrato y ambiente lumínico que permite la germinación y el establecimiento de las plántulas, así como el rol de otra vegetación que pueda ser un obstáculo (competidora) (González *et al.*, 2015, Veblen *et al.*, 1980) o bien una facilitadora (Lin *et al.*, 2014) para el establecimiento de las especies objetivo.

Para el tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe, se permite el uso de los métodos de corta y regeneración de Tala Rasa, Árbol Semillero, Protección y Corta Selectiva (Reglamento Técnico del DL 701 D.S. N° 259), los cuales, dependiendo de la fragilidad del sitio y los objetivos de manejo, permiten regenerar estructuras coetáneas (Tala Rasa, Protección y Árbol semillero) o multietáneas (Corta Selectiva). Sin embargo, en bosques del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe este tipo de cortas con un enfoque de manejo sostenible son una práctica poco habitual, observándose incertidumbre respecto al establecimiento de una regeneración natural exitosa (Müller-Using *et al.*, 2014). Aun cuando existen experiencias prácticas asociadas a la evaluación de la regeneración (Quiroz *et al.*, 2011), en muchos casos representan una impresión momentánea, con limitaciones para extrapolar los resultados, lo que puede conducir a conclusiones erróneas en procesos de corto y mediano plazo, en lo que al establecimiento de la regeneración natural se refiere.

El objetivo de este trabajo es aportar antecedentes respecto a la regeneración de bosques de Roble-Raulí-Coigüe en Chile, proporcionando una síntesis de los factores que la afectan, e información de un ensayo que estudia el proceso en las primeras etapas de regeneración del bosque, tras la aplicación de una corta de regeneración de Árbol Semillero y diversos tratamientos al suelo.

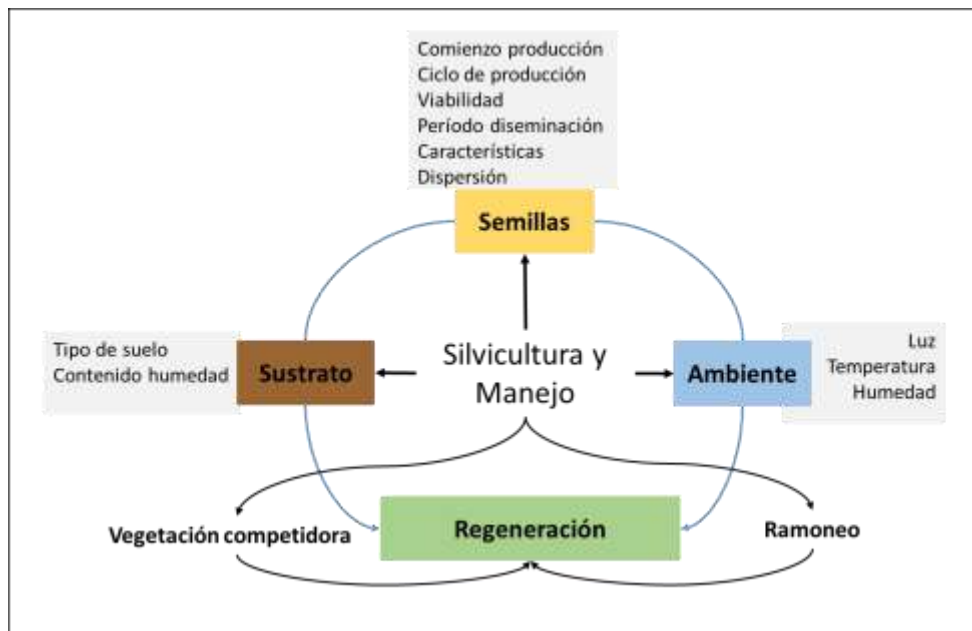
ANTECEDENTES GENERALES SOBRE LA REGENERACIÓN DE BOSQUES DEL TIPO FORESTAL ROBLE-RAULÍ-COIGÜE

En el proceso de regeneración es importante conocer aquellos factores intrínsecos asociados al establecimiento inicial, como lo son la fuente de semillas, el sustrato y el medio ambiente (Daniels *et al.*, 1982) (Figura 1). Esto permite identificar las variables que se pueden manipular y las acciones que se pueden ejecutar para maximizar la probabilidad de éxito en la primera fase del proceso. Por ejemplo, la aplicación de cortas preparatorias (previas a la regeneración) que favorecen la producción de semillas, la

selección de árboles proveedores de semillas, la época de cosecha, el control de patógenos y otras que puedan influir sobre la fructificación. Normalmente la fructificación cíclica de los *Nothofagus* complica la utilización del método de Árbol Semillero, especialmente cuando ocurren años de baja producción de semillas, lo que permite un mayor desarrollo de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas como *Chusquea spp.*, *Aristotelia chilensis*, *Rubus sp.*, y gramíneas, entre otras. Esta situación limita el establecimiento de regeneración de las especies arbóreas deseadas (Quiroz *et al.*, 2011).

Una síntesis de información relacionada con la fuente de semillas de las especies roble, raulí y coigüe se presenta en el Cuadro 1.

Al decidir el tipo de intervenciones silvícolas y el manejo, se debe evaluar también cuáles son las principales variables que afectan el establecimiento inicial de las especies y las alteraciones físicas que podrían ser determinantes para modificar el nicho (Morris, 2003).



(Fuente: elaboración propia)

Figura 1. Factores asociados al establecimiento inicial de las especies y elementos externos que afectan el proceso de regeneración natural.

Además de los factores intrínsecos asociados al establecimiento inicial de las especies, se debe tener en cuenta algunos elementos externos que afectan el proceso de regeneración en una primera etapa, como es la vegetación competitiva y el posible ramoneo. Tanto la competencia de especies arbustivas como herbáceas puede ser un impedimento para especies demandantes de luz, como roble y coigüe. En el caso de raulí, la vegetación arbustiva puede ser facilitadora para su desarrollo, dependiendo del nivel de cobertura. Por ejemplo, densos matorrales de *Chusquea spp.*, compiten fuertemente con especies del género *Nothofagus* (Veblen *et al.*, 1980; González *et al.*, 2002). Por otra parte, el pastoreo de ganado (ramoneo y pisoteo) puede producir un impacto significativo en la regeneración forestal, pudiendo impactar negativamente en la abundancia, composición y calidad de plántulas y brinzales (Vázquez, 2002; Zamorano-Elgueta *et al.*, 2014). Poco se sabe del impacto de otros animales introducidos como ciervos y jabalíes, entre otros. Estos últimos escarban el suelo y pueden afectar la regeneración natural, al remover las semillas y provocar el descalce de las plántulas recién establecidas.

Cuadro 1. Información respecto a semillas de roble, raulí y coigüe.

VARIABLES	SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN DOCUMENTADA
Comienzo de producción de semillas	Roble, raulí y coigüe generalmente comienzan a producir frutos (semillas) entre los 20 y 40 años de edad (Rodríguez, 1990). Sin embargo, observaciones de campo establecen que roble puede presentar una abundante floración a partir de los 10 o 15 años de edad (Donoso, 1993) y raulí a partir de los 23 años (Forestry Commission, 1957, Donoso, 1993).
Ciclo de producción (vecería)	Las tres especies presentan una periodicidad cíclica, con años de alta y baja producción de semillas (Donoso, 2006). Observaciones de campo indican que roble tiene una alta producción cada 2 a 3 años (Becker, 1981; Murúa & González, 1985; Núñez & Peñaloza, 1985; Donoso et al., 1998). Raulí y coigüe, en tanto, tiene una alta producción cada 3 a 5 años (Donoso, 1993).
Viabilidad	En años de alta producción, roble y coigüe presentan sobre un 20% de viabilidad, en cambio raulí, presenta una viabilidad alrededor de un 10% (Burshel <i>et al.</i> , 1976; Becker, 1981). Esta viabilidad es menor en años de baja producción (Burshel <i>et al.</i> , 1976). Por otra parte, datos más recientes no publicados del CTPF ¹ indican una viabilidad de 12,5% para coigüe y de 17% para roble y raulí de semillas recolectadas en la Provincia de Arauco. Roble, raulí y coigüe conforman un banco de semillas transitorio cuyas semillas germinan estrictamente en la primavera inmediata a la diseminación después de atravesar las condiciones frías y húmedas del invierno (Figueroa <i>et al.</i> , 2004). Las larvas del microlepidóptero <i>Perzelia sp.</i> dañan el embrión de las semillas de roble, raulí y coigüe reduciendo considerablemente la viabilidad de éstas (Becker, 1981; Donoso <i>et al.</i> , 1998).
Período de diseminación	Variable según latitud, altitud y exposición (Donoso <i>et al.</i> , 1998). En general se establece que roble presenta su máximo período de diseminación entre enero y febrero (Riveros <i>et al.</i> , 1995), raulí entre marzo y abril (Donoso <i>et al.</i> , 1999) y coigüe entre enero y marzo (Donoso <i>et al.</i> , 1991).
Características (Forma, tamaño)	Las semillas de roble, raulí y coigüe son de tamaño pequeño y presentan pequeñas alas (bialadas o trialadas) (Rodríguez <i>et al.</i> , 1983). El tamaño y peso de las semillas disminuye de norte a sur, y de mayor a menor altitud (Donoso <i>et al.</i> , 1992). En roble el número de semillas por Kg varía entre 50.000 - 150.000 unidades (Donoso <i>et al.</i> , 1992); en raulí entre 75.000 -150.000 (Donoso & Cabello, 1978; López, 1983; Werner, 1987); y en coigüe entre 200.000 - 600.000 unidades por kilogramo (Ordoñez, 1987).
Dispersión	La dispersión de las semillas es principalmente por gravedad, pues por su peso y sus reducidas alas la dispersión por el viento no es efectiva a grandes distancias (Rodríguez, 1990). Un gran porcentaje de las semillas cae a una distancia de 20 metros del árbol productor o a una a dos veces la altura del árbol (Veblen <i>et al.</i> , 1996; Donoso, 1993).

En la fase de germinación y establecimiento de las plántulas, es necesario considerar un sustrato adecuado y un ambiente acorde a los requerimientos de las distintas especies. En el Cuadro 2 se resume información respecto a variables de suelo y ambientales relevantes para la germinación y establecimiento inicial de la regeneración.

¹ Centro Tecnológico de la Planta Forestal, INFOR Sede Biobío.

Cuadro 2. Variables de sustrato y ambiente adecuado para la germinación y establecimiento de plántulas de roble, raulí y coigüe.

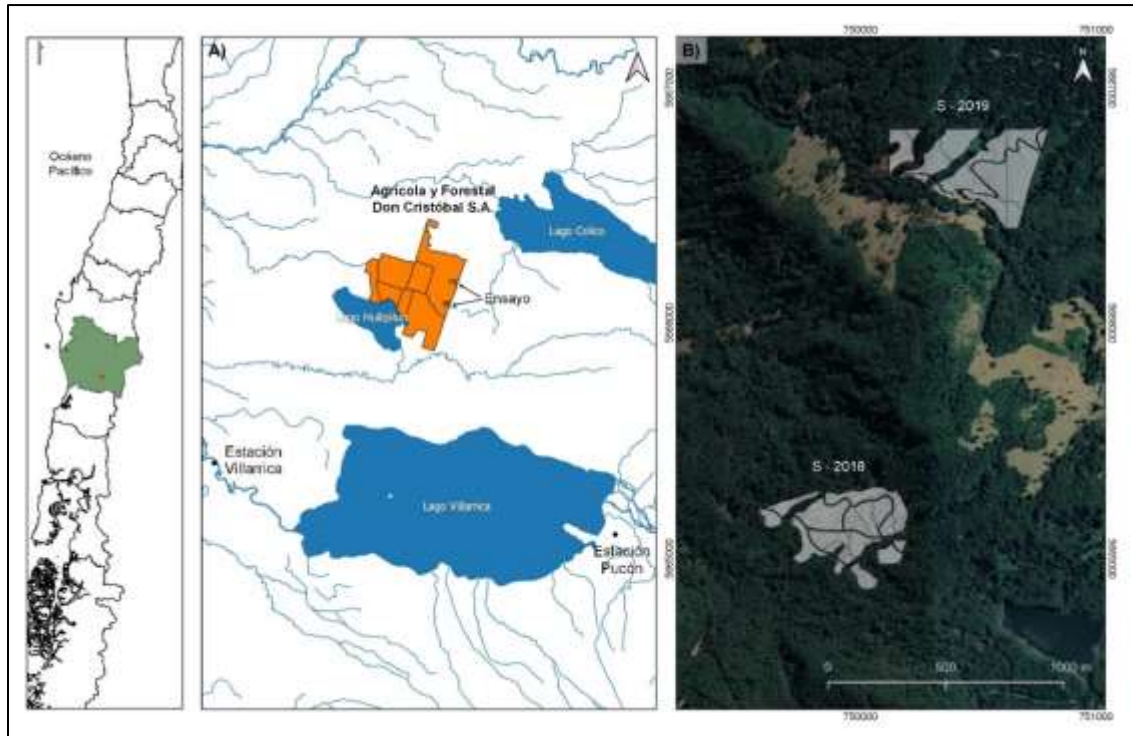
Variables	Síntesis de la información documentada
Tipo de suelo	En el centro-sur de Chile, las tres especies se establecen principalmente sobre suelos minerales (Veblen & Ashton, 1978). Tanto roble como raulí se desarrollan principalmente sobre suelos trumaos profundos y rojo arcillosos. Coigüe es una especie menos exigente y puede establecerse sobre suelos minerales delgados y escoria (Donoso, 2006). Un horizonte orgánico, con un estrato espeso de hojarasca no permite que las raíces pequeñas de las plántulas de roble, raulí o coigüe alcancen el suelo mineral y se secan en la temporada de escasa humedad (Donoso, 2006). En resumen, roble y raulí se desarrollan mejor en suelos de baja densidad, alta aireación y disponibilidad de nutrientes (Donoso <i>et al.</i> , 1999; 2011; 2013; Donoso, 2006; Reyes <i>et al.</i> , 2014). Coigüe puede tolerar una baja fertilidad y crece bien en una amplia variedad de sitios (Donoso <i>et al.</i> 1999; Donoso, 2006), siendo menos sensible a la compactación.
Contenido humedad	Tanto roble como raulí requieren suelos de buen drenaje. Coigüe es capaz de soportar un drenaje restringido, estableciéndose en una amplia variedad de sitios (Donoso <i>et al.</i> , 1999; Donoso, 2006).
Luz (cobertura copas)	Roble y coigüe pueden regenerar bien bajo dosel con una cobertura de copas entre 10 y 20%, mientras que raulí, más tolerante a la sombra, regenera adecuadamente bajo una cobertura de copas de 30-40% (Müller-Using <i>et al.</i> , 2014). Sin embargo, tanto roble como coigüe presentan un mejor crecimiento inicial en condiciones abiertas (Grosse, 1988). Raulí generalmente tiene problemas de desarrollo juvenil en exposición norte y requiere una cobertura semi-abierta para un mejor desempeño (Dezzotti, 2008).
Temperatura y humedad	Altas temperaturas, largas temporadas sin lluvia y exposición al viento limitan la germinación y el desarrollo de las plántulas (Müller-Using <i>et al.</i> , 2014). Raulí se desarrolla en sectores con abundante precipitación todo el año y temperaturas moderadas en verano (Donoso, 1993). Roble y coigüe soportan condiciones más extremas de temperatura y baja humedad en comparación con raulí (Donoso, 2006).

ENSAYO DE REGENERACIÓN

Si bien en los últimos años se han ejecutado cortas de regeneración en renovales de Roble-Raulí-Coigüe (ej. tala rasa en faja), se considera necesario sistematizar la información y evaluar las variables que inciden en el éxito de la regeneración que logra producir una nueva masa forestal de calidad. De esta manera, como una acción conjunta entre un propietario de bosque nativo y el Instituto Forestal, surge el interés de establecer un ensayo de silvicultura aplicada en cortas de regeneración de Árbol Semillero en bosques de segundo crecimiento del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe.

Este ensayo, inserto en un programa de investigación vinculado a la Silvicultura y Manejo de Bosque Nativo en el Instituto Forestal (INFOR), pretende generar información para entender la efectividad del método silvícola y tratamientos de suelo aplicados, en relación a la dinámica de la regeneración, considerando el monitoreo de la regeneración natural de la especie objetivo, la cantidad y periodicidad en la producción de semillas, el efecto de la cobertura arbórea, las especies competidoras y variables de sustrato.

El ensayo se estableció en bosques de segundo crecimiento del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe ubicado en la comuna de Villarrica, Región de La Araucanía, específicamente en el predio denominado Don Cristóbal (3.024 ha), al Norte del Lago Villarrica. Esta zona se caracteriza por un clima templado húmedo, con una precipitación media anual de 2.100 milímetros (estación Villarrica, 39,21°S, 72,29°O) y una temperatura promedio anual de 12,1°C (estación Pucón 39,27°S, 71,95°O) (Figura 2). El ensayo se estableció en dos rodales, S-2018 y S-2019, el primero de 12,28 ha dominado por la especie roble; y el segundo de 12,09 ha, dominado por roble, raulí y coigüe (Figura 2). Ambos tienen aproximadamente 70 años de edad y fueron originados a partir de un incendio ocurrido alrededor del año 1947; se encuentran en terrenos planos a ligeramente inclinados, con suelos profundos a moderadamente profundos derivados de cenizas volcánicas recientes con un alto contenido de materia orgánica en los horizontes superficiales (serie Caburga).



(Fuente: Elaboración propia).

Figura 2. Ubicación del predio Don Cristóbal, comuna de Villarica (A); Ubicación de los ensayos al interior del predio (B).

Antecedentes de Manejo

El Rodal S-2018 fue intervenido el año 2010 mediante un raleo mixto (mezcla de raleo por lo alto y por lo bajo). La corta de Árbol Semillero se realizó entre mayo y diciembre del año 2018. Los tratamientos al suelo fueron realizados en enero de 2019. Para el control de especies competidoras a la regeneración, entre las que destaca *Chusquea culeou* y especies como el maqui u otras, se aplicó herbicida (Glifosato y Garlón) en otoño de 2019. Posterior a la intervención se realizó una plantación a una densidad de ~890 plantas/ha con las especies raulí (75%) y roble (25%).

El Rodal S-2019 no tuvo cortas intermedias previas. La corta de Árbol Semillero se realizó entre septiembre de 2019 y enero de 2020, junto al tratamiento de suelo. Para el control de especies competidoras a la regeneración se aplicó herbicida en el mes de agosto de 2020 (Glifosato y Garlón). Posteriormente, se realizó una plantación a una densidad de ~870 plantas/ha con las especies raulí (60%) y roble (40%). Este rodal consideró, como medida de protección ambiental, la retención variable en bosquetes de 1.000 m² por cada hectárea intervenida. Lo anterior, con el objetivo de lograr un 30% cobertura a escala de rodal.

Los herbicidas Glifosato y Garlón no tienen efecto residual y, por lo tanto, no afecta a las semillas caídas y éstos se aplicaron antes de la emergencia de las plántulas de roble en primavera.

Las variables dasométricas pre y post-cosecha de ambos rodales se resumen en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Principales variables dasométricas pre y post-cosecha de los rodales S-2018 y S-2019.

Variables	S-2018		S-2019	
	Pre-cosecha	Post-cosecha	Pre-cosecha	Post-cosecha
Densidad (N/ha)	532	54	880	31
Área basal (m ² /ha)	37,2	9,83	63,7	7,13
DMC (cm)	30,02	47,3	30,26	54,31
Área copa promedio (m ²)		35,7		23,6
Especies principales	<i>N. obliqua</i>	<i>N. obliqua</i>	<i>N. obliqua/N. dombeyi</i>	<i>N. obliqua</i>
N (parcelas)	5 (500 m ²)	3 (2.500 m ²)	3 (500 m ²)	3 (2.500 m ²)

Nota: Antecedentes pre-cosecha fueron obtenidos a partir del estudio técnico presentado a CONAF.

La intervención silvícola se aplicó con el objetivo de generar una masa forestal homogénea y regular, principalmente a partir de monte alto. Dada las características del bosque y los requisitos de la Ley 20.283, es posible aplicar la corta final a bosques de segundo crecimiento (DMC \geq 30 cm) con el fin de regenerar especies intolerantes a la sombra (Estudio técnico resolución 877/33-13/16). Respecto a los tratamientos culturales y el cumplimiento de lo dispuesto en el plan de manejo, la ejecución técnica de la faena forestal estuvo a cargo del Ingeniero Forestal, coautor de este documento, Sr. Helmut Keim.

En ambos rodales se evidencia la presencia de ciervo rojo y jabalí, cuyo impacto en la regeneración pretende ser controlado con la instalación de un cerco perimetral de 1,8 metros de altura en torno a los rodales.

Tratamientos y ensayo

Después de la intervención de los rodales, se aplicó los tratamientos de preparación de suelo (Cuadro 4), los que consistieron en:

- Balde: Remoción del material orgánico grueso y fino (leñoso y hojarasca) y exposición del suelo mineral. El tratamiento es realizado con una excavadora oruga que retira el material superficial con la parte plana posterior del balde. Este tratamiento se aplicó en fajas de 12 metros de ancho y largo variable, dejando los residuos orgánicos entre las fajas.
- Casilla: Remoción del material leñoso de la superficie del suelo y mezcla de horizonte orgánico con el mineral. El tratamiento es realizado con el balde de una excavadora oruga que penetra y da vuelta el suelo de un volumen aproximado de 0,8 m³. A escala de rodal, este tratamiento se aplicó en casillas distanciadas sistemáticamente cada 4 metros. Los residuos que se ubican fuera de las casillas quedan dispuestos en el mismo lugar.
- Rastrillo: Remoción del material orgánico grueso (leñoso) y exposición parcial del suelo mineral. El tratamiento es realizado con un dispositivo metálico de aproximadamente 2,5 metros de ancho y 3 puntas de 30 centímetros, las cuales barren y ordenan los residuos. Este tratamiento se aplicó en fajas de 12 metros de ancho, dejando los residuos gruesos entre las fajas.

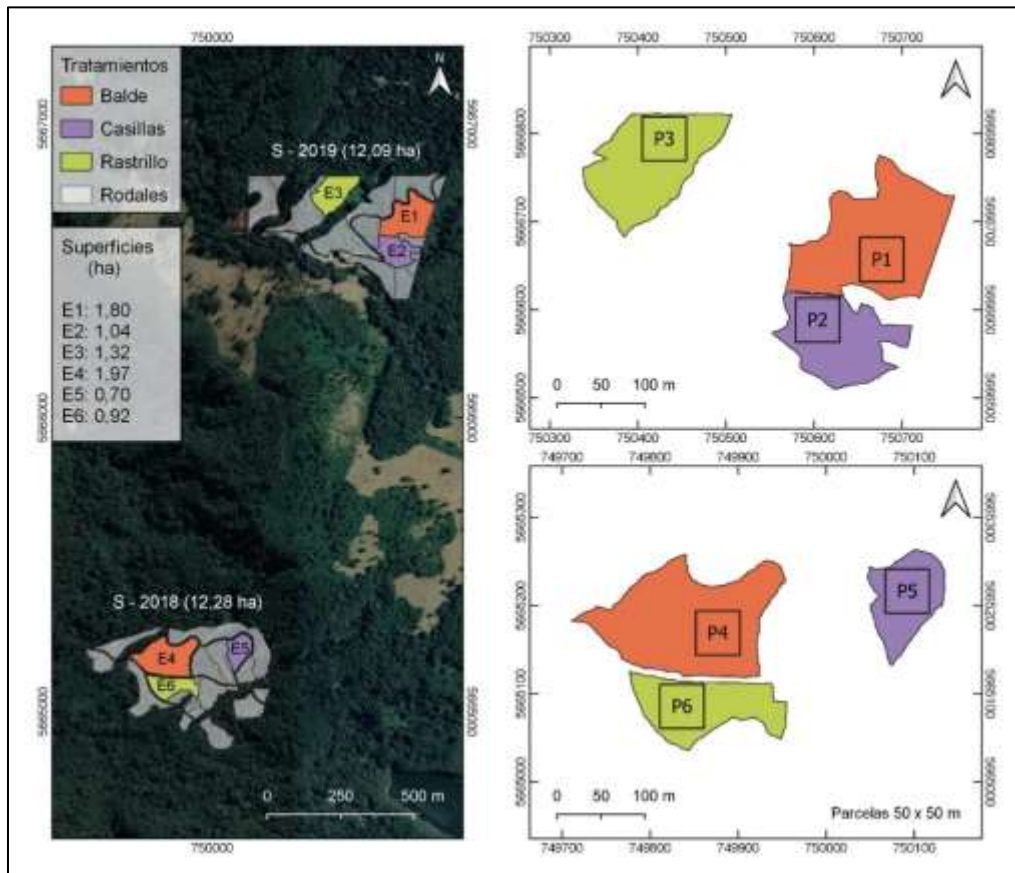
Cuadro 4. Superficie y costos de tipo de preparación de suelo en los rodales S-2018 y S-2019.

Tipo preparación de suelo	S-2018 Superficie (ha)	S-2019 Superficie (ha)	Costo ² (\$/ha)
Balde	7,05	6,81	394.184
Casilla	0,68	1,11	205.882
Rastrillo	2,62	3,06	158.446
Rastrillo e Incorporador Mulcher	1,82	0,99	590.585
Mulcher sobre balde	0,11	-	449.552
Manual en fajas	-	0,12	-
Total	12,28	12,09	-

² Corresponde únicamente al costo de la preparación del suelo el cual se deriva de las horas/máquina utilizadas para la faena.

Respecto a la preparación del terreno, se ha establecido la importancia de eliminar la capa orgánica del suelo, lo que permite controlar la vegetación competidora y crear micrositios (Soto & Puettmann, 2018). Por ejemplo, la eliminación de rizomas de *Chusquea spp.* y la exposición del suelo mineral crean las condiciones para la germinación de las especies de *Nothofagus* (Veblen *et al.*, 1980).

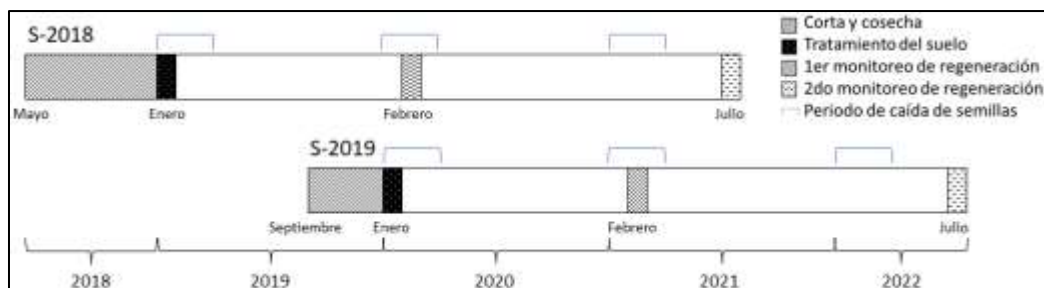
En cada rodal se estableció una parcela permanente de 2.500 m², en las cuales se dispuso 16 subparcelas de 0,25 m² y 8 trampas de 0,25 m² para el monitoreo de la regeneración inicial y semillas, respectivamente. La ubicación de los tratamiento al suelo, así como el establecimiento de las parcelas permanentes se presentan en la Figura 3.



(Fuente: Elaboración propia)

Figura 3. Ensayos y ubicación de parcelas permanentes en los rodales S-2018 y S-2019.

La ocasión en que se realizó las actividades de cosecha, preparación de suelo y monitoreo de los rodales se sintetiza en la escala temporal de la Figura 4.



(Fuente: Elaboración propia)

Figura 4. Línea de tiempo que representa el período de las intervenciones silvícolas, los tratamientos al suelo y las fechas del monitoreo para los rodales S-2018 y S-2019.

Resultados preliminares

Aproximadamente 4 meses después de la germinación de la primavera del año 2019, la regeneración en el rodal S-2018 mostró una alta densidad inicial de roble, donde la mayoría de las plántulas presentó una altura inferior a 10 cm. Tanto para las mediciones realizadas en febrero de 2020 como julio de 2021, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos del suelo, con una densidad de plantas significativamente mayor para Balde ($p < 0,05$). El tratamiento Rastrillo presentó una densidad intermedia y Casillas la menor, sin diferencias significativas entre éstos ($p < 0,05$). Cabe destacar la elevada mortalidad de plántulas que transcurre en los 17 meses, entre la primera y segunda medición, con un 34, 62 y 55% para los tratamientos con Balde, Casillas y Rastrillo, respectivamente (Cuadro 5).

Cuadro 5. Promedio y error estándar del número de plantas de roble en regeneración en el rodal S-2018, desglosado por tratamiento de suelo, estrato de altura de las plantas y fecha de evaluación.

Tratamiento	Fecha	Regeneración (plantas/ha)				Total
		Estrato 1 <10 cm	Estrato 2 10–25 cm	Estrato 3 25–50 cm	Estrato 4 50–100 cm	
Balde	feb20	1.002.500 a (± 207.347)	45.0 00 (± 20.936)	2.500 (-)	-	1.050.000 a (± 209.714)
	jul21	127.500 a (±54.555)	275.000 a (± 76.844)	245.000 a (±66.621)	45.000 (±18.212)	692.500 a (±164.021)
Casillas	feb20	60.000 b (± 26.833)	-	-	-	60.000 b (± 26.833)
	jul21	- b	7.500 b (±4.031)	12.500 b (±8.732)	2.500 (-)	22.500 b (±13.150)
Rastrillo	feb20	170.000 b (± 41.231)	62.500 (± 25.812)	-	-	232.500 b (± 61.125)
	jul21	- b	10.000 b (±7.746)	67.500 b (±32.297)	25.000 (±16.279)	105.000 b (±50.183)

Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

A pesar que el rodal S-2019 estuvo originalmente dominado por roble y coigüe (Cuadro 3), en la primera evaluación la regeneración de estas especies estuvo ausente. Solo se encontraron plantas de olivillo y avellano de origen vegetativo (Cuadro 6). La diferencia entre ambos rodales puede deberse a la baja semillación de *Nothofagus* registrada en el verano de 2021 (Figura 5), así como a las diferentes producciones de semillas (Kg/ha) observadas entre los rodales en febrero de 2020, ocasión en que hubo alta semillación en el rodal S-2018 y muy baja en el rodal S-2019. Esto último puede deberse al mayor desarrollo de las copas asociado a raleos previos, que generaron importantes diferencias entre los rodales (Cuadro 3).

Cuadro 6. Promedio y error estándar del número de plantas en regeneración en rodal S-2019, desglosado por tratamiento de suelo y estrato de altura de las plantas.

Tratamiento	Fecha	Regeneración (plantas/ha)*					Total
		Estrato 1 <10 cm	Estrato 2 10-25 cm	Estrato 3 25-50 cm	Estrato 4 50-100 cm	Estrato 5 100-130 cm	
Balde	feb21	-	-	2.500 (-)	5.000 (±3.416)	2.500 (-)	10.000 (± 5.744)
Casillas	feb21	2.500 (-)	-	2.500 (-)	-	-	5.000 (± 3.416)
Rastrillo	feb21	-	-	-	-	-	-

* Plántulas de olivillo y avellano a partir de rebrotes de tocón.

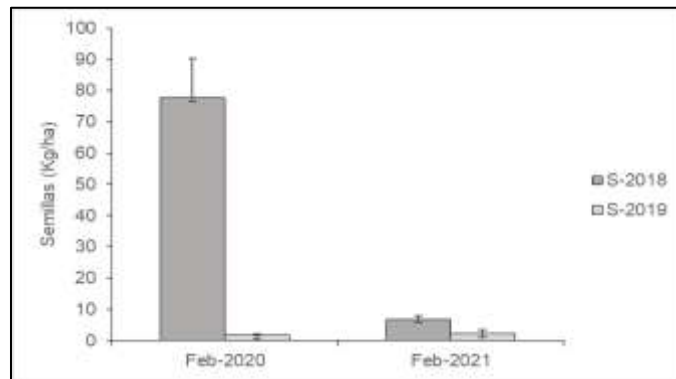


Figura 5. Cantidad de semillas (Kg/ha) recolectadas en febrero de 2020 y 2021 en rodales S-2018 y S-2019.

Los antecedentes respecto a la fuente de semillas y los factores de sustrato y ambiente, derivados de la revisión bibliográfica, muestran la variabilidad de consideraciones a tener en cuenta para la regeneración en su primera etapa. Si bien, se presenta un resumen de la información documentada, esta debe tomarse solo como referencia, ya que también existen otros trabajos que dan cuenta de resultados diferentes, por ejemplo, un ciclo de producción de semillas bienal para coigüe y raulí (Burshel *et al.*, 1976), o ciclos de producción de semillas de coigüe bianuales, con dos años de alta producción seguidos de otros dos de baja producción (Donoso *et al.*, 1991; Muñoz, 1993). Lo anterior, da cuenta de la necesidad del monitoreo de largo plazo para identificar patrones y su relación con las variables climáticas (Marchelli & Gallo, 1999). Por ejemplo, el régimen de precipitaciones en primavera se afirma que tendría efecto en la producción de semillas de esa temporada (Donoso *et al.*, 1998). Por lo tanto, para saber si habrá suficiente semilla para la regeneración natural de *Nothofagus*, es necesario conocer los ciclos de semillación o señales de años de buena semillación, donde es clave entender la fenología de las especies y la influencia de los factores ambientales sobre la floración fructificación, producción y diseminación de semillas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este trabajo presenta información respecto de los factores asociados a la regeneración de bosques del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe en su primera etapa de desarrollo. Si bien, existe información documentada para las tres principales especies que componen este tipo forestal, esta es puntual o proviene de investigaciones de corto plazo. Lo anterior indica la necesidad de realizar seguimiento a los factores determinantes tales como, los ciclos de semillación y las variables que influyen sobre el mismo, por ejemplo, la influencia del clima o tratamientos silvícolas. A lo anterior se suma la variedad de factores que influyen en el establecimiento de las especies tales como el tipo de sustrato y las amenazas que deben controlarse.

El ensayo presentado tiene como propósito hacer seguimiento a largo plazo de los factores que afectan la regeneración, incluyendo tratamientos al suelo incluidos en una propuesta silvícola desarrollada a escala operativa. Si bien, la información presentada muestra señales de un mejor desempeño de la regeneración natural en años de alta semillación, donde el tipo de tratamiento del suelo también tiene un efecto importante, siendo el tratamiento balde el que presenta la más alta regeneración, esta información es preliminar y debe continuar evaluándose a mediano y largo plazo para concluir sobre la mejor alternativa para lograr el reclutamiento de los árboles en el dosel.

El monitoreo de largo plazo en ensayos de silvicultura de los bosques nativos representa una oportunidad para proporcionar información asociada a los procesos ecológicos que ocurren en ecosistemas abiertos en los cuales interviene la acción antrópica. Sin embargo, también representa un desafío para la investigación aplicada, cuyos resultados tienen impacto en la toma de decisiones pública y privada, así como el desarrollo de la política pública asociado al manejo de los bosques nativos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el programa de trabajo INFOR “Silvicultura y manejo de ecosistemas forestales nativos” año 2021, que forma parte de la línea de investigación “Restauración y manejo ecosistémico de recursos forestales nativos”, financiado por MINAGRI.

Se agradece a Joselyn Pinto por la elaboración de las Figuras 2 y 3.

REFERENCIAS

- Becker, J. (1981). Estudio de producción de litter en bosques latifoliados del sur de Chile. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile, Fac. de Ingeniería Forestal. Valdivia, Chile. 181 p.
- Burshel, P., Gallegos, C., Martínez, O. & Moll, W. (1976). Composición y dinámica regenerativa de un bosque vírgen mixto de raulí - coigüe. *Bosque*, 1(2): 55-74. <https://doi.org/10.4206/bosque.1976.v1n2-02>
- Clark, J.S., Beckage, B., Camill, P., Cleveland, B., Hillerislammers, J., Lichter, J., McClachlan, J. *et al.* (1999). Interpreting recruitment limitations in forests. *American Journal of Botany*, 86(1): 1-16. <https://doi.org/10.2307/2656950>
- Daniels, P.W., Helms, U.E. & Baker, F.S. (1982). Principios de Silvicultura. Mc Graw Hill. México.
- Dezzotti, A. (2008). Acumulación y asignación de biomasa en renovales de tres especies de *Nothofagus* en los extremos de un gradiente de luz en claros de un bosque subantártico. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 17. Pp: 18-30.
- Donoso, C. & Cabello, A. (1978). Antecedentes Fenológicos y de Germinación de Especies Leñosas Chilenas. Santiago, Chile. *Ciencias Forestales*, 1(2): 31-41.
- Donoso, C., Escobar, B. & Cortés, M. (1991). Técnicas de Vivero y Plantación para Raulí (*Nothofagus alpina*). Chile Forestal, Doc. Téc. N° 53. 8 p.
- Donoso, C., Escobar, B. & Cortés, M. (1991). Técnicas de Vivero y Plantación para Coigüe (*Nothofagus dombeyi*). Chile Forestal, Doc. Téc. N° 55. 8 p.
- Donoso, C., Escobar, B. y Cortés, M. (1992). Técnicas de Vivero y Plantación para Roble (*Nothofagus obliqua*). Chile Forestal, Doc. Téc. N° 52. 8 p.
- Donoso, C. (1993). Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Ed. Universitaria. Santiago. 484 p.
- Donoso, C. & Lara, A. (1998). Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile. Ed. Universitaria. Valdivia, Chile. 421 p.
- Donoso, P., González, M., Escobar, B., Basso, I. & Otero, L. (1998). Viverización y plantación de Raulí, Roble y Coigüe en Chile. En: Donoso, C. & Lara, A. (Eds). Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile. Ed. Universitaria. Valdivia, Chile. Pp: 177-244.

- Donoso, P., González, M.E., Escobar, B., Basso, I. & Otero, L. 1999. Viverización de raulí, roble y coigüe en Chile. En: Donoso, C. & Lara, A. (Eds). Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile. Ed. Universitaria. Santiago. Pp: 177-244.
- Donoso, P., Muñoz, A., Thiers, O., Soto, D. & Donoso, C. (2011). Effects of aspect and type of competition on the early performance of *Nothofagus dombeyi* and *Nothofagus nervosa* in a mixed plantation. Canadian Journal of Forest Research, 41(5): 1075-1081. <https://doi.org/10.1139/x11-019>
- Donoso, P.J., Soto, D.P., Coopman, R.E. & Rodriguez-Bertos, S. (2013). Early performance of planted *Nothofagus dombeyi* and *Nothofagus nervosa* in response to light availability and gap size in a high-graded forest in the south-central Andes of Chile. Bosque, 34(1): 23–32. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002013000100004>
- Donoso, C. (2006). Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología. Marisa Cuneo Ediciones. Valdivia, Chile. 678 p.
- Figueroa, J.A., León-Lobos, P., Cavieres, L.A., Pritchard, H. & Way, M. (2004). Ecofisiología de semillas en ambientes contrastantes de Chile: un gradiente desde ecosistemas desérticos a templado-húmedos. En: Marino Cabrera H. (Ed). Fisiología ecológica en plantas: mecanismos y respuestas a estrés en los ecosistemas. Ediciones Universidad Católica. Valparaíso. Pp: 81-98.
- Forestry Commission. (1957). Exotic forest trees in Great Britain. Bulletin N° 30. London.
- González, M.E., Veblen, T.T., Donoso, C. & Valeria, L. (2002). Tree regeneration responses in a lowland *Nothofagus*-dominated forest after bamboo die-back in south-central Chile. Plant Ecology, 161. Pp: 59–73. <https://doi.org/10.1023/A:1020378822847>
- González, M.E., Donoso, P.J. & Szejner, P. (2015). Tree-fall gaps and patterns of tree recruitment and growth in Andean old-growth forests in south-central Chile. Bosque, 36(3): 383-394. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002015000300006>
- Grosse, H. 1988. Crecimiento de plantaciones con raulí y roble bajo dosel en dependencia del grado de luminosidad y fertilización. Ciencia & Investigación Forestal, 2(3): 13-30. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.1988.53>
- Grubb, F.J. (1977). The maintenance of species richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. Biological Review. 52. Pp: 107-145. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1977.tb01347.x>
- Lin, N., Bartsch, N., Vor, T. (2014) Long-term effects of gap creation and liming on understory vegetation with a focus on tree regeneration in a European beech (*Fagus sylvatica* L.) forest Ann. For. Res., 57(2): 233-246. <https://doi.org/10.15287/afr.2014.274>
- López, J. (1983). Algunos Antecedentes sobre Producción de Semillas y Técnicas de Vivero para Raulí. CONAF. Depto. Técnico. Región del Biobío. Boletín Téc. N° 1. 31 p.
- Marchelli P. & Gallo, L. (1999). Annual and geographic variation in seed traits of Argentinean Populations of southern beech *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. et Mil. Forest ecology and Management, 121(3): 239-250. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00004-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00004-3)
- Morris, D.W. (2003). Toward an ecological synthesis: A case for habitat selection. Oecologia, 136. Pp: 1–13. <https://doi.org/10.1007/s00442-003-1241-4>
- Müller-Using, S., Martin, M., Müller-Using, B., Rojas, Y., Siebert, H. & Uribe, J.L. (2014). Antecedentes y herramientas para la regeneración del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe. Informe Técnico N° 197.
- Muñoz, M. (1993). Algunos antecedentes sobre propagación de *Nothofagus*. Ciencia & Investigación Forestal, 7(2): 377-389. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.1993.195>
- Murúa, R. & González, L.A. (1985). Producción de semillas de especies arbóreas en la pluviselva valdiviana. Bosque, 6(1):15-23. <https://doi.org/10.4206/bosque.1985.v6n1-02>
- Núñez, P. & Peñaloza, R. (1985). Estudio de raleo y otras técnicas para el manejo de renovales de Raulí (*Nothofagus alpina*) y Roble (*Nothofagus obliqua*). Informe de convenio N° 80. CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003. 109 p.
- Ordoñez, A. (1987). Germinación de las Tres Especies de *Nothofagus* Siempreverde (coigües) y Variabilidad en la Germinación de Procedencias de Coigüe Común (*Nothofagus dombeyi* (Mirb) Oerst) Tesis Ing. Forestal. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile. 134 p. + anexos.
- Pollmann, W. & Veblen, T.T. (2004). *Nothofagus* regeneration dynamics in south-central Chile: a test of a general model. Ecological Monographs, 74(4): 615-634. <https://doi.org/10.1890/04-0004>

- Quiroz, I., García, E., González, M., Lucero, A., Villarroel, A. & Soto, H. (2011). Evaluación y Análisis de los Métodos de Regeneración aplicados en el Tipo Forestal Roble-Raulí-Coigüe de la Precordillera de los Andes de las Regiones del Biobío y de la Araucanía. *INFOR*. 103 p.
- Reyes, J., Thiers, O., Gerding, V. & Donoso, P. (2014). Effect of scarification on soil change and establishment of an artificial forest regeneration under *Nothofagus* spp. in Southern Chile. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14(1): 115-127. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162014005000009>
- Riveros, M., Palma, B., Erazo, S. & O'Reilly, S. (1995). Fenología y flujo de polen en especies del género *Nothofagus*. *PITón*, 57(1): 45-54.
- Rodríguez, R., Matthei, O. & Quezada, M. (1983). Libro Flora Arbórea de Chile. Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Rodríguez, G. (1990). Propagación de *Nothofagus* chilenos por medio de Semillas. *Agro-Ciencia*, 6(2): 119-122.
- Schemske, D.W., Husband, B.C., Ruckelshaus, M.H., Goodwillie, C., Parker, I.M. & Bishop, J.G. (1994). Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. *Ecology*, 75: 584-606. <https://doi.org/10.2307/1941718>
- Soto, D. & Puettmann, K. (2018). Topsoil removal through scarification improves natural regeneration in high-graded *Nothofagus* old-growth forests. *Journal of Applied Ecology*, 55(2): 967-976. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12989>
- Vázquez, D. (2002). Multiple effects of introduced mammalian herbivores in a temperate forest. *Biological Invasions* 4. Pp: 175-191. <https://doi.org/10.1023/A:1020522923905>
- Veblen, T.T. & Ashton, D.H. 1978. Catastrophic influences on the vegetation of the Valdivian Andes. *Vegetation*, 36. Pp: 149-167. <https://doi.org/10.1007/BF02342598>
- Veblen, T.T., Veblen, A.T. & Schlegel, F.M. (1979). Understory patterns in mixed evergreen- deciduous *Nothofagus* forests in Chile. *Jour. Ecol.*, 67. Pp: 809-823. <https://doi.org/10.2307/2259216>
- Veblen, T.T., Schlegel, F.M. & Escobar, B. (1980). Structure and dynamics of old-growth *Nothofagus* forests in the Valdivian Andes, Chile. *Journal of Ecology*, 68. Pp: 1-31. <https://doi.org/10.2307/2259240>
- Veblen, T.T., Donoso, C., Schlegel, F.M. & Escobar, B. (1981). Forest dynamics in south- central Chile. *Jour. Biogeogr.*, 8. Pp: 211-247. <https://doi.org/10.2307/2844678>
- Veblen, T.T. (1982). Growth patterns of Chusquea bamboos in the understory of Chilean *Nothofagus* forests and their influences in forest dynamics. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 109. Pp: 474-487. <https://doi.org/10.2307/2996488>
- Veblen, T.T., & Donoso, C. (1987). Alteración natural y dinámica regenerativa de las especies chilenas de *Nothofagus* de la región de Los Lagos. *Bosque*, 8(2): 133-142. <https://doi.org/10.4206/bosque.1987.v8n2-09>
- Veblen, T.T., Donoso, C., Kitzberger, T. & Rebertrus, A.J. (1996). Ecology of Southern Chilean and Argentinean *Nothofagus* forests. In: Veblen, T.T., Hill, R.S. & Read, J. (Eds). *The ecology and biogeography of Nothofagus forests*. Yale University Press. London. Pp: 293-353.
- Werner, J. (1987). Determinación de Periodos Óptimos de Estratificación para Semillas de Diferentes Procedencias de Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl) Oerst) Tesis Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile. 123 p.
- Zamorano-Elgueta, C., Cayuela, L., Rey-Benayas, J.M., Donoso, P.J., Geneletti, D. & Hobbs, R. (2014). The differential influences of human-induced disturbances on tree regeneration community: a landscape approach. *Ecosphere*, 5(7): 1-17. <https://doi.org/10.1890/ES14-00003.1>



APUNTE

El agua y los ecosistemas boscosos en Chile: información para el desarrollo del sector forestal.

Christian Little C.^{1*}

¹ Instituto Forestal, Fundo Teja Norte S/N, Valdivia, Chile. clittle@infor.cl

*Autor de correspondencia

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2022.552>

Recibido: 18.11.2021; Aceptado 22.12.2021

RESUMEN

Se presenta una sistematización de la información contenida en una serie de trabajos que estudian, a escala de parcelas, el efecto que tienen los bosques nativos y las plantaciones forestales de especies exóticas sobre balance hídrico en la zona centro-sur de Chile. Se establecen algunas relaciones entre las características de dichos ecosistemas boscosos y algunos componentes de la redistribución de las precipitaciones, las cuales dan cuenta de una heterogeneidad de situaciones y resultados. Se entregan algunos antecedentes sobre la eficiencia de las plantaciones de *Pinus radiata* en el uso del agua para la producción de madera, la cual refleja la importancia de la dinámica de la vegetación en el ciclo productivo y su interacción con el clima y el suelo. Se concluye sobre la importancia de distinguir los resultados para interpretar adecuadamente el efecto de la cobertura boscosa sobre el balance hídrico y la necesidad de abandonar las comparaciones entre bosques nativos y plantaciones forestales en base a una conceptualización genérica de éstos. Lo anterior permitirá develar la vocación de uso los territorios, reconociendo que la heterogeneidad ambiental en la cual se desarrollan los ecosistemas boscosos representan una oportunidad para avanzar en desarrollo del sector forestal y los nuevos desafíos de la investigación aplicada en hidrología forestal.

Palabras clave: agua, plantaciones forestales, bosques nativos, madera, ordenamiento territorial.

SUMMARY

This review contain systematized information of different studies at plot scale showing the effect of native forests and forest plantations of exotic species on water balance in the south-central region in Chile. Relationships between the characteristics of these forest ecosystems and some components of rainfall redistribution, shown a heterogeneity of effects and results. Information about water-use efficiency of *Pinus radiata* plantations reflect the importance of vegetation dynamics in the productive cycle and its interactions with climate and soil. The manuscript concludes on the importance of analyzing the results under different perspectives and interpret the effects of forest cover on water balance, as well as the need to abandon the comparisons between native forests and forest plantations based on generic conceptualizations. The foregoing will reveal the potential of territories, recognizing that environmental heterogeneity of forest ecosystems represent an opportunity to promote the development of the forest sector, as well as the solutions to new challenges of applied forest hydrological research.

Key words: water, forest plantations, native forest, timber, land use planning.

INTRODUCCIÓN

Entender el ciclo hidrológico y su relación con los ecosistemas boscosos ha sido una de las principales motivaciones de numerosos trabajos desarrollados en Chile y el mundo en las últimas décadas (Jones *et al.*, 2016). Para ello, comúnmente se ha recurrido al estudio del balance hídrico, siendo la idea central - aplicable a cualquier sistema ecológico inserto en un área geográfica particular- que la suma de los flujos de agua que entran y salen de dicho sistema sea equivalente a cero (Huber *et al.*, 2008). Generalmente dichos flujos son cuantificados a distintas escalas temporales (ej. años, meses, días, horas, etc.) y espaciales (ej. cuencas, parcelas, árboles individuales, etc.), lo cual resulta determinante para entender la transformación del agua en distintos contextos biofísicos y antrópicos (Little & Lara, 2010).

Estudios desarrollados en el centro-sur de Chile han informado de importantes relaciones entre parámetros tales como la edad, densidad o el área basal de los bosques, por ejemplo, con el agua que es interceptada por el follaje de los árboles (Soto-Schönherr & Iroumé, 2016) o la que alcanza a llegar al suelo para ser aprovechada por la vegetación y la recarga de la napa freática (Huber *et al.*, 2008). Estas relaciones, comúnmente revisadas en estudios a escala de parcelas experimentales, dan cuenta de los cambios que ocurren en los componentes del balance hídrico dependiendo del tipo, composición y estructura del ecosistema. Otros enfoques sobre el estudio del impacto de los ecosistemas forestales en el balance hídrico, esta vez como usos de la tierra insertos en cuencas hidrográficas, también muestran relaciones con la cantidad y calidad del agua que fluye a través de los cursos de agua (Iroumé & Palacios, 2013; Little *et al.* 2009; Frene *et al.*, 2020; Álvarez *et al.*, 2019).

Si bien existe abundante información sobre la relación de ecosistemas boscosos y el agua, también se reconocen limitaciones para que esta información responda a preguntas sobre el comportamiento agregado de las escalas temporales y espaciales, o bien para establecer comparaciones en o entre distintos ecosistemas. Lo anterior, dada la compleja interacción de variables que determinan la tasa de evaporación o evapotranspiración neta por parte de la vegetación, como son: las características del suelo (capacidad de agua aprovechable e infiltración) (Abrahamsom *et al.*, 1998), la composición y estructura de la cubierta vegetal (especies, extensión y eficiencia del sistema radicular, superficie foliar, disposición y estructura de las hojas y comportamiento de los estomas) (Huber & García, 1999) y la condición climática (radiación solar, régimen de precipitaciones, temperatura y humedad del aire) (Calder, 1992).

Pese a las limitaciones señaladas anteriormente, en la opinión pública se ha instalado un debate respecto al rol que cumplen los ecosistemas boscosos en el ciclo del agua, observándose visiones contrapuestas sobre los beneficios o externalidades que tendrían las plantaciones forestales de rápido crecimiento o los bosques nativos. Así, preguntas tales como, cuánta agua requieren los árboles para producir madera (Huber *et al.*, 2008), cómo optimizar la producción conjunta de madera y la provisión de agua para otros usos (Jones *et al.*, 2016) o cómo producir la mayor cantidad de madera con el menor consumo de agua, resultan ser nuevos desafíos para la ciencia aplicada.

Considerando lo antes expuesto, esta revisión tiene como objetivo proporcionar una serie de antecedentes técnicos que permitan aportar al entendimiento del rol que cumplen las plantaciones y los bosques nativos en el ciclo del agua y la producción forestal. Para lo anterior, la primera parte proporciona algunos antecedentes que contextualizan la importancia de ambas cubiertas boscosas en el contexto del territorio en que se desarrollan, posteriormente se presenta una revisión de los trabajos desarrollados en Chile en torno al balance hídrico a escala de parcelas, incluyendo un breve análisis de la información contenida en dichos trabajos y, finalmente, se entregan algunas conclusiones y recomendaciones en torno a los nuevos desafíos que enfrenta el sector forestal.

LOS ECOSISTEMAS FORESTALES Y EL AGUA

En Chile, los ecosistemas forestales dominados por especies arbóreas se desarrollan principalmente en la zona centro-sur, sur y Patagonia entre los 33° – 56°S. Estos cubren un área aproximada 17,3 millones de hectáreas, de las cuales un 15% corresponde a plantaciones forestales y el 85% a bosques nativos (INFOR, 2018), siendo estos dos tipos de ecosistemas contrastantes desde el punto de vista del origen, procesos ecológicos y funciones que demanda la sociedad de ellos. En el caso de las plantaciones forestales, en su mayoría están compuestas por las especies exóticas *Pinus radiata* y *Eucalyptus spp.*, establecidas en terrenos de aptitud preferentemente forestal de la Cordillera de La Costa y parte del Llano Central de la zona Centro-Sur de Chile (37° – 41° S). En esta área, las plantaciones presentan elevados rendimientos en términos de la producción de biomasa, razón por la cual se les ha catalogado como plantaciones de rápido crecimiento, cultivándose en periodos cortos entre el establecimiento de los árboles y su cosecha (10 a 25 años) (Cubbage *et al.*, 2007).

En el mismo rango latitudinal en que se encuentran las plantaciones, también se desarrollan bosques nativos. Sin embargo, éstos en su mayoría se encuentran ubicados en la cordillera de Los Andes, mientras que en el Valle Central y la cordillera de La Costa son escasos y presentan problemas de

conservación debido a la elevada presión antrópica en el uso del territorio. Estos bosques han sido clasificados en Tipos Forestales (CONAF *et al.*, 1999) y se caracterizan por presentar distintas asociaciones de especies en función de la interacción de éstas con el clima y el tipo de suelo (Donoso, 1981; Gajardo, 1994; Luebert & Pliscoff, 2004).

La mayor parte de los ecosistemas forestales se encuentran en terrenos de propiedad privada (71% del total) los cuales son utilizados para la producción bienes y servicios, algunos de los cuales se transan en los mercados nacionales e internacionales (INFOR 2020). Para el caso de las plantaciones forestales, la producción de biomasa es la base de la industria de la celulosa y papel, madera aserrada, tableros y otros productos de gran impacto en la economía nacional (INFOR 2020). En el caso de los bosques nativos, la producción de biomasa se destina principalmente a la leña, madera aserrada y astillas para la producción de tableros de partículas (INFOR 2020). Respecto a los servicios, a las plantaciones se les ha asignado un rol en la fijación de carbono atmosférico y la protección del suelo, en tanto a los bosques nativos, una serie de beneficios asociados a la conservación de la biodiversidad, como por ejemplo las oportunidades de recreación, regulación del clima, protección de suelo, provisión de agua en calidad y cantidad, entre otros, como se especifica en la Política Forestal 2015-2035 (Consejo de Política Forestal, 2015).

Pese a los beneficios económicos, sociales y ambientales asociados al uso de los ecosistemas forestales con fines exclusivamente asociados a la producción de biomasa, tanto a los bosques nativos como a las plantaciones forestales, se les ha asignado un conjunto de externalidades que han tendido a relativizar tales beneficios. Uno de los más importantes, y de mayor sensibilidad social, es el impacto sobre el recurso hídrico (agua en calidad y cantidad para satisfacer diversas demandas sociales), sin embargo, más que a las especies que componen los ecosistemas, el impacto estaría asociado a la gestión que realiza el ser humano sobre ellos. En el caso de las plantaciones forestales, la gran extensión de la masa forestal e intensidad de los tratamientos silvícolas (Ej. talas rasas de gran tamaño), la proporción del uso y ubicación de las plantaciones en las pequeñas cuencas hidrográficas, la construcción de los caminos, los esquemas de cosecha, etc., impactan en la cantidad y calidad de agua. Por ejemplo, en la disminución de los caudales observada en cuencas hidrográficas, especialmente en la época estival (Little *et al.*, 2009, Iroumé & Palacios, 2013) y un incremento en el arrastre de sedimentos luego de la cosecha forestal (Iroumé *et al.* 2006, Iroumé *et al.* 2010). Asimismo, en el caso de los bosques nativos, los tratamientos silvícolas, como las cortas intermedias o finales, provocan cambios en las tasas de evapotranspiración (salida de agua del sistema), ya sea por el consumo de agua por parte de los árboles (transpiración) o pérdidas de agua por evaporación desde las copas. Así también, la construcción de caminos genera un impacto en la calidad del agua por el arrastre de sedimentos (Oyarzún *et al.*, 2007).

En resumen, la evidencia científica advierte una estrecha relación entre la composición y estructura de los ecosistemas forestales y el agua. A las plantaciones forestales se le asocia una estructura simple, cuya relación está determinada por la intensidad del manejo silvícola y prácticas de manejo en el ciclo de producción forestal, siendo un elemento clave el corto período entre la forestación y la cosecha de los árboles. Por su parte, a los bosques nativos se les asocia a sistemas complejos que proporcionan los nichos que permiten el adecuado funcionamiento de los ciclos naturales, incluyendo la protección del suelo que almacena y retiene el agua.

La advertencia antes señalada también sostiene que, dada la complejidad inherente a los sistemas ecológicos afectados por el clima (régimen de precipitaciones y temperaturas), la dinámica espaciotemporal del uso de la tierra y la interacción de éstas con las demandas sociales sobre el recurso hídrico, es imposible generar respuestas únicas y generalizadas respecto a la regulación de la cantidad y calidad del agua en función de las características de los ecosistemas. Por el contrario, dichas respuestas deben ser específicas y basadas en la interacción de los ecosistemas y las particularidades de los territorios.

Sistematización de Información sobre Balance Hídrico en los Ecosistemas Forestales de Chile.

Una búsqueda de información asociada a la relación de los componentes del balance hídrico y el tipo de cubierta boscosa en Chile, arrojó que entre los años 1996 y 2006 se desarrollaron 61 estudios (Figura 1).

De ellos, la mayor parte corresponde a ensayos que revisan el comportamiento de la distribución de la lluvia dentro y fuera del ecosistema boscoso, a partir de una propuesta metodológica descrita por Huber *et al.* (2008). Los estudios proporcionan una gran cantidad de información respecto a variables biofísicas, siendo de relevancia la ubicación en el territorio, el estado de desarrollo del ecosistema, la especie dominante, edad, densidad, calidad del sitio (interacción suelo-clima-vegetación), tratamientos silvícolas utilizados, entre otras variables de interés.

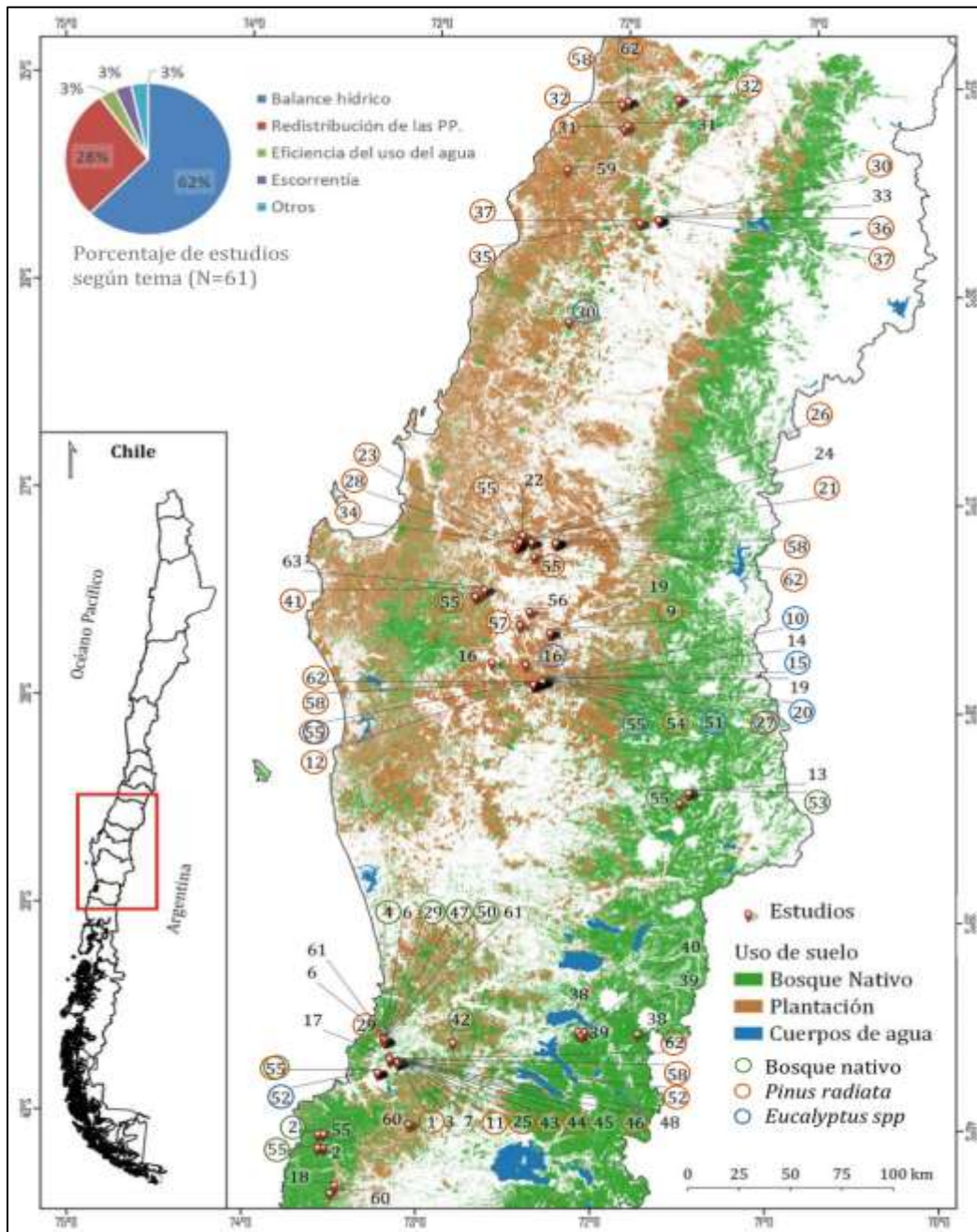


Figura 1. Investigación sobre balance hídrico a escala de parcela experimentales en la zona centro-sur de Chile.

Del universo de estudios se sistematizó toda la información asociada al balance hídrico y se generó una base de datos con 13 hojas de cálculo que dan cuenta de las características de los estudios y los diferentes niveles de información, como es el caso de registros anuales de precipitación y caudales,

componentes de la redistribución de las precipitaciones en escalas estacionales y mensuales, la escorrentía y el contenido de humedad del suelo, entre otros³. Por su relevancia, esta revisión analiza los valores de Precipitación total (Pt), Precipitación directa (Pd) e Intercepción de copas (Ic) de 195 pares de datos agregado a escala anual (año hidrológico) para diferentes ecosistemas forestales, los cuales son presentados en el Cuadro 1. Para un mejor entendimiento de la información se presenta la Figura 2.

Cuadro 1. Identificación de trabajos de balance hídrico a escala de parcelas para diversos ecosistemas boscosos en Chile.

	Pares de datos revisados	Rango latitudinal de los estudios (°lat S)	Rango de edades (años)	Rango de densidad (N/ha)	Identificación de los estudios (ID*)
Plantaciones <i>P. radiata</i>	140	35,1 – 40,0	4 – 26	105– 2.000	1; 9; 11; 12; 21; 23; 25; 26; 27; 28; 29;30; 31; 32; 34; 35; 36; 37; 41; 43; 44; 46; 52; 54; 55; 57; 58; 62
Plantaciones <i>Eucalyptus spp.</i>	27	36,1 -37,9	2 – 9	633 – 1.560	10; 30; 15; 16; 20; 27; 51; 52; 55
Bosques nativos	28	37,5 - 40,1	25 – 600	3.500 – 335	2; 4; 29; 42; 47; 50; 53; 55

* corresponde a ID presentado en Figura 1, cuyo detalle cuantitativo se presenta en la base de datos del material anexo¹.

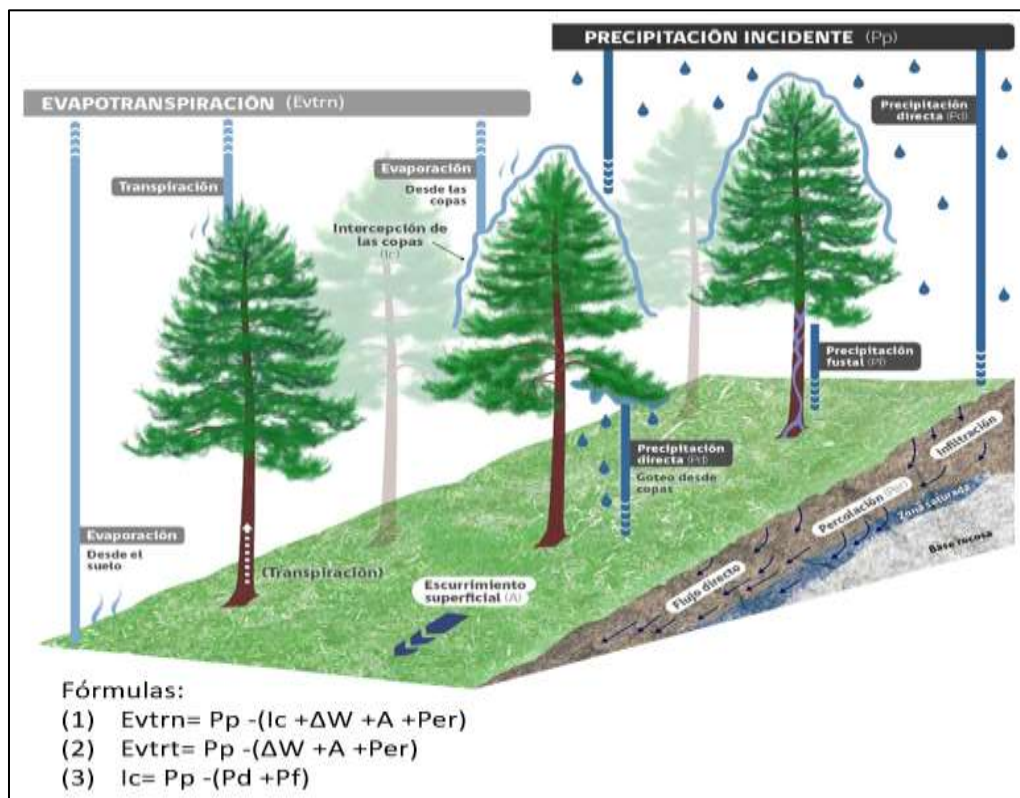


Figura 2. Esquema de transformación del agua al tomar contacto la precipitación con la cubierta boscosa. Evapotranspiración neta (Evtrn), Evapotranspiración total (Evtrt), Intercepción de Copas (Ic), Precipitación incidente o total (Pp), Contenido de humedad del suelo (ΔW), Escurrimiento superficial (A), Percolación (Per), Precipitación directa (Pd), Precipitación fustal (Pf).

³ La base de datos con la información mencionada se puede bajar desde el sitio web de Ciencia e Investigación Forestal, usando el DOI de este documento.

El análisis de los datos muestra una relación directa entre los montos absolutos (mm) de Precipitación Total (Pt), Precipitación Directa (Pd) e Intercepción de Copas (Ic) en función del gradiente latitudinal y longitudinal, relación que se invierte para los montos relativos (%) de esta última variable (Ic) (Figura 3). La tendencia observada responde a las características climáticas del territorio, donde se incrementa la precipitación total a medida que aumenta la latitud (de norte a sur), con variaciones locales en longitud (de oriente a poniente).

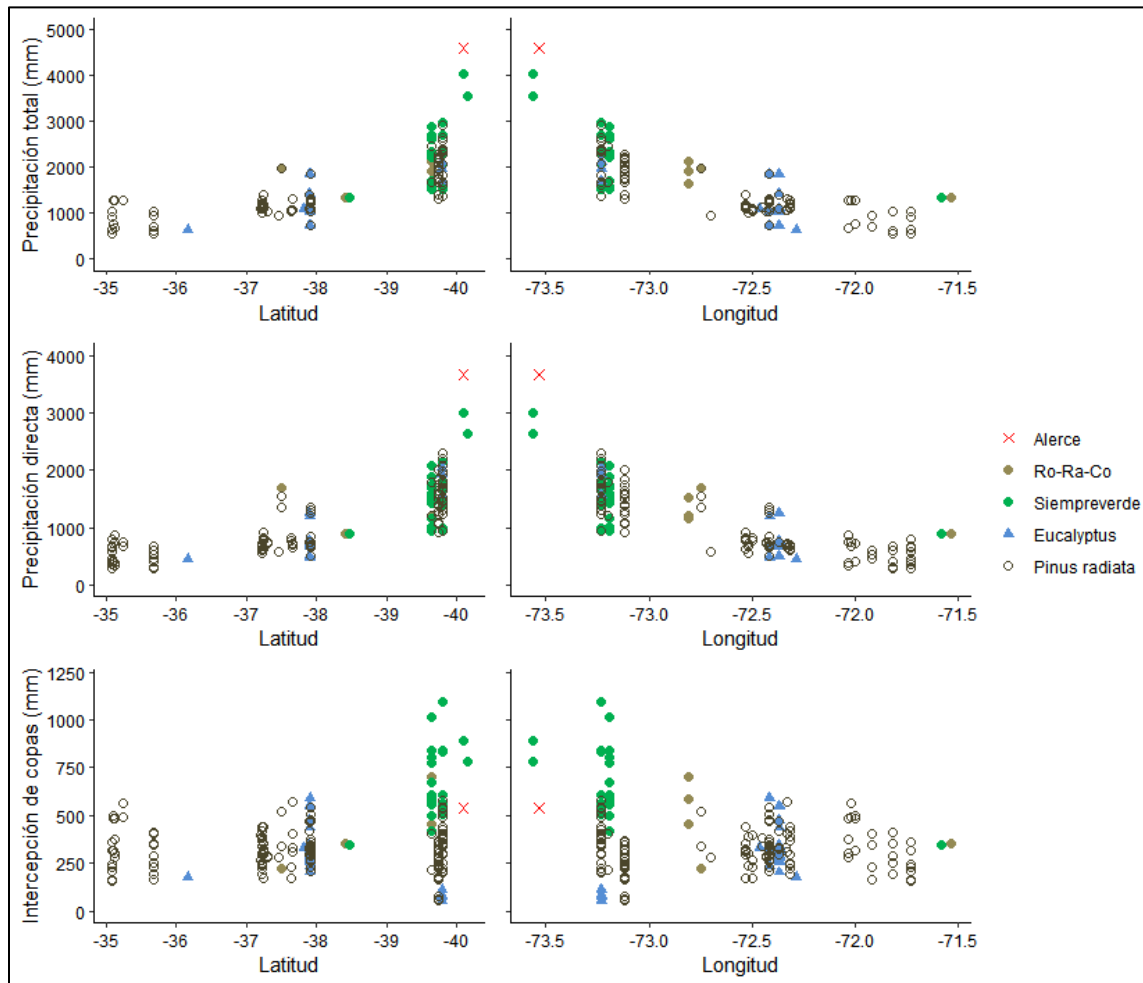


Figura 3. Precipitación total (pt), directa (Pd) e intercepción de copas (Ic) para distintos ecosistemas en el gradiente latitudinal y longitudinal.

En el gradiente latitudinal es posible observar algunas diferencias entre la zona norte (35°-37° S, referencia aproximada: Curicó-Coronel), centro (37° - 39° S, referencia aproximada: Coronel-Pitrufuquén) y sur (39° - 40,5° S, referencia aproximada: Pitrufuquén-Osorno), donde las precipitaciones promedio registradas fueron de 873, 1.154 y 1.835 milímetros, respectivamente. En este gradiente, la tasa más alta de Ic se observa en la zona norte con valores entre un 22 - 46% de la precipitación total, mientras que en la zona centro y sur los valores varían en rangos entre un 11 - 50% y 3 - 37%, respetivamente (Figura 3). Esta tendencia es coincidente con el gradiente de precipitaciones asociado al cambio latitudinal, con una relación positiva entre los montos absolutos de la Precipitación Total (Pt) y la Precipitación Directa (Pd), Precipitación Neta (Pn) (datos no mostrados) e Intercepción de Copas (Ic) (Figura 4).

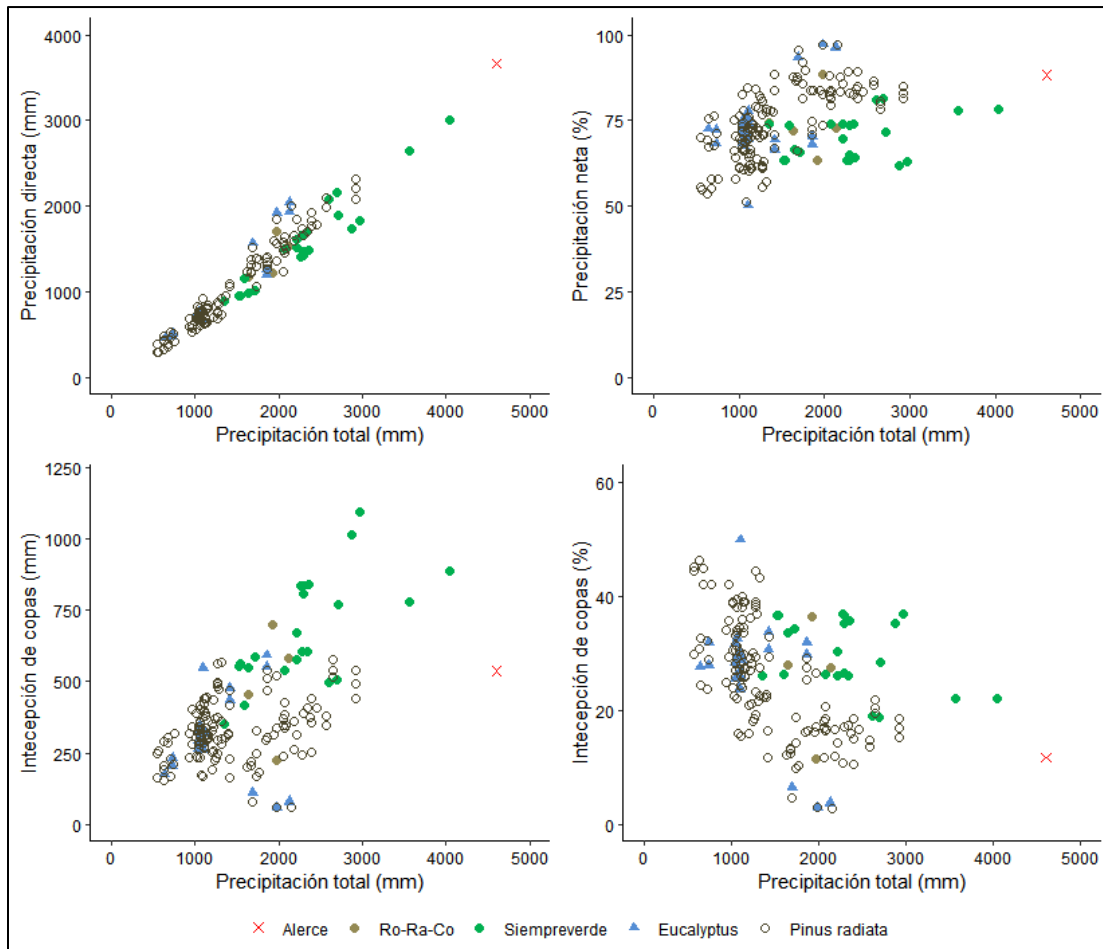


Figura 4. Relación de valores absolutos (mm) y relativos (%) de las precipitación directa e interceccción de copas en función de la precipitación total para diferentes ecosistemas boscosos.

Para el caso de los boques nativos se observa que la I_c varía entre 20 y 40%, siendo valores superiores a los encontrados para las plantaciones adultas en similar condición de pluviometría. Ello advierte diferencias entre la estructura de los ecosistemas, donde para el caso de bosques nativos tienen varios estratos en la cobertura de copas y un sotobosque que incrementa la tasa de interceccción de lluvia. En el caso de las plantaciones, la dispersión de los valores demuestra la importancia de las características particulares de estos ecosistemas, donde factores como la edad y densidad, parecieran jugar un rol en los montos relativos de la P_d e I_c , sin embargo, como generalmente ocurre en el estudio de sistemas abiertos, las relaciones no son del todo concluyentes (Figura 5).

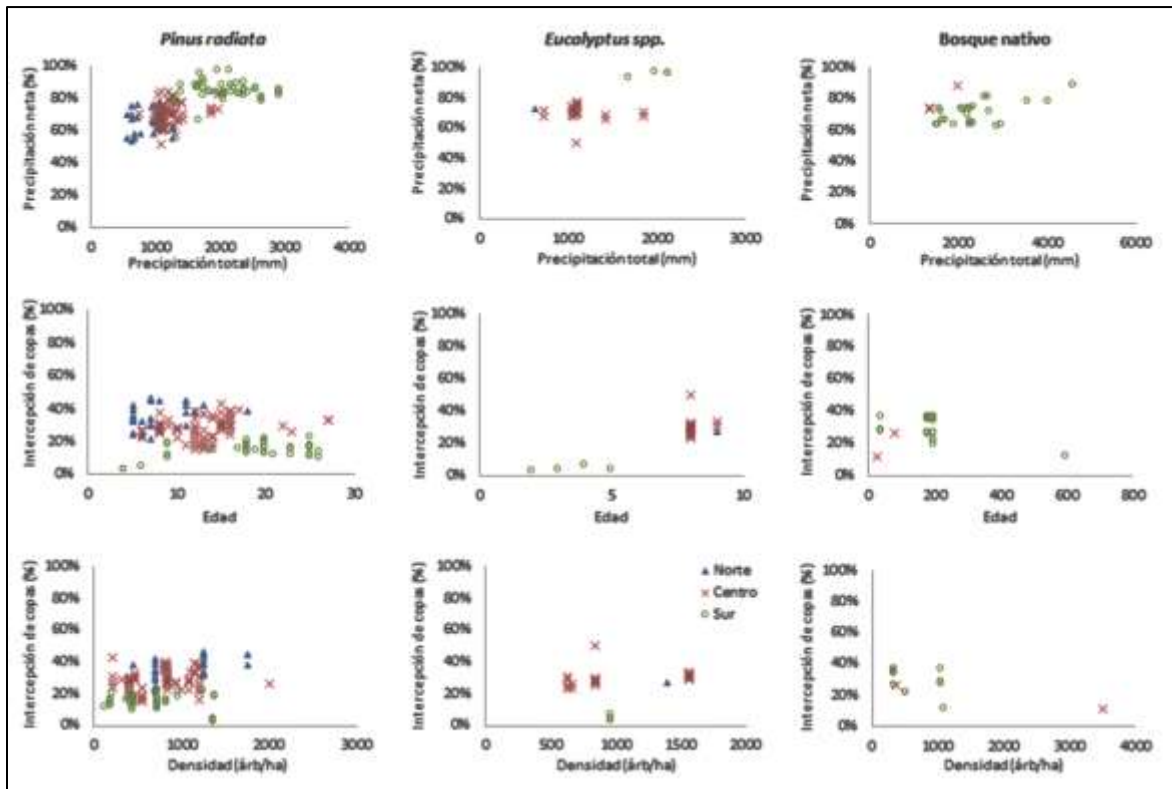


Figura 5. Valores relativos de precipitación neta en función de la precipitación total en intercepción de copas en función de la edad y densidad para plantaciones de *P. radiata*, *Eucalyptus spp.* y bosques nativos en zona norte (arriba), zona centro (al centro) y zona sur (abajo).

Considerando la variabilidad de los resultados observados, es posible inferir que el estado de desarrollo (edad) y la densidad de los ecosistemas boscosos, afectan los componentes de la redistribución de las precipitaciones, sin embargo, estas variables adquieren mayor o menor importancia dependiendo de la ubicación geográfica en se encuentran estos ecosistemas. Un modelo de regresión múltiple explica los montos relativos y absolutos de la Pn e Ic en plantaciones de *Pinus radiata* y muestra esta relación de dependencia, con diferentes niveles de significancia para las distintas zonas de crecimiento (Cuadro 2).

Cuadro 2. Relación entre el monto relativo de la Intercepción de Copas y estructura de plantaciones de *Pinus radiata* y precipitación incidente en la zona norte, centro y sur.

	Zona	Densidad (N/ha)	Edad (años)	Pp total (mm)	R ² adj	F	Df	P
Pn (mm)	Norte	-0,63**	-0,55*	0,97**	0,93	117,21	3,22	<0,0001
	Centro	-0,14	0,27*	0,93**	0,87	152,25	3,63	<0,0001
	Sur	--	0,43*	0,96**	0,92	250,40	2,37	<0,0001
Pn (%)	Norte	-0,62*	-0,48*	0,31	0,43	7,52	3,22	0,0012
	Centro	0,15	0,27*	0,28*	0,11	3,62	3,63	0,0176
	Sur	--	0,42	--	0,15	7,94	1,38	<0,0001
Ic (mm)	Norte	0,63**	0,55*	0,86**	0,84	45,44	3,22	<0,0001
	Centro	0,15*	0,23*	0,49**	0,29	10,22	3,63	<0,0001
	Sur	--	0,47*	0,77**	0,62	32,80	2,37	<0,0001
Ic (%)	Norte	0,62*	0,56*	-0,31	0,44	7,53	3,22	0,0012
	Centro	0,19	0,28*	-0,26*	0,11	3,89	3,63	0,0100
	Sur	--	0,47*	0,31	0,24	7,38	2,37	0,0020

*p<0,005, **p<0,001 para coeficientes de correlación parcial.

Producción de Madera y su Relación con el Agua

En Chile existen dos tipos de ecosistemas forestales contrastantes respecto a los objetivos de manejo y valoración social. Por un lado, a escala mundial los bosques nativos son considerados como de gran importancia dado el alto grado de endemismo y biodiversidad (Olson & Dinerstein, 1998) y por el otro, las plantaciones forestales de rápido crecimiento –principalmente *Pinus radiata* y *Eucalyptus spp*- son altamente valoradas para satisfacer la creciente demanda de fibra y madera para fines industriales (INFOR 2020; Büchner *et al.*, 2018). A escala nacional, los bosques nativos, destinados principalmente a la producción de leña y biomasa para la alimentación de animales de crianza, sobrepasando en muchos casos los niveles de productividad de estos ecosistemas (Reyes *et al.*, 2018), constituyen acciones de degradación que carecen de un cuestionamiento social (Vergara *et al.*, 2019). Por su parte, las plantaciones de rápido crecimiento son cuestionadas por el conjunto de las externalidades propias de una silvicultura intensiva que maximiza la producción de madera en cortos períodos de tiempo, por ejemplo, el caso del efecto sobre la calidad y cantidad de agua que drena desde las pequeñas cuencas hidrográficas (Little *et al.*, 2014).

Comprender los mecanismos que regulan el ciclo hidrológico en los ecosistemas forestales, especialmente en los suelos de aptitud preferentemente forestal destinados a la provisión conjunta de madera y agua, es de suma importancia para planificar el uso de la tierra en el mediano y largo plazo. Por lo tanto, en el contexto del incremento conjunto y sostenido de la demanda por madera y agua a distintas escalas, el desafío es encontrar las alternativas de manejo que maximicen dichas alternativas de uso de los territorios, considerando para ello el efecto que provocan los ecosistemas forestales en el balance hídrico. En otras palabras, al utilizar el agua retenida en el suelo para generar biomasa (madera), los árboles devuelven parte de la precipitación a la atmósfera por la intercepción de ésta en las copas, cambiando el balance hídrico, por ejemplo, a escala de árbol, rodal o cuencas.

Según la información presentada, la variabilidad de la precipitación que alcanza a llegar al suelo o, por el contrario, la intercepción de la lluvia en las copas de los árboles, dependen del tipo de ecosistema boscoso, su manejo y la ubicación en el territorio. Lo anterior indica que una misma especie puede utilizar el agua para producir madera a tasas muy diferentes, con efectos directos en la cantidad de agua que queda disponible para la recarga de la napa freática y los cursos de agua. A modo de ejemplo, utilizando la información disponible para plantaciones de *P. radiata*, se observa que la demanda total de agua para producir madera varía en función de la latitud. En la zona norte la demanda total de agua para producir madera supera el 80% de la precipitación total, llegando incluso a valores cercanos al 98%. Para latitudes medias, los valores tienen un rango aproximado entre 60 y 80%, donde la edad de las plantaciones pareciera tener un efecto en este monto. Los valores más bajos son aquellos encontrados en latitudes altas, con valores que no superan el 50% de la Precipitación Total (Figura 6). Por lo tanto, la ubicación de los ecosistemas forestales en el territorio presenta una variabilidad que acompaña la eficiencia que tienen las especies en el uso del agua para producir madera y también la cantidad de agua que queda disponible para el funcionamiento y conservación de los otros ecosistemas, así como otros usos del agua.

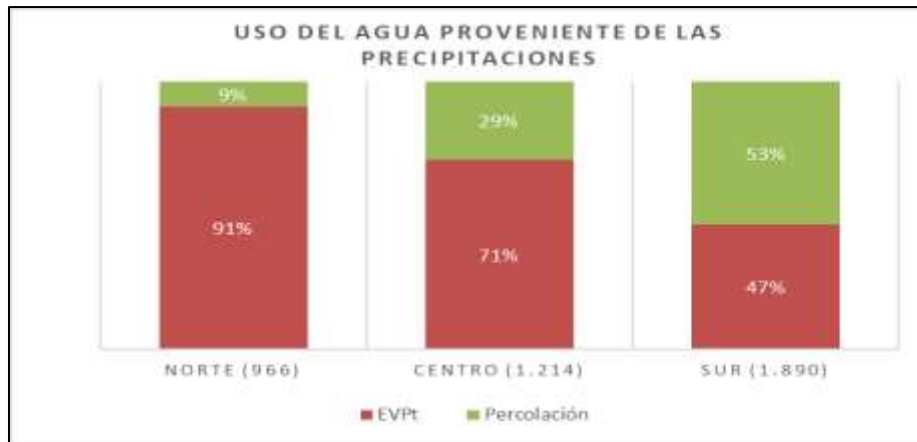
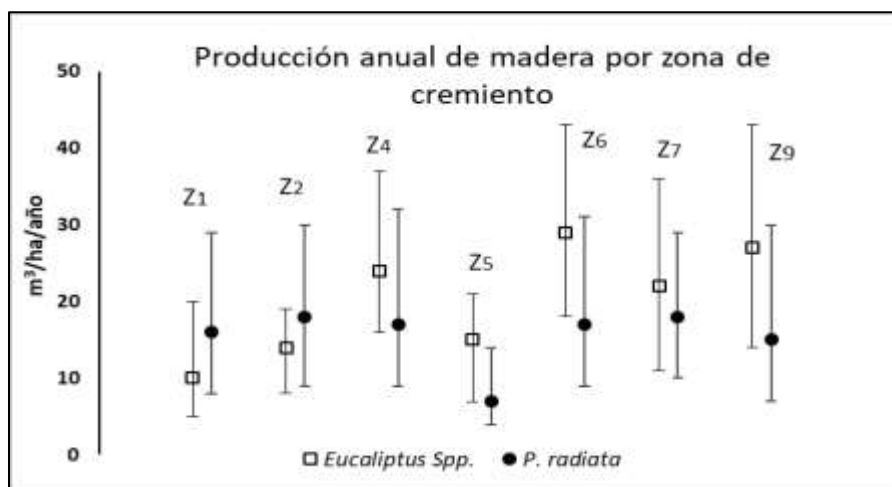


Figura 6. Uso del agua (EVPt evapotranspiración total) proveniente de las precipitaciones en *P. radiata* y percolación (agua disponible para la recarga de la napa freática, acuíferos, cuerpos de agua, conservación y funcionamiento de ecosistemas y otros usos antrópicos del agua).

Según la información presentada en el Cuadro 2, la eficiencia en el uso del agua, entendida como la cantidad de agua necesaria para producir un metro cúbico de madera (m^3 agua/ m^3 madera), estaría fuertemente explicada por el efecto de la edad y densidad de la plantación, además de por variables ambientales, como la temperatura del período estival y las características del suelo. Si bien esta aproximación considera que la producción anual de madera está asociada a la demanda total de agua, entendida como el agua interceptada por las copas de los árboles y la que se consume por fotosíntesis (Evapotranspiración total) (Huber & Trecaman, 2004), también estaría determinada por la productividad de los sitios (clima y suelo) en que se desarrollan los ecosistemas boscosos.

Respecto a las tasas de incremento medio anual en volumen de madera, para plantaciones de *P. radiata* y *Eucalyptus spp.* con distinto manejo (Büchner *et al.*, 2018), se observan valores que resultan determinantes para analizar la eficiencia del uso de agua en relación al manejo, la zona de crecimiento y la calidad de sitio. Estos montos dan cuenta que, para una misma especie como por ejemplo *P. radiata*, en una misma zona de crecimiento el rendimiento puede duplicarse, y si comparamos rendimientos entre especies y zonas de crecimientos, las diferencias pueden ser de hasta $40 m^3/ha/año$ (Figura 7).



(Fuente: Büchner *et al.*, 2018)

Figura 7. Valores de productividad ($m^3/ha/año$) promedio, máximo y mínimo para *P. radiata* y *Eucalyptus spp.*, según zonas de crecimiento y esquemas de manejo. Información a partir Büchner *et al.* (2018), Figura 11 y Cuadro 18.

Información disponible respecto de la productividad en rodales de *P. radiata* con edades de 4 a 23 años y densidades entre 124 y 1.750 árboles por hectárea, indican valores promedios de 10, 20 y 22 m³/ha/año en la zona norte, centro y sur, respectivamente. En estos rodales se estima un consumo total de agua de 872, 854 y 850 milímetros anuales, lo que equivale a 10 veces más en términos de metros cúbicos de agua por hectárea utilizados para producir madera. Por lo tanto, la eficiencia en el uso del agua fluctuaría entre 870, 427 y 386 m³ agua / m³ madera, (Figura 6). Huber & Trecaman (2004), estiman valores de eficiencia de 373 y 1.287 (m³/m³), rangos que estaría fuertemente explicados, además de las variables ambientales como la temperatura del período estival y las características del suelo, por el efecto del raleo que disminuye el número de árboles por hectárea (Huber & Trecaman, 2004).

Aun cuando el análisis anterior entrega una aproximación de la eficiencia en el uso del agua para producir madera, éste no considera la compleja interrelación en organización del ecosistema a distintas escalas (árbol, rodal y cuenca), la cual aún es poco entendida. Sin embargo, esta aproximación podría ser de utilidad para definir zonas donde es más eficiente producir madera por unidad de agua utilizada (m³/m³), así también, implementar esquemas de manejo que maximicen la productividad del sitio.

En otras palabras, aquellas zonas donde el agua proveniente de las precipitaciones es suficiente para satisfacer todos los usos del agua (madera, consumo humano, etc.), es importante realizar un manejo que permita maximizar los niveles de producción de madera, como por ejemplo las plantaciones de pequeños propietarios, las cuales tienen rendimientos muy inferiores (entre 110 a 200%) respecto a las establecidas por la gran industria (INFOR, 2015). Sin embargo, si la gestión del agua es el objetivo principal en el territorio, a expensas de una menor producción de biomasa que la que podría lograrse utilizando especies exóticas, puede ser necesario un equilibrio con árboles de crecimiento más lento, que consumen menos agua, siendo las especies nativas a menudo las más adecuadas (FAO *et al.*, 2021).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La interacción entre los ecosistemas forestales y el agua resulta ser un proceso complejo que incluye todos los aspectos relacionados con el ciclo hidrológico, la estructura y cambios en las formaciones vegetacionales, las propiedades del suelo y las modificaciones que realiza el ser humano sobre dichos componentes de la naturaleza. Estudios de balance hídrico realizados en plantaciones forestales y bosques nativos permiten conocer cuantitativamente las transformaciones del agua cuando estas toman contacto con la masa boscosa, lo cual resulta determinante para entender la interacción como resultado de las características de los ecosistemas en un contexto territorial.

Acorde a la escala espacial y temporal estudiada, los trabajos realizados en Chile muestran resultados concluyentes respecto a las particularidades de las plantaciones forestales, los bosques nativos y el agua. Sin embargo, existe una simplificación de lo que actualmente se entiende por plantaciones o bosques nativos, que no considera la diversidad de situaciones posibles de encontrar en los territorios (especies, edades, densidades, estructuras, etc.). La información presentada en este trabajo respalda dicha variabilidad, de tal manera que realizar comparaciones entre ambos tipos de ecosistemas en base a una conceptualización genérica, pareciera carecer de un sentido lógico. Por el contrario, desprenderse de las comparaciones y entender dicha heterogeneidad, representa una oportunidad para avanzar en los nuevos desafíos de investigación aplicada, incluyendo la necesidad de ampliar los estudios existentes.

Dado el incremento sostenido de la demanda, tanto de madera para abastecer los mercados nacionales e internacionales y el agua para diversos usos, el desafío es generar nuevas propuestas de manejo que tengan un impacto positivo en términos del balance hídrico. Por lo tanto, una discusión sobre esta materia debiera centrarse en cómo utilizar estos ecosistemas en el marco de los objetivos de desarrollo del país o los territorios. Es decir, en áreas de vocación forestal destinadas a la producción de madera, incrementar la producción con el menor impacto en el recurso hídrico, o en suelos de aptitud forestal y sin vegetación arbórea proteger el suelo con plantaciones establecidas con este objetivo donde se manejen con rotaciones largas, talas rasas de menor tamaño o sistemas silvícolas de cubierta permanente.

Finalmente, en áreas con bosques nativos es importante identificar aquellas superficies con prioridades de restauración, con el objetivo de incrementar su biodiversidad y oferta de bienes y servicios ecosistémicos, incluyendo la provisión de agua en calidad y cantidad.

Actualmente se reconoce que la gestión y administración de los ecosistemas forestales debe evolucionar, tanto en las regulaciones jurídicas que deba implementar el Estado, como en la voluntad de los privados para adecuarse a los cambios que permitan enfrentar los nuevos desafíos derivados del cambio climático y global. Ello incluye los planes y propuestas de ordenamiento territorial o de cuencas, donde la restauración a escala de paisaje y utilización de nuevos instrumentos de fomento son objetivos estratégicos planteados en el marco de la Política Forestal en Chile (Documento de Política Forestal 2015-2035).

En relación a los ecosistemas forestales y el agua, se plantean las siguientes recomendaciones o actividades a implementar en el trabajo colectivo de los próximos años:

- Incorporar en los estudios de balance hídrico la integración de las escalas espaciales, enfatizando en unidades homogéneas de vegetación, de cuencas y paisajes.
- Profundizar en el análisis de escalas temporales acotadas, como por ejemplo las diferencias estacionales con énfasis en los meses de menor aporte de precipitaciones.
- Analizar el aporte de investigación desarrollada a escala de cuencas, considerando la variabilidad climática, la expresión territorial, la escala espacial y la temporalidad de los flujos estacionales.
- Incorporar ecosistemas poco estudiados tomando en cuenta los gradientes climáticos.
- Incorporar en los estudios hidrológicos la perspectiva social del recurso, incluyendo programas de monitoreo participativo, como la gestión entre diferentes actores de las cuencas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el programa de trabajo INFOR “Monitoreo de cuencas y otros ecosistemas forestales” año 2021-COD:3041331211, inserto en la Línea de Investigación Ecosistemas Forestales y Agua, financiado por MINAGRI. Por la información sobre productividad en plantaciones forestales se agradece también al programa de trabajo INFOR “Monitoreo y Análisis de la oferta de madera” Año 2021-COD: 3041131211 de la Línea de Investigación Inventario Forestal Continuo.

REFERENCIAS

- Abrahamson, D., Dougherty, P., & Zarnoch, S. (1998). Hydrological components of a young loblolly pine plantation on a sandy soil with estimates of water use and loss. *Water Resources Research*, 34(12): 3503-3513. <https://doi.org/10.1029/98WR02363>
- Álvarez-Garretón, C., Lara, A., Boisier, J.P. & Galleguillos, M. (2019). The Impacts of Native Forests and Forest Plantations on Water Supply in Chile. *Forests* 10(6): 473. <https://doi.org/10.3390/f10060473>.
- Büchner, C., Martín, M., Sagardía, R., Ávila, A., Molina, E., Rojas, Y., Muñoz, J. *et al.* (2018). Disponibilidad de Madera de Plantaciones de *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* 2017 - 2047. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 220. 123 p. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/28294>.
- Calder I. 1992. Hydrologic effects of land-use change. In: Maidment, D.R. (Ed). *Handbook of Hydrology*. New York, USA. McGraw-Hill. Pp: 13.1-13.5.
- CONAF, CONAMA, Banco Mundial, Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile & Universidad Católica de Temuco. (1999). *Catastro nacional de la vegetación nativa*. Santiago.
- Consejo de Política Forestal. (2015). *Política Forestal Chilena 2015-2035*. CONAF-MINAGRI. Santiago, 71 p.
- Cubbage, F., Mac Donagh, P., Sawinski, J., Rubilar, R., Donoso, P., Ferreira, A., Hoefflich, V. *et al.* (2007). Timber investment return for selected plantations and native forest in South America and the southern United States. *New Forests*, 33. Pp: 237–255. <https://doi.org/10.1007/s11056-006-9025-4>
- Donoso, C. (1981). *Ecología Forestal. El bosque y su medioambiente*. Editorial Universitaria. Santiago.

- FAO, IUFRO & USDA. (2021). A guide to forest-water management. FAO Forestry Paper No. 185. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb6473en>
- Frêne, C., Dörner, J., Zúñiga, F., Cuevas, J., Alfaro, F. & Armesto, J. (2020). Eco-hydrological Functions in Forested Catchments of Southern Chile. *Ecosystems*, 23. Pp: 307–323. <https://doi.org/10.1007/s10021-019-00404-7>.
- Gajardo, R. (1994). La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria Santiago.
- Huber, A., Iroumé, A. & Bathurst, J. (2008). Effect of *Pinus radiata* plantation on water balance in Chile. *Hydrological Processes*. (22) 142-148.
- Huber A. & García, G. (1999). Importancia de los factores meteorológicos en la transpiración potencial de *Pinus radiata*. *Pyton*, 65. Pp: 143-152.
- Huber, J.A. & Trecaman, V.R. (2004). Eficiencia del uso del agua en plantaciones de *Pinus radiata* en Chile. *Bosque*, 25(3): 33-43. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002004000300004>.
- INFOR. (2015). Propuesta de acciones para minimizar las brechas en el manejo de plantaciones forestales de pequeños y medianos propietarios. Informe Técnico Final. 285 p.
- INFOR. (2018). Los Recursos Forestales de Chile 2017. En: <https://ifn.infor.cl/>. Instituto Forestal, Chile
- INFOR. (2020). Anuario Forestal 2020. Instituto Forestal, Chile. Boletín Estadístico N°174. 256 p.
- Iroumé, A. & Palacios, H. (2013). Afforestation and changes in forest composition affect runoff in large river basins with pluvial regime and Mediterranean climate, Chile. *Journal of Hydrology*, 505. Pp: 113-125. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.09.031>
- Iroumé, A., Palacios, H., Bathurst, J. & Huber, A. (2010). Escorrentías y caudales máximos luego de la cosecha a tala rasa y del establecimiento de una nueva plantación en una cuenca experimental del sur de Chile. *Bosque*, 31(2): 117-128. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002010000200005>
- Iroumé, A., Mayen, O. & Huber, A. (2006). Runoff and peak flow responses to timber harvest and forest age in southern Chile. *Hydrological Processes*, 20. Pp: 37-50. <https://doi.org/10.1002/hyp.5897>
- Jones, J., Almeida, A., Cisneros, F., Iroumé, A., Jobbagy, E., Lara, A., Paula de Lima, W. et al. (2016). Forests and water in South America. *Hydrological Processes*, 31(5): 972-980. <https://doi.org/10.1002/hyp.11035>
- Little, C., Lara, A., McPhee, J. & Urrutia, R. (2009). Revealing the impact of forest exotic plantations on water yield in large-scale watersheds in South-Central Chile. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.06.011>
- Little, C., Cuevas, J., Lara, A., Pino, M. & Schoenholtz, S. (2014). Buffer effects of streamside native forests on water provision in watersheds dominated by exotic forest plantations. *Ecology*, 8(7): 1205-1217. <https://doi.org/10.1002/eco.1575>
- Little, C. & Lara, A. (2010). Ecological restoration for water yield increase as an ecosystem service in forested watersheds of south-central Chile. *Bosque*, 31(3): 175–178. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002010000300001>.
- Luebert, F. & Plischoff, P. (2004). Clasificación de pisos de vegetación y análisis de representatividad ecológica para áreas propuestas para protección de la ecorregión. Valdivia: Serie de Publicaciones WWF programa Ecorregión Valdiviana.
- Olson, D. & Dinerstein, E. (1998). The Global 200: a representation approach to conserving the earth's most biologically valuable ecoregions. *Conservation Biology*, 12. Pp: 502–515. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1998.012003502.x>
- Oyarzun, C.E., Aracena, C., Rutherford, P., Godoy, R. & Deschrijver, A. (2007). Effects of land use conversion from native forests to exotic plantations on nitrogen and phosphorus retention in catchments of southern Chile. *Water, Air & Soil Poll*, 179. Pp: 341-350. <https://doi.org/10.1007/s11270-006-9237-4>.
- Reyes, R., Nelson, H. & Zerriffi, H. (2018). Firewood: Cause or consequence? Underlying drivers of firewood production in the South of Chile. *Energy for Sustainable Development*. (42) 97-108. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2017.10.006>.
- Soto-Schönherr, S. & Iroumé, A. (2016). How much water do Chilean forests use? A review of interception losses in forest plot studies. *Hydrological Processes*, 30. Pp: 4674-4686. <https://doi.org/10.1002/hyp.10946>

Vergara, G., Schlegel, B., Little, C., Mujica, R. & Martin, M. (2019). ¿Degradación o Degradado? Necesidad de una Propuesta Conceptual para Recuperar la Funcionalidad y Capacidad Productiva de los Bosques. *Ciencia & Investigación Forestal*, 25(1): 69-79. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2019.511>



APUNTE

Evaluación de metodología de extensionismo forestal para incrementar el conocimiento de pequeños propietarios respecto a establecimiento y manejo de plantaciones forestales.

Mauricio Aguilera^{1*}; Edison García¹.

¹Instituto Forestal, sede Biobío. maguilera@infor.cl; egarcia@infor.cl

*Autor de correspondencia

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2022.560>

Recibido: 28.12.2021; Aceptado 07.03.2022

RESUMEN

Se describe y evalúa el efecto de un programa de extensionismo forestal, orientado a disminuir la brecha tecnológica existente en el conocimiento de los pequeños propietarios del centro sur de Chile, respecto a establecimiento y manejo de plantaciones forestales. La evaluación se efectúa 9 meses después de haber terminado el programa de extensionismo, mediante una encuesta que recoge el grado de conocimiento y prácticas efectuadas por los propietarios al término del programa. Tal información se compara con antecedentes de una línea base obtenida previo a la implementación del mismo. La evaluación post extensionismo revela un positivo impacto del programa en el incremento del conocimiento técnico de pequeños propietarios respecto al establecimiento y manejo de plantaciones forestales.

Palabras Clave: Extensionismo, pequeños propietarios, evaluación, brechas, plantaciones forestales.

SUMMARY

The effect of a forestry extension program is described and evaluated, aimed at reducing the existing technological gap in the knowledge of smallholders in south central Chile regarding the establishment and management of forest plantations. The evaluation is carried out 9 months after having finished the extension program, by means of a survey that collects the degree of knowledge and practices carried out by the owners at the end of the program. Such information is compared with antecedents of a baseline obtained prior to its implementation. The post-extension evaluation reveals a positive impact of the program in increasing the technical knowledge of smallholders regarding the establishment and management of forest plantations.

Keywords: Rural extensionism, small owner, evaluation, gaps, forest plantations

INTRODUCCIÓN

En Chile el concepto de extensión rural, o extensionismo, se entiende como una actividad socioeducativa, integrativa, interdisciplinaria y territorial, en la que distintos actores, de acuerdo a los intereses y necesidades de los usuarios, comparten los saberes y conocimientos que permiten enriquecer las prácticas cotidianas del campo, aprendiendo de manera democrática en ambientes propicios para el desarrollo de capacidades y sinergias, con el fin de mejorar la calidad de vida y bienestar de las familias rurales (INDAP, 2018).

Por otra parte, una evaluación, es una valoración objetiva y sistemática de un proyecto, programa o política en ejecución o finalizada, junto con su diseño, implementación y resultados. El objetivo es determinar la pertinencia y el logro de los objetivos, la eficiencia del desarrollo, su efectividad, impacto y sostenibilidad. En este aspecto es necesario avanzar e implementar metodologías de evaluación a los procesos de extensión rural, evaluando sus impactos, avances y recursos involucrados (Christoplos *et al.*, 2012)

Una de las conclusiones relevantes asumida en la reciente Conferencia de las Naciones Unidas por el Cambio Climático, en su vigésimo sexta Conferencia de las Partes (COP 26), realizada en Escocia, es el compromiso de detener y revertir la deforestación y degradación de la tierra para el 2030, compromiso firmado por 130 países y que supone un financiamiento de 19.000 millones de dólares que abarca el 85% de los bosques del mundo y una meta de 3.700 millones de hectáreas (Mollins, 2021). En concordancia con este escenario, en Chile el Consejo de Política Forestal, en su agenda 2015-2035 establece una meta de forestación de 500.000 nuevas hectáreas al año 2035 (Minagri, 2015), meta actualmente muy lejana y sin programa asociado a su ejecución y avance. No obstante, cualquier avance en plantaciones en patrimonio de pequeños propietarios, requiere un traspaso de conocimiento y tecnología más directo y cercano a los habitantes de los territorios rurales.

El Instituto Forestal ejecutó el proyecto INNOVA BIOBIO “Agente de difusión y extensión tecnológica para pymes y propietarios forestales de la Región del Biobío”, durante el cual realizó una serie de actividades orientadas a la identificación y disminución de brechas tecnológicas en el segmento de pequeños productores de la Región del Biobío y Ñuble durante los años 2013 a 2016.

El diagnóstico inicial respecto del nivel de conocimiento de pequeños propietarios forestales de la Región del Biobío y Ñuble, señala que poseen un nivel muy bajo de conocimiento técnico en labores de establecimiento y manejo de plantaciones forestales (Aguilera *et al* 2019; Aguilera *et al* 2020). En este escenario se ejecutó una serie de actividades de extensionismo para aumentar el conocimiento técnico que los pequeños propietarios, particularmente de la provincia de Arauco, poseen respecto al establecimiento y manejo de plantaciones forestales.

En este documento se evalúa la efectividad e impacto de las actividades de extensionismo ejecutadas en el marco del proyecto mencionado, en términos del incremento de conocimiento y la adopción de tecnologías de establecimiento y manejo de plantaciones forestales por parte de pequeños propietarios de la provincia de Arauco, Región del Biobío.

MATERIAL Y MÉTODO

El área de trabajo se estableció en la Provincia de Arauco, Región del Biobío, en las comunas de Cañete, Los Álamos y Lebu. El estudio se realizó entre los años 2015 y 2016.

La Provincia de Arauco se emplaza en el sector sur poniente de la Región del Biobío, entre los 37°10´ y 38°34´ S, y los 73°0´ y 73°41´ O.

El sector de estudio presenta un clima templado infratermal homotérmico, mediterráneo húmedo de litoral, el régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio entre una máxima de enero de 19,9°C y una mínima de julio de 6,2°C. El período libre de heladas es de 320 días, con un promedio de 2 heladas por año. El régimen hídrico presenta una precipitación media anual de 1.261 mm, un déficit hídrico de 411 mm y un período seco de 4 meses. La fuerte influencia marina determina una atenuación del régimen térmico, con un verano fresco e invierno benigno (Agrimed – U. de Chile, 2017).

De acuerdo a lo expresado en Aguilera *et al.* (2019), en el marco del proyecto INNOVA BIOBIO se crearon grupos de trabajo que se configuraron a partir de la información entregada por los programas permanentes de apoyo rural presentes en el territorio. Para el caso de las comunas en estudio se tiene al Programa de Desarrollo Local (PRODESAL) y Programa de Desarrollo Territorial Indígena (PDTI). La condición de las personas que apoyan estos programas es que sean usuarios de INDAP conforme a su definición en la ley N°18.910, de esta forma se asegura por parte del estudio la condición de pequeño propietario que persigue como sector objetivo.

Los criterios definidos para la selección de las personas fue que en sus predios tuvieran una plantación forestal de al menos 0,5 ha de cualquier edad, o que existiera en sus predios un terreno de aptitud forestal para establecer una plantación forestal con especies exóticas.

Bajo este esquema se definió tres grupos de trabajo en el territorio, dos en la comuna de Cañete (64 personas) y uno considerando las comunas de Los Álamos y Lebu (27 personas).

Actividades Contempladas en el Proceso de Extensión Forestal

La intervención de extensionismo forestal contempló diversas actividades las que fueron identificadas como:

- *Cursos y Día de Campo.*

Se realizaron 2 cursos de capacitación en la Provincia de Arauco, un curso de Establecimiento de Plantaciones Forestales y un curso de Manejo de Plantaciones Forestales. Cada curso contempló una jornada completa de capacitación, dividida en una parte teórica en sala y una parte práctica de salida a terreno denominado "Día de campo". En sala se expuso 3 o 4 charlas técnicas relacionadas a la temática correspondiente, las que fueron especialmente preparadas en forma y fondo para el mayor entendimiento de los participantes convocados. Luego, en la jornada de la tarde se visitó un predio de pequeños propietarios con presencia de plantaciones forestales, que permitiera observar en terreno gran parte de los conceptos conversados en sala. A cada integrante del grupo comprometido a participar se le entregó personalmente una invitación a los cursos citados, con al menos 7 a 10 días de anticipación.

- *Manual de Trabajo.*

A cada asistente a los cursos se le entregó un manual de establecimiento de plantaciones y otro de manejo de plantaciones, los cuales fueron preparados especialmente para este proyecto en consideración a un material de apoyo efectivo para los destinatarios del conocimiento. Se trató de documentos que fueron preparados en función del destinatario final, haciendo hincapié en lo didáctico, figuras e imágenes autoexplicativas, y un texto simple pero apegado a los principios técnicos de cada materia.

- *Visitas a Terreno.*

A más del 90% de los participantes en las actividades de capacitación se les realizó al menos una visita a sus predios, ocasión en que se observó, en conjunto con los propietarios, el recurso o potencialidad forestal de su terreno. En el caso de existencia de plantaciones forestales, se realizó una evaluación cuantitativa y cualitativa de lo observado, y se entregó recomendaciones técnicas pertinentes en función de las observaciones más evidentes que se desprendían de la visita.

- *Plantación Forestal.*

En gestión realizada por el proyecto con las empresas asociadas, se logró obtener donación de plantas de pino (*Pinus radiata*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*) durante dos temporadas de plantación, 2015 y 2016. De esta forma se logró favorecer a un número acotado de participantes del proyecto con un número determinado de plantas para su predio. Especialmente se benefició a los propietarios interesados con suelos de aptitud forestal disponible para plantar. La instancia fue aprovechada por el equipo del proyecto para realizar una capacitación *in situ* con los propietarios beneficiados, a los cuales se les explicó detalladamente en forma práctica y en conjunto con cada uno, los cuidados, formas y procedimiento para realizar el establecimiento de la plantación forestal.

- *Acompañamiento.*

Se realizó acompañamientos a labores forestales específicas de algunos propietarios por parte del equipo técnico del proyecto, ocasión en que se ejecutó distintas actividades forestales. Se concretó acompañamiento a las plantaciones forestales efectuadas, se realizó además marcación de raleo en conjunto con los propietarios, se visitó zonas potenciales de desarrollo forestal en sus predios y se realizó un seguimiento a cada una de estas labores efectuadas durante la duración del proyecto.

Metodología de Evaluación del Proceso de Extensión Forestal

La evaluación del proceso de extensión, se desarrolló en base a la construcción de una encuesta semiestructurada de carácter técnico forestal, para sondear el grado de conocimiento adquirido por los beneficiarios del proyecto. La encuesta se construyó para evaluar los conocimientos adquiridos en las intervenciones de extensionismo descritas anteriormente, en las prácticas de establecimiento de plantaciones forestales y manejo forestal de las especies pino y eucalipto.

La encuesta se aplicó bajo el supuesto de un nuevo proyecto forestal que pudiesen llevar a efecto los propietarios, y a los cuales se les pidió detallar paso a paso las actividades necesarias para establecerlos. De igual forma, para el caso del manejo de pino radiata se motivó a los participantes a imaginar el crecimiento de su plantación y cuales actividades de manejo creía necesario efectuar. Para el caso del manejo de rebrote de eucalipto, el supuesto fue la cosecha de un rodal de eucalipto y cuáles serían las acciones siguientes producto del rebrote de esta especie desde los tocones.

Asimismo, se consultó por el grado de satisfacción de los beneficiarios en cuanto a su percepción de los cursos impartidos, material entregado y además de un comentario final, sugerencia o inquietud después de terminado este proceso.

La encuesta fue dirigida hacia aquellos propietarios que lograron mayores niveles de participación en las diversas actividades desarrolladas durante el proceso de extensión forestal. En tal sentido se identifica una mayor intensidad de extensionismo forestal en aquellas personas que participaron en la mayor cantidad de eventos de extensión forestal desarrollados por INFOR durante la ejecución del proyecto. De esta forma se persigue identificar el impacto de este proceso en aquellos propietarios que efectivamente participaron del proceso.

La encuesta se aplicó en el predio de los propietarios, sin previo aviso, y después de haber transcurrido un periodo de tiempo de 18 meses desde la dictación del primer curso y 9 meses después del segundo curso de capacitación efectuado.

Se realizó un total de 30 encuestas que representan al 30% de los propietarios que participaron del proyecto de Extensión Forestal.

Nivel de Participación en el Proceso de Extensión

Naturalmente, no todos los propietarios que comprometieron su participación pudieron asistir a todos los eventos que fueron convocados, y no todos los que participaron fueron beneficiados con algunas actividades como entrega de plantas y capacitación *in situ* de establecimiento. Lo anterior, por limitaciones en la cantidad de plantas, o por la falta de terrenos disponibles para su plantación. Consecuentemente, hubo distintos niveles de intensidad en el proceso de extensionismo forestal, representado por el número de instancias a las que pudo acceder cada uno de los propietarios participantes en el proyecto. Al respecto, se definió una escala de participación de cuatro categorías para clasificar a los propietarios en función del número de eventos de extensionismo en que participó (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación de niveles de intensidad de participación

Nivel de participación	Intervenciones de Extensionismo
Muy Alto	2 cursos + 2 días de campo + visita a terreno + plantación
Alto	2 cursos + 2 días de campo + visita a terreno
Medio	1 curso + 1 día de campo + visita a terreno + plantación
Bajo	(1 curso + 1 día de campo + plantación) o (2 cursos + 2 días de plantación)

Aun cuando cada una de las actividades es beneficiosa en sí misma, indudablemente la probabilidad de que los propietarios del sector objetivo logren más y mejor conocimiento aumenta en la medida en que participan en una mayor cantidad de eventos de extensión. Esta escala se construye sólo para fines metodológicos descriptivos y no establece ningún patrón de intensidad definitivo. Para el proceso de evaluación de la intervención de extensionismo se priorizaron los niveles de intensidad de mayor participación.

RESULTADOS

Caracterización Socioeconómica del Grupo Objetivo

En la Figura 1 se muestran los datos socioeconómicos del sector objetivo del programa de extensión, compuesto por pequeños propietarios rurales de la Provincia de Arauco, pertenecientes a la agricultura familiar campesina y reconocidos como usuarios de INDAP⁴, de acuerdo con la clasificación señalada en la Ley N°18.910. En la figura se aprecia que el rango etario está dominado por adultos y adultos mayores, con una representatividad de género prácticamente igualitaria. El grupo de trabajo se caracteriza por una baja escolaridad, representada por un 63% que solo tiene formación básica incompleta con un máximo de 8 años de escuela básica rural. Otro rasgo distintivo de este grupo es la presencia mayoritaria de la etnia mapuche, la cual se representa en gran parte del territorio de la Provincia de Arauco (Aguilera *et al.*, 2019).

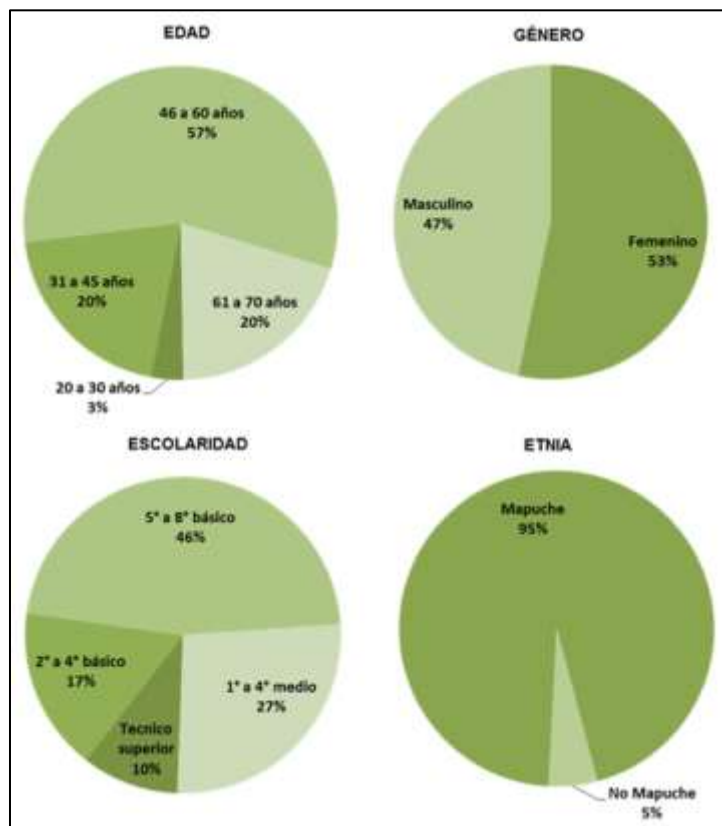


Figura 1. Antecedentes socioeconómicos del sector objetivo del estudio.

⁴ Los requisitos para ser usuario INDAP se pueden consultar en: <http://www.indap.gob.cl/servicios-indap/usuario-indap>

En relación a los antecedentes prediales, en la Figura 2 se detallan los principales aspectos de los terrenos de los pequeños propietarios involucrados en el programa, observándose que en general se trata de propiedades menores a 17 hectáreas de superficie. Respecto a la existencia de plantaciones forestales en estas propiedades, estas son proporcionales a la superficie predial, y la mayor frecuencia se ubica en el rango de menos de 2,0 hectáreas de plantaciones forestales con especies exóticas.

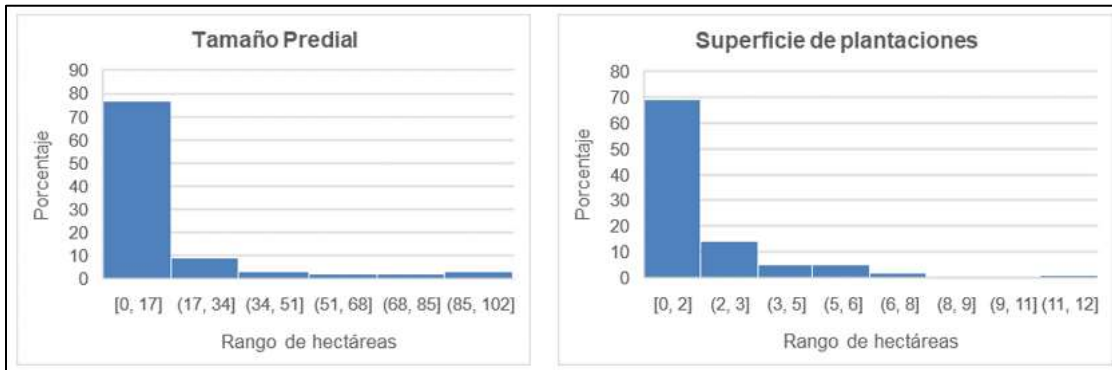


Figura 2. Histograma de superficie predial e histograma de superficie de plantaciones forestales de propietarios seleccionados.

Evaluación proceso de extensión

Para contextualizar la evaluación del programa de extensión, en la Figura 3 se muestra la distribución de los propietarios involucrados, según el grado de participación en el mismo, destacándose que un 37% de los encuestados tuvo un nivel muy alto de participación, mientras que sólo un caso que representa un 3% de los encuestados presenta el nivel más bajo de participación.



Figura 3. Intensidad de participación según actividades completadas por propietario.

A continuación, se muestran los resultados de la evaluación realizada a los propietarios de la Provincia de Arauco. En todos los casos se analizan resultados globales y se contrasta con la línea base

identificada en la fase inicial del proceso de acuerdo a lo publicado en Aguilera et al., 2019, mostrándose gráficamente la comparación antes y después del proceso de intervención de extensión forestal.

Supuesto 1: Nuevo Proyecto de Forestación

La primera parte de la encuesta de evaluación apunta a detectar el grado de conocimiento alcanzado en el establecimiento de plantaciones forestales, para lo cual se le propone al propietario un ejercicio teórico de un nuevo proyecto de forestación en su predio, y en base a los conocimientos adquiridos durante el proceso de capacitación tiene que detallar de qué forma lo haría para lograr una plantación forestal exitosa.

- *Especies a Plantar*

El proyecto de nueva forestación parte por escoger la especie adecuada de acuerdo a las condiciones agroclimáticas del territorio. Si bien el foco del proyecto estuvo en pino y eucalipto, durante el proceso se incorporaron en la conversación otras especies forestales tanto nativas como exóticas.

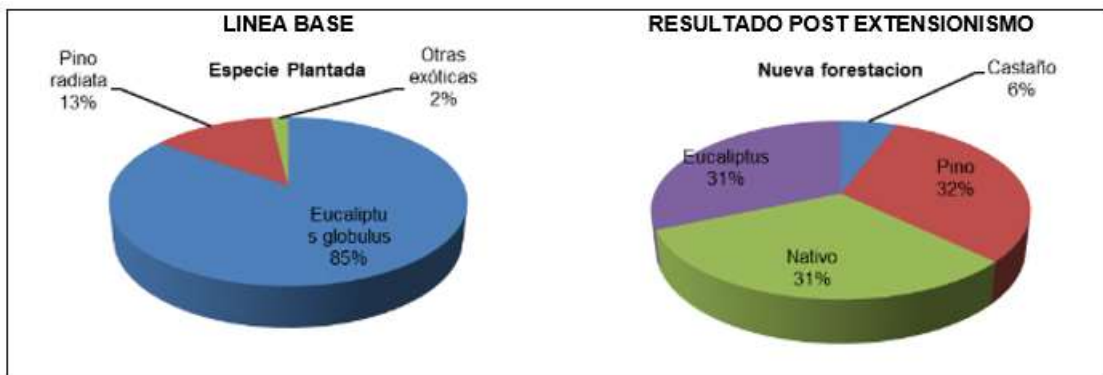


Figura 4. Especies forestales elegidas para plantación, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

La Figura 4 muestra que en la situación inicial las plantaciones de los propietarios están representadas mayoritariamente por eucalipto. Sin embargo, en un nuevo proyecto de forestación se observa una tendencia a la diversificación, con una significativa preferencia por especies de bosque nativo como opción de forestación. Esta situación es coincidente con las demandas generales que se escuchan en el territorio y la sociedad, no obstante, pino y eucalipto continúan siendo la preferencia de una proporción importante de propietarios.

Cabe destacar que en todas las opciones señaladas existe una consistencia técnica con las condiciones de suelo y agroclimáticas del territorio.

- *Preparación de Suelos*

Respecto a la preparación de suelos para plantación, en la línea base previa a la implementación del programa de extensionismo se observa que un 77% de los propietarios encuestados no realizó esta faena, ni labor alguna de cultivo del suelo para facilitar el prendimiento de la plantación (Figura 5). Sin embargo, post programa de extensionismo casi la totalidad de los propietarios manifestó que haría preparación del suelo antes de efectuar una nueva plantación, aspecto que revela un significativo impacto de las actividades de extensionismo ejecutada por el proyecto.

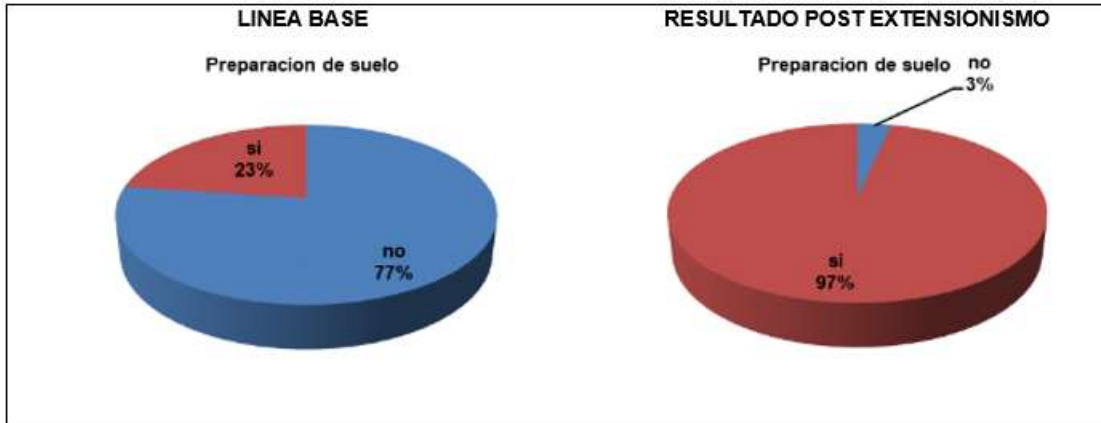


Figura 5. Comparación de preparación de suelo, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo

- *Roce*

La faena de roce es de vital importancia para eliminar la competencia de material arbustivo presente en un terreno destinado a una plantación forestal, en el caso de estos grupos de trabajo un 74% declaró inicialmente haber ejecutado un roce previo a la plantación. Esto refleja que mayoritariamente es una faena que tienen internalizada y la cual se ratifica en la evaluación, donde solo un 7% de los encuestados no realizaría roce antes de realizar una nueva plantación forestal (Figura 6).

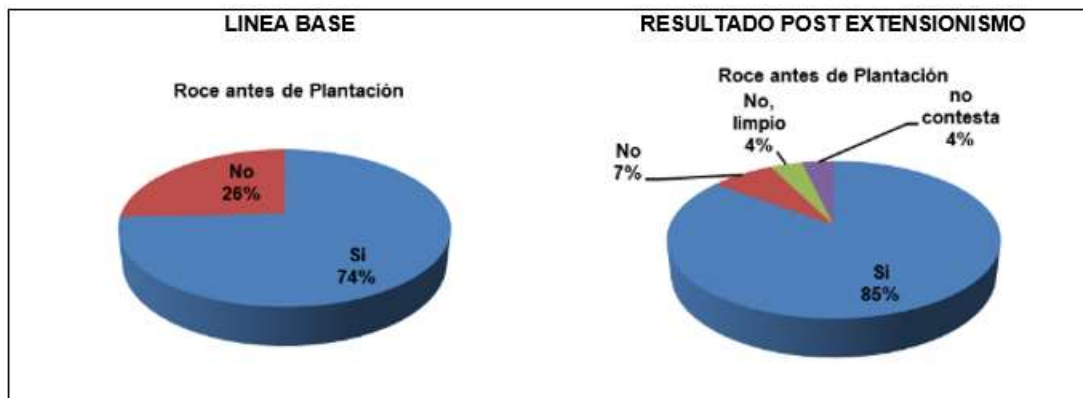


Figura 6. Comparación de faena de roce, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

- *Manejo de Residuos del Roce*

En la fase previa al proceso de extensionismo un 71% de los propietarios quema los residuos del roce, práctica habitual entre los agricultores, pero que lamentablemente provoca un daño en las capas superiores del suelo y disminuye su capacidad nutritiva para sustentar vegetación (Santelices y Litton, 1996; Del Valle, 2017). Post-extensionismo, el porcentaje de propietarios que seguiría usando quema para eliminar los residuos del roce disminuye a 36%, mientras que los que manifiestan uso de fajas aumentan de 24 a 32% (Figura 7).



Figura 7. Comparación de manejo de residuos, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

- *Fertilización*

En relación a la faena de fertilización de las plantas al momento del establecimiento, la Figura 8 muestra que, en la línea base, un 67% de los encuestados declaró haber realizado fertilización, mientras que un 33% no lo hizo. En la situación post-extensionismo los porcentajes mejoran ostensiblemente, disminuyendo hasta un 10% el porcentaje de propietarios que no fertilizarían una nueva plantación forestal.

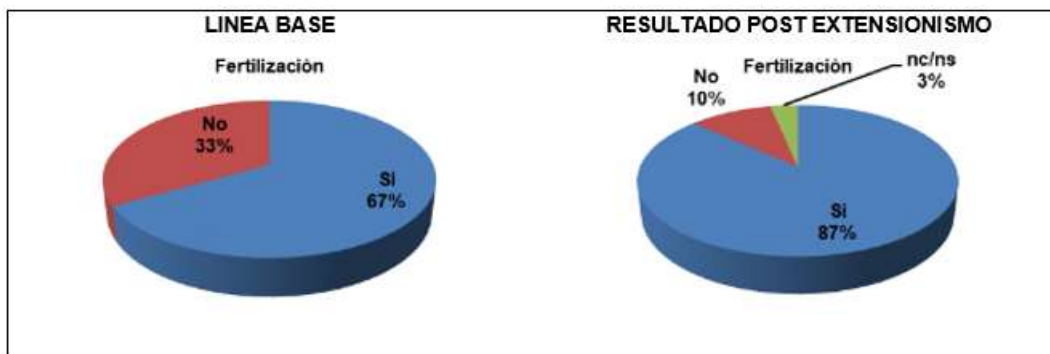


Figura 8. Comparación de faena de fertilización, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

- *Tipo de Fertilizantes*

Tanto en la línea base, como en la situación post extensionismo, se observa el uso de una gran variedad de fertilizante (Figura 9), así como un gran porcentaje de propietarios que no sabe qué fertilizante utiliza (31%). Estos resultados persisten después de ejecutado el programa de extensionismo, y se explican por tratarse de un conocimiento específico y de mayor complejidad, el cual no se retiene fácilmente en una encuesta sorpresa efectuada a personas no especializadas. Implica en este caso una gestión de refuerzo o asesoría técnica de los equipos técnicos territoriales.

La misma situación se repite para las dosis de fertilizantes utilizadas, existiendo varios errores en la línea base y que persisten en la etapa post intervención (Aguilera *et al.*, 2019), por tanto, se requiere un trabajo más específico y algunos propietarios conscientes de su falencia preguntarían a los profesionales que los asesoran en forma permanente.

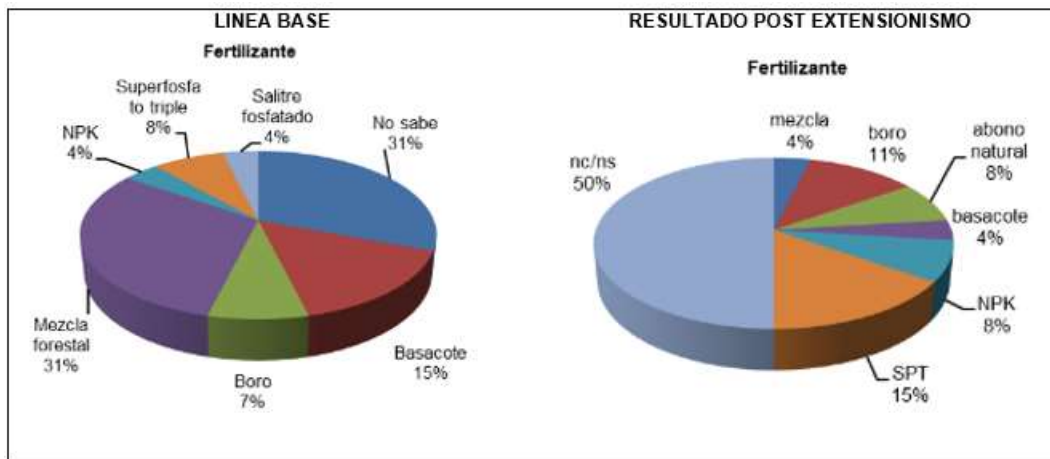


Figura 9. Comparación de tipo de fertilizante, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

- Control de Malezas Pre-Plantación

En la fase inicial, un 71% de los propietarios encuestados declara no realizar control de malezas a las plantaciones, lo cual representa un valor muy alto que denota falencias técnicas en el establecimiento de plantaciones, por cuanto es una labor de alto impacto para mejorar la supervivencia de las plantas (Álvarez *et al.*, 2004). Este aspecto mejora significativamente en la situación post-extensionismo, puesto que se invierte la proporción y un 66% declara realizar un control de malezas previo a la plantación (Figura 10).

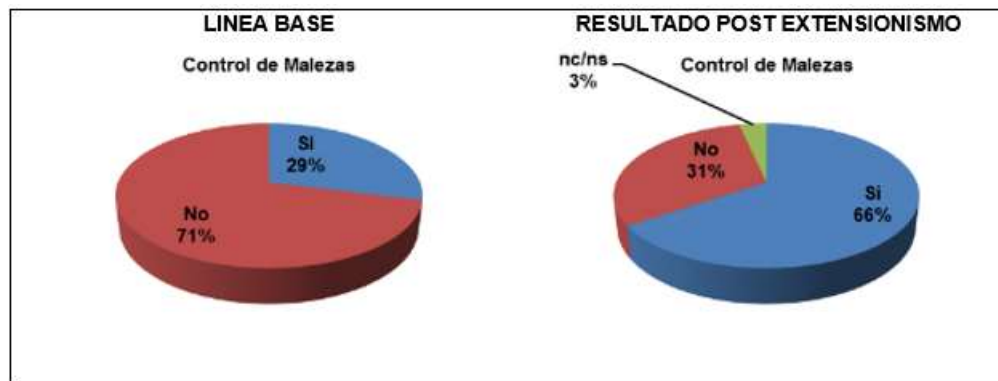


Figura 10. Comparación de faena de control de maleza pre plantación, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

- Control de malezas post-plantación

En la línea base se observó la escasa importancia que los propietarios otorgaban a esta faena, donde un 82% de ellos no la realizaba (Figura 11). Esta situación se revierte significativamente post-extensionismo, por cuanto el 90% de los encuestados señala que adoptaría esta faena y reconoce la importancia de la misma para el establecimiento y éxito de la plantación.

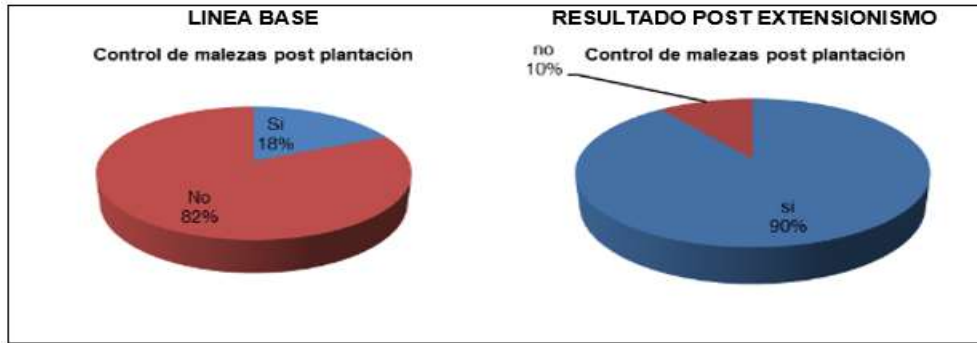


Figura 11. Comparación de faena control de maleza, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

- *Tipo de planta elegida*

El tipo de planta utilizada por los propietarios para el establecimiento de sus plantaciones (línea base) correspondió mayoritariamente a plantas en *speedling* o contenedor (65%) y raíz desnuda (27%), mientras que un 7% de los encuestados ocupó plantas provenientes de regeneración natural de la zona, las cuales fueron repicadas o removidas y replantadas en los terrenos forestados. Las tendencias mayoritarias se repiten en la situación post-extensionismo, donde además aumenta la proporción de propietarios que usa planta en bolsa, explicado por la inclinación de un 32% de los encuestados por plantas nativas. Por el contrario, no se manifiesta interés por usar plantas regeneración natural (Figura 12).

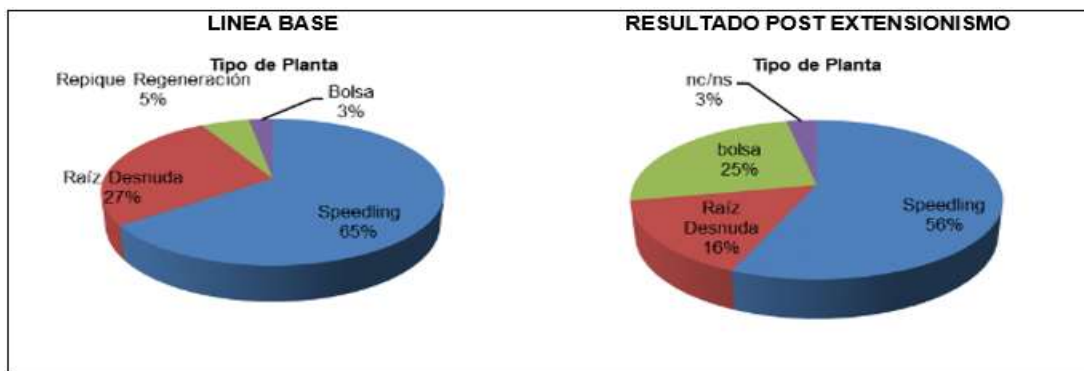


Figura 12. De selección de tipo de planta, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

- *Temporada de plantación*

En relación con la temporada de plantación, en la situación inicial se constata que la mayoría de los propietarios encuestados ejecutaron su plantación durante los meses de invierno, lo que conceptualmente es correcto y constituye una fortaleza del grupo objetivo en función del reforzamiento de sus conocimientos.

Por otra parte, se registran un 24% de las plantaciones en los meses de primavera, lo cual para la Provincia de Arauco con influencia costera técnicamente lo permite, pero aumenta el riesgo de mortalidad al estar cercana a la temporada seca. En el caso de las plantaciones de eucalipto, especie la cual es susceptible de daño por heladas, se recomienda realizar una plantación tardía, esperando el término de las heladas a fin de favorecer la sobrevivencia de las plantas (Figura 13).

Para la situación post extensionismo se mantiene esta tendencia, corroborando además la disminución de una plantación tardía.

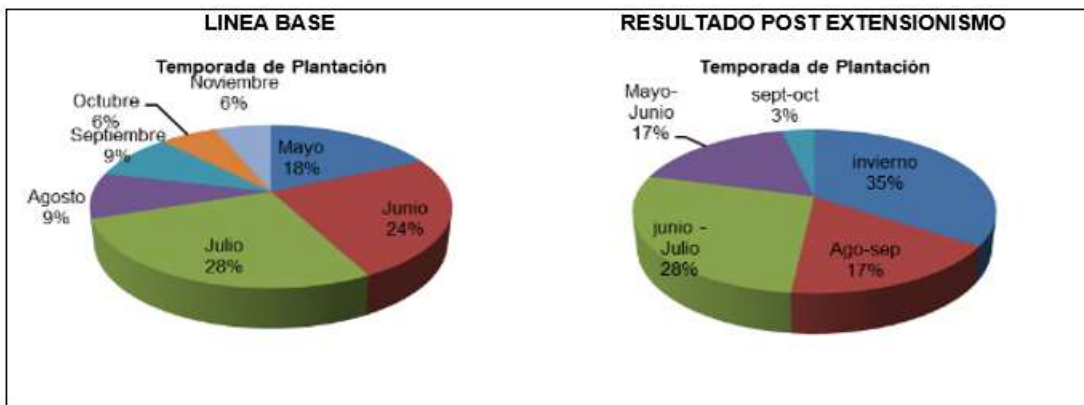


Figura 13. Comparación de temporada de plantación, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

- *Distanciamiento de la Plantación*

Otro aspecto interesante de analizar es el distanciamiento planificado de la plantación forestal, en la figura 14 se muestra que en el diagnóstico realizado en sólo un 50% de los casos existe un distanciamiento comercial y técnicamente aceptado, como 2x3m y 2x4m. Sin embargo, el restante 50% presenta distanciamientos demasiado pequeños, fuera de toda recomendación técnica actual, lo que redundará en un exceso de competencia entre los árboles provocando lento crecimiento y obligando a un raleo prematuro a desecho, ineficiente y antieconómico.

Esto se revierte en la situación posterior a la intervención, ya que los encuestados mayoritariamente señalan distanciamientos consistentes técnicamente. En este caso el distanciamiento de 4x4 obedece a un objetivo frutal y los menores distanciamientos como 2x2 m en parte se justifica por un objetivo de cortina de protección. En general, se observa una asimilación adecuada del concepto de distanciamiento en la plantación forestal.

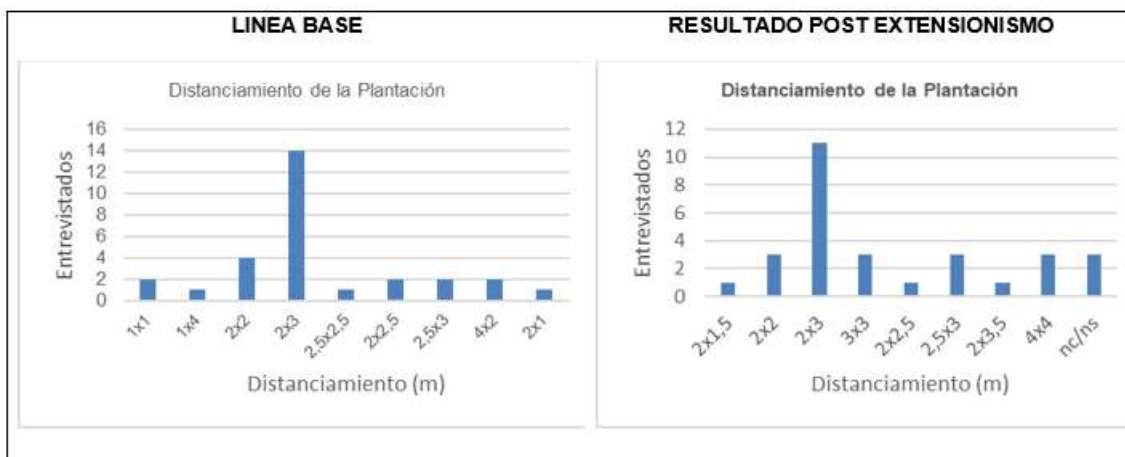


Figura 14. Comparación de distanciamiento de plantación, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

- *Origen de la planta*

Respecto del origen de las plantas, en el inicio del proceso un 61% declara que las plantas provienen de viveros comerciales de la zona, mientras el restante de los encuestados se reparte en varias opciones que se observan en figura 15. Entre estas se destacan la disponibilidad de plantas entregadas por empresas y programas del Estado, que en conjunto representan un 21% del total de las plantas. Esta situación se mantiene casi sin cambios después de la intervención, dando cuenta de la percepción acertada de las personas donde encontrar las plantas para su proyecto forestal. No obstante, un porcentaje cercano al 30% espera que le regalen las plantas tanto las empresas como las instituciones de apoyo rural.



Figura 15. Comparación de procedencia de la planta, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

Supuesto 2: Manejo Forestal de Plantaciones

El manejo forestal de plantaciones fue el otro aspecto que se trabajó en profundidad con los propietarios, y se puso el énfasis en el manejo de pino abordando las intervenciones de poda y raleo fundamentalmente, entregando principalmente los conceptos de objetivo, oportunidad, intensidad y herramientas para incorporar este conocimiento entre los propietarios.

Se dedicó una jornada de capacitación en este tópico y se le entregó un manual a cada asistente al curso especialmente diseñado para pequeños propietarios, el curso se dividió en una parte teórica en la mañana y una parte práctica en la tarde.

Al igual que en el caso del establecimiento de plantaciones forestales, para el caso del manejo de plantaciones se contrastó el resultado de la evaluación con la línea base construida al inicio del proceso de extensionismo (Aguilera et al., 2019).

La siguiente figura N°16 muestra la diferencia de la situación real inicial y la proyección de manejo en un nuevo proyecto forestal, claramente se observa la importancia del manejo en la plantación de pino y la internalización del concepto entre los propietarios evaluados. Prácticamente el 100% de los propietarios considera que es necesario manejar las plantaciones de pino.

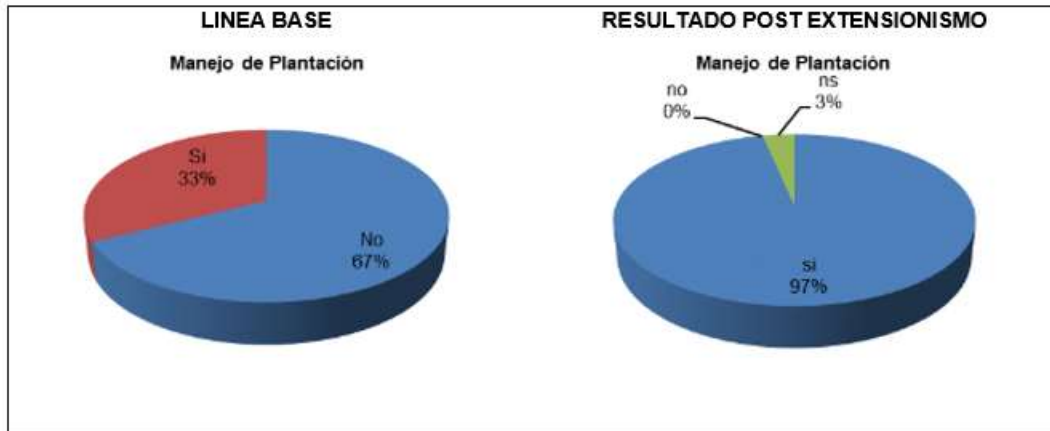


Figura 16. Comparación de manejo de plantación forestal, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

- *Poda*

Lo mismo se observa para el caso de la poda en donde en la línea base solo un 43% de los propietarios ejecutó poda en sus plantaciones de pino. Sin embargo, en la totalidad de los casos observados en terreno, esta poda estaba mal ejecutada ya sea porque fue tardía, mal ejecutada, con herramienta inapropiada, sin criterio de selección y sin un objetivo claro.

En la evaluación del proceso, se observa la adopción del concepto de poda en cuanto a la necesidad de ejecutarla, como lo expresa el 100% de los encuestados (Figura N°17).

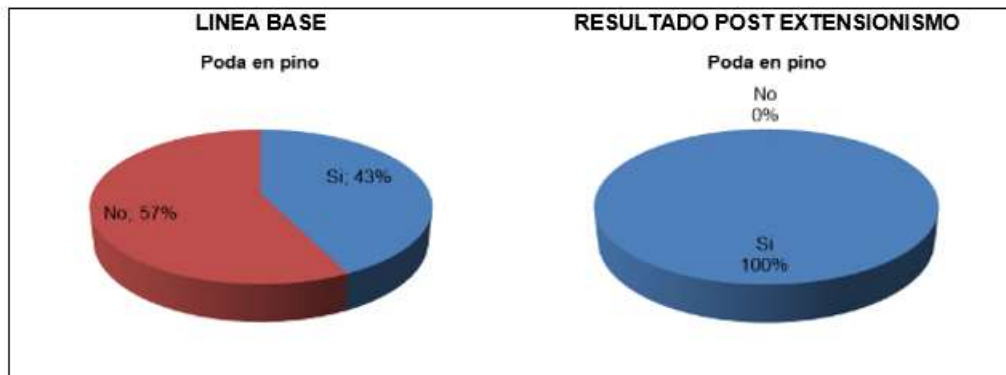


Figura 17. Comparación de poda de pino radiata, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

- *Objetivo de la Poda*

El propósito productivo de la poda es obtener madera de calidad con nudos firmes o libre de nudos. En situación pre-extensionismo el 50% de los propietarios encuestados no conoce la finalidad productiva de la poda en pino radiata, mientras la otra mitad si bien reconoce un objetivo acertado de calidad, su ejecución es equivocada y no consigue los resultados esperados (Figura 18).

En la situación post-extensionismo se observa confusión entre los encuestados, si bien reconocen la importancia de la poda, no tienen claro el objetivo de ésta, aunque se van acercando a una mejor conceptualización.

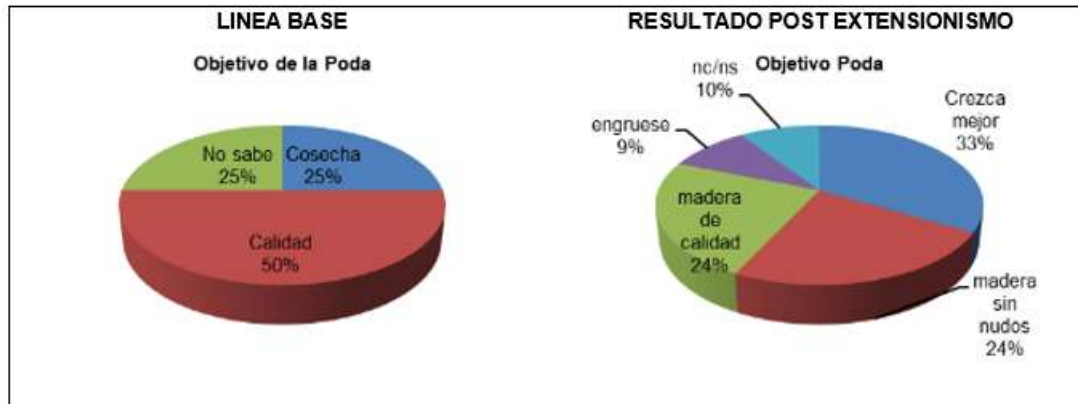


Figura 18. Comparación de objetivo de la poda, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

- *Intensidad de la Poda*

Una poda eficiente se aplica a aquellos individuos de mejor calidad y que se espera lleguen a la cosecha final para obtener madera aserrada de calidad. Como se observa en la Figura 19, en la línea base se detectó que entre los pocos propietarios que podaban, el 80% podó todos los árboles sin discriminación alguna. Por el contrario, en la evaluación post-extensionismo sólo un 18% de los propietarios persiste en la idea de podar todos los árboles, mientras que la mayoría de ellos asimila el concepto de que solo una parte de los árboles de pino deben ser podados con fines productivos.

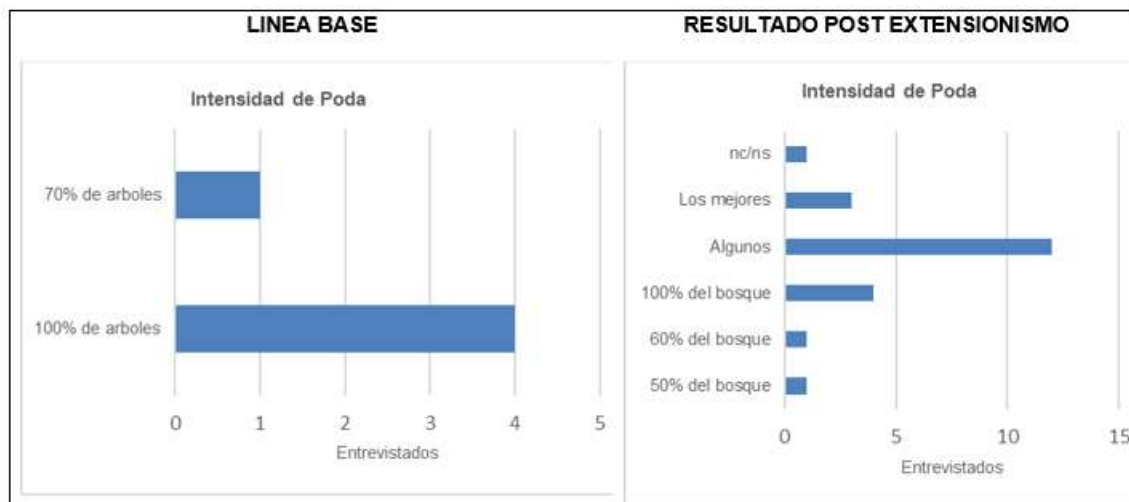


Figura 19. Comparación de intensidad de poda, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

- *Herramientas de Poda*

En la línea base se constata un 33% de propietarios que usaban motosierra como herramienta de poda, lo que técnicamente es un error y un importante riesgo de accidentes. En la evaluación posterior se detecta que los propietarios adoptan herramientas adecuadas para realizar la faena de poda en forma segura y eficaz (serrucho y tijerón) y que abandonan el uso de la motosierra para esta labor (Figura 20).

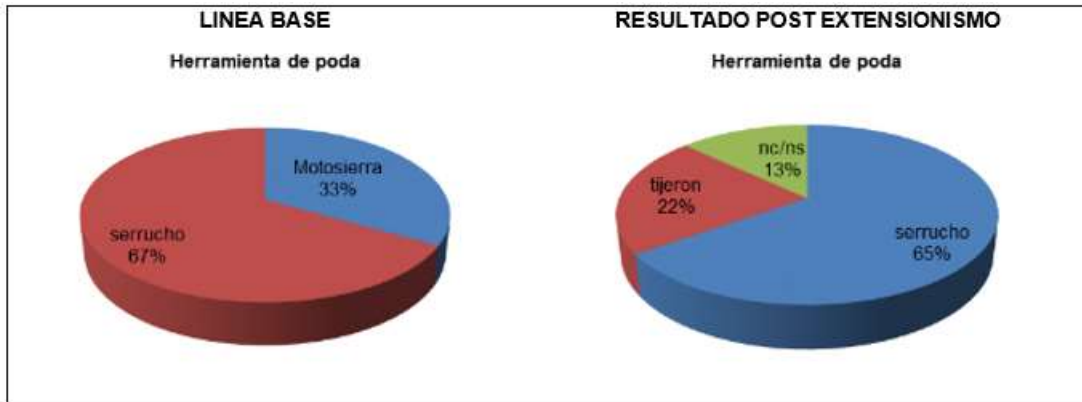


Figura 20. Comparación de uso de herramienta de poda, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

- *Raleo en pino*

En la situación inicial solo un 14% de los propietarios había efectuado raleo de su plantación de pino. La opinión respecto a esta faena cambia radicalmente en la situación post-extensionismo, observándose que una notable mayoría de los encuestados manifiesta que sí realizaría esta faena en su nuevo proyecto de forestación (Figura 21).

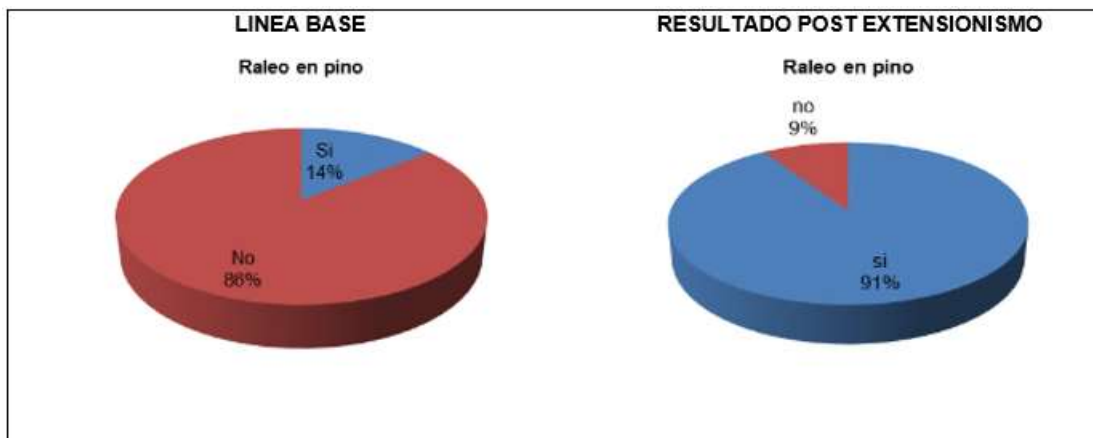


Figura 21. Comparación de raleo en pino, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

Supuesto 3: Manejo del Rebrote de Eucalipto

En la situación inicial, se constató que un gran porcentaje de propietarios habían realizado manejo de la retoñación después de haber cosechado su plantación de eucalipto. Después de ejecutado el programa de extensión casi un 100% de los propietarios tiene el convencimiento de que es necesario manejar los rebrotes de eucalipto, para restituir la plantación cosechada, sin necesidad de volver a plantar (Figura 22).

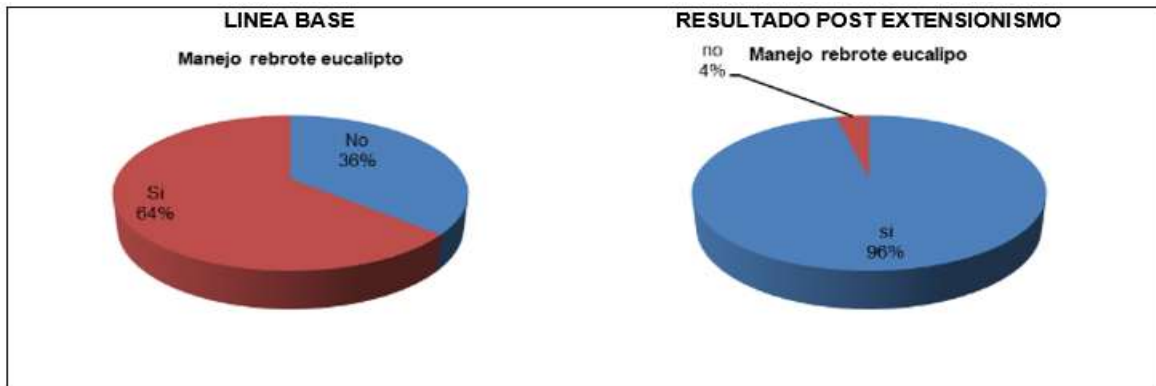


Figura 22. Comparación manejo de rebrote de eucalipto, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

- *Vástagos Remanentes*

El manejo operativo del rebrote de eucalipto evidencia algunas diferencias conceptuales respecto de la intervención que optimiza la ganancia volumétrica en pocos individuos residuales. En la situación de diagnóstico, pre-programa de extensión, se observa una tendencia a dejar más varas residuales de las recomendadas (Geldres *et al.*, 2004). En efecto, un 50% de los propietarios que ha manejado el rebrote, dejó entre 3 a 5 varas residuales en los tocones.

En la situación post-extensionismo persiste un alto porcentaje de propietarios(25%) que dejaría de 3 a 4 vástagos y otra alta proporción (21%) que dejaría 3 vástagos. Sólo un 14% de los encuestados en la evaluación dejaría 1 o 2 vástagos remanentes en sus plantaciones (Figura 23). Esto obedece probablemente a la práctica tradicional en la zona de efectuar raleos en las plantaciones de eucalipto con destino de metro ruma y leña. Existen cepas de varias decenas de años que periódicamente son cortadas por los propietarios para dicho fin.

El eucalipto en este territorio presenta un excelente crecimiento y la existencia de un mercado activo en torno al metro ruma motiva la extracción prematura en los predios de pequeños propietarios. Por tanto al hacer el raleo, generalmente extraen los mejores vástagos y dejan los más débiles para que sigan creciendo. Esta práctica es bastante generalizada y arraigada en la población, lo cual se demuestra en las respuestas capturadas en la encuesta, donde se impone la costumbre por sobre lo técnicamente recomendado. Es un buen punto donde encontrar consensos participativos, ya que en la mayoría de los casos las demandas económicas familiares están por sobre lo técnicamente óptimo.

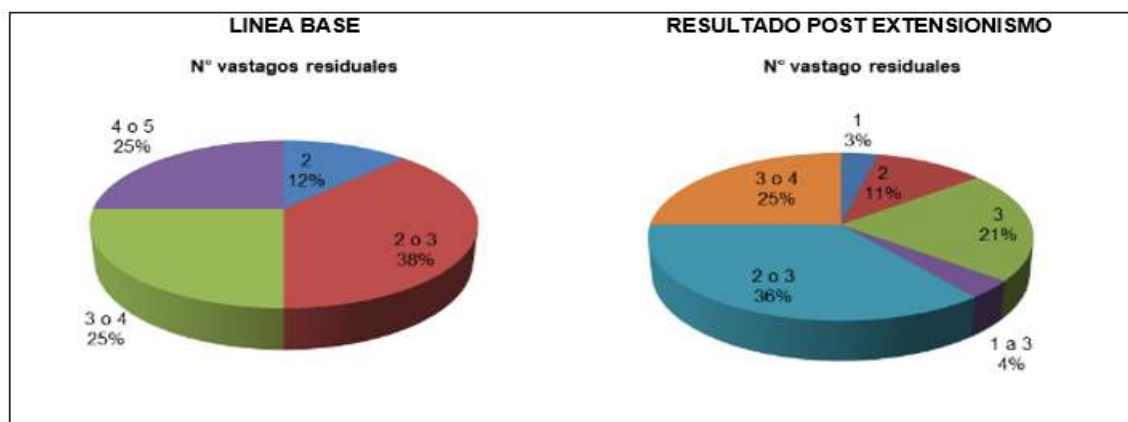


Figura 23. Comparación de número de vástagos residuales, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

- *Oportunidad de Intervención*

Respecto al momento de ejecutar el manejo de los rebotes, en la situación pre-extensionismo se observa que un 60% de los propietarios realizó el manejo del rebrote 1 a 2 años después de la cosecha, lo que coincide con la recomendación técnica para esta labor (Pinilla, 2007). Un 20% menciona que este manejo es anual, lo que dice relación con la extracción de leña o metro ruma en forma constante de sus plantaciones de eucalipto (Figura 24).

En el escenario post-extensionismo se observa la influencia de los conceptos compartidos al incorporar la variable de altura como indicador de la oportunidad de ejecución del manejo de los rebotes. El 82% de los encuestados señala respuestas técnicamente aceptables, en tanto un 7% señala que este manejo se haría a los 3 años y un 11% cuando la altura de los retoños llegue a 1 o 2 metros.

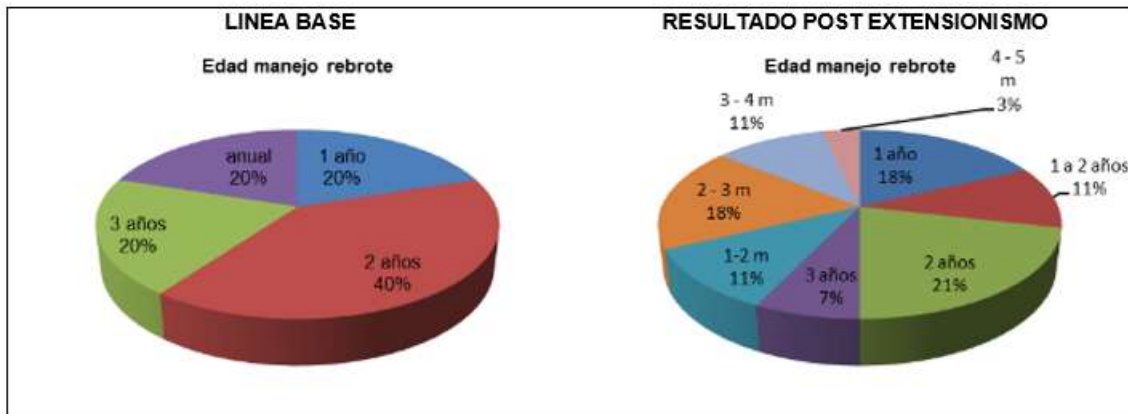


Figura 24. Comparación del momento de realizar el manejo de rebotes, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

- *Criterios para Selección de Varetas*

La línea base pre-extensionismo indica que el 50% de los propietarios selecciona los mejores vástagos para regenerar la plantación; el 17% simplemente no hace selección; y el 33% prioriza la obtención de leña para satisfacer necesidades más inmediatas. Vale decir, el 33% de los propietarios manejaba los rebotes para cubrir sus necesidades de combustible, lo que obedece a una conducta de subsistencia y necesidad, donde la calidad técnica o proyección del bosque futuro no tiene mayor importancia.

En la situación post-extensionismo (Figura 25), se observa un importante cambio conceptual en los encuestados. En este caso el criterio de selección de los vástagos residuales está en función de una optimización del recurso, resguardando la mejor calidad e incorporando variables de posición frente al viento (Pinilla, 2007).

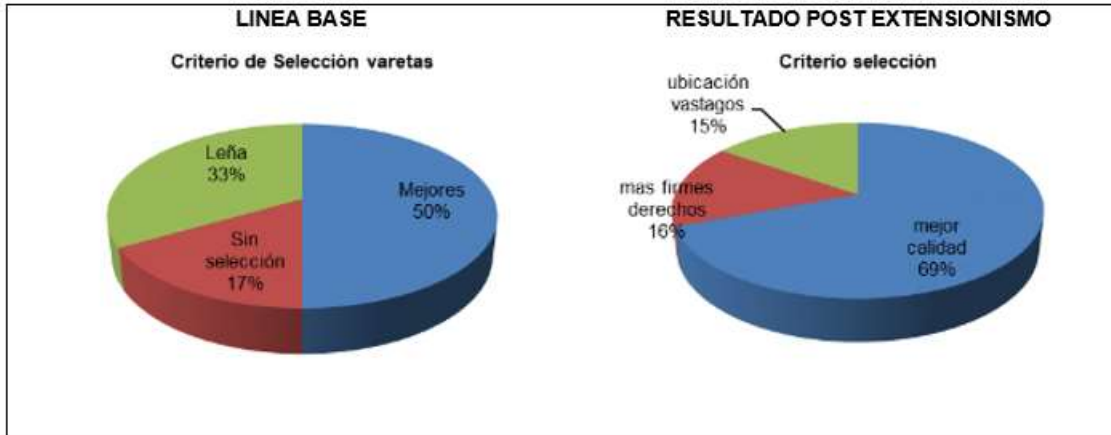


Figura 25. Comparación de criterio de selección de varetas, antes (izquierda) y después (derecha) de extensionismo.

Nivel de Satisfacción de los Beneficiarios

Para validar la metodología de trabajo y los recursos utilizados en el proceso de extensionismo forestal, se incluyó en la encuesta algunas preguntas para medir el nivel de satisfacción de los usuarios, y conocer su percepción de la forma en que se entregó el conocimiento y el destino de algunos insumos.

- *Cursos y Charlas*

Se consultó a los propietarios su percepción respecto de las charlas técnicas presentadas en los cursos de capacitación. Sus respuestas se resumen en la Figura 26, donde se evidencia un alto nivel de satisfacción por parte de los encuestados en cuanto a la transferencia de conocimiento, destacándose el consenso generalizado entre los encuestados en valorar positivamente la forma en que se les entregó los contenidos de cada curso impartido.

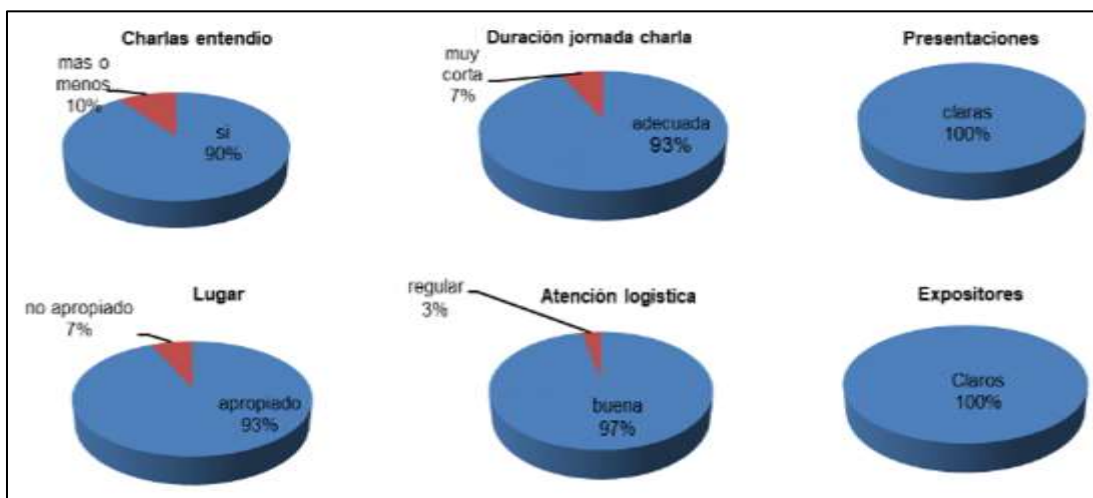


Figura 26. Evaluación de charlas de capacitación según beneficiarios.

- *Manuales*

Respecto de la efectividad de los documentos de apoyo, los resultados indican que en el caso del Manual de Plantación (Figura 27), un 81% de los encuestados conserva el documento que recibió durante el curso, de este porcentaje el 50% declara haberlo leído o consultado, y la gran mayoría de estos declara haber entendido los contenidos y haber reforzado lo aprendido durante el curso.



Figura 27. Representación de consideración de manual de establecimiento de plantación.

En el caso del Manual de Manejo de Plantaciones (Figura 28), la situación es bastante similar a la del Manual de Plantación, un 86% de los encuestados tiene el manual en su poder, un 47% de ellos lo leyó o consultó, y casi la totalidad comprendió los contenidos del documento.



Figura 28. Representación de consideración de manual de manejo de plantaciones.

- *Comentario Final de Propietarios*

En la Figura 29 se muestran las expresiones libres de los propietarios participantes de la evaluación, en cuanto a sugerencias o inquietudes que se desprenden del proceso de extensión forestal del cual fueron protagonistas. En general se observa una positiva valoración del proceso implementado y la necesidad de continuidad de aprendizaje en temáticas del área forestal. Asimismo, la solicitud de plantas y herramientas reflejan la necesidad de asistencia material a este grupo de propietarios al momento de afrontar proyectos de forestación.

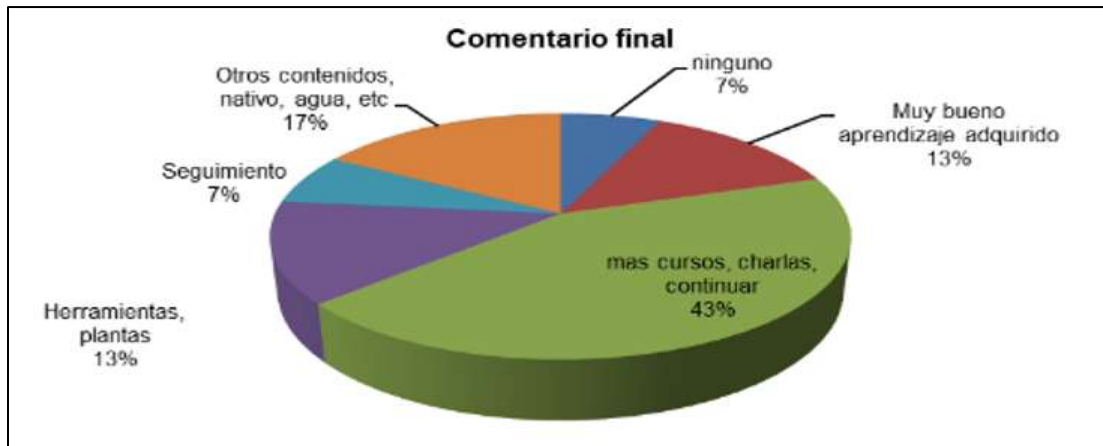


Figura 29. Representación de comentario final sobre el proceso de extensionismo según beneficiarios.

CONCLUSIONES

La caracterización del grupo evaluado es representativa del grupo de trabajo de la provincia de Arauco, y de la realidad rural de gran parte del país. Se trata de un grupo con participación igualitaria de hombres y mujeres, de edad adulta y adulta mayor y de bajo nivel de escolaridad.

El instrumento de evaluación generado y la metodología utilizada en su aplicación permitieron dimensionar el grado de adopción tecnológica alcanzada por lo propietarios beneficiarios del proceso de extensión forestal ejecutado por INFOR.

La evaluación del programa de extensionismo se efectuó después de haber transcurrido 18 y 9 meses desde que se dictó el primer y segundo curso de capacitación. Tras este extenso periodo los beneficiarios conservaban la información transmitida y experimentaron un significativo grado de avance respecto a la línea base en los principales conceptos relacionados con el establecimiento y manejo de plantaciones forestales.

El nivel de satisfacción de los beneficiarios con los aprendizajes logrados, y la demanda por la continuidad del proceso y mayor información, validan la metodología de extensionismo forestal implementada por el equipo de trabajo de INFOR.

La premisa de trabajo de este proceso de extensionismo fue el traspaso de conocimiento hacia el sector objetivo, para disminuir la brecha tecnológica con las grandes empresas, premisa que se valida con los resultados obtenidos a partir de la generación de la línea base que arrojó dramáticas falencias de conocimientos en el área forestal por parte de los propietarios. Compartir el conocimiento técnico con estos grupos de trabajo contribuye a disminuir esta gran brecha existente.

REFERENCIAS

- Aguilera, M., García E. & Villarroel, A. (2020). Línea base de conocimiento en establecimiento y manejo de plantaciones forestales de pequeños propietarios del secano de la Región de Ñuble. *Ciencia & Investigación Forestal*, 26(3): 119-135. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2020.541>
- Aguilera, M., García, E. & Villarroel, A. (2019). Línea base de conocimiento en establecimiento y manejo de plantaciones forestales de pequeños propietarios de la Provincia de Arauco, Región del Biobío. *Ciencia & Investigación Forestal*, 25(1): 7-19. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2019.507>

- Álvarez, J., Venegas, R. & Pérez, C. (2004). Impacto de la duración y geometría del control de malezas en la productividad de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en cinco ecosistemas del sur de Chile. *Bosque*, 25(2): 57-67. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002004000200006>
- AGRIMED - Universidad de Chile. (2017). Atlas Agroclimático de Chile. Estado actual y tendencias del clima. Tomo IV: Regiones del Biobío y la Araucanía. Universidad de Chile-FIA. Santiago. 136 p.
- Christoplos, I., Sandison, P. & Chipeta, S. (2012). Guía para evaluar la extensión rural. Foro global para los servicios de asesoría rural (GRAS). 64 p.
- Del Valle, M. (2017). Análisis de las quemadas controladas en las comunas de Mariquina y La Unión, Región de los Ríos, un estudio de caso. Proyecto para optar al grado de Magister en Desarrollo Rural. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Facultad de Filosofía y Humanidades. Escuela de Graduados. Valdivia, Chile. 51 p.
- Geldres, E., Schlatter, J. & Marcoleta, A. (2004). Monte Bajo, opción para tres especies de eucaliptos en segunda rotación, un caso en la provincia de Osorno, Décima Región, Chile. *Bosque*, 25(3): 57-62. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002004000300006>
- INDAP. (2018). Manual de Extensión Rural. En: <https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-de-extensi%C3%B3n-rural>
- MINAGRI. (2015). Política Forestal 2015-2035. Ministerio de Agricultura de Chile. Corporación Nacional Forestal. 76 p.
- Mollins, J. (2021). <https://forestsnews.cifor.org/75103/cop26-los-compromisos-para-abordar-la-deforestacion-son-una-gran-victoria-pero-solo-si-se-cumplen?fnl=en>
- Pinilla, J. (2007). *Eucalyptus globulus*: La opción del monte bajo. INFOR – CONICYT, Concepción, Chile. 25 p.
- Santelices, R. & Litton, C. (1996). Efecto del fuego sobre el bosque, la disponibilidad de nutrientes y la materia orgánica sobre el suelo. *Ciencia & Investigación Forestal*, 10(2): 205-215. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.1996.241>



APUNTE

Comparación de la normativa nacional y europea para la producción de pellet de madera.

Juan Carlos Pinilla^{1*}, Karina Luengo¹, Felipe Lobo¹, Mauricio Navarrete¹ & Felipe Navarrete¹.

¹Instituto Forestal, sede Biobío. jpinilla@infor.cl

*Autor de correspondencia

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2022.561>

Recibido: 01.04.2022; Aceptado: 13.04.2022

RESUMEN

Se detalla la normativa nacional que regula la producción de pellet en Chile y se contrasta con las normativas análogas usadas en Europa. Las normas nacionales son voluntarias y similares en sus alcances a las europeas, coincidiendo en gran medida en cuanto a la definición de parámetros de calidad y clasificación del pellet. Sin embargo, existen diferencias importantes en cuanto a la implementación de procesos de certificación que acrediten el cumplimiento de la normativa.

Palabras clave: Normas, regulación, pellet.

SUMMARY

The national standards that regulate the production of pellets in Chile are detailed and contrasted with similar regulations from Europe. The Chilean standards are voluntary and similar in their scope to the European ones, coinciding in terms of the definition of quality parameters and classification of the pellet. However, there are important differences regarding the implementation of certification processes that prove compliance of the regulations.

Key words: Standards, regulation, pellet.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la clasificación y la calidad del pellet en Chile están definidas en normas del Instituto Nacional de Normalización (INN), sin embargo, las empresas productoras de pellet no están obligadas a aplicar estas normas, pues son de carácter voluntario y el pellet, al igual que la leña, no son reconocidos como combustibles sólidos, por lo mismo, no requiere del control y regularización de entidades acreditadas para certificar o supervisar y clasificar su calidad de fabricación. Aun así, el aumento en la producción y consumo del pellet hace cada vez más necesario disponer y exigir el cumplimiento de las normativas existentes, de modo que se produzca un pellet de calidad estandarizada que permita satisfacer los requerimientos y necesidades de los diferentes usuarios de este biocombustible.

En agosto de 2021 la Cámara de Diputados puso en tabla y aprobó un Proyecto de Ley que regula los biocombustibles sólidos, reconociendo como tales a la leña y el pellet. El proyecto, el cual a esta fecha se encuentra en tramitación en el Senado, establece en su primer artículo que todo biocombustible sólido que se comercialice en el país debe cumplir con ciertas especificaciones técnicas mínimas de calidad, excepto aquellos destinados a autoconsumo.

En este escenario de creciente regulación, el objetivo de este documento es difundir información para que los usuarios reconozcan la calidad del pellet y exijan a los productores estándares mínimos de calidad que permitan satisfacer requisitos de eficiencia térmica y funcionamiento de los equipos de

calefacción. Para este efecto, se entregan antecedentes relativos a las normas que regulan la producción y uso del pellet en Chile, y se comparan con las normas usadas en el ámbito europeo.

NORMATIVA NACIONAL

Las normas chilenas orientadas al pellet y biocombustibles en general consideran dentro de sus lineamientos principales lo planteado en las normas internacionales existentes, las que consideran indicaciones asociadas a la producción y clasificación de los biocombustibles.

El Instituto Nacional de Normalización (INN) ha aprobado cuatro normas exclusivas para pellet de madera y seis normas más relacionadas a procedimientos y metodología utilizadas para obtener la información de la característica deseada de los biocombustibles en general (Cuadro 1). La norma internacional ISO 17225, es la norma principal en cuanto a biocombustible, y consta de ocho partes bajo el título general "Biocombustibles sólidos-especificaciones y clase de combustibles". Las partes 1, 2, 4 y 6, han sido aprobadas por el INN, reconociéndolas bajo el nombre de Norma Chilena.

Cuadro 1. Normativa chilena respecto a pellets y biocombustibles

Ámbito	Norma	Año	Nombre
Respecto a Pellets de Madera	NCh-ISO17225/1	2017	Biocombustible sólidos- especificaciones y clases de combustible- Parte 1. Requisitos generales
	NCh-ISO17225/2	2017	Biocombustible sólidos- especificaciones y clases de combustible- Parte 2. Clase de Pellets de madera
	NCh-ISO17829	2018	Biocombustible sólidos- Determinación de la longitud y del diámetro del Pellet
	NCh-ISO17831/1	2018	Biocombustible sólidos- Determinación de la durabilidad mecánica de Pellets y briquetas- Parte 1. Pellets
Respecto a Biocombustibles	NCh-ISO17225/6	2016	Biocombustible sólidos- especificaciones y clases de combustible- Parte 6. Clase de Pellet de origen no maderero
	NCh-ISO17828	2018	Biocombustible sólidos- Determinación de la densidad a granel
	NCh-ISO18122	2016	Biocombustible sólidos- Determinación del contenido de cenizas
	NCh-ISO18134/1	2018	Biocombustible sólidos- Determinación del contenido de humedad. Método de secado de estufa-Parte 1. Humedad total- Método de referencia.
	NCh-ISO18134/2	2018	Biocombustible sólidos- Determinación del contenido de humedad. Método de secado de estufa-Parte 2. Humedad total- Método simplificado.
	NCh 3246/1	2011	Biocombustible sólidos- especificaciones y clases- Parte 1. Requisitos generales

(Fuente: www.inn.cl)

La norma NCh ISO 17225/1 (INN, 2017a), proporciona información general para los biocombustibles sólidos, describiendo términos técnicos comprendidos en los requisitos generales, para la definición de los principales conceptos y lograr así una correcta comprensión de la norma, desde la fase de producción, el comercio eficiente y los alcances entre vendedor y comprador. Esta norma define las fuentes de origen del biocombustible sólido (silvicultura y arboricultura, agricultura y horticultura, y acuicultura) y la materia prima de los mismos (Biomasa leñosa, herbácea, frutal, acuática, mezclas de biomasa), estableciendo la obligatoriedad de declarar el origen y la fuente para todos los biocombustibles. Agrega los conceptos de tratamiento químico y aplicación comercial, los cuales son definidos por la norma misma.

Contempla además una descripción de las propiedades analizadas para la clasificación de los biocombustibles, los que varían según la fuente y origen del biocombustible, permitiendo que cada clase

se pueda caracterizar individualmente. Aun así, existen parámetros físicos-químicos que son obligatorios de medir independiente de la fuente u origen del biocombustible, los cuales corresponden a:

- Diámetro (D)
- Longitud (L)
- Humedad
- Ceniza
- Durabilidad mecánica
- Cantidad de finos
- Densidad aparente (BD)
- Poder calorífico neto (Q)

Si la materia prima incluye biomasa tratada químicamente, también debe indicarse el contenido de nitrógeno, azufre y cloro.

La norma, NCh ISO 17225/2, (INN, 2017b) define los conceptos de “Pellets de madera”, “Aditivo”, “Tratamiento químico” y “Aplicación comercial”, además de clasificar al pellet según su calidad y destino, esto último diferenciado para uso domiciliario e industrial, subclasificado en función de parámetros de origen de la materia prima (Cuadro 3).

Cuadro 3. Clasificación de pellets de madera según uso, origen y fuente de materia prima

Uso	Subclasificación		
	A1	A2	B
Domiciliario	Fuste	Árboles enteros sin raíces	Bosque, plantación y otra madera virgen
	Subproductos de madera de la industria del aserrío no tratada químicamente (astillas, virutas)	Fuste	Subproductos y residuos de la industria del procesado de la madera
		Restos de corta	Madera usada no tratada químicamente
		Residuos de madera no tratada químicamente	
Industrial	I1	I2	I3
	Bosque, plantación y otra madera virgen		
	Residuos de madera no tratados químicamente		Subproductos y residuos de la industria del procesado de madera Madera usada no tratada químicamente

(Fuente: INN, 2017 a; 2017 b)

La clase A1 es un pellet con bajos niveles de ceniza y nitrógeno, mientras que la clase A2 presenta levemente niveles más altos de estos índices. Las clases industriales I1 e I2, tienen un contenido de cenizas y nitrógeno similar a la clase domiciliaria A2. Finalmente, las clases B e I3, permiten subproductos y residuos industriales de madera tratada químicamente y madera usada no tratada químicamente.

Los residuos y subproductos de madera tratados químicamente en el proceso de la industria y madera usada químicamente no tratada se incluyen dentro de la categoría B o I3, siempre y cuando no contenga metales pesados o compuestos orgánicos halogenados más altos que los valores típicos de los materiales vírgenes o los valores típicos de país de origen.

Para asegurar la calidad de la materia prima utilizada para la fabricación de pellet, la norma define algunas medidas a aplicar para su declaración:

- a) Utilización de valores medidos previamente o los obtenidos por la experiencia de la misma materia prima.
- b) Cálculo de las propiedades, por ejemplo, mediante el uso de valores típicos, y teniendo en cuenta los valores generalmente aceptados y los valores documentos específicos.
- c) Realización de análisis
 - o Con los métodos simplificados si están disponibles
 - o Con los métodos de referencia

El productor o proveedor de pellet es responsable de proporcionar al consumidor final la información correcta y precisa, tanto si llevan a cabo los análisis de laboratorio como si no se hacen. Los valores referenciales para la calificación de pellet no eximen a los productores o proveedores de proporcionar información precisa y fiable sobre la calidad del pellet producido.

La calidad se debe detallar en la declaración de producto o mediante la correspondiente etiqueta en el embalaje.

La Norma, NCh ISO 17225/6, se enfoca en el uso del pellet no leñoso el cual es destinado a edificios residenciales, comercios pequeños y edificios públicos, así como aplicaciones de generación de energía industrial que requieren calidad clasificada del pellet. Ella señala que el pellet no leñoso tiene un alto contenido de cenizas, cloro, nitrógeno y azufre, recomendando su uso solo en artefactos que permitan este tipo de pellet. Indica, además, que para estos tipos de pellet hay que prestar atención al riesgo de corrosión en las calderas de pequeña y mediana escala y en los sistemas de gases de combustión.

NORMATIVA INTERNACIONAL

A nivel internacional la clasificación de pellet se basa en lo establecido en la Norma UNE-EN ISO 17225-2 (UNE, 2014) Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles, y Parte 2: Clases de Pellet de madera. La norma UNE-EN ISO 17225: 2014 “Especificaciones y clases de combustibles” define las especificaciones que deben cumplir los combustibles de biomasa para ser clasificados. En este sentido, esta norma se divide en 7 partes⁵ (UNE, 2014):

- I. UNE-EN ISO 17225-1: Requisitos generales.
- II. UNE-EN ISO 17225-2: Clases de Pellet de madera, clasificándolos en A1, A2 o B.
- III. UNE-EN ISO 17225-3: Clases de briquetas de madera. Las clases que se consideran para las briquetas de madera son: A1, A2 y B.
- IV. UNE-EN ISO 17225-4: Clases de astillas de madera. Se exponen cuatro clases de astillas: A1, A2, B1 y B2.
- V. UNE-EN ISO 17225-5: Clases de leña de madera. La leña de madera se clasifica en A1, A2 o B.
- VI. UNE-EN ISO 17225-6: Clases de Pellet de origen no leñoso. En esta parte, los Pellet de origen no leñoso se clasifican en A o B.
- VII. UNE-EN ISO 17225-7: Clases de briquetas de origen no leñoso. Se consideran dos clases diferentes para las briquetas de origen no leñoso: A y B.

⁵ <http://biomasudplus.eu/wp-content/uploads/2018/11/Gui%CC%81a-biomasud-Espan%CC%83ol-5-impresion-HOJAS.pdf>

En el caso de los Pellet la norma UNE-EN ISO 17225-2 (UNE, 2014) define tres calidades distintas, las que se presentan en el Cuadro N° 7.

Cuadro 4. Clases de pellet según norma UNE-EN ISO 17225-2 Biocombustibles Sólidos.

Clases de Pellet	Descripción
A1	Pellet fabricado con la madera del tronco y residuos de la industria maderera no tratados químicamente
A2	Pellet fabricado de árboles enteros sin raíces, madera del tronco, residuos de tala, corteza y residuos y subproductos de la industria maderera no tratados químicamente.
B	Pellet fabricado de origen forestal, plantaciones y otras maderas no usadas ni tratadas, residuos y subproductos de la industria maderera no tratados químicamente y de la madera reciclada no tratada químicamente

(Fuente: UNE, 2014)

ANÁLISIS COMPARATIVO

Actualmente en Chile no existen una normativa legal obligatoria que regule la producción de pellet de madera, por el contrario, en Europa poseen entidades reguladoras donde, mediante ensayos basados en las normas existentes, pueden evaluar que los pellets generados cumplen con las normativas básicas de calidad, garantizando así que presenten bajos niveles de impacto ambiental y que, además, pueden ser comercializados en el mercado.

Aunque la norma chilena no es exigible a las empresas productoras de pellet, por ser de carácter voluntario, esta es generalmente considerada en el proceso productivo, siendo frecuente que las empresas nacionales reconozcan o mencionen que sus productos están homologados con los estándares de calidad, y que algunas de ellas realicen regularmente estudios de caracterización de su producto en base a la norma chilena. De todas formas, para efectos de certificación las empresas nacionales deben contactar a entidades extranjeras que revisen su proceso productivo y certifiquen la calidad del pellet.

En el Cuadro 5 se contrastan algunos aspectos de la normativa nacional y europea que regulan la producción, uso y comercialización de pellets de madera.

Cuadro 5. Comparación de normativas chilena y europea relativas a producción de pellet de madera.

Parámetro	Chile	Europa
Obligación de cumplir con normativa de producción de pellet de madera	No existe esta obligación, dado que a normativa existente actualmente es de carácter voluntaria.	Existe obligación de certificación para tener presencia en el mercado.
Presencia de entes certificadores de la calidad del pellet	No existen estándar ni empresas certificadoras nacionales de pellet de madera, por lo que, si una empresa productora de pellet quiere certificarse en calidad, debe realizar a través de estándares de certificación internacional.	Existen organismos certificadores de pellet de madera, que garantizan la calidad del proceso y producto.
Empresas productoras de pellet certificadas	Actualmente solo la empresa ECOMAS en Chile certifica su pellet con el estándar ENplus.	Existen más de 5.000 empresas certificadas con el estándar ENplus a nivel mundial.
Existencia de normas para certificación de equipos que utilizan pellet	Existen normas certificadoras de artefactos que utilizan pellet.	Existen normas certificadoras de artefactos que utilizan pellet
Madera	La biomasa debe provenir del tronco o fuste del árbol, y/o subproductos de	La biomasa debe provenir del tronco o fuste del árbol, y/o subproductos de la

	la industria maderera no tratados químicamente (virutas, astilla, aserrín).	industria maderera no tratados químicamente (virutas, astilla, aserrín).
Aditivos	Los aditivos deben ser declarados en cantidad y tipo, no debiendo superar el 2% en masa.	Deben ser identificados no sobrepasando el 2% de la biomasa.
Dimensiones	El diámetro objetivo del pellet debe ser de 6 u 8 mm, con un rango de ± 1 mm. Respecto del largo, este debe estar entre los 3,15 a 40 mm.	El diámetro objetivo del pellet debe ser de 6 u 8 mm, con un rango de ± 1 mm. Respecto del largo, este debe estar entre los 3,15 a 40 mm.
Humedad	No debe superar el 10% sobre la masa total.	No debe superar el 10% sobre la masa total.
Cenizas	El porcentaje de cenizas sobre la masa total de pellet debe ser inferior al 0,7%.	El porcentaje de cenizas sobre la masa total de pellet debe ser inferior al 0,7%.
Temperatura de Fusión de las Cenizas	No menciona un valor definido del comportamiento de fusión de las cenizas, indicando solamente que se debe declarar.	Debe ser siempre mayor o igual a 1.200°C.
Durabilidad	Debe estar entre un 97,5% a un 96,5% según clasificación del pellet.	Mayor a 97,5% o 98% según la norma
Finos	Menor de un 1% de la masa total, sin especificar diferencias según formato de comercialización.	Menor de un 1% de la masa total y de un 0,5% en el caso del producto comercializado en sacos de hasta 20 kg.
Densidad	Mayor o igual a los 600 kg/m ³	Rango de 600 a 750 kg/m ³ .
Poder Calorífico	Pellet debe cumplir con un poder calorífico por encima de 4,6 kWh/kg.	Pellet debe cumplir con un poder calorífico por encima de 4,6 kWh/kg.

(Fuente: INFOR, 2021, elaboración propia)

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Al ser el pellet un producto derivado de biomasa forestal puede experimentar variaciones durante su proceso productivo, manipulación, embalaje, almacenamiento y transporte. Las normas señalan los rangos en que las diversas características físicas y químicas del pellet permiten asegurar su uso eficiente y en adecuadas condiciones, lo que se certifica u homologa a través de ensayos y muestreos en laboratorios debidamente adecuados y acreditados para ello.

Todos los formatos en que se comercializa este producto deben especificar estas características y sus valores, de modo que el usuario final este informado de los parámetros que caracterizan el pellet que está consumiendo.

En Chile, el pellet de madera se regula por la NCh-ISO 17225/2 (2017): Biocombustible sólidos-especificaciones y clases de combustible- Parte 2. Clase de Pellets de madera, la cual es de carácter voluntario. En general, esta normativa es similar a las utilizadas a nivel mundial, especialmente en Europa, como lo es la UNE-EN ISO 17225-2 Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles, y Parte 2: Clases de Pellet de madera (UNE, 2014), coincidiendo en gran medida en cuanto a la definición de parámetros de calidad y clasificación de pellet. La mayor diferencia se observa en la certificación de la calidad del pellet producido en cuanto a si cumple con la norma establecida.

En Europa existen organismos acreditados que certifican la calidad de los pellets, en un proceso estandarizado que involucra los siguientes elementos:

- a) Normativa o estándar de calidad y clasificación de clases de pellet de madera.
- b) Un organismo de certificación que entregue el certificado de cumplimiento de normativas.

- c) Un organismo de inspección que realice las pruebas y revisión de proceso de fabricación del pellet.
- d) Un organismo o laboratorio acreditado bajo normativas nacionales e internacionales para la realización de los análisis requeridos para certificar el pellet en evaluación.

De los elementos previamente señalados, en Chile se cuenta con la normativa generada por el INN, y con un solo laboratorio acreditado bajo normas internacionales para analizar la calidad del pellet, por el contrario, a la fecha no se dispone de una normativa obligatoria que reconozca al pellet como un biocombustible sólido y que regule y certifique su calidad de manera obligatoria mediante normas y sellos que sean conocidas, validadas y exigidas para su comercialización.

Atendiendo al aumento en la producción y demanda de pellet, y a las exigencias del mercado, se presume que se experimentarán avances en los mecanismos y herramientas para la certificación. Esto permitiría una diferenciación de calidades según tipo de pellet y destino de uso, y con ello posibles diferenciaciones de precios según calidad, así como también poder optar a abastecer la demanda internacional que existe por este producto.

Este escenario debe ser prontamente iniciado en el país para fortalecer el proceso de crecimiento y utilización del pellet, por cuanto contar con un biocombustible certificado, es una garantía para que productores y consumidores cuenten con un producto de adecuada calidad según los equipos a utilizar, asegurando un adecuado rendimiento y menores emisiones.

El contar con una adecuada certificación también permitiría contar con una trazabilidad del producto y su adecuada utilización como parte de los esfuerzos y políticas sectoriales en favor de un ambiente menos contaminado, la mitigación de los efectos del cambio climático y la descarbonización de la matriz energética.

REFERENCIAS

- INFOR. 2021. Normativas aplicables a la producción de pellet en Chile. Instituto Forestal. Documento de Divulgación N° 59.
- INN, 2017a. NCh-ISO17225/1 Biocombustible sólidos- especificaciones y clases de combustible- Parte 1. Requisitos generales. Disponible en <https://www.inn.cl/>
- INN, 2017b. NCh-ISO17225/2 Biocombustible sólidos- especificaciones y clases de combustible- Parte 2. Clase de Pellets de madera. Disponible en <https://www.inn.cl/>
- UNE, 2014. Norma UNE-EN ISO 17225-2. Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 2: Clases de pellets de madera. Disponible en <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0053748>



APUNTE

La Patagonia chilena en grandes cifras

Santiago Barros Asenjo^{1*}

¹ Ingeniero Forestal. Gerencia I&D Instituto Forestal, Santiago, Chile. sbarros@infor.cl

* Autor para correspondencia

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2021.562>

Recibido: 10.02.2022; Aceptado: 04.05.2022

RESUMEN

La Patagonia es una extensa región del extremo austral de Sudamérica, en Chile abarca desde la provincia de Palena al sur, cubriendo una superficie de 25,6 millones de hectáreas (33,8% de la superficie nacional), y en Argentina desde las provincias de Neuquén y Río Negro al sur cubriendo una superficie de 78,8 millones de hectáreas (28,5% de la superficie del país). El extremo sur de la Cordillera de Los Andes divide a esta gran región geográfica en Patagonia Occidental al oeste y Patagonia Oriental al este. Es así una superficie total de 104,4 millones de hectáreas entre los océanos Pacífico y Atlántico. La Patagonia chilena, pese a su gran extensión territorial y a disponer de más del 50% de la superficie de bosques nativos del país, presenta un muy escaso desarrollo forestal, la agricultura es marginal debido a las rigurosas condiciones climáticas y la principal actividad es la ganadería extensiva de bovinos y ovinos. La población de la Patagonia alcanza solo al 1,6% de la población del país. La Patagonia chilena cuenta con 35 de las 106 unidades del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, y concentra 13,8 de los 18,6 millones de hectáreas administrados por este sistema (74% del área total del sistema). Sin embargo, la Patagonia presenta también grandes extensiones de suelos forestales desarbolados y bajo intensos procesos erosivos, como producto de grandes incendios forestales del pasado, y dispone solo del 1% de los 2,3 millones de hectáreas de plantaciones forestales del país.

Entre los grandes potenciales de desarrollo de esta extensa área geográfica del país se cuentan sin duda el turismo, ya de cierto desarrollo, basado en la abundancia de ríos, lagos, parques nacionales, glaciares, navegaciones por los canales y otros grandes atractivos, y el desarrollo forestal sobre la base del manejo forestal sostenible de sus importantes recursos capaces de entregar maderas de muy buena calidad.

Palabras clave: Patagonia, Regiones Australes, Recursos Forestales, Turismo.

SUMMARY

Patagonia is an extensive region located in southern South America, it occupies in Chile from the Palena province to the south, covering an area of 25.6 millions ha (33.8% of the national area), and in Argentina from the Neuquén and Río Negro provinces to the south, covering an area of 78.8 millions ha (28.5% of the country's Surface). The southern end of the Andes Mountains divides this large geographic region into Western Patagonia to the west and Eastern Patagonia to the east. This is a total area of 104.4 millions ha between the Pacific and Atlantic oceans. Chilean Patagonia, despite its large territorial extension and having more than 50% of the native forests area in the country, has very little forestry development, agriculture is marginal due to harsh climatic conditions and the main activity is extensive cattle and sheep breeding. The population of Patagonia reaches only 1.6% of the country's population. The Chilean Patagonia has 35 of the 106 units of the National System of Protected Wild Areas of the State, and concentrates 13.8 of the 18.6 million hectares managed by this system (74% of the total area). However, Patagonia has also large extensions of treeless forest soils under intense erosive processes, as a result of large forest fires in the past, and it has only 1% of the 2.3 millions ha of forest plantations in the country.

Among the great development potentials of this extensive geographical area of the country are undoubtedly tourism, already somewhat developed, based on the abundance of rivers, lakes, national parks, glaciers, canal navigation and other great attractions, and the forest development based on sustainable forest management of its important resources capable of delivering very good quality wood.

Keywords: Patagonia, Southern Regions, Forest Resources, Tourism.

INTRODUCCIÓN

La Patagonia es una extensa región ubicada en el extremo austral de Sudamérica, ocupa en Chile desde la provincia de Palena al sur, cubriendo una superficie de 25,6 MM⁶ ha que representa el 33,8% de la superficie nacional, y en Argentina desde las provincias de Neuquén y Río Negro al sur cubriendo una superficie de 78,8 MM ha que representa el 28,5% de la superficie del país. Como referencia, la superficie sumada de la Patagonia de ambos países duplica o más la superficie territorial de países europeos como Francia, España, Suecia, Alemania, Italia y otros.

El extremo sur de la Cordillera de Los Andes divide a esta gran región geográfica en Patagonia Occidental al oeste y Patagonia Oriental al este. Es así una superficie total de 104,4 MM ha entre los océanos Pacífico y Atlántico.

El nombre Patagonia habría sido dado por la expedición de Hernando de Magallanes en 1520, quien al entrar en contacto con los tehuelches notó sus grandes pies y los denominó patagones y a la región Patagonia, términos que se difundieron ampliamente con posterioridad y fueron utilizados en la cartografía y toponimia regionales.

La Patagonia tiene un clima templado a frío, con temperaturas que disminuyen de norte a sur y precipitaciones que se reducen de oeste a este. Los vientos llevan humedad desde el océano Pacífico al interior, pero esta alcanza hasta la cordillera, donde se elevan las nubes y se producen precipitaciones, frecuentemente en forma de nieve, continuando los vientos más secos hacia el oriente. Esta mayor humedad en la parte occidental explica la existencia de los extensos bosques patagónicos que predominan en la Patagonia chilena y alcanzan parte de la Patagonia argentina. Más al interior se presenta una región semiárida y algo más fresca, denominada estepa patagónica, que predomina en casi toda la Patagonia argentina. De este modo la Patagonia occidental es húmeda y lluviosa, con un clima oceánico frío, salvo en algunos sectores orientales que es semiárida, en tanto que la Patagonia oriental es semiárida y algo más fría.

La Patagonia chilena es un territorio caracterizado principalmente por glaciares y fiordos, con una estrecha planicie costera, grandes ventisqueros, montañas, fiordos, archipiélagos, islas e islotes, glaciares, volcanes, gran cantidad de lagos y las tierras de la tundra magallánica hasta el Cabo de Hornos. También en territorios chilenos, al oriente de la cordillera de los Andes, se presentan características esteparias, como en la ribera norte del Estrecho de Magallanes, en la parte norte de la isla Grande de Tierra del Fuego y en la zona en torno a Coyhaique y Balmaceda, en general plana o con leves ondulaciones sobre morrenas. Al sur del paralelo 47° sur, en la cordillera de los Andes se encuentran los campos de hielo norte y sur.

El campo de hielos norte tiene una extensión de aproximadamente 400 M ha, se encuentra en la región de Aysén y su dimensión aproximada es de 120 km de largo en sentido norte-sur y de 50 a 70 km de ancho en sentido este-oeste. El campo de hielos sur es una gran extensión de hielo continental, su superficie aproximada es de 1,3 MM ha y se ubica en las regiones de Aysén y Magallanes. Existen algunos campos de hielos de menores extensiones, como los de la cordillera Darwin y otros en la región de Magallanes, con los cuales se totalizan unos 2,0 MM ha (Instituto Chileno de Campos de Hielos, 2022).

Respecto de la vegetación, las regiones andinas, tanto en Argentina como en Chile, se presentan en gran parte cubiertas de densos bosques y selvas frías de coníferas siempreverdes y latifoliadas caducifolias, y la selva fría magallánica. En tanto que la Patagonia oriental presenta formaciones arbustivas achaparradas y pastos duros tipo coirón (*Festuca* spp, *Stipa* spp y otros).

La Patagonia chilena tiene 8,2 MM ha de bosques nativos, superficie que representa el 55,3% de estos bosques en el país y en materia de plantaciones forestales presenta solo 29,8 M ha que es solo el 1,3% del total nacional (Soto *et al.*, 2021).

⁶ MM: Millones

Dada la rigurosidad climática y las dificultades de conectividad terrestre impuestas por la accidentada fisiografía, y aún con el gran atractivo turístico que representan los numerosos lagos, ríos, fiordos y glaciares además de los extensos bosques, la población permanente en la Patagonia chilena es de muy baja densidad, la provincia de Palena y las regiones de Aysén y Magallanes, pese a representar casi el 34% de la superficie nacional, reúnen solo 305 mil habitantes, esto es el 1,6% del total país.

Desde el norte se accede por tierra contorneando el estuario de Reloncaví por el interior o en transbordadores cruzando la salida de este estuario entre las caletas La Arena y Puelche (1 h) para tomar la carretera Austral, en construcción en los últimos 40 años y ya en gran parte pavimentada hasta Coyhaique, pero con tramos en transbordador entre Hornopirén y Leptepú (3 h) y entre Fiordo Largo y Caleta Gonzalo (1 h). De Coyhaique al sur se continúa por la carretera Austral hasta Villa O'Higgins con un tramo en transbordador en Puerto Yungay. Para ir más al sur por tierra se debe ir por territorio argentino, cruzando por alguno de los pasos fronterizos más al norte en Futaleufú, Palena, Coyhaique o Chile Chico, para reingresar a territorio chileno por Puerto Natales. Vía aérea en vuelos comerciales se puede llegar solo a Coyhaique en la región de Aysén y Punta Arenas y Puerto Natales en la región de Magallanes, y en vuelos comerciales o privados en aviones pequeños a las restantes ciudades o poblados.

SUPERFICIE

Como se mencionó inicialmente, la Patagonia chilena se ubica desde la provincia de Palena al sur y la Patagonia Argentina desde las provincias de Neuquén y Río Negro al sur (Figuras 1 y 2).

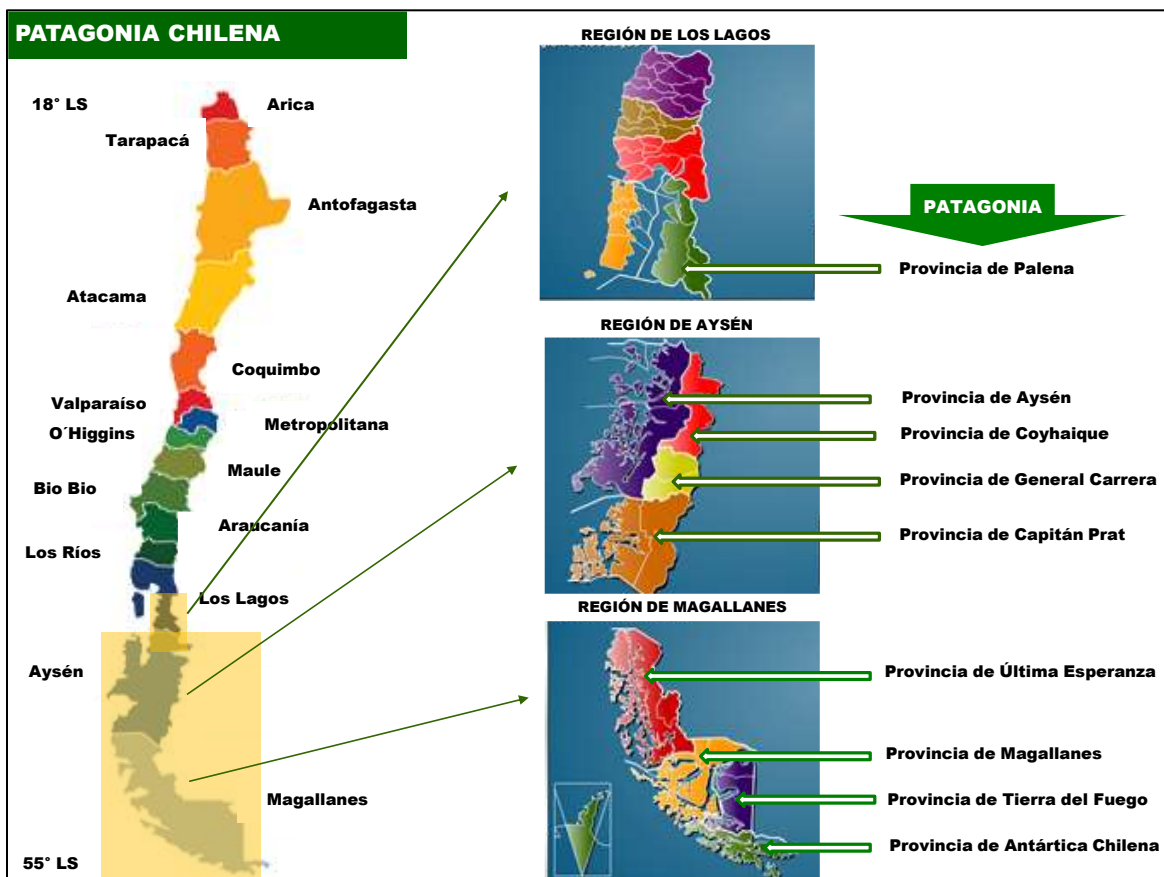


Figura 1. Regiones y Provincias Patagonia Chilena



Figura 2. Provincias Patagonia Argentina

Cuadro 1. Superficie de la Patagonia y Comparación con algunos Países de Sudamérica y Europa.

País/Región/Provincia	Superficie Patagonia (MM ha)	Superficie País (MM ha)	Patagonia (%)
CHILE	25,6	75,7	33,8
Región de Los Lagos. Prov. Palena	1,5		
Región Aysén	10,9		
Región de Magallanes	13,2		
ARGENTINA	78,8	276,7	28,5
Prov. Neuquén	9,4		
Prov. Río Negro	20,3		
Prov. Chubut	22,5		
Prov. Santa Cruz	24,4		
Prov. Tierra del Fuego	2,2		
Total	104,4		
Perú		128,5	
Colombia		113,9	
Uruguay		17,6	
Francia		54,7	
España		50,5	
Suecia		45,0	
Alemania		35,7	
Italia		30,1	

Cuadro 2. Superficie País y Patagonia

Territorios	Superficie (ha)
Regiones Arica a Los Lagos*	50.013.910
Provincia Palena	1.530.200
Región Aysén	10.849.440
Región Magallanes	13.229.110
Regiones Arica a Los Lagos*	50.013.910
Patagonia	25.608.750
País	75.622.660

*Excluida Provincia Palena

POBLACIÓN

Como se comentó anteriormente, la densidad poblacional en la Patagonia chilena es muy baja, la rigurosidad de las condiciones climáticas y las limitaciones de conectividad terrestre son muy probablemente las principales causas de esto. Hasta los años 80 del siglo pasado gran parte de esta extensa región del país era accesible solo vía aérea o marítima.

La carretera Austral, aún en construcción y parcialmente pavimentada, ya permite acceder vía terrestre hasta Villa O'Higgins en el sur de la región de Aysén, esto complementado con servicios de transbordadores en el estuario de Reloncaví, en Hornopirén y en Puerto Yungay. La parte norte, desde el estuario de Reloncaví hasta Coyhaique está en gran parte pavimentada, y desde ahí hacia el aeropuerto de Balmaceda al interior y hacia Puerto Aysén y Puerto Chacabuco en la costa lo está completamente. La parte sur, de Coyhaique a Villa O'Higgins continúa siendo de ripio, aunque hay avance de pavimento hasta Cerro Castillo. Sin embargo, a la Región de Magallanes solo es posible acceder en forma terrestre a través de territorio argentino.

Cuadro 3. Población País y Patagonia

Territorios	Población (hab)
Regiones Arica a Los Lagos*	19.372.153
Provincia Palena	18.349
Región Aysén	107.158
Región Magallanes	179.533
Regiones Arica a Los Lagos*	19.372.153
Patagonia	305.040
País	19.677.193

(Fuente: INE, 2018)

*Excluida Provincia Palena

De las cifras de los Cuadros 2 y 3 se puede concluir que la densidad poblacional de la Patagonia chilena es de 1,19 hab/km² y que la población de la Patagonia alcanza solo al 1,55% del total país. Los principales centros poblados son Chaitén, Futaleufú y Palena en la provincia de Palena. En la región de Aysén la capital regional Coyhaique y La Junta, Puyuhuapi, Puerto Cisnes, Mañihuales, Puerto Aysén, Chile Chico y Cochrane, En la región de Magallanes la capital regional Punta Arenas y Puerto Natales; Porvenir en Tierra del Fuego y la ciudad más austral del mundo, Puerto Williams, al sur del canal Beagle.

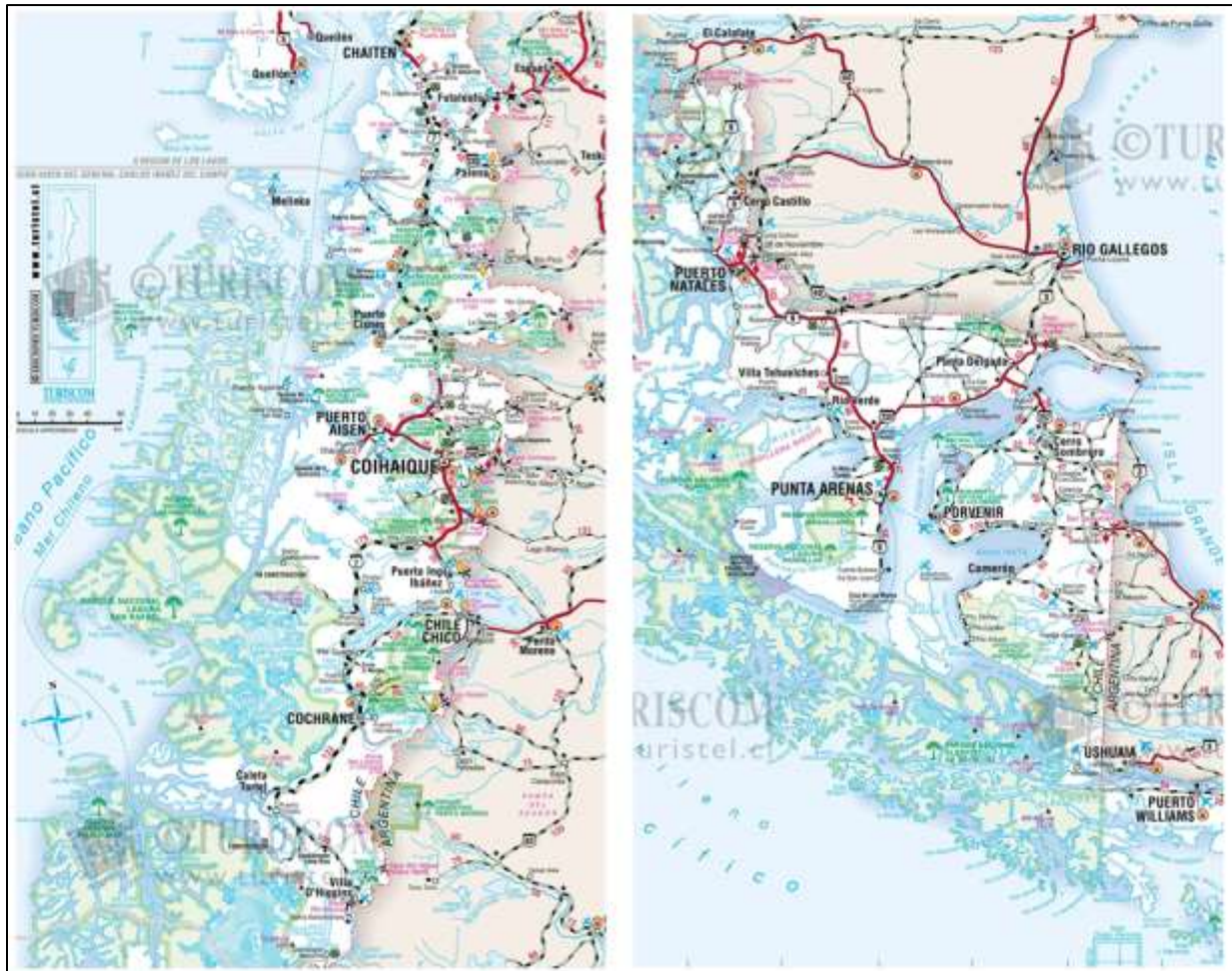


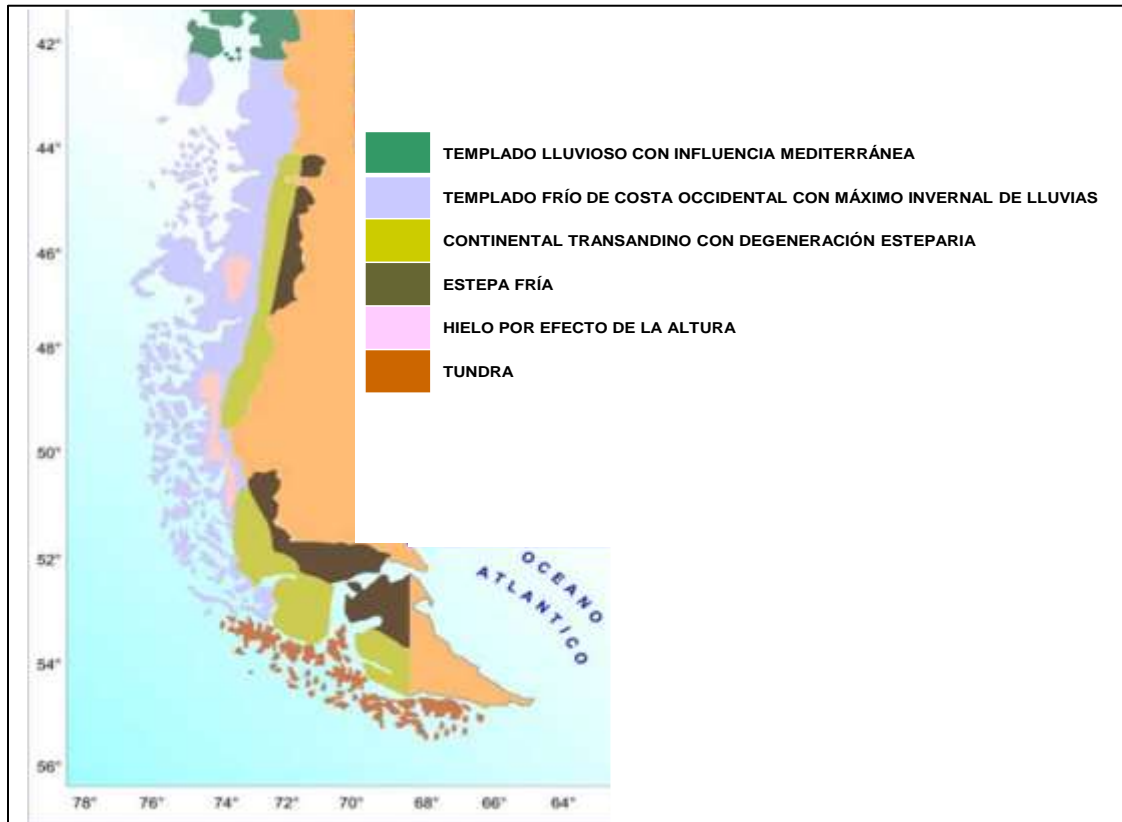
Figura 3. Centros urbanos y red caminera provincia de Palena y región de Aysén(izq.) y región de Magallanes (der.)

CLIMA

Se encuentra una variedad de climas en la Patagonia, desde el clima templado en el norte hasta los hielos y tundras en el sur, y del clima húmedo en la parte occidental al semiárido frío en la parte oriental. Se presentan cuatro estaciones bien diferenciadas, excepto en las zonas más australes, como Tierra del Fuego, donde no hay gran variación de temperatura durante el año (Figura 4).

Clima Templado Lluvioso con Influencia Mediterránea

Presente solo en el extremo norte de la Patagonia, en la parte norte de la Provincia de Palena de la región de Los Lagos. La temperatura media solo alcanza a 11° C, la homogeneidad del relieve, también produce valores reducidos en las amplitudes térmicas. Las variaciones de relieve no son suficientes para producir variaciones significativas en la distribución de las temperaturas, pero sí generan diferencias en los montos de las precipitaciones, las que además se ven influenciadas por la altura y la latitud. Hacia la Cordillera de los Andes aumentan más todavía y con intensas nevadas en invierno. Existen numerosos lagos que ayudan a mantener cierta homogeneidad térmica y son fuentes de humedad, lo que es otra característica de este clima. La humedad media es superior al 80% y no hay meses con humedad media inferior a 75%. Las precipitaciones son producidas por frecuentes sistemas frontales que cruzan la zona, los que a su vez producen abundante nubosidad y poca cantidad de días despejados.



(Fuente: DGAC - DMC, 2022)

Figura 4. Climas de la Patagonia Chilena

Clima Templado Frío de Costa Occidental con Máximo Invernal de Lluvias

Este clima domina en gran parte de la Patagonia occidental, las temperaturas disminuyen, no alcanzan los 10° C como media anual y varían según la exposición a los vientos predominantes del oeste. Las precipitaciones son intensas y el 50% del total se concentra en los cuatro meses más lluviosos solo equivale al 50% del total anual. Además, disminuyen desde las zonas más expuestas al océano hacia el interior, especialmente en los valles interiores más protegidos. En Chaitén caen más de 3.000 mm al año, en Futaleufú algo más de 2.000 mm y en Palena menos de 1.700 mm.

En la región de Aysén la Cordillera de los Andes se presenta muy desmembrada, ocupando en algunos sectores un ancho superior a 130 km y con algunas líneas de altas cumbres desplazadas hacia el oeste, con lo que importantes sectores poblados quedan en el lado oriental de los Andes. Esto hace que aparezcan tipos de climas transandinos continentales muy influenciados por el macizo andino al oeste, que produce disminución de las precipitaciones y aumento en las amplitudes térmicas por la continentalidad. Además, por mayor latitud, en las cumbres más altas aparece un clima de hielo que corresponde a los campos de hielo australes.

Este clima que se inicia en el extremo sur de la región de Los Lagos se extiende por la región de los canales hasta el Estrecho de Magallanes. En la XI Región cubre todo el sector de los canales australes y la ladera occidental de la cordillera patagónica, excluyendo los Campos de Hielo. Su principal característica está dada por las intensas precipitaciones que ocurren todo el año, aunque el período más lluvioso es de mayo a agosto. Los totales anuales pueden alcanzar los 4.000 mm y los meses más lluviosos son mayo y junio.

Las temperaturas continúan disminuyendo con la latitud, pero la influencia marítima sumada a la acción de los vientos hace que no sean extremadamente bajas. Las temperaturas medias de los meses más fríos, raramente descienden de 4° C.

La influencia marítima y las altas precipitaciones se manifiestan también en los altos valores que alcanza la humedad atmosférica, la que presenta un valor medio anual de 87% en Aysén, sin haber ningún mes con humedad relativa inferior a 80%. Otra característica asociada es el predominio de una gran cantidad de nubosidad durante todo el año.

Más al sur, en la región de Magallanes, en las zonas dominadas por este clima se han registrado los máximos montos de precipitación del país, en la Isla Guarello con registros cercanos a 9.000 mm anuales. La nubosidad atmosférica también es alta, la cantidad de días despejados muy escasa y la cercanía del océano y los vientos hacen que las amplitudes térmicas sean reducidas. La oscilación anual es del orden de 4°C con una temperatura media de 9°C. Las precipitaciones ocurren durante todo el año y existe una tendencia de un desplazamiento de la época más lluviosa hacia el otoño (marzo o abril). Lo que precipita en los 4 meses más lluviosos es equivalente a un 35% o 40% del total anual.

Clima Continental Trasandino con Degeneración Esteparia

Corresponde a la franja de unos 40 km de ancho inmediatamente al oriente del límite de la anterior zona climática y que se extiende desde el norte del Río Cisnes hasta el extremo sur-oriental de la región de Aysén, al oriente de la sección norte del campo de hielo sur y junto al límite internacional, y más al sur en la región de Magallanes en las zonas de Puerto Natales, Punta Arenas y parte sur de Tierra del Fuego.

El régimen pluviométrico en esta zona se ve considerablemente reducido, ya que las máximas cantidades de precipitación que traen los sistemas frontales, se presentan en la ladera occidental y zonas altas de la cordillera patagónica. Los totales anuales solo llegan a los 1.200 mm en Coyhaique y a 730 mm en Cochrane. El período más lluvioso es mayo a agosto, donde llueve cerca del 50% del total anual y por las bajas temperaturas invernales, estas precipitaciones son principalmente de nieve.

La continentalidad de la zona se refleja en una disminución general de las temperaturas y un incremento de las amplitudes térmicas. La disminución de las precipitaciones se asocia con una disminución de la humedad relativa, Coyhaique y Cochrane con valores medios de 74% y 71%. respectivamente, en contraste con el 87% de Puerto Aysén. También la cantidad de nubosidad es menor y por consiguiente hay una mayor cantidad de días despejados.

Más al sur y oriente de Los Andes patagónicos este clima se extiende desde la cordillera del Paine hacia el sur y sureste, cubriendo la Península de Brunswick y el sector sur de Tierra del Fuego. Las precipitaciones disminuyen notoriamente en relación a las laderas occidentales de la cordillera patagónica y región de los canales, pues las masas de aire llegan con escaso contenido de humedad después de atravesar las cumbres cordilleranas. Las precipitaciones se producen todo el año, pero sus montos anuales son de 250 a 400 mm, y su distribución es relativamente homogéneas, identificándose los meses de otoño (abril y mayo) como los más lluviosos. Un segundo máximo puede presentarse entre noviembre y enero. En el invierno las precipitaciones son casi exclusivamente de nieve.

La continentalidad hace que las temperaturas en general desciendan encontrándose valores medios anuales de 6°C a 7°C. Aumentan las amplitudes térmicas con una anual de 9°C a 10°C y una diaria de alrededor de 7°C en Punta Arenas. Pese a la latitud, las temperaturas de invierno no son extremadamente bajas, las temperaturas medias de los meses de invierno son superiores a 1°C, con lo que la presencia de nieve no es muy prolongada en los sectores más bajos cercanos al mar. Las temperaturas mínimas medias son inferiores a 0°C entre junio y agosto.

Clima de Hielo por Efecto de Altura

Corresponde a las zonas de los campos de hielo ubicadas sobre los 800 m de altura, es decir a las partes más altas de la Cordillera Patagónica, donde la altura hace que existan temperaturas lo suficientemente

bajas para mantener estos hielos. La zona con este clima, se ubica también en una región de altas cantidades de precipitación, en especial en las laderas montañosas que descienden hacia el Pacífico o a la zona de los Canales. También son afectada por fuertes vientos.

Se estima que las temperaturas medias deben ser ligeramente inferiores a 0° C. Las temperaturas máximas medias deben superar los 0° solo en los meses de verano y las mínimas medias deben ser inferiores a 0° todo el año y muy bajas en invierno, para tener la condición de hielos eternos.

Hacia el sur en la región de Magallanes, este clima corresponde a la zona del campo de hielo sur y la cordillera patagónica que se ubica sobre los 700 m de elevación, donde las bajas temperaturas dadas la altura permiten la mantención de las masas de hielo. La condición climática es similar a la de este clima más al norte en la región de Aysén y la principal diferencia está dada por temperaturas algo menores debido a la mayor latitud.

Clima de Estepa Fría

Corresponde al sector más oriental, contiguo a la frontera, desde el río Cisnes hasta el sur de Cochrane y al oriente de la zona de clima anterior. Las precipitaciones disminuyen más aún, apareciendo algunos meses secos, es decir con totales mensuales de agua caída inferior 40 mm. Esta disminución se manifiesta en un aumento del porcentaje del total anual que precipita en los 4 meses más lluviosos, que son mayo a agosto, donde llueve entre el 55% y el 62% del total anual. Estas precipitaciones invernales, debido a las bajas temperaturas son casi exclusivamente de nieves. Los totales anuales alcanzan solo a 612 mm en Balmaceda, con 6 meses secos, y no alcanzan los 300 mm en Chile Chico, con 10 meses secos.

Las temperaturas también son menores con valores medios anuales de 6° a 9° C. Las temperaturas medias de verano de Chile Chico son superiores a 15° C. Las moderadas temperaturas de Chile Chico son consecuencia de la influencia de gran Lago General Carrera, ubicado al norte de esa localidad, lo que, asociado a la dirección de los vientos predominantes, impide que la temperatura descienda a los valores propios del resto de la zona. La humedad relativa también es baja, variando en valores medios anuales entre un 62% y un 71%.

Hacia el sur ocupa la zona fronteriza comprendida desde el norte de Cerro Guido hasta cubrir la mitad norte de Tierra del Fuego. Las precipitaciones continúan disminuyendo a medida que la zona se aleja de la cordillera patagónica, generándose montos anuales que varían entre 500 mm en el sector norte cercano a la cordillera, hasta unos 250 mm en el extremo oriental del estrecho de Magallanes y en la parte norte de Tierra del Fuego. Estas se distribuyen homogéneamente durante el año, con máximos que ocurren en verano y otoño. Lo que llueve en los 4 meses más lluviosos es equivalente al 40% del total anual y las precipitaciones invernales son de carácter nival.

Entre diciembre y marzo la temperatura media supera los 10°C y en los meses de invierno solo es cercana 2°C. Las menores precipitaciones definen entre 6 y 12 meses secos, con totales de agua caída inferior a 40 mm.

Clima de Tundra

Corresponde a toda la zona ubicada al sur del Estrecho de Magallanes y de Tierra del Fuego. Es una zona que está muy influenciada por el océano Pacífico por el sector oeste y suroeste y por el mar de Drake por el sur. Las precipitaciones son superiores a 1.000 mm anuales como total anual, pero en algunos sectores protegidos por las tierras más altas de la Isla Navarino, como Puerto Williams, no alcanzan a los 600 mm. En la época de verano son más abundantes que en invierno y en invierno son en forma de nieves. Las temperaturas medias son de 5°C a 7°C y dada la influencia oceánica y los vientos, son homogéneas, con una diferencia de 4°C entre el mes más cálido y el mas frío y algo superior entre las temperaturas máximas y las mínimas.

Parámetros Climáticos Medios para la Patagonia

INE (2019) entrega los principales parámetros climáticos medios para la Patagonia según dos estaciones meteorológicas en la región de Aysén y una en la región de Magallanes (Cuadros 4 a 6).

Cuadro 4. Temperaturas Medias, Máximas y Mínimas Años 2014 a 2018.

Temperatura	2014	2015	2016	2017	2018
	(°C)				
T° Media Anual					
Teniente Vidal Coyhaique	8,5	8,7	8,7	8,3	8,1
Balmaceda Coyhaique	6,8	7,1	7,2	7,0	-
Carlos Ibáñez Punta Arenas	6,1	6,2	6,9	6,5	6,2
T° Máxima Absoluta					
Teniente Vidal Coyhaique	29,5	31,8	32,6	27,9	30,6
Balmaceda Coyhaique	28,5	30,8	31,1	27,4	29,2
Carlos Ibáñez Punta Arenas	22,5	24,4	23,3	21,0	23,9
T° Mínima Absoluta					
Teniente Vidal Coyhaique	-10,0	-7,1	-9,5	-15,0	-11,6
Balmaceda Coyhaique	-13,1	-9,1	-13,8	-20,8	-15,0
Carlos Ibáñez Punta Arenas	-9,9	-8,9	-5,5	-10,8	-10,2

Cuadro 5. Precipitación Media Anual Períodos 1931-1960 y 1961-1990.

Precipitación media anual	1931-1960	1961-1990
	(mm)	
Teniente Vidal Coyhaique	1.690,0	1.205,9
Balmaceda Coyhaique	723,2	611,6
Carlos Ibáñez Punta Arenas	462,6	375,7

(Fuente: INE, 2019)

Cuadro 6. Precipitación Media Anual Años 2014 a 2018.

Precipitación Anual	2014	2015	2016	2017	2018
	(mm)				
Teniente Vidal Coyhaique	1.057,0	1.039,0	527,9	1.326,7	932,0
Balmaceda Coyhaique	448,7	453,9	276,3	669,2	443,0
Carlos Ibáñez Punta Arenas	281,0	421,0	221,6	286,2	352,4

(Fuente: INE, 2019)

De acuerdo a la información proporcionada por INE (2029) para los períodos 1931 - 1960 y 1961 – 1990 es posible apreciar una clara tendencia a la baja en las precipitaciones medias anuales, situación que también se aprecia en el período 2014 a 2018, lo que sugiere que el fenómeno de cambio climático ya desde los años 60 estaría afectando a la Patagonia. Respecto de las temperaturas no hay información suficiente para similar afirmación, aunque las temperaturas máximas absolutas parecen estar aumentando en los últimos años.

Hepp *et al.* (2018) entregan parámetros climáticos medios para cinco estaciones meteorológicas en la región de Aysén (Cuadro 7).

Cuadro 7. Parámetros climáticos medios en estaciones meteorológicas de la Región de Aysén

Variable	Estación Meteorológica				
	Coyhaique	Puerto Aysén	Balmaceda	Chile Chico	Cochrane
Altitud (msnm)	310	11	517	306	204
Registros (años)	58	41	58	52	48
T° Media Anual (°C)	8,2	9,0	6,4	9,3	7,8
T° Max. Media Anual (°C)	13,1	13,1	15,3	11,7	12,8
T° Min. Media Anual (°C)	4,4	3,2	3,9	2,2	6,0
T° Max. Absoluta Media Anual (°C)	20,2	20,9	21,5	24,1	22,1
T° Min. Absoluta Media Anual (°C)	-2,2	0,3	-6,4	-2,2	-2,1
T° Min. Mes más frío media Anual (°C)	-0,8	-2,0	-1,3	-3,4	1,5
Registros (Años)	49	41	57	53	47
Precipitación Media Anual (mm)	1.016	2.237	564	290	702

(Fuente: Hepp *et al.*, 2018)

Tanto la información entregada por INE (2019) como la que entregan Hepp *et al.* (2018) dejan en evidencia lo antes comentado respecto de las grandes diferencias climáticas entre las zonas costeras y las interiores, diferencias que se observan claramente en las precipitaciones medias y en las temperaturas mínimas absolutas

USO ACTUAL DE LOS SUELOS

El uso actual de los suelos de la Patagonia chilena es predominantemente de Bosques y Praderas y de Matorrales. Hay importantes superficies correspondientes a Nieves y Glaciares y a Cuerpos de Agua dadas por lagos y ríos.

La superficie agrícola es mínima debido a las rigurosas condiciones climáticas, por lo que son práctica común en los campos los huertos familiares en invernaderos bajo polietileno para autoconsumo (Figura 5).

Pese a la gran extensión actual de los bosques en la Patagonia, la superficie de estos fue mucho mayor, dado que grandes superficies boscosas se perdieron en el pasado debido a incendios provocados por colonos para despejar terrenos para la crianza de ganado, los que a menudo se salían de control arrasando superficies mucho mayores que las que se quería despejar. Aún es posible observar grandes extensiones de bosques quemados, que dada la consiguiente erosión de los suelos y las cargas ganaderas nunca pudieron recuperarse.

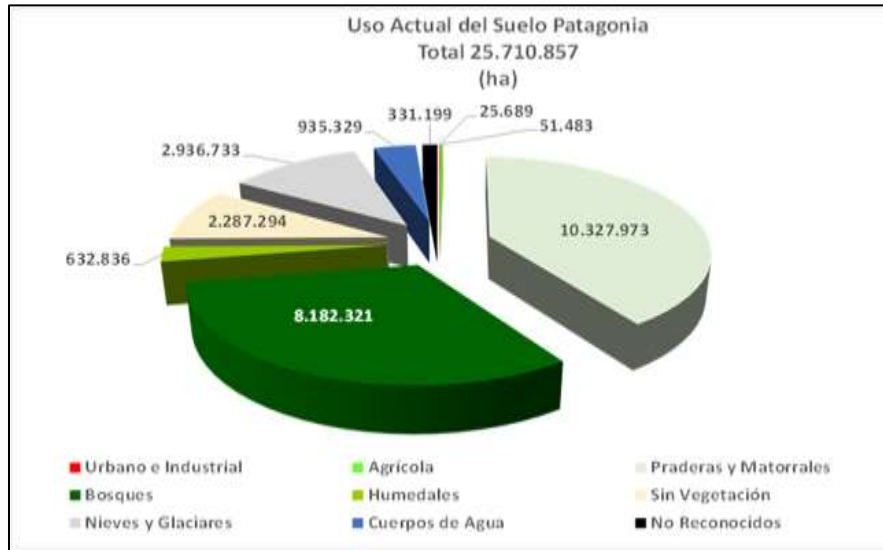
La principal actividad económica en la Patagonia es la ganadería de ovinos y bovinos. La actividad forestal, pese a la gran abundancia de bosques de muy buenas maderas, es muy limitada debido a problemas de conectividad y lejanía a los grandes centros de consumo, solo unos pocos aserraderos pequeños trabajando principalmente con lenga (*Nothofagus pumilio*), pino ponderosa (*Pinus ponderosa*) y pino oregon (*Pseudotsuga menziesii*), en la región de Aysén, y con lenga en la región de Magallanes.

Una actividad económica cada día creciente es el turismo basado en los bosques y la gran variedad y presencia de otras bellezas naturales, como glaciares, numerosos parques nacionales, fauna, ríos y lagos con abundante pesca, navegación por los canales y otras, a lo que se suma la gastronomía típica, las costumbres patagónicas y variadas artesanías.

El concepto Patagonia tiene un cada vez un mayor atractivo turístico nacional y especialmente internacional. La carretera Austral, que une el estuario de Reloncaví con villa O'Higgins en la región de Aysén, con grandes atractivos como la laguna San Rafael con su ventisquero, Puyuhuapi y el parque nacional Queulat, el lago General Carrera, el río Baker, la caleta Tortel y más al sur la villa O'Higgins y el

lago y ventisquero de igual nombre del campo de hielos sur, entre muchos otros lugares de gran interés turístico, atraen el turismo nacional y muy en especial el internacional.

Lo mismo ocurre en la región de Magallanes con el parque nacional Torres del Paine, la cueva del Milodón, Puerto Natales y Tierra del Fuego con la cordillera Darwin y sus glaciares. Atractivos en torno a los cuales existen diversas empresas de turismo que ofrecen excursiones terrestres y marinas.



(Fuente: Elaboración propia en base a Soto *et al.*, 2021)

Figura 5. Uso Actual de los Suelos Patagonia Chilena

RECURSOS FORESTALES

El país dispone de 14,7 MM ha de bosques nativos, correspondientes a 12 diferentes Tipo Forestales según las principales especies que los componen, y de 2,3 MM ha de plantaciones forestales, compuestas principalmente por *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*.

De estos recursos forestales, la Patagonia presenta 8,2 MM ha de bosques nativos, correspondientes muy mayoritariamente a 3 Tipos Forestales, lo que representa el 55,3% de la superficie total nacional, y solo 29,9 M ha de plantaciones forestales, compuestas principalmente por pino ponderosa, pino oregon, más otras especies como *Pinus contorta*, *Pinus sylvestris* y *Larix decidua*, además de pequeñas superficies de *Eucalyptus nitens* destinadas a energía, cifra que corresponde al 1,3% del total nacional (Figura 6).

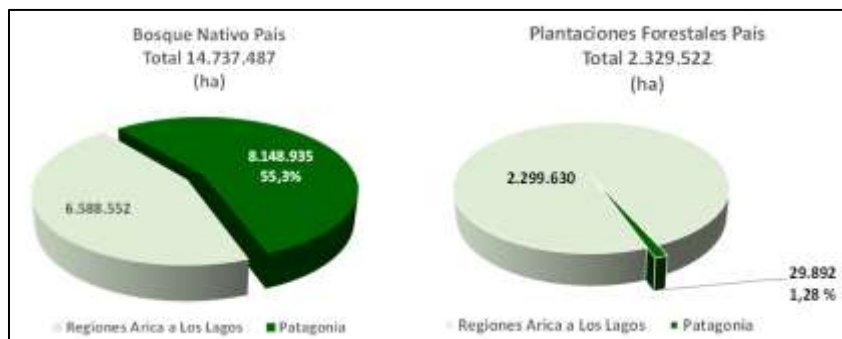


Figura 6. Bosques Nativos y Plantaciones Forestales en la Patagonia

Bosques Nativos

La región de Aysén es la que presenta la mayor superficie de bosques nativos, 4,4 MM ha que corresponden al 29,8% de total de este recurso en país. En la parte norte de la Patagonia, provincia de Palena, con un clima más templado, están presentes 9 Tipos Forestales, destacando por su extensión Lengua y Siempreverde, además de Alerce, hacia el sur predominan ampliamente los tipos Lengua, Coihue de Magallanes y Siempreverde, aunque hay también superficies importantes de tipo Ciprés de las Guaitecas.

Cuadro 8. Bosque Nativos. Tipos Forestales en la Patagonia.

Tipos Forestales	Provincia/región			
	Prov. Palena	Aysén	Magallanes	Patagonia
	(ha)			
Alerce	97.752			97.752
Ciprés de las Guaitecas	9.754	159.334	228.094	397.182
Ciprés de la Cordillera	7.417			7.417
Lengua	291.037	1.400.378	1.373.880	3.065.295
Coigüe de Magallanes	54.348	939.169	888.098	1.881.615
Roble-raulí-Coigüe	51.443			51.443
Coigüe-raulí-tepa	139.623			139.623
Esclerófilo	38			38
Siempreverde	338.601	1.899.864	270.105	2.508.570
Total	990.013	4.398.745	2.760.177	8.148.935

(Fuente: CONAF-UACH, 2013; CONAF, 2019).

- Tipo Forestal Alerce

Este tipo es casi exclusivo de la región de Los Lagos, se distribuye en áreas de la cordillera de la Costa en Osorno, Llanquihue y Chiloé y en áreas interiores de Llanquihue y Palena, con algunas superficies menores en la cordillera de la costa de la región de Los Ríos.

Su superficie total es de 216 M ha y el 45% de esta se ubica en la provincia de Palena en la Patagonia. Su especie característica y dominante es alerce, (*Fitzroya cupressoides*) y a través de su distribución puede estar acompañada por algunas especies como:

Alerce (<i>Fitzroya cupressoides</i>)	Maño de hojas largas (<i>Podocarpus saligna</i>)
Arrayán del Sur (<i>Luma apiculata</i>)	Maño macho (<i>Podocarpus nubigenus</i>)
Canelo (<i>Drymis winteri</i>)	Ñirre (<i>Nothofagus antarctica</i>)
Coihue (<i>Nothofagus dombeyi</i>)	Tineo (<i>Weinmannia trichosperma</i>)
Fuinque (<i>Lomatia ferruginea</i>)	

- Tipo Forestal Ciprés de las Guaitecas

Importante formación natural que se distribuye en áreas costeras desde el sur de la Región de Los Lagos hasta a la Región de Magallanes y es dominada por ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uvifera*).

Ocupa una superficie total de 431 M ha y el 92% de esta se ubica en la Patagonia. A través de su distribución este ciprés puede estar acompañado por especies como:

Ciprés de Las Guaitecas (<i>Pilgerodendron uviferum</i>)	Coihue de Magallanes (<i>Nothofagus betuloides</i>)
Coihue de Chiloé (<i>Nothofagus nitida</i>)	Canelo (<i>Drymis winteri</i>)
Mañío de hojas largas (<i>Podocarpus saligna</i>)	Ñirre (<i>Nothofagus antarctica</i>)
Mañío macho (<i>Podocarpus nubigenus</i>)	Tineo (<i>Weinmannia trichosperma</i>)

- **Tipo Forestal Ciprés de la Cordillera**

La especie que lo caracteriza es la conífera ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), ocupa una larga faja en la precordillera andina desde la zona central del país (región de Valparaíso) hasta el sur de la región de Los Lagos.

Ocupa una superficie total de 73 M ha y algo más de 7 M ha se ubica en la provincia de Palena en la Patagonia. Dada su extensa distribución latitudinal, la especie principal se puede presentar combinada con diversas otras de los tipos colindantes.

- **Tipo Forestal Roble-Raulí-Coihue**

El tipo forestal Roble-Raulí-Coihue está presente entre las regiones de Maule y Los Lagos a altitudes variable de 100 a 1.000 msnm en ambas cordilleras, en especial en laderas interiores y valles cordilleranos. Hacia el sur puede encontrarse a menores altitudes.

Se trata de la cuarta formación de bosques más extensa del país con una superficie total de 1.655 M ha y algo más de 51 M ha se ubican en la provincia de Palena en la Patagonia. Este tipo forestal está constituido por renovales y bosques puros o mezclados de las especies roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*Nothofagus alpina*) y coihue (*Nothofagus dombeyi*). A lo largo de su distribución las especies dominantes pueden estar acompañadas por diferentes especies como:

Arrayán del Sur (<i>Luma apiculata</i>)	Olivillo (<i>Aextoxicon punctatum</i>)
Avellano (<i>Gevuina avellana</i>)	Radal (<i>Lomatia hirsuta</i>)
Coihue (<i>Nothofagus dombeyi</i>)	Raulí (<i>Nothofagus alpina</i>)
Fuinque (<i>Lomatia ferruginea</i>)	Roble (<i>Nothofagus obliqua</i>)
Laurel (<i>Laurelia semperivirens</i>)	Tepa (<i>Laureliopsis philippiana</i>)
Luma (<i>Amomyrtus luma</i>)	Tineo (<i>Weinmannia trichosperma</i>)
Mañío de hojas largas (<i>Podocarpus saligna</i>)	Trevo (<i>Dasyphyllum diacanthoides</i>)
Mañío macho (<i>Podocarpus nubigenus</i>)	

- **Tipo Forestal Coihue-Raulí-Tepa**

Este tipo forestal se distribuye entre las regiones de Ñuble y Los Lagos por ambas cordilleras y principalmente en vertientes occidentales. Ocupa una superficie total de 846 M ha y 140 M ha están en la provincia de Palena en la Patagonia.

Hacia el norte se presenta un dosel dominante constituido por coihue y raulí y un dosel codominante con tepa y trevo como las especies más importantes, donde también aparecen tineo y olivillo. Hacia el límite altitudinal del tipo se encuentra lenga y hacia el límite inferior del tipo se pueden encontrar mezclas con roble y también con ulmo.

Coihue (<i>Nothofagus dombeyi</i>)	Raulí (<i>Nothofagus alpina</i>)
Mañío de hojas largas (<i>Podocarpus saligna</i>)	Roble (<i>Nothofagus obliqua</i>)
Mañío macho (<i>Podocarpus nubigenus</i>)	Tepa (<i>Laureliopsis philippiana</i>)
Lenga (<i>Nothofagus pumilio</i>)	Tineo (<i>Weinmannia trichosperma</i>)
Olivillo (<i>Aextoxicon punctatum</i>)	Ulmo (<i>Eucryphia cordifolia</i>)

- **Tipo Forestal Coihue de Magallanes**

Este tipo es el tercero de mayor extensión en el país con 1.958 M ha, superficie distribuida entre las regiones de Los Lagos y Magallanes, de la cual 1.182 M ha, el 60%, se encuentran en la Patagonia, fundamentalmente en las regiones de Aysén y Magallanes.

La formación es dominada por coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) acompañado de otras especies de los tipos vecinos.

Ciruelillo (<i>Embothrium coccineum</i>)	Mañío de hojas largas (<i>Podocarpus saligna</i>)
Coihue (<i>Nothofagus dombeyi</i>)	Mañío macho (<i>Podocarpus nubigenus</i>)
Coihue de Magallanes (<i>Nothofagus betuloides</i>)	Tineo (<i>Weinmannia trichosperma</i>)
Lenga (<i>Nothofagus pumilio</i>)	

- **Tipo Forestal Lenga**

Lenga es el segundo tipo de mayor extensión en el país, ocupa una superficie de 3.693 M ha, se distribuye desde la región del Maule al sur y el 83% de su superficie se encuentra en la Patagonia. La especie principal de esta formación natural es lenga (*Nothofagus pumilio*), en la parte norte de su distribución puede ser acompañada por coihue, roble y araucaria (*Araucaria araucana*).

Más al sur se asocia con coihue y con coihue de Magallanes. En la región de Aysén, se ubica en las montañas, entre 900 y 1.500 msnm. En sectores húmedos asocia con coihue de Magallanes e incluso con coihue de Chiloé.

En la región de Magallanes se asocia con Coihue de Magallanes hacia el oeste, en las islas costeras y en sectores húmedos, y se presenta como bosque puro hacia el interior. Presenta subtipos caracterizados por formaciones puras de lenga o acompañadas de ñirre (*Nothofagus antártica*), que son las más importantes, y por combinaciones con coihue de Magallanes o con coihue.

Lenga (<i>Nothofagus pumilio</i>)	Coihue (<i>Nothofagus dombeyi</i>)
Ñirre (<i>Nothofagus antarctica</i>),	Roble (<i>Nothofagus obliqua</i>)
Coihue de Magallanes (<i>Nothofagus betuloides</i>)	Araucaria (<i>Araucaria araucana</i>)

- **Tipo Forestal Siempreverde**

Este tipo forestal es el más extenso en el país, ocupa una superficie de 3.724 M ha, se distribuye desde la región del Maule al sur y el 67% de su superficie se ubica en la Patagonia. Es una formación boscosa compuesta por numerosas especies que están adaptadas a una alta pluviosidad y humedad, composición que varía a lo largo de su distribución.

Hay especies presentes en todo su rango de distribución latitudinal, como coihue (*Nothofagus dombeyi*), canelo (*Drimys winteri*), ciruelillo o notro (*Embothrium coccineum*), tepa (*Laurelia philippiana*), Fuique (*Lomatia ferruginea*) y Luma (*Ammomyrtus luma*), otras frecuentes en la parte norte, como lingue (*Persea lingue*), laurel (*Laurelia sempervirens*), tineo (*Weinmannia trichosperma*), olivillo (*Aextoxicon punctatum*), ulmo (*Eucryphia cordifolia*), avellano (*Gevuina avellana*), mañío de hojas largas (*Podocarpus saligna*), trevo (*Dasyphyllum diacanthoides*), radial (*Lomatia hirsuta*) y melí (*Ammomyrtus meli*)

Hacia el sur las especies de mayor importancia son coihue de Chiloé (*Nothofagus nitida*), coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), mañío de hojas cortas (*Saxegothaea conspicua*), mañío de hojas punzantes (*Podocarpus nubigena*) y tiaca (*Cadcluvia paniculata*).

Se presentan varios subtipos dentro de su distribución, como las formaciones de tepú entre las regiones del Los Ríos y Magallanes; renovales de canelo, principalmente en la región de Los Lagos, y bosques con dominancia de *Myrtaceas*, como luma, meli y arrayán del sur, entre las regiones de Maule y Aysén, y principalmente en la región de Los Lagos.

Se suma el Subtipo Siempreverde, muy característico de la región de Los Lagos, en diferentes sectores pueden dominar la formación diversas especies, como ulmo, laurel, tineo, mañío macho, ciruelillo, canelo, radial, avellano, lingue y olivillo.

Finalmente se agregan los extensos bosques del Sub Tipo Coihue de Chiloé en que domina coihue de Chiloé en las Regiones de Los Lagos y Aysén.

Arrayán del Sur (<i>Luma apiculata</i>)	Mañío macho (<i>Podocarpus nubigenus</i>)
Avellano (<i>Gevuina avellana</i>)	Meli (<i>Amomyrtus meli</i>)
Canelo (<i>Drymis winteri</i>)	Olivillo (<i>Aextoxicon punctatum</i>)
Ciruelillo (<i>Embothrium coccineum</i>)	Radal (<i>Lomatia hirsuta</i>)
Coihue (<i>Nothofagus dombeyi</i>)	Tepa (<i>Laureliopsis philippiana</i>)
Coihue de Chiloé (<i>Nothofagus nitida</i>)	Tepú (<i>Tepualia stipularis</i>)
Laurel (<i>Laurelia semperivirens</i>)	Tiaca (<i>Cadcluvia paniculata</i>)
Lingue (<i>Persea lingue</i>)	Tineo (<i>Weinmannia trichosperma</i>)
Luma (<i>Amomyrtus luma</i>)	Trevo (<i>Dasyphyllum diacanthoides</i>)
Mañío de hojas largas (<i>Podocarpus saligna</i>)	Ulmo (<i>Eucryphia cordifolia</i>)
Mañío hembra (<i>Saxegothaea conspicua</i>)	

Plantaciones Forestales

La actualización anual de plantaciones forestales que realiza INFOR (*Sagardía et al., 2021*) no registra plantaciones en la provincia de Palena, tampoco en la región de Magallanes y solo 29,8 M ha en la región de Aysén.

Cuadro 9. Superficie de plantaciones forestales en la Patagonia. Región de Aysén.

Tipos Forestales	Patagonia (ha)
<i>Pinus ponderosa</i>	18.627
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	3.480
<i>Eucalyptus nitens</i>	7
Otras especies	7.778
Total	29.892

Las especies plantadas en la Patagonia provienen del programa de introducción de especies que INFOR realizara en las décadas de los 60 a 80 del siglo pasado y de investigaciones posteriores con estas. Las más utilizadas han sido pino ponderoso (*Pinus ponderosa*) y pino oregon (*Pseudotsuga menziesii*) y dentro de otras especies, *Pinus contorta*, *Pinus sylvestris*, *Larix decidua* y algunas otras. Posteriormente INFOR ha desarrollado nuevas investigaciones con plantaciones con especies nativas, como lenga y ñirre, asociadas a manejo, a mejoramiento genético y a sistemas silvopastorales, y con *Eucalyptus nitens* asociadas a mejoramiento genético y a energía.

Las plantaciones en la región han obedecido a iniciativas de la empresa Forestal Mininco y de algunos propietarios particulares, con el fin de crear nuevos recursos y proteger de la erosión las extensas superficies destruidas por incendios forestales en el pasado. Sin embargo, los relativamente lentos crecimientos, impuestos por las severas condiciones climáticas y la degradación de los suelos, limitan fuertemente las posibilidades de rentabilidad de estas plantaciones.

Más recientemente, INFOR con un grupo de propietarios en la zona de Coyhaique y con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), desarrolló un proyecto de forestación con pino ponderosa dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio (AR CDM) del Protocolo de Kyoto, orientado a la captación y almacenamiento de carbono y al financiamiento vía bonos de carbono, pero se interpuso la burocracia internacional surgida en torno a este Protocolo y nunca se logró la aprobación de la condición de adicionalidad de las plantaciones realizadas y las plantaciones quedaron, pero la opción a los bonos de carbono fracasó.

Pese a las grandes extensiones de suelos forestales descubiertos y bajo severos procesos erosivos existentes en la región, hoy no hay forestación y continúan en ellos las insustentables prácticas de ganadería extensiva que solo agravan los procesos de degradación. De no volver los incentivos estatales a la forestación en el país o surgir mecanismos de fomento internacionales para estos efectos esta situación no tiene alternativa de mejorar.

SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS DE ESTADO (SNASPE)

El Sistema Nacional de Áreas Silvestre Protegidas del Estado (SNASPE) cuenta con 102 unidades, incluidos Parque Nacionales, Reservas y Monumentos Naturales, que totalizan una superficie de 18,6 MM ha que representa el 24,6% de la superficie nacional (Cuadro 10). La Patagonia cuenta con 35 unidades que totalizan 13,8 MM ha, que representan el 74,2% de la superficie bajo protección a nivel nacional y el 33% de las unidades que la componen (Cuadro 10).

Cuadro 10. Superficie y Composición del SNASPE* en el país y en la Patagonia

Categoría	SNASPE			
	Unidades (N°)		Superficie (ha)	
	Nacional	Patagonia	Nacional	Patagonia
Parque Nacional	42	17	13.206.811	11.806.913
Reserva Nacional	46	12	5.378.972	1.968.272
Monumento Natural	18	6	34.357	746
Total	106	35	18.206.139	13.775.931

(Fuente: CONAF, 2020)

* No se incluye la extensa Reserva Nacional Kawesqar, de 2.628.429 ha, que es una reserva marina en las provincias de Magallanes y Última Esperanza.

Entre las áreas bajo protección en la Patagonia destacan algunas de gran extensión, como los parques nacionales Laguna de San Rafael con 1,7 MM ha, Bernardo O'Higgins con 3,5 MM ha, Alberto de Agostini con 1,5 MM ha y Kaweskar con 2,8 MM ha, y las reservas Katalixar con 0,6 MM ha y Las Guaitecas con 1,1 MM ha.

Algunas unidades, aunque de extensiones menores, son de gran atractivo turístico, como los parques nacionales, Hornopirén, Pumalín, Queulat y Torres del Paine, las reservas Futaleufú, Río Simpson, Lago Las Torres y Coyhaique, y el monumento natural Cueva del Milodón.

CONCLUSIONES

Un resumen de la situación de la Patagonia respecto del país, en grandes cifras referentes a superficies totales, población, recursos forestales y su protección se muestra en el Cuadro 11.

Cuadro 11. La Patagonia en Grandes Cifras Respecto del País

Ítem	País	Patagonia	Patagonia (% del país)
Superficie (MM ha)	75,62	25,61	33,87
Población (MM hab)	19,37	0,31	1,60
Recursos Forestales			
-Bosques Nativos (MM ha)	14,74	8,15	55,29
-Plantaciones Forestales (MM ha)	2,33	0,03	1,29
SNASPE			
-Unidades (N°)	106	35	33,02
-Superficie (MM ha)	18,62	13,78	74,01

La Patagonia ocupa más de un tercio de la superficie nacional y reúne solo al 1,6% de su población.

Respecto de los recursos forestales, la Patagonia concentra más de la mitad de la superficie de bosques nativos del país, con 8,5 MM ha de estos bosques.

Pese a disponer de grandes extensiones de suelos forestales desarbolados y bajo intensos procesos erosivos, como producto de grandes incendios forestales del pasado, la Patagonia tiene solo algo más del 1% de las plantaciones forestales del país.

Existen en la Patagonia grandes superficies de recursos forestales bajo protección del Estado dentro del SNASPE. Son 35 unidades con una superficie de 13,8 MM ha equivalente al 74% del SNASPE a nivel nacional y un tercio de las unidades que posee este sistema en el país.

REFERENCIAS

- CONAF-UACH. (2013). Monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del Catastro de Recursos Vegetacionales Nativos de la Región de Los Lagos. Informe Final. Corporación Nacional Forestal y Universidad Austral. Pp. 54. En: https://sit.conaf.cl/tmp/63767_936_182586/INFORME_FINAL_LOS_LAGOS_19102014_.pdf
- CONAF. (2019). Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Corporación Nacional Forestal, Chile. Departamento de Monitoreo de los Ecosistema Forestales.
- CONAF. (2020). Listado Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE). Diciembre 2020. En: <https://www.conaf.cl/parques-nacionales/parques-de-chile/> (Consulta: Marzo, 2022).
- DGAC – DMC. (2022). Descripción Climatológica. Dirección General de Aeronáutica Civil. Dirección Meteorológica de Chile. En: https://web.archive.org/web/20070615085613/http://www.meteochile.cl/climas/climas_decima_region.html
https://web.archive.org/web/20070612194159/http://www.meteochile.cl/climas/climas_undecima_region.html
https://web.archive.org/web/20070602194648/http://www.meteochile.cl/climas/climas_duodecima_region.html#a
- Hepp, C., Reyes, C. & Muñoz, R. (2018). Análisis de datos históricos de cinco estaciones meteorológicas de la región de Aysén. Boletín Técnico N°365. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación INIA Tamei Aike, Coyhaique, Aysén-Patagonia, Chile. 200 p.
- Instituto Chileno de Campos de Hielos. (2022). Campos de Hielos, Área Geográfica. En: <https://www.camposdehielo.cl/area-geografica/#1548930031630-62fd5fbf-63b9>. (Consulta: Marzo, 2022)
- INE. (2018). Síntesis resultados Censo 2017 Instituto Nacional de Estadísticas.

- INE (2019). Medio Ambiente. Informe Anual 2029. Instituto Nacional de Estadísticas. En: https://www.ine.cl/docs/default-source/variables-basicas-ambientales/publicaciones-y-anuarios/informe-anual-de-medio-ambiente/informe-anual-de-medio-ambiente-2019.pdf?sfvrsn=32224137_2. (Consulta: Marzo, 2022)
- Sagardía, R., Bahamondez, C., Ávila, A., Reyes, R. & Vergara, G. (2021). Los Recursos Forestales en Chile 2021. Inventario Forestal Nacional de Bosques Nativos y Actualización de Plantaciones Forestales. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 248.
- Soto, D., Gysling, J., Kahler, C., Poblete, P., Alvarez, V., Pardo, E., Bañados, J. & Baeza, D. (2021). Anuario Forestal 2021. Boletín Estadístico N° 180. Instituto Forestal. Santiago. 257 p. En: <http://wef.infor.cl>. (Consulta: Abril, 2022).

Volumen 28 N° 1. Abril 2022

CIENCIA & INVESTIGACIÓN FORESTAL



**www.infor.cl
<https://revista.infor.cl>**