

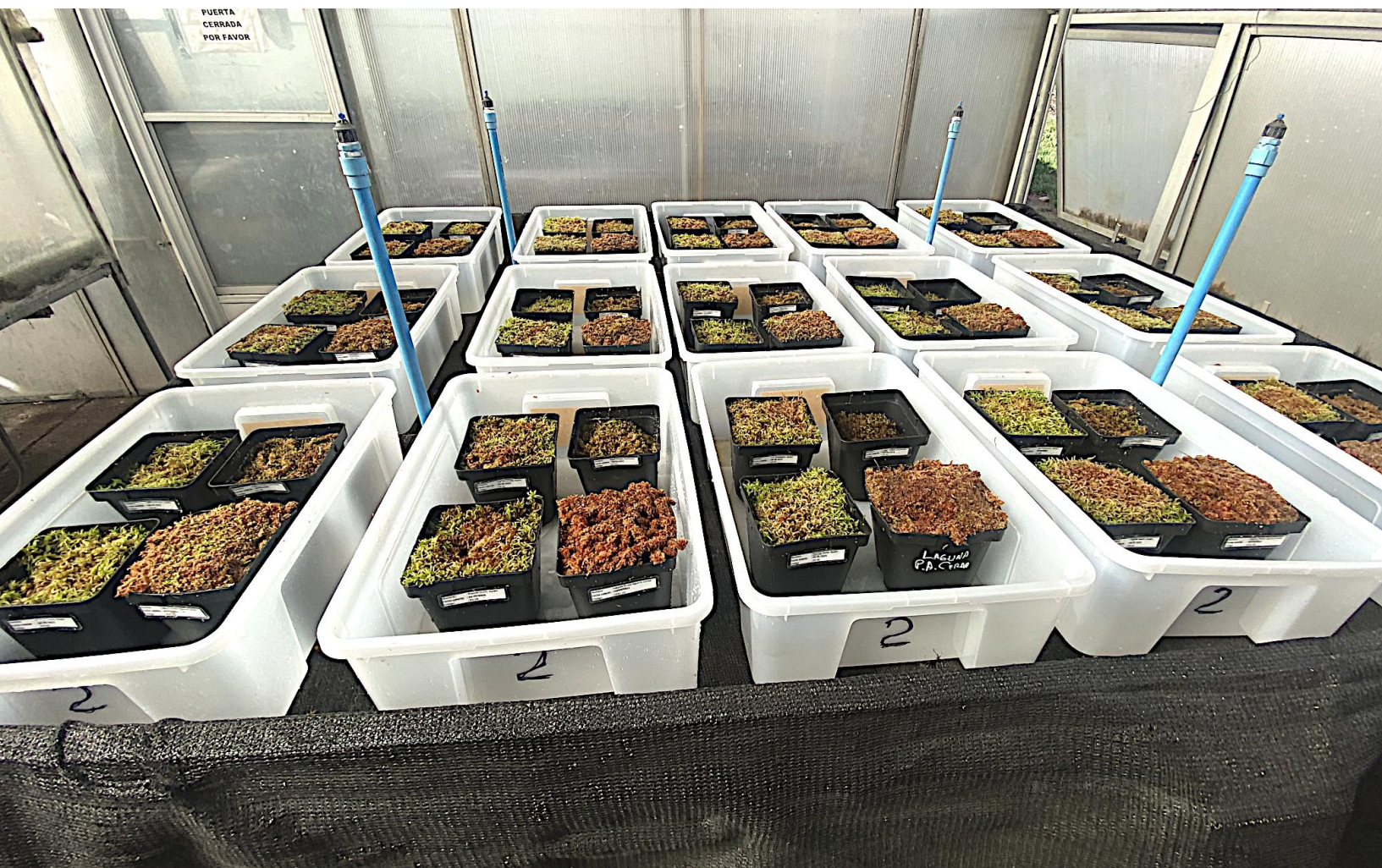
Volumen 32 N° 1. Abril, 2026.

ISSN 0718-4646



<https://revista.infor.cl>

CIENCIA & INVESTIGACIÓN FORESTAL



**INSTITUTO FORESTAL
CHILE**



INFOR



<https://revista.infor.cl>



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 publicación 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>) 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 & Braulio Gutiérrez
Editores C&I Forestal
sbarros@infor.cl bgutierr@infor.cl



Publicado por Ciencia & Investigación Forestal bajo licencia CC-BY-NC 4.0



Las opiniones contenidas en esta revista son responsabilidad de los autores que las emiten y no representan necesariamente la posición institucional del Instituto Forestal.





CONTENIDO

ARTÍCULOS

Generando conocimiento para el desarrollo de cultivos sustentables y restauración de turberas de *Sphagnum magellanicum*. 5

Jaime Salinas Sanhueza; Patricio Chung Guin-Po; Fernán Silva Labbé & Bernardo Acuña Aroca.

Efecto de las intervenciones silvícolas en el rendimiento y productividad de los frutos de murta (*Ugni molinae*) en ecosistemas nativos de la región del Biobío, Chile. 17

Andrea Álvarez Contreras; Pilar Leiva Velásquez; Marta García Ortega; Mauricio Aguilera Fernández; Oscar Larraín Larraín; Gerardo Valdebenito Rebolledo; Edison García Rivas & Marco Hormazabal Díaz.

Comportamiento *in vitro* del crecimiento miceliar de *Amanita rubescens* bajo diferentes niveles de pH y medios de cultivo. 29

Patricio Chung Guin-po.

Efecto del raleo en el crecimiento de bosques secundarios siempreverdes, dominados por *Eucryphia cordifolia* (Cav.) en los Andes, centro-sur de Chile. 49

Bastienne Schlegel Heldt; Eduardo Molina Rademacher & Sabine Müller-Using Wenzke.

Evolución hacia el diseño y atomización productiva en la industria del mueble en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins, Chile.

Rose Marie Garay Moena; Susana Benedetti Ruiz & Carol Cisterna Vargas.

APUNTES 61

Instrumentos de fomento para la diversificación forestal en Chile. 75

Bárbara Chávez Soto & Verónica Loewe Muñoz.

Insectos defoliadores asociados a *Nothofagus obliqua*: Revisión de agentes y propuesta de pauta de evaluación. 93

Eduardo Molina Rademacher; Yasna Rojas Ponce; Sabine Müller-Using Wenzke & Bastienne Schlegel Heldt.

OPINIONES



Mitos y Realidades de la Dinámica del Bosque Nativo en Chile: Cuatro Eventos Históricos y la Evidencia Actual. 103

Roberto Ipinza Carmona; Alicia Ortega Zúñiga & Fernando Muñoz Sáez.



ARTÍCULO

Generando conocimiento para el desarrollo de cultivos sustentables y restauración de turberas de *Sphagnum magellanicum*.

Jaime Salinas Sanhueza¹ ; Patricio Chung Guin-Po² ; Fernán Silva Labbé³ & Bernardo Acuña Aroca¹.

¹ Instituto Forestal, sede Patagonia. Coyhaique, Chile. jsalinas@infor.cl; bacuna@infor.cl

² Instituto Forestal, sede Biobío. Concepción, Chile. pchung@infor.cl

³ Servicio Agrícola y Ganadero, región de Aysén. Coyhaique, Chile.

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2026.656>

Recibido: 20.08.2025; Aceptado: 28.10.2025.

RESUMEN

Las turberas son un importante sumidero de Carbono (C), mayor al de la biomasa forestal y similar al de las reservas de carbón de origen fósil. Sin embargo, la degradación de las mismas representa una gran fuente de emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente en las turberas drenadas. En Chile las turberas cubren aproximadamente 1,9 millones de hectáreas, es decir, aproximadamente el 2,5% de la superficie terrestre y de ellas, el 26% se encuentran en la región de Aysén. En estos ecosistemas se recolectan productos como el musgo *Sphagnum* (producto forestal no maderero utilizado como sustrato en la industria hortícola), con una creciente extracción debido a la demanda de los mercados de exportación. La comercialización del musgo chileno es relevante en el contexto internacional, teniendo una cuota de mercado de 64% en Taiwán y 58% en Japón. Sin embargo, este recurso está siendo fuertemente amenazado, provocando una degradación en su ecosistema. Lo anterior, hace necesaria conocer la velocidad de crecimiento del musgo *Sphagnum* para implementar cultivos sustentables que disminuyan la presión sobre formaciones naturales y permitan restaurar zonas de turberas degradadas en Aysén.

Palabras clave: *Sphagnum*, restauración, turberas

SUMMARY

Peatlands are an important carbon (C) sink, greater than that of forest biomass and similar to that of fossil coal reserves. However, their degradation represents a major source of greenhouse gas emissions, especially in drained peatlands. In Chile, peatlands cover approximately 1.9 million hectares, or approximately 2.5% of the Earth's land surface, and 26% of these are located in the Aysén region. Products such as sphagnum moss (a non-timber forest product used as a substrate in the horticultural industry) are collected from these ecosystems, with increasing extraction due to demand from export markets. The commercialization of Chilean moss is significant internationally, with a 64% market share in Taiwan and 58% in Japan. However, this resource is under serious threat, causing ecosystem degradation. This makes it necessary to understand the growth rate of sphagnum moss in order to implement sustainable crops that reduce pressure on natural formations and restore degraded peatland areas in Aysén.

Key words: *Sphagnum*, restoration, peatlands

INTRODUCCIÓN

Las turberas son uno de los ecosistemas más eficiente en el secuestro de carbono (C). Aunque sólo cubren 4.000.000 Km² o el 3 % de la superficie terrestre mundial, las turberas han acumulado cerca de 600 billones de toneladas de carbono en los últimos 12.000 años, equivalentes al 30 % de la reserva de Carbono orgánico del suelo mundial (Yu *et al.*, 2010). En nuestro país las turberas cubren aproximadamente 1,9 millones de hectáreas, es decir, cerca del 2,5% de la superficie terrestre (UNEP, 2022). Casi el 26% de las turberas de Chile se encuentran en la región de Aysén (Rodríguez, 2015). El área de turberas de *Sphagnum* en Aysén es de 15.240 ha, con aproximadamente el 10% del área total dentro de Áreas Silvestres



Protegidas (Domínguez & Martínez, 2021).

El origen de las turberas en Aysén comenzó en el Holoceno, aproximadamente 15.000 a 12.000 años antes del presente, que fue un período cálido y seco que marcó el final de la era glacial en la Patagonia (Holz *et al.*, 2012). Después de que la capa de hielo patagónica formara valles glaciares en forma de U y permitiera que los glaciares drenaran hacia el océano, estos valles fueron llenados por materiales sedimentarios transportados por poderosos ríos (Rodríguez, 2015). Los sumideros se llenaron con suelos turbios bajo paludificación antes de que pudieran desarrollarse pantanos (turberas) elevados. Casi un tercio de las turberas de Aysén están asociadas a las cuencas de los ríos regionales más grandes; Baker y Pascua. La presencia de ecosistemas de turberas a lo largo de estas cuencas fluviales aumenta a lo largo de una secuencia longitudinal este-oeste, siguiendo el drástico gradiente pluviométrico oeste-este en ambas cuencas. Rodríguez (2015) dividió los ecosistemas de turberas en dos grupos; turberas elevadas (por efecto de la precipitación y escorrentía) y de depresión intermontana (por paludificación de lagunas).

La investigación sobre turberas en la región de Aysén comenzó hace solo unos años, por ejemplo, Pfeiffer *et al.* (2010), mencionan suelos orgánicos por primera vez en las cuencas Baker y Pascua; Rodríguez (2015), entrega información sobre su origen, hidrología, geomorfología, estratigrafía, ecología y capacidades de almacenamiento de carbono y agua; y también Rodríguez (2015), investiga la clasificación hidrogeomórfica de los ecosistemas de turberas. En esta región (Aysén) las turberas permanecieron aisladas por el archipiélago al norte y al oeste, por los Campos de Hielo al sur y por el desierto frío de la pampa argentina al este.

El musgo *Sphagnum* es un producto forestal no maderero de mayor importancia en Chile. En el año 2023 reportó transacciones por US\$24,5 millones FOB, equivalente a una participación de 28,0% en el total de productos no madereros exportados por nuestro país. La comercialización del musgo chileno es relevante en el contexto internacional, teniendo una cuota de mercado de 64% en Taiwán y 58% en Japón. Sin embargo, este recurso está siendo fuertemente amenazado. En Aysén se recolecta biomasa de *Sphagnum* desde la década de 1990. Oficialmente se recolectaron 4.000 – 5.000 toneladas por año en los últimos tres años. Los recolectores juntan y secan *Sphagnum* en el campo antes de que el material sea colectado y exportado por alrededor de diez empresas, que poseen dirección comercial en Santiago.

Para controlar la recolección de *Sphagnum*, se generó el Decreto N° 25 en 2019, que es administrado por el SAG y que ha venido a regular la extracción del musgo por medio de planes de cosecha. No existen estudios sobre el impacto de estas cosechas en las turberas, además, la investigación sobre crecimiento del musgo es reducida. Existen trabajos de evaluación de métodos de restauración (Quinty & Rochefort, 2003), pero la regeneración de la cubierta de *Sphagnum* a menudo es muy lenta (Domínguez *et al.*, 2022). El presente trabajo buscó evaluar el crecimiento del *Sphagnum magellanicum* bajo condiciones semi controladas, con el fin de tener antecedentes para potenciales cultivos artificiales sustentables de la especie y la restauración de turberas degradadas en la región de Aysén.

MATERIALES Y MÉTODO

Áreas de Procedencias del Material

Las muestras de turba fueron obtenidas desde cuatro turberas ubicadas en la región de Aysén:

- *Turbera de Lago Vargas*

El clima en la zona de Lago Vargas es templado - frío lluvioso con temperaturas medias anuales de 11°C y con precipitación media anual de 1.300 mm, que se distribuye uniformemente (poco más en invierno) (Rodríguez, 2015). En base a su hidrología, vegetación y estructura, el autor (*op. cit.*) describe la zona de Lago Vargas como más o menos prístina, donde su periferia está demarcada por bordes y laderas, abundantes bosques con especies nativas como *Nothofagus betuloides* (Coigüe de Magallanes) y *Pilgerodendron uviferum* (Ciprés de Las Guaitecas). En el centro, aparecen turberas elevadas de musgo *Sphagnum* y parches de pequeños bosques semidensos, que crecen sobre bancos de arena depositados

en el pasado por el río Baker. La parte central de la turbera tiene muchos apozamientos poco profundos, colonizados con montículos de musgo y la *Juncaginaceae*, *Tetroncium magellanicum*. En las turberas de Lago Vargas se encuentran tres especies de *Sphagnum*: *S. magellanicum* (que se cosecha), así como *S. fimbriatum* y *S. falcatulum* en condiciones más minerotróficas en los márgenes. La capa de turba tiene hasta 2,3 m de espesor.

- *Turberas de Los Torreones*

La turbera está situada a aproximadamente 19 Km al este de Puerto Aysén, cerca del Río Simpson. Parece llenar una depresión, posiblemente una antigua rama del río que se ha convertido en una turbera, cuyo borde se utiliza para el pastoreo de ganado, y desde donde se realiza recolección individual de biomasa de *Sphagnum* por parte de un agricultor. En cuanto a clima, en Puerto Aysén es templado – frío lluvioso con influencia oceánica, con precipitación media anual de 2.240 mm, distribuidos durante todo el año con más de 200 días al año de precipitación. La temperatura media en verano es de 12,2 °C, y en invierno de 6,7 °C (Dirección Meteorológica de Chile, 2016).

- *Turbera de Pedro Aguirre Cerda*

La turbera Pedro Aguirre Cerda está situada en el norte de la comuna de Coyhaique, a unos 62 Km al noreste de Aysén. Tiene aproximadamente 110 ha de tamaño, la superficie está ligeramente inclinada (0,3%) y modelada en montículos y honduras. La turbera colinda con el río Mañihuales a una distancia de 750 m en dirección norte y drena hacia la laguna Pedro Aguirre Cerda en el sur, distante 150 m de la Carretera Austral. El clima regional se clasifica como templado – frío lluvioso y oceánico, con una temperatura media anual de aprox. 8,9°C y una precipitación media anual de aproximadamente 1.559 mm. La pérdida de agua por evapotranspiración y escorrentía lateral o vertical es menor que el suministro de agua principalmente por precipitación, lo que conduce a un excedente de agua en la turbera y la formación de apozamientos (Domínguez & Martínez, 2021). La filtración en las profundidades se ralentiza por el aumento del grado de descomposición de la turba.

Desde el año 2012 la recolección de *Sphagnum* solo ocurre en pequeñas cantidades en el borde norte de la turbera. En ella se observaron huellas dejadas por máquinas que demarcaron profundamente la turbera cerca de la parcela de investigación.

- *Turbera de Puente Dunn.*

La turbera de Puente Dunn está situada a 4 Km al este de Puerto Aysén, directamente cerca del Río Aysén. Está cubierto en gran parte con árboles y otras plantas vasculares y con algunos parches de *Sphagnum* que crecen en montículos. No se observa cosecha de *Sphagnum* en esta turbera. Su clima es templado – frío-lluvioso y oceánico, con altas precipitaciones durante todo el año, en más de 200 días, y una media de 2.240 mm/año. La temperatura media en verano es de 12,2 °C, y la de invierno 6,7 °C (Dirección Meteorológica de Chile, 2016).

Colecta de Muestras de *Sphagnum*

Desde cada turbera se colectaron muestras individuales de musgo en prados de turbera con parches puros de *Sphagnum*. Las muestras se cortaron con cuchillo, hasta una profundidad de 15 cm y se almacenaron en recipientes plásticos cuadrados, de 12 x 12 cm y 15 cm de profundidad, con la base removida (Figura 1).

En cada una de las cuatro turberas se colectaron 15 muestras (N=60), las que se embalaron en cajas de plumavit para posteriormente ser enviadas a la ciudad de Concepción.



Figura 1. Colecta de muestras de musgo *Sphagnum* en macetas plásticas.

Montaje de Ensayo y Diseño Experimental

El ensayo se realizó en el invernadero de centro tecnológico de la Planta Forestal, en dependencias del Instituto Forestal en Concepción. Consideró 4 orígenes del musgo *Sphagnum magellanicum* (turberas Lago Vargas, Los torreones, Pedro Aguirre Cerda y Puente Dunn); y 3 niveles freáticos simulados mediante un medio nutritivo líquido (2, 5 y 10 cm bajo la superficie del musgo), lo que generó 12 tratamientos (4 turberas x 3 niveles de agua). Cada tratamiento se repitió 5 veces totalizando 60 unidades de evaluación (recipientes) distribuidos en 15 bandejas plásticas. En cada bandeja se dispuso 4 recipientes (uno por cada turbera). Cada uno de los tres niveles freáticos evaluados se aplicó a un grupo de 5 bandejas. El diseño del ensayo y la disposición de los tratamientos de cada unidad muestral se detalla en la **Figura 2**.

Las muestras de turba se dispusieron en macetas identificadas con un código que individualizaba el tratamiento y repetición, ajustando y emparejando el musgo a la altura de la maceta y cortando lo sobrante en la parte baja de la misma, de forma que todas las muestras de todos los tratamientos tuvieran un crecimiento y desarrollo inicial en igualdad de condiciones. Las macetas con las muestras de musgo se colocaron en sus respectivas bandejas plásticas (**Figura 2 arriba**).

Las bandejas y macetas se dispusieron en invernadero, sobre un mesón a 80 cm de altura. Las bandejas plásticas el medio líquido nutritivo bajo diferentes niveles para simular y evaluar el comportamiento del musgo frente a diferentes niveles freáticos. Para la elaboración del medio líquido nutritivo se utilizó la combinación de elementos químicos descritos por Koks *et al.* (2019), diluidos en agua destilada para evitar concentraciones mayores de calcio (**Cuadro 1**).

Cuadro 1. Elementos químicos utilizados para la elaboración del medio nutritivo líquido.

Composición química	Concentración ($\mu\text{mol/L}$)	Peso molar (g/mol)	Concentración (mg/L)
Sal de mar	-	-	5,0000
KCl	30,0	74,55	2,2400
CaCl ₂ 2H ₂ O	10,2	147,02	1,5000
KH ₂ PO ₄	1,0	136,09	0,1360
ZnSO ₄ 7H ₂ O	0,7	287,54	0,2010
MnCl ₂ 4H ₂ O	0,8	197,91	0,1580
CuSO ₄ 5H ₂ O	0,2	249,69	0,0499
H ₃ BO ₃	0,8	61,83	0,0495

Previo al comienzo del ensayo, se realizó un periodo de adaptación de las muestras por 4 semanas en el nuevo entorno (invernadero), en este periodo el nivel freático utilizado fue de 5 cm por debajo de la superficie del musgo, buscando evitar que en el área de agua expuestas de las bandejas proliferará el crecimiento de algas no deseadas.



Figura 2. Vista general del experimento montado en invernadero (arriba); detalle de los niveles de medio nutritivo evaluados (abajo).

Una vez finalizado el periodo de adaptación, se reemplazó el medio de cultivo de las bandejas con medio fresco, ajustando su nivel a los predefinidos para el ensayo: 2; 5 y 10 cm por debajo de la parte superior de las macetas. Durante el transcurso del ensayo, dichos niveles fueron corregidos y ajustado diariamente, para compensar su descenso por evaporación. Adicionalmente, una vez al mes se realizó al cambio total del medio nutritivo líquido para evitar la aparición de algas.

Para evaluar el crecimiento del musgo de cada tratamiento, se seleccionó al azar una muestra de cinco hebras de musgo por maceta, las que fueron individualizadas con amarras plásticas colocadas a 1 cm por debajo del *capitulum* (cabeza de la hebra del musgo), para de esta forma estimar el crecimiento experimentado en la maceta (**Figura 3**).

Para el cuidado del cultivo bajo invernadero, se consideró lo planteado por Gaudig *et al.* (2020), el cual menciona que la temperatura en la superficie del musgo debe ser menor a 35 °C, asegurando además la suficiente luz o luz de sol o buscando suplementarlo con lámparas artificiales. Además, de recomendar el riego de los musgos cada día con agua desmineralizada, preferentemente en la fase oscura, con una cantidad similar de medio líquido por cada muestra.



Figura 3. Marcación de hebras para evaluación del crecimiento del musgo *Sphagnum*.

Evaluación

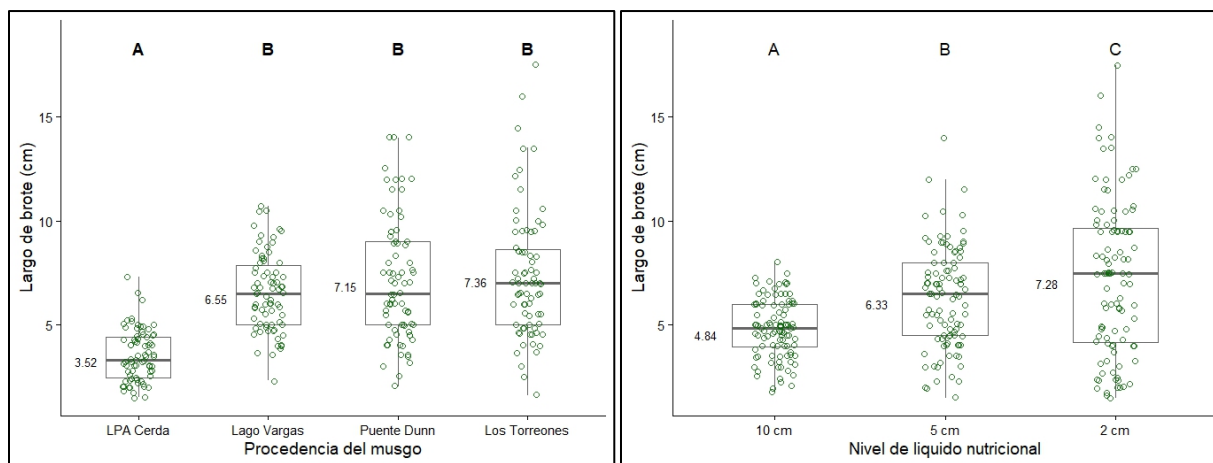
El experimento tuvo una duración de 6 meses. Cumplido el plazo se realizó la extracción de las hebras marcadas de cada maceta, lo que se efectuó cortándolas a un cm por debajo de la amarra, para luego volver a cortar la hebra extraída a 1 cm por sobre la amarra, para determinar el crecimiento en longitud de cada hebra y el peso seco en los diferentes tratamientos definidos. Finalizada la etapa de medición de cada hebra, estas se colocaron separadamente en bolsas de papel con su respectiva identificación para ser llevadas a una estufa de secado a 60 °C por 48 horas. Una vez establecido un peso constante para cada muestra, se le determinó el correspondiente peso seco.

Para el caso del secado del musgo presente en cada maceta y como una forma de disminuir los tiempos de secado, se procedió a extraer el material para proceder a exprimir manualmente el exceso de líquido presente al interior de la muestra de musgo. Luego de extraer una buena parte del líquido contenido en la muestra, se continuó con el embolsado del material en bolsas de papel y su posterior marcaje para la identificación del tratamiento. Para su secado, estas se colocaron al interior de una estufa de secado a 60°C por 14 días, hasta obtener un peso constante, indicando de esta manera, la finalización del secado y la obtención del peso seco final.

RESULTADOS Y DISCUSION

Largo de Hebra

La procedencia Laguna Pedro Aguirre Cerda presenta un largo de hebra significativamente menor que las otras procedencias. El largo de hebra aumenta a medida que se aumenta el nivel freático (Figura 4).

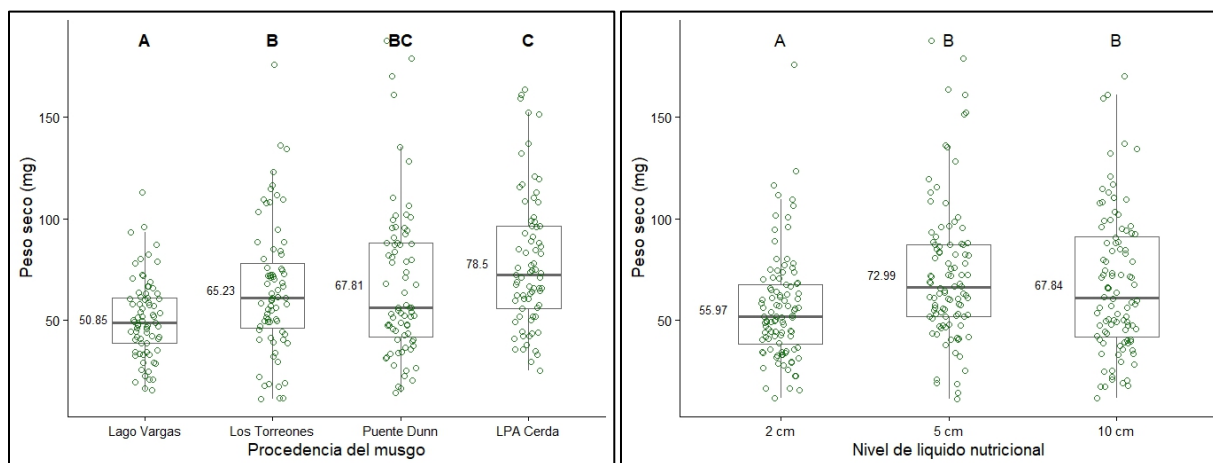


Valores con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 4. Largo hebra por procedencia (izquierda). Largo hebra por nivel del medio del líquido nutricional (derecha).

Peso Seco

La procedencia Lago Vargas presenta un valor de peso seco significativamente menor que el resto de las procedencias. Por su parte, Laguna P. Aguirre Cerda muestra el valor mayor y que no difiere significativamente del obtenido en las muestras de Puente Dunn (**Figura 5**).



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

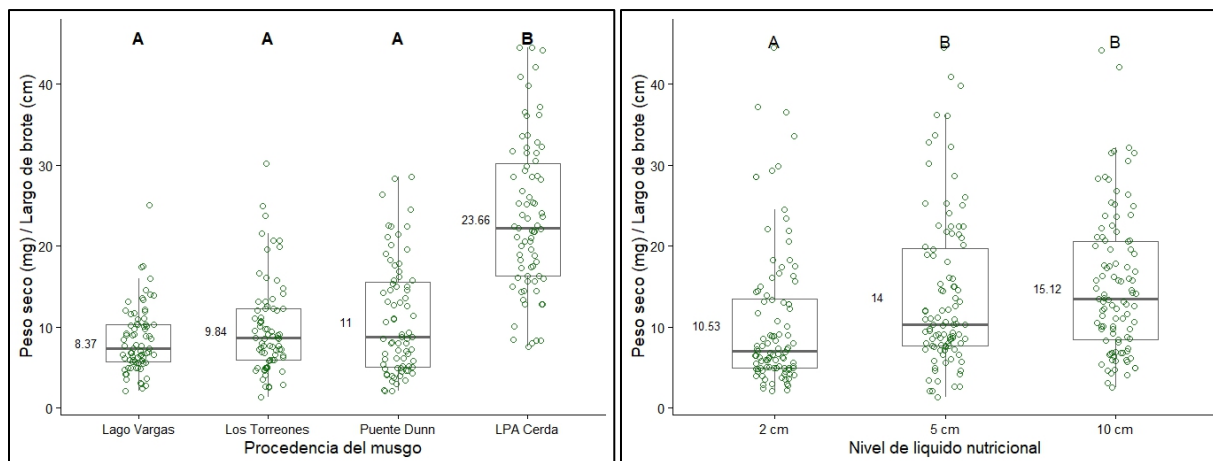
Figura 5. Peso seco por procedencia (izquierda). Peso seco de hebra por nivel del medio del líquido nutricional (derecha).

Respecto al nivel de Líquido Nutritivo (Nivel Freático), se observó el menor valor de peso seco en el nivel más cercano a la superficie del musgo, esto es, a 2 cm, y este nivel fue significativamente diferente de los dos niveles restantes (**Figura 5**).

Relación Peso Seco/Largo de Hebra

Para una mejor visualización del rendimiento del cultivo de musgo, se buscó relacionar la longitud de la hebra con el peso seco de la misma. Los datos obtenidos muestran a la procedencia Laguna P. Aguirre Cerda, exhibió una mayor producción de materia seca por unidad de crecimiento (**Figura 6**). En tanto que, para los diferentes niveles de líquido nutricional, se observó mayores valores de la relación para los niveles de líquido nutricional menores, siendo el nivel más alto (a 2 cm de la superficie) el que presenta el valor

más bajo y significativamente diferente a los otros dos niveles (Figura 6).



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

Figura 6. Relación peso seco/longitud de hebra por procedencia (izquierda). Relación peso seco/longitud de hebra por nivel del medio del líquido nutritivo (derecha).

Análisis por Procedencia

Analizando los efectos de la procedencia y del nivel del líquido nutritivo (nivel freático) en el largo de la hebra, se observa una tendencia a obtener hebras más largas en niveles más cercanos a la superficie del musgo, excepto en la procedencia Laguna P. Aguirre Cerda, cuyo comportamiento parece invariable para los diferentes niveles. Por el contrario, el peso seco alcanza los valores mayores en los niveles freáticos de 5 y 10 cm bajo la superficie del musgo, con distintos grados de significancia estadística. Solo en la procedencia Los Torreones, los valores de peso seco de los diferentes niveles freáticos, no muestran diferencias significativas entre ellos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efectos de la procedencia y el nivel del líquido nutritivo sobre el crecimiento del musgo *Sphagnum magellanicum*.

Procedencia	Nivel de líquido nutritivo (cm)	Largo hebra (cm)		Peso seco de la hebra (mg)		Peso seco / Largo hebra (mg/cm)	
		Prom ± DE	V _{MAX}	Prom ± DE	V _{MAX}	Prom ± DE	V _{MAX}
Puente Dunn	Alto (2cm)	8,26 ^a ±3,63	14,0	49,78 ^b ±22,39	106,3	7,74 ^b ±6,59	28,60
	Medio (5 cm)	8,23 ^a ±2,23	14,0	83,74 ^a ±45,93	187,6	10,87 ^{ab} ±6,17	22,47
	Bajo (10 cm)	4,97 ^b ±1,08	7,1	69,91 ^{ab} ±33,88	170,1	14,38 ^a ±6,57	28,35
Los Torreones	Alto (2 cm)	10,21 ^a ±3,32	17,5	71,15 ^a ±34,99	175,9	7,24 ^b ±3,26	16,59
	Medio (5cm)	6,81 ^b ±1,44	9,5	60,99 ^a ±27,24	136,1	9,88 ^{ab} ±6,42	30,24
	Bajo (10 cm)	5,06 ^c ±1,22	7,0	63,56 ^a ±33,49	134,4	12,39 ^a ±5,90	24,91
Laguna P. Aguirre Cerda	Alto (2 cm)	3,20 ^a ±1,12	4,9	61,02 ^b ±18,48	100,8	21,18 ^a ±9,43	44,50
	Medio (5 cm)	3,72 ^a ±1,20	6,5	87,90 ^a ±33,73	163,8	25,39 ^a ±9,76	44,53
	Bajo (10 cm)	3,65 ^a ±1,36	7,3	86,58 ^a ±38,08	160,9	24,40 ^a ±8,90	44,23
Lago Vargas	Alto (2 cm)	7,46 ^a ±1,81	10,7	41,92 ^b ±15,91	80,3	5,95 ^b ±2,77	13,84
	Medio (5 cm)	6,55 ^{ab} ±2,07	10,5	59,32 ^a ±16,01	93,1	9,84 ^a ±4,08	25,04
	Bajo (10 cm)	5,66 ^b ±1,16	8,0	51,30 ^{ab} ±22,32	113,1	9,31 ^a ±4,09	17,47

Por su parte, la relación peso seco/largo de hebra, muestra valores promedios más altos para los dos niveles más bajos de líquido nutritivo (10 y 5 cm), como ocurre con la procedencia Lago Vargas con diferencias significativas con el nivel más alto (2 cm). Por su parte, la procedencia Laguna P. Aguirre Cerda,

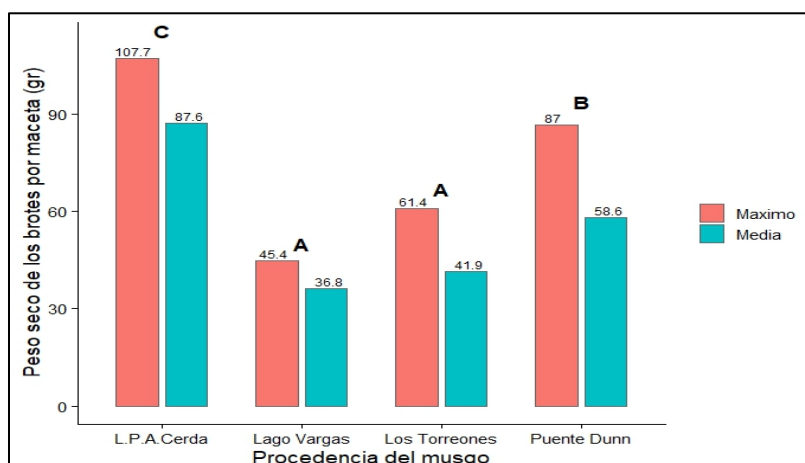
muestra también el mismo comportamiento, sin embargo, el análisis estadístico muestra valores promedios que no difieren entre sí. En tanto que, las procedencias Puente Dunn y Los Torreones presentan la misma tendencia, pero con diferencias sólo significativas entre los valores extremos. La **Figura 7** muestra la variación en crecimiento del musgo, en tanto que la tipología de crecimiento en las diferentes turberas evaluadas se ilustra en la **Figura 9**.

Análisis de Peso Seco Total por Maceta

Posterior a la medición de las hebras, se obtuvo el peso seco del musgo contenido en cada maceta. Se observó que la procedencia Laguna P. Aguirre Cerda presenta la mayor producción de materia seca, con montos promedios significativamente diferentes a las otras localidades. En tanto que, Los Torreones y Lago Vargas presentaron los valores más bajos y sin presentar diferencias significativas entre ellas (**Figura 8**).



Figura 7. Variación del crecimiento de musgo *Sphagnum* bajo condiciones semi controladas.



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

Figura 8. Promedio y valor máximo del peso seco de *Sphagnum magellanicum* según procedencia.



Figura 9. Tipología de crecimiento de hebras en diferentes turberas de *Sphagnum*, región de Aysén.

CONCLUSIONES

Se puede inferir que las turberas en formación tipo fen¹ (Puente Dunn, Los Torreones y Lago Vargas) tienen tasas de crecimiento en longitud de las hebras del musgo *Sphagnum* significativamente mayores que las turberas tipo bog² (consolidadas) y responden mejor a niveles freáticos cercanos a la superficie,

¹ Son un tipo de turbera en formación derivada de un disturbio antropogénico. humedal importante y único.

² Corresponde a una turbera de origen glaciar tipo fangosa, requiere miles de años para desarrollarse y no se puede restaurar fácilmente.

encontrándose valores promedios de crecimiento de hebras de aproximadamente 7,0 cm en los seis meses de evaluación. Por el contrario, el crecimiento en longitud de hebra del musgo es significativamente menor en las turberas consolidadas de Laguna P. Aguirre Cerda con valores medios de crecimiento de 3,5 cm en los seis meses de evaluación, no obstante que el musgo de ésta es más denso.

En relación al crecimiento de hebra a diferentes niveles del líquido nutricional (variación de napa freática), se observó un valor de crecimiento mayor del musgo con un alto nivel del líquido nutritivo (2 cm bajo la superficie), difiriendo significativamente con los promedios de los otros niveles (5 y 10 cm bajo la superficie).

Respecto a la variable peso seco de la maceta, la procedencia Laguna P. Aguirre Cerda presenta el mayor valor promedio, mientras que la procedencia Lago Vargas obtuvo el valor más bajo y con diferencias significativas en relación a las otras procedencias. En tanto que, para esta misma variable, se obtuvo mayores valores promedios para los niveles líquido nutricional de 5 y 10 cm, con diferencias significativas con el nivel freático a 2 cm.

Valores obtenidos de la relación peso seco/largo de hebra (gr/cm), muestra a la procedencia Laguna P. Aguirre Cerda con el valor más alto y con diferencias significativas, respecto a las otras procedencias. En tanto que, valores promedios mayores se obtuvieron en los niveles de líquido nutricional de 5 y 10 cm, difiriendo significativamente con el nivel a 2 cm.

Del análisis por procedencias se percibe una tendencia al aumento del largo de hebra (crecimiento) a medida que el nivel del líquido nutritivo (nivel freático) se acerca a la superficie del musgo, aunque este efecto no resulta significativo en el caso del musgo proveniente de Laguna P. Aguirre Cerda. Respecto al peso seco, los valores mayores se presentan en los niveles de líquido nutritivo de 5 y 10 cm bajo la superficie del musgo, excepto en el material de la turbera Los Torreones. Una tendencia similar se observa para la relación peso seco/largo de hebra, excepto en el musgo procedente de Laguna P. Aguirre Cerda.

Los resultados en el peso seco de las macetas muestran a la procedencia Laguna P. Aguirre Cerda con el valor promedio más alto y significativamente superior al resto. En tanto que Lago Vargas y Los Torreones presentan los valores significativamente menores.

En base a los antecedentes planteados en el estudio, se considera determinante manejar el nivel freático en los futuros planes de cosecha, con el objeto de precisar y estandarizar su uso regenerativo para que la recolección de *Sphagnum* se pueda materializar junto con otras prácticas análogas, tales como la rehumectación, la resiembra y el enriquecimiento de especies nativas para la restauración del entorno.

Finalmente, es imperativo seguir líneas de investigación sobre prácticas de cosecha que consideren el nivel freático y el repique de hebras *in situ* de ecotipos de alto valor productivo, tanto en densidad como en longitud de hebra, para un manejo regenerativo en el tiempo que permita una nueva cosecha al año siguiente o en periodos de rezago no tan lejanos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los señores Erico Gatica, Rodrigo Oyarzun, José Luis Flores y Lautaro Arratia, productores y pomponeros de Aysén, que con su conocimiento aportaron empíricamente al estudio. Además, agradecen especialmente a los asesores Dra. Greta Gaudig y Matthias Krebs, investigadores del MIRA Center de la Universidad de Greifswald de Alemania, quienes apoyaron técnicamente el estudio. Finalmente, agradecer a Felipe Pacheco por el apoyo técnico al trabajo.


REFERENCIAS

- Dirección Meteorológica de Chile. (2016).** En: https://en.wikipedia.org/wiki/Puerto_Ays%C3%A9n
- Domínguez, E. & Martínez, M.P. (2021).** Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas de *Sphagnum* en la región de Aysén. Colección libros INIA No. 41. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Tamel Aike. Coyhaique, Chile. 344 p.
- Domínguez, E., Martínez de Urquidi, M.P. & Montti, A. (2022).** Restauración de la cubierta vegetal en una turbera de musgo *Sphagnum* en Aysén: Una primera aproximación. Boletín INIA N° 467. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Tamel Aike. Coyhaique, Chile. 64 p.
- Gaudig, G., Krebs, M. & Joosten, H. (2020)** Sphagnum growth under N-saturation: interactive effects of water level and P or K fertilization. *Plant Biology*, 22(3): 394-403. <https://doi.org/10.1111/plb.13092>
- Holz, A., Haberle, S., Veblen, T.T., De Pol-Holz, R. & Southon, J. (2012).** Fire history in western Patagonia from paired tree-ring fire-scar and charcoal records. *Climate of the Past*, 8(2): 451-466. <https://doi.org/10.5194/cp-8-451-2012>
- Koks, A.H.W., van Dijk, G., Smolders, A.J.P., Lamers, L.P.M. & Fritz, C. (2019).** The effects of alkalinity and cations on the vitality of *Sphagnum palustre* L. *Mires and Peat*, Vol. 24, Article 25. Pp: 1–14. <http://dx.doi.org/10.19189/MaP.2018.OMB.392>
- Pfeiffer, M., Mascayano, C. & Aburto, F. (2010).** Soils of Chilean Patagonia in glacial and periglacial environments. *Eurasian Soil Sc.*, 43(13): 1430-1438. <https://doi.org/10.1134/S106422931013003X>
- Quinty, F. & Rochefort, L. (2003).** Peatland restoration guide (p. 106). Fredericton, NB, Canada: Canadian Sphagnum Peat Moss Association.
- Rodríguez, A.C. (2015).** Hydrogeomorphic classification of mire ecosystems within the Baker and Pascua Basins in the Region Aysén, Chilean Patagonia: a tool for their assessment and monitoring (Doctoral dissertation, Humboldt-Universität).
- UNEP. (2022).** Global Peatlands Assessment – The State of the World’s Peatlands: Evidence for action toward the conservation, restoration, and sustainable management of peatlands. Main Report. Global Peatlands Initiative. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- Yu, Z., Loisel, J., Brosseau, D.P., Beilman, D.W. & Hunt, S.J. (2010).** Global peatland dynamics since the Last Glacial Maximum. *Geophysical Research Letters* 37: L13402. <https://doi.org/10.1029/2010GL043584>



ARTÍCULO

Efecto de las intervenciones silvícolas en el rendimiento y productividad de los frutos de murta (*Ugni molinae*) en ecosistemas nativos de la región del Biobío, Chile.

Andrea Álvarez Contreras^{1*} ; Pilar Leiva Velásquez¹; Marta García Ortega¹; Mauricio Aguilera Fernández²; Oscar Larraín Larraín²; Gerardo Valdebenito Rebolledo¹; Edison García Rivas²; Marco Hormazabal Díaz¹.

¹ Instituto Forestal, sede Metropolitana. Santiago, Chile. aalvarez@infor.cl; pleiva@infor.cl; mgarcia@infor; gvaldebe@infor.cl; mhormaza@infor.cl.

² Instituto Forestal, sede Biobío. Concepción, Chile. maguiler@infor.cl, olarrain@infor.cl; egarcia@infor.cl.

*Autor para correspondencia

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2026.644>

Recibido: 03.10.2025; Aceptado 28.10.2025

RESUMEN

Este estudio analiza el impacto de diferentes intervenciones silvícolas en la producción y calidad de los frutos de *Ugni molinae* Turcz, arbusto nativo de Chile conocido como murta. Se realizó un estudio experimental en la Región del Biobío, aplicando técnicas de poda, raleo y corte de liberación de copas, en parcelas experimentales. Los resultados indican que las intervenciones de poda y la combinación de raleo y poda son las más efectivas para mejorar tanto el rendimiento como la calidad de los frutos, especialmente en términos de diámetro ecuatorial y cantidad de frutos por hectárea. Este trabajo proporciona una base para el desarrollo de métodos de manejo sustentable que optimicen la producción de murta en bosques nativos.

Palabras clave: *Ugni molinae*, intervenciones silvícolas, manejo sustentable, bosque nativo, calidad de frutos

SUMMARY

This study analyzes the impact of different silvicultural interventions on the production and quality of *Ugni molinae* Turcz fruits, a native Chilean shrub known as murta. An experimental study was conducted in the Biobío Region, applying pruning, thinning, and crown release techniques in experimental plots. The results indicate that pruning interventions and the combination of thinning and pruning are the most effective in improving both yield and fruit quality, especially in terms of equatorial diameter and the number of fruits per hectare. This work provides a foundation for the development of sustainable management methods that optimize murta production in native forests.

Keywords: *Ugni molinae*, silvicultural interventions, Sustainable management, Native forests, fruit quality.

INTRODUCCIÓN

La murta (*Ugni molinae* Turcz) es un arbusto nativo y endémico, perteneciente a la familia *Myrtaceae*, que crece en el sotobosque de los bosques nativos de Chile, desde la región de O`Higgins hasta Aysén. En la parte norte de su distribución crece principalmente en la Cordillera de la Costa. También se le puede encontrar el Archipiélago de Juan Fernández, pero como especie introducida (Rodríguez *et al.*, 2018; Hoffmann, 1997; Marticorena & Rodríguez, 1995). Este arbusto se encuentra presente en los tipos forestales Roble-Raulí-Coigüe; Coigüe-Raulí-Tepa; Siempreverde; Roble hualo y Ciprés de las Guaitecas, habitualmente en terrenos despejados, en los bordes del bosque, o formando parte del matorral arbustivo (Tacón, 2004; Torres *et al.*, 1998). El arbusto es muy polimorfo producto de sus adaptaciones a las diversas condiciones medioambientales en las que se le puede encontrar, las que van de muy secas a suelos de



tipo Ñadis o Mallines (Hoffmann, 1997). Crece formando matorrales, de densidad variable, constituidos por la brotación de yemas radicales o, más corrientemente, por el enraizamiento natural de las ramas, que crecen pegadas al suelo (Lavín & Muñoz, 1988).

Posee hojas aovadas o redondeadas de ápice agudo, con el envés más claro que el haz. Sus flores hermafroditas son blancas a rosadas, colgantes, que nacen en las axilas de las hojas de los brotes del año, tienen 5 pétalos de un color rosado pálido, muy atractivo para abejas, moscardones y otros polinizadores que se encuentran en los bosques nativos. Su fruto, una baya roja y carnosa, comestible, que madura durante los meses de marzo a abril y que posee un endocarpio blanco, en cuyo interior se encuentra una gran cantidad de pequeñas semillas. Todo ello rodeado por una cubierta externa con alto contenido en fibra de color muy variable entre rosado y blanquecino (Tacón *et al.*, 2006; Donoso & Pérez, 2018).

Los frutos de murta eran usados por el pueblo mapuche antes de la colonización española (Sotomayor & Lavín, 1987). Actualmente el fruto es recolectado y comercializado en todo el sur para su venta en fresco, durante los meses en que madura, tanto a nivel local y regional. La murta por lo general se consume en fresco, aunque se utiliza habitualmente en la elaboración doméstica de mermeladas, confituras, licores, tortas y pasteles durante los meses que este fruto es abundante. A nivel industrial se ha registrado la elaboración de jugos y pastas concentrados utilizados en la fabricación de helados artesanales, así como en la tradicional fabricación de confituras de murta con membrillo (Tacón *et al.*, 2006).

El fruto de la murta ha demostrado ser una buena fuente de compuestos fenólicos (flavonoides, flavonoles y taninos) en comparación con otros frutos como la frambuesa y el arándano los cuales traen beneficios a la salud (Arancibia *et al.*, 2011). También poseen antocianinas, las cuales forman parte de los flavonoides, aunque sus niveles de concentración son bajos en relación al de otras frutas chilenas como el maqui y el calafate, esto puede deberse a su coloración rojiza en comparación al negro y morado de estos otros dos frutos (Ruiz *et al.*, 2010). El conjunto de sus características ha llevado a que la murta sea considerada como un "superfruto".

A pesar de su potencial, la producción de murta enfrenta desafíos relacionados con la sostenibilidad y la calidad de los frutos, principalmente debido a la falta de prácticas de manejo adecuadas en su entorno natural. En consecuencia, es indispensable encontrar la manera de aumentar la producción de este *berrie*, procurando causar el menor impacto en el ecosistema boscoso en que se desarrolla. Por ello, el objetivo del presente estudio es desarrollar métodos y técnicas de manejo y colecta sustentable de murta en formaciones silvestres en Chile, que permitan generar incrementos en cantidad y calidad frutal, con el fin de impactar en la cadena de comercialización a nivel nacional. Los resultados constituyen un producto de alta relevancia para su implementación en la Ley de Bosque Nativo, por cuanto entrega herramientas técnicas y metodológicas a operadores y fiscalizadores de territorios involucrados a nivel nacional, para el aprovechamiento sustentable de la murta presente en el bosque nativo.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de Estudio

El estudio se llevó a cabo en el predio "Los Culenes", ubicado en la comuna de Nacimiento, provincia de Biobío, Chile. El área se encuentra dentro de un rodal de Roble-Raulí-Peumo, perteneciente al tipo forestal Roble-Raulí-Coihue. La zona de estudio fue escogida por la presencia relevante de murta en el sotobosque, situación que permite cumplir con los objetivos de intervención propuestos en este estudio.

Diseño Experimental

El ensayo se estableció el año 2020, considerando como situación base pre intervención la evaluación de marzo de 2021. Las intervenciones que conforman los tratamientos se realizaron en julio del mismo año, evaluándose la fructificación durante cuatro temporadas posteriores (2021–2024).

El diseño experimental correspondió a uno en bloques completos al azar (BCA), con tratamientos estructurados factorialmente 2x2x2, donde se evaluaron tres factores silvícolas: liberación del dosel (L0, L1), raleo intraespecífico (R0, R1) y poda (P0, P1). Las combinaciones de estos factores generaron ocho tratamientos, distribuidos aleatoriamente dentro de tres bloques, totalizando 24 parcelas experimentales.

Los tratamientos o intervenciones evaluados corresponden a las ocho combinaciones de tres factores en dos niveles cada uno:

- Liberación del dosel superior: L1 corresponde al aumento del 40% en la luminosidad sobre las plantas de murta, y L0 indica que la liberación no fue aplicada.
- Raleo intraespecífico de murtas: R1 corresponde a la reducción de la densidad de plantas de murta para disminuir la competencia, y R0 indica que el raleo no fue aplicado.
- Poda: P1 corresponde a la eliminación de ramas para mejorar la estructura de la planta y aumentar la luz, y P0 indica que la poda no fue aplicada.

De esta forma, los tratamientos aplicados fueron:

- T0: L0 x R0 x P0 (testigo sin liberación, raleo ni poda)
- T1: L0 x R1 x P0 (raleo murta)
- T2: L0 x R0 x P1 (poda murta)
- T3: L0 x R1 x P1 (raleo y poda murta)
- T4: L1 x R0 x P0 (Liberación árboles)
- T5: L1 x R1 x P0 (Liberación árboles y raleo murta)
- T6: L1 x R0 x P1 (Liberación árboles y poda murta)
- T7: L1 x R1 x P1 (Liberación árboles, raleo y poda murta)

Cada unidad experimental o parcela tuvo una superficie de 25 m² (5x5 m), separadas entre sí por un área buffer mínima de 5 m para evitar efectos de borde. Este diseño permitió controlar la variabilidad espacial del sitio y evaluar tanto los efectos principales como las interacciones entre los factores de manejo, ajustándose adecuadamente a las condiciones estructurales y de densidad de los murtales presentes en la zona de estudio.

Medición de la Cobertura del Dosel

En cada parcela experimental (25 m²), se identificó a los árboles que influían en la cobertura, cuyas ramas o copas proyectaban sombra sobre la parcela, incluyendo aquellos situados fuera de la misma. Se registraron las especies, el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total y la altura del comienzo de la copa. Además, se midió la proyección de la copa desde el tronco en ocho direcciones según los puntos cardinales (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO) utilizando una huincha de distancia desde el fuste del árbol y una brújula Suunto. Para los casos en los que existía superposición de copas, se seleccionó a los árboles o arbustos adicionales para su extracción, o se realizaron podas selectivas para alcanzar la apertura del dosel deseada, asegurando que la intervención cumpliera con los objetivos del tratamiento L1 (40% de aumento en la luminosidad).

Los datos de las mediciones de las copas fueron procesados en una hoja de cálculo para medir el área total de cada copa. El área de la copa de cada árbol se calculó como la suma de las áreas de los triángulos formados por las mediciones radiales orientadas según los puntos cardinales, utilizando la fórmula [1]:

$$\text{Área} = \frac{1}{2} * a * b * \text{sen } \alpha \quad [1]$$

Donde:

- a y b son los lados conocidos del triángulo.
- α es el ángulo formado entre los dos lados conocidos.

Intervenciones

- *Corta de Liberación (L0 y L1)*

Los árboles seleccionados para la corta de liberación fueron marcados conforme a los criterios del diseño experimental, en función de su área basal y área de copa, priorizando aquellos con problemas fitosanitarios o de menor calidad estructural, respetando las exigencias legales y del plan de manejo forestal vigente en el rodal, con promedios de 30,17 % y un 37,36 % de extracción en área basal y abertura de copas respectivamente (Ley 20.283 de Bosque Nativo). La corta de liberación, de tipo intermedia, se realizó con motosierra, dirigiendo el volteo hacia fuera de la parcela para minimizar el daño a las plantas de murta y a los árboles remanentes. La madera extraída se arrumó y se retiró del bosque cuando fue aprovechable; los desechos restantes se apilaron en el área buffer para minimizar el impacto en la parcela experimental.

- *Raleo (R0 y R1)*

El raleo intra e interespecífico tuvo como propósito reducir la densidad del murtal y mitigar la competencia con otras especies arbustivas, ajustando la densidad de *Ugni molinae* hacia niveles más cercanos a un sistema de cultivo frutal intensivo. Según Seguel *et al.* (2011), la distancia de plantación recomendada es de 1,2 m entre plantas sobre la hilera y 3 m entre hileras, lo que equivale a una densidad de aproximadamente 2.777 plantas por hectárea. En este estudio, las intervenciones se realizaron mediante franjas cruzadas de un metro de ancho dentro de las parcelas, delimitando nueve subunidades de 1 m² cada una. Adicionalmente, se aplicó una reducción del 25 % en el número de plantas dentro de cada subunidad, disminuyendo la densidad desde 3.120.000 a 251.300 plantas/ha. Esta cifra sigue siendo superior a la recomendada para cultivos intensivos, debe considerarse que son formaciones naturales y presentan un notable grado de etiolación debido a la sombra, lo que limita una intervención más agresiva.

Un raleo excesivo podría comprometer la verticalidad de las plantas, incrementando el riesgo de colapso estructural, afectando negativamente la floración y la posterior fructificación. Por ello, el manejo adoptado privilegia un equilibrio entre mejora productiva y sostenibilidad, además, esta estrategia facilitó significativamente las labores de cosecha.

- *Poda (P0 y P1)*

La poda se aplicó siguiendo criterios de manejo en cultivos intensivos, diferenciando entre parcelas raleadas y no raleadas. En todas las parcelas se eliminó material vegetal afectado por la enfermedad escoba de bruja (**Figura 1a**), producida por un fitoplasma transmitido por insectos de la familia *Cicadellidae* (Hemiptera) (Aguilera *et al.*, 2009), y las ramas muertas. En las parcelas con raleo se eliminaron las ramas hacia adentro de la copa, y en el caso que contaban con más de tres verticilos, después del tercero se cortó completa la zona apical (**Figura 1b**), enfocándose en mantener una estructura de copa abierta para maximizar la entrada de luz. En las parcelas no raleadas, debido a la alta densidad, la poda se limitó a cortes apicales a un metro de altura.

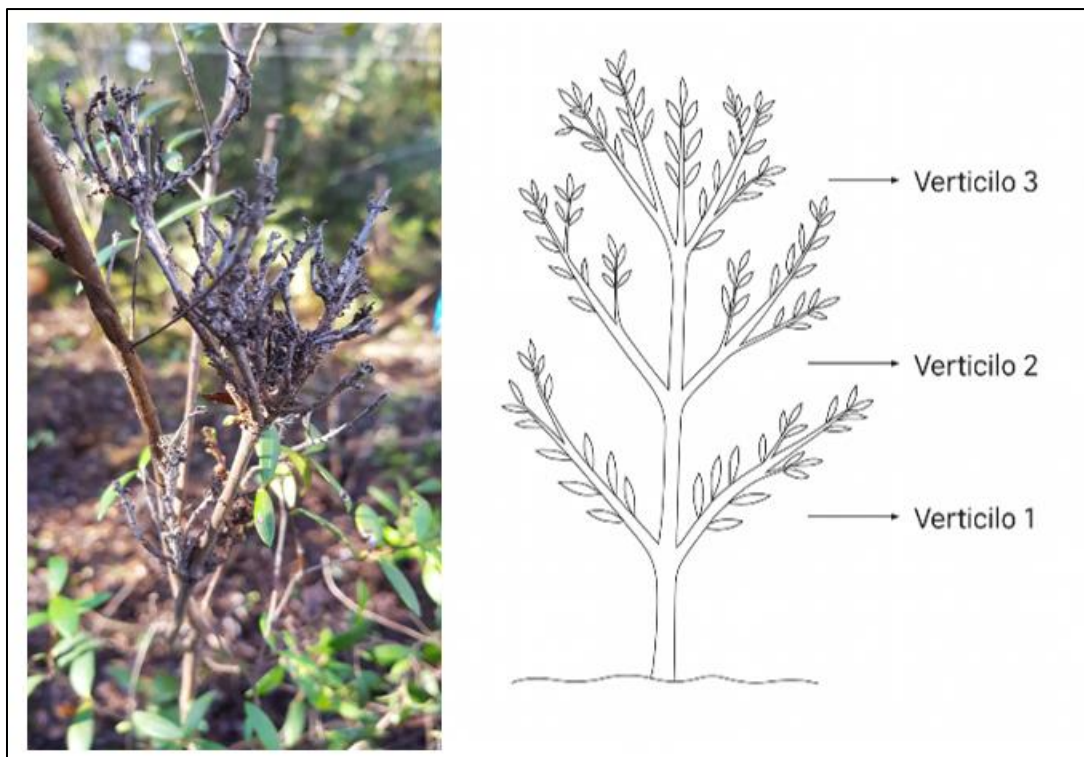


Figura 1. a) Enfermedad llamada escoba de bruja; b) Esquema morfológico de una planta de *Ugni molinae* indicando la disposición de verticilos.

Evaluación Productiva y Morfológica

Para determinar el impacto de las intervenciones silvícolas en la producción frutal, se evaluó durante cuatro temporadas consecutivas, desde el año 2021 (considerado como línea base) hasta el 2024, el número de frutos por parcela. La cosecha se llevó a cabo mediante la recolección de todos los frutos presentes en cada parcela, procedimiento que se realizó durante las dos últimas semanas del mes de marzo de cada año.

Luego de ser cosechados se procedió a contar y evaluar las características morfológicas al total de los frutos cosechados, estas fueron: peso húmedo, medido con una balanza digital (OHAUS®) con una sensibilidad de 0,01 g; y el diámetro ecuatorial del fruto, para ello se utilizó un pie de metro Digital (Mitutoyo®) con una sensibilidad de 0,01 mm (**Figura 2**).

Las variables de respuesta a las intervenciones analizadas en este estudio corresponden al diámetro ecuatorial, número de frutos por parcela (25 m²) y rendimiento frutal (kg/ha).

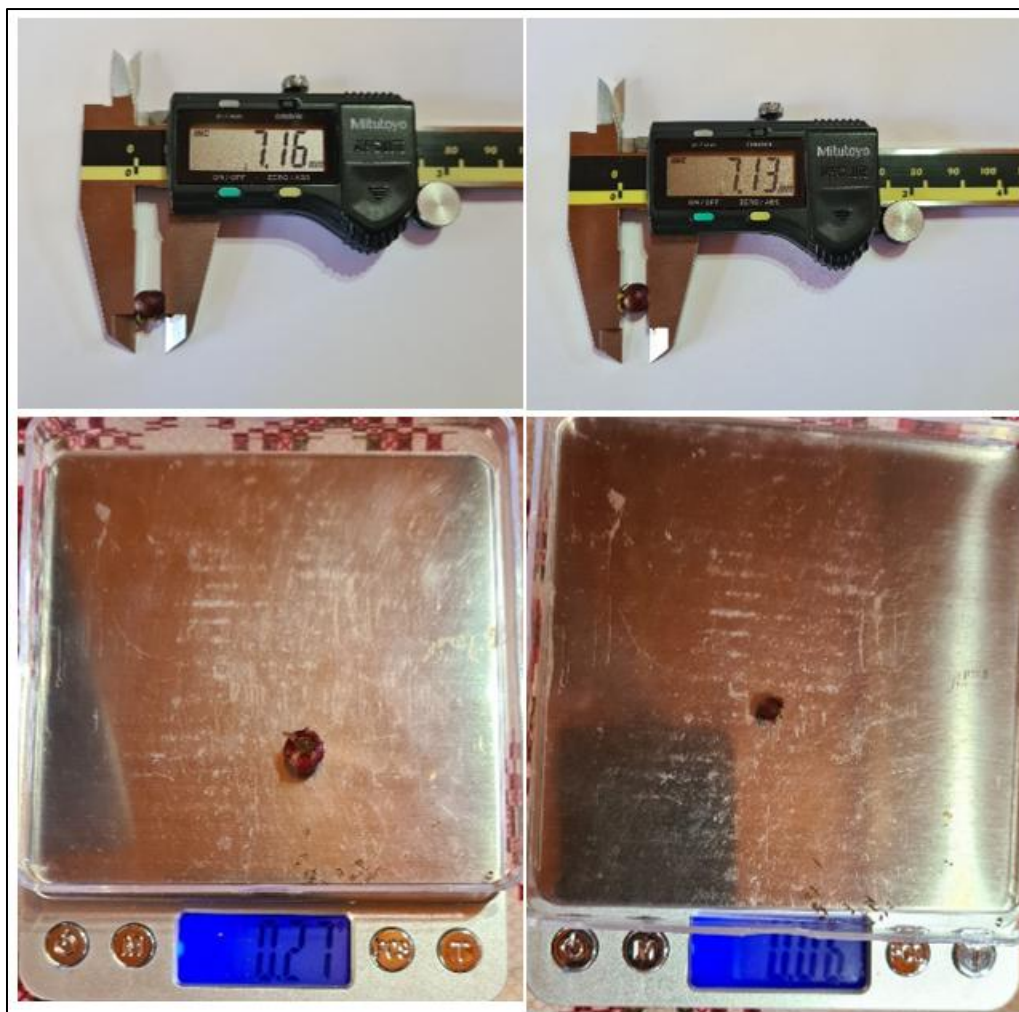


Figura 2. Evaluación morfológica de frutos de murtillo.

RESULTADOS

El impacto de las intervenciones silvícolas en la producción de frutos de *Ugni molinae* se evaluó a lo largo de cuatro ciclos de cultivo, observándose diferencias significativas entre los distintos tratamientos. Además de los efectos directos sobre la producción de frutos, las intervenciones también tuvieron un impacto significativo en la estructura del rodal.

Efecto de la Intervención en la Estructura del Rodal

Los resultados mostraron que esta intervención tuvo una intensidad intermedia a suave, favoreciendo la estabilidad del rodal remanente y obteniéndose productos principalmente como leña y material de desecho. La extracción fue de 1.100 árboles por hectárea, lo que equivale a un 39,7 % de los 2.770 árb/ha iniciales. En términos de área basal la extracción correspondió a 10,23 m²/ha, equivalentes al 31,7% del área basal original. En cuanto al diámetro medio cuadrático (DMC), se pudo observar que producto de la intervención, este parámetro aumento en 6,48 %, lo que implica que se trató de una extracción de baja intensidad y que afectó a los individuos de menor diámetro y altura, modificando la composición y densidad de las especies arbóreas en el rodal. En cuanto a la participación de especies, producto de la intervención aumentó la participación relativa de roble (*Nothofagus obliqua*) y peumo (*Cryptocarya alba*), mejorando la calidad del rodal residual desde un punto de vista maderero.

Efecto de las Intervenciones en la Calidad de los Frutos: Diámetro Ecuatorial

En el año 2024 (**Cuadro 1**), las intervenciones silvícolas en *Ugni molinae* demostraron tener un impacto significativo en el calibre de los frutos, siendo la poda, tanto aislada como combinada con raleo, la más efectiva para incrementar el diámetro ecuatorial. Los tratamientos de poda alcanzaron calibres de hasta 7,65 mm, significativamente superiores a los 6,51 mm observados en las parcelas control ($p\text{-value} < 0,01$). La combinación de raleo y poda también mostró mejoras considerables, con un calibre promedio de 7,27 mm ($p\text{-value} < 0,05$), sugiriendo que la reducción de la competencia intraespecífica y la optimización de la estructura del dosel son clave para aumentar la calidad de los frutos. El análisis estadístico confirmó que estas diferencias son significativas ($p\text{-value} < 0,01$), evidenciando que la poda es una herramienta esencial en la gestión de *Ugni molinae* para mejorar la calidad frutal.

La variabilidad dentro de los diámetros también se redujo en las parcelas intervenidas, con un coeficiente de variación del 12,3% en comparación con el 18,7% observado en las parcelas control. Esto sugiere una mayor uniformidad en la producción de frutos de mayor calidad tras las intervenciones.

Cuadro 1: Calibre ecuatorial de frutos de murta (mm).

Intervención	2021		2022		2023		2024	
	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.
Control	5,66 ^b	0,2	5,19 ^a	0,2	6,10 ^a	112,0	6,51 ^a	0,2
Raleo	5,46 ^b	0,2	5,58 ^a	0,3	6,30 ^a	128,1	6,60 ^a	0,2
Poda	4,43 ^a	0,1	5,53 ^a	0,2	8,07 ^c	192,4	7,65 ^c	0,2
Raleo y poda	5,50 ^b	0,1	7,83 ^b	0,3	6,48 ^{ab}	145,0	7,27 ^c	0,2
Liberación	4,70 ^a	0,2			6,93 ^{bc}	178,5	7,26 ^{bc}	0,2
Liberación y raleo	5,48 ^{ab}	0,5	3,90 ^a	1,1	6,47 ^{ab}	146,5	6,59 ^a	0,2
Liberación y poda	5,13 ^{ab}	0,2	5,96 ^a	0,2	6,58 ^{ab}	143,8	6,76 ^{ab}	0,2
Liberación, raleo y poda	5,49 ^b	0,3			6,30 ^{ab}	136,0	7,14 ^{bc}	0,2

Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos según prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Efecto de las Intervenciones en la Cantidad de Frutos de Murta por Hectárea

El año 2021 correspondió a la línea base previa a la aplicación de las intervenciones silvícolas, por lo que las diferencias observadas en ese período reflejan condiciones iniciales del murtal antes de los tratamientos. A partir de 2022, tras la ejecución de las intervenciones (invierno de 2021), se comenzaron a observar los primeros efectos productivos.

En 2022, los tratamientos no mostraron diferencias significativas en la cantidad de frutos por hectárea ($p > 0,05$; **Cuadro 2**). La poda destacó con la mayor producción (127.500 frutos/ha), seguida de la liberación y poda (69.166 frutos/ha), ambas superiores al control (35.833 frutos/ha). Estos resultados indican una respuesta temprana positiva de la especie frente a las prácticas de manejo que reducen la competencia y favorecen la entrada de luz al sotobosque.

Durante 2023, los tratamientos exhibieron diferencias significativas. La poda (365.833 frutos/ha) y el raleo (326.250 frutos/ha) alcanzaron las mayores producciones, mientras que el control registró 278.333 frutos/ha. Si bien las diferencias entre tratamientos se redujeron respecto al año anterior, se mantuvo la tendencia general de mayor productividad en los tratamientos que incluyeron poda o raleo, confirmando el efecto sostenido de las intervenciones en la fructificación.

En el 2024 el ajuste del modelo ANOVA confirmó que las diferencias observadas entre los tratamientos fueron estadísticamente significativas ($p\text{-value} < 0,0001$), validando la eficacia de las intervenciones aplicadas, las cuales mostraron un impacto significativo en la cantidad de frutos producidos por hectárea, siendo la poda, la intervención la más efectiva, con un máximo de 3.492.500 frutos/ha, significativamente superior al control ($p\text{-value} < 0,0001$). La combinación de raleo y poda también resultó en un incremento

considerable, alcanzando 532.500 frutos/ha ($p\text{-value}<0,0001$), mientras que la corta de liberación combinada con poda registró 389.167 frutos/ha.

Cuadro 2. Cantidad de frutos de murta (N°/ha).

Intervención	2021		2022		2023		2024	
	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	EE
Control	49.167 ^b	90.790	35.833 ^a	40.507	278.333 ^{ab}	113.137	1.517.500 ^b	265.401
Raleo	185.000 ^{ab}	111.195	21.250 ^a	49.611	326.250 ^{ab}	138.563	368.750 ^c	325.049
Poda	380.833 ^a	90.790	127.500 ^a	40.507	365.833 ^a	113.137	3.492.500 ^a	265.401
Raleo y poda	152.500 ^{ab}	90.790	11.666 ^a	40.507	160.000 ^{ab}	138.563	532.500 ^c	265.401
Liberación	64.166 ^b	90.790		70.161	30.833 ^{ab}	113.137	483.333 ^c	265.401
Liberación y raleo	7.500 ^b	90.790	2.500 ^a	70.161	45.000 ^{ab}	97.979	298.125 ^c	229.844
Liberación y poda	114.166 ^{ab}	90.790	69.166 ^a	40.507	112.500 ^{ab}	113.137	389.166 ^c	265.401
Liberación, raleo y poda	49.166 ^b	78.627			10.833 ^b	113.137	228.333 ^c	265.401

Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos según prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Efecto de las Intervenciones en el Rendimiento de Frutos por Hectárea

El año 2022 (**Cuadro 3**), los tratamientos aplicados a *Ugni molinae* no presentaron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de frutos por hectárea ($p > 0,05$). No obstante, se observó una tendencia de aumento en tratamientos como la poda y la combinación de raleo y poda, cuyos rendimientos crecieron de 17,27 a 83,7 kg/ha y de 4,61 a 20,64 kg/ha, respectivamente, sin alcanzar significancia estadística. El año 2023 si se verificaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), mostrando un aumento sostenido en el rendimiento de las intervenciones con poda (83,7 kg/ha) y raleo (76,06 kg/ha) respecto al control (25,63 kg/ha). Esta tendencia confirma la efectividad progresiva de las prácticas silvícolas, especialmente de aquellas que favorecen el desarrollo vegetativo y la fructificación mediante la apertura del dosel y la disminución de la competencia intraespecífica.

A diferencia de los años anteriores el análisis del modelo para el año 2024 reveló un ajuste significativo, mostrando diferencias claras en el rendimiento de frutos entre los tratamientos. El tratamiento con poda nuevamente se destacó, con un rendimiento de 721,44 kg/ha, significativamente superior al control (262 kg/ha), con un valor $p < 0,001$. Otros tratamientos, como la combinación de raleo y poda (109,32 kg/ha) y corta de liberación con poda (70,84 kg/ha), también mejoraron el rendimiento, ambos con significancia estadística ($p\text{-value} < 0,0001$).

Cuadro 3. Rendimiento de frutas de murta (Kg/ha)

Intervención	2021		2022		2023		2024	
	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.
Control	6,08 ^a	11,75	3,61 ^a	5,16	25,63 ^{ab}	22,65	262,00 ^b	51,47
Raleo	14,83 ^a	14,39	2,44 ^a	6,32	76,06 ^a	27,74	96,76 ^{bc}	63,04
Poda	34,65 ^a	11,75	17,27 ^a	5,16	83,70 ^a	22,65	721,44 ^a	51,47
Raleo y poda	27,37 ^a	11,75	4,61 ^a	6,32	20,64 ^{ab}	27,74	109,32 ^{bc}	51,47
Liberación	8,13 ^a	11,75			10,55 ^b	27,74	82,88 ^c	51,47
Liberación y raleo	5,10 ^a	20,35	0,05 ^a	8,94	7,67 ^b	19,62	50,52 ^c	44,58
Liberación y poda	12,33 ^a	11,75	24,9 ^a	8,94	22,13 ^{ab}	22,65	70,84 ^c	51,47
Liberación, raleo y poda	7,54 ^a	14,39			0,54 ^b	39,24	46,31 ^c	51,47

Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos según prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio revelan que las intervenciones silvícolas, en particular la poda y la combinación de raleo y poda, tienen un impacto significativo en la producción y calidad de los frutos de murta. Estas intervenciones demostraron ser efectivas para aumentar tanto el diámetro ecuatorial de los frutos como el rendimiento por hectárea, lo que es consistente con los resultados que indican que la poda puede mejorar la exposición a la luz y la ventilación dentro del dosel, lo que es crucial para la inducción floral y el desarrollo de frutos (Seguel *et al.*, 2009). Este resultado también es coincidente con estudios previos en otros berries, como el arándano *Vaccinium corymbosum*, donde prácticas de manejo similares han sido cruciales para mejorar la producción frutal (Strik *et al.*, 2014). La drástica disminución en la producción observada en 2022 refleja el impacto del estrés post-intervención, común en los primeros años después de la implementación de prácticas silvícolas intensivas (Echeverría *et al.*, 2007).

La importancia de la luz en la producción de frutos ha sido ampliamente documentada en la literatura. En particular en este estudio, el aumento del 40 % en la luminosidad a través de la corta de liberación se tradujo en mejoras en el rendimiento y tamaño de los frutos de murta, aunque no son significativas aun, dada la lentitud de respuesta de las formaciones naturales inmersas en el bosque nativo. Estos hallazgos coinciden con los de Demchak (2009), quien destacó a la luz como un factor crítico para la calidad y cantidad de frutos en plantas de bayas. De igual manera, se observó que el aumento de la luz y la reducción de la competencia dentro del sotobosque permite que las plantas de murta mejoren la fotosíntesis, obteniendo frutos de mayor calibre y mejor calidad.

A diferencia de cultivos intensivos como el arándano, los frutos de murta son recolectados principalmente en su entorno natural dentro de bosques nativos, lo que presenta desafíos únicos para su manejo sostenible. Las intervenciones realizadas preservaron la integridad del ecosistema, lo cual es esencial para mantener la biodiversidad y la estructura del rodal. Esto es similar a los hallazgos de Panferov *et al.* (2009), quienes demostraron que las intervenciones controladas pueden mejorar la producción de productos forestales no madereros sin comprometer la salud del ecosistema. Una situación particularmente relevante de este estudio fue que las intervenciones se llevaron a cabo respetando las regulaciones legales y ambientales, sin afectar negativamente la estructura del rodal y provocando un aumento en la participación relativa de especies maderables como el roble y el peumo.

Los resultados obtenidos subrayan la eficacia de las intervenciones silvícolas en mejorar la producción de murta en bosques nativos. Estos resultados sugieren que la reducción de la competencia y la optimización de la estructura del dosel permiten a las plantas de murta destinar más recursos al crecimiento y desarrollo de los frutos.

Las intervenciones mantuvieron la estructura del rodal relativamente estable, lo que sugiere que los métodos aplicados son sostenibles a largo plazo. Sin embargo, se destaca la necesidad de evaluaciones adicionales para comprender con mayores antecedentes los efectos a largo plazo de estas intervenciones en la salud del ecosistema y en la producción de murta.

Este enfoque experimental proporciona una base para la implementación de prácticas de manejo sostenible en bosques nativos donde se desarrolla la murta, con el potencial de mejorar tanto la producción como la calidad del fruto, contribuyendo así al desarrollo económico y la conservación de los bosques nativos en la Región del Biobío.

La poda se destaca como la estrategia más efectiva para aumentar tanto el rendimiento como la calidad de los frutos. A pesar que la producción observada en los tratamientos con poda (721 kg/ha) es inferior a la reportada en sistemas cultivados de murta establecidos bajo condiciones controladas, donde se registran rendimientos entre 2.500 y 6.000 kg/ha (Seguel *et al.*, 2011; Seguel *et al.*, 2009) se debe considerar que este estudio se realizó en formaciones naturales bajo cobertura arbórea, de modo que los incrementos logrados en respuesta a la poda son relevantes desde una perspectiva de manejo sustentable del recurso silvestre. En tanto los tratamientos con corte de liberación no presentaron mejoras significativas en la calidad de los frutos, sugiriendo que estas técnicas no son esenciales para maximizar el rendimiento de la murta en su hábitat natural. Esto último coincide con lo postulado por Pastenes *et al.* (2003), quienes

mencionan que, aunque un aumento moderado de la luz mejora la fotosíntesis y el tamaño de los frutos, una exposición excesiva puede llevar a una fotoinhibición crónica debido a que las plantas de murta, especialmente aquellas acostumbradas a crecer bajo sombra, no pueden adaptarse a las intensas condiciones de luz, afectándose negativamente su eficiencia fotosintética y, por ende, la calidad del fruto; de ahí la importancia del manejo y control en la luminosidad, el cual debe ser adecuado según las condiciones climáticas de cada zona o región. Estos resultados subrayan la necesidad de considerar la capacidad de recuperación de la planta y la posibilidad de un manejo menos intensivo en años consecutivos para evitar una reducción significativa en el rendimiento (Torralbo *et al.*, 2015).

La evaluación de la densidad residual de las plantas de murta indicó que, aunque la densidad final fue mayor a la recomendada para cultivos intensivos, las plantas remanentes mostraron una respuesta positiva a la mayor disponibilidad de luz y nutrientes. Esto sugiere que las intervenciones, si bien fueron moderadas, resultaron suficientes para estimular un aumento en la productividad sin comprometer la estabilidad del ecosistema

CONCLUSIONES

El estudio demuestra que las intervenciones silvícolas aplicadas en formaciones naturales de *Ugni molinae* influyen significativamente en la producción y calidad de los frutos. Entre los tratamientos evaluados, la poda, tanto individual como combinada con raleo, fue la intervención más efectiva, incrementando el rendimiento frutal hasta en un 175% respecto al control y mejorando el diámetro ecuatorial promedio de los frutos en más de 1 mm.

Estos resultados confirman que la reducción de la competencia intraespecífica y la optimización de la luminosidad son factores determinantes para el desarrollo y maduración de los frutos, y posicionan a la poda como una herramienta silvícola de alto impacto para el manejo productivo de murtales silvestres.

Desde una perspectiva práctica, las intervenciones de intensidad moderada permiten aumentar la productividad sin comprometer la estructura del rodal, ofreciendo una alternativa de manejo sustentable compatible con los objetivos de conservación del bosque nativo.

A pesar de los resultados promisorios, es importante reconocer las limitaciones de este estudio. Las dinámicas de crecimiento y producción de la murta están influenciadas por una variedad de factores ambientales que pueden variar significativamente de un año a otro. Por lo tanto, recomienda continuar la investigación mediante ensayos de largo plazo que proporcionen datos más robustos sobre la sostenibilidad de las prácticas de manejo aplicadas, especialmente en lo que respecta a la respuesta del rodal a las intervenciones repetidas y a posibles cambios en las condiciones climáticas. Además, extender la duración de los estudios permitiría observar la evolución de la productividad de la murta a medida que las plantas maduran y se estabilizan después de las intervenciones iniciales. En particular, se recomienda investigar cómo la variabilidad interanual en la disponibilidad de recursos (como la luz y los nutrientes) y las condiciones climáticas (como la precipitación y la temperatura) afectan la producción de frutos a lo largo del tiempo. Estos estudios a largo plazo también podrían explorar el impacto de diferentes intensidades de poda y raleo, para determinar los niveles óptimos de intervención que maximicen la producción de frutos sin comprometer la salud del ecosistema.

El estudio aporta evidencia sólida para la implementación de prácticas de manejo forestal que optimicen la producción de murta de manera sostenible, contribuyendo al desarrollo económico local y a la conservación de los bosques nativos en la Región del Biobío.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos sinceramente a Don Tomás Astudillo y Anita Medina por la confianza depositada en nosotros y por permitir la realización de este estudio en su predio. Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento al Fondo de Investigación del Bosque Nativo por el financiamiento otorgado, sin el cual este trabajo no habría sido posible.

REFERENCIAS

- Aguilera, A., Ellena, M., Seguel, I., Montenegro, A., San Martín, J., Torralbo, L., & Rebolledo, R. (2009).** Nuevos registros de insectos fitófagos asociados a murta o murtila (*Ugni molinae* Turcz.) en Chile. *Idesia (Arica)*, 27(2): 33-37. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292009000200004>
- Arancibia, P., Toledo, F., Werner, E., Suhaj, M., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Martínez-Ayala, A. et al. (2011).** Partial Characterization of a New Kind of Chilean Murtila-like Berries. *Food Research International*, N° 44. Pp: 2054-2062. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.016>
- Demchak, K. (2009).** Small fruit production in high tunnels. *Hort. Technology*, 19(1): 44-49. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.19.1.44>
- Donoso, M., y Pérez, J. (2018).** Productos del bosque del sur de Chile. Uso y recolección. 1ª ed. Editorial Universitaria. Santiago. 297 p.
- Echeverría, C., Coomes, D.A., Salas, J., Rey Benayas, J.M., Lara, A. & Newton, A. (2007).** Spatially explicit models to assess impacts of forest loss and fragmentation on biodiversity. *Global Ecology and Biogeography*, 16(3): 241-252. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00311.x>
- Hoffmann, A. (1997).** Flora silvestre de Chile. Zona araucana. Árboles, arbustos y enredaderas leñosas. 4ª ed. Fundación Claudio Gay. Santiago. 257 p.
- Lavin, A. & Muñoz, C. (1988).** Propagación de la murtila (*Ugni molinae* Turcz.) mediante estacas apicales semileñosas. *Agricultura Técnica*, 48(1): 58-59.
- Marticorena, C. & Rodríguez, R. (1995).** Flora de Chile. Concepción, Chile: Universidad de Concepción.
- Panferov, O., Meesenburg, H., Gross, P. & Gravenhorst, G. (2009).** Impact of natural thinning on growth and water balance of a forest stand and impact of the stand on the environment. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(11): 1553-1560. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.04.005>
- Pastenes, C., Santa María, E., Infante, R. & Franck, N. (2003).** Domestication of the Chilean guava (*Ugni molinae* Turcz.), a forest understorey shrub, must consider light intensity. *Scientia Horticulturae*, 98(1): 71-84. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00224-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00224-8)
- Rodríguez, R., Marticorena, C., Alarcón, D., Baeza, C., Cavieres, L., Finot, V., Fuentes, N. et al. (2018).** Catálogo de las plantas vasculares de Chile. *Gayana. Botánica*, 75(1): 1-430. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432018000100001>
- Ruiz, A., Hermosín-Gutiérrez, I., Mardones, C., Vergara, C., Herlitz, E., Vega, M., Dorau C. et al. (2010).** Polyphenols and antioxidant activity of calafate (*Berberis microphylla*) fruits and other native berries from Southern Chile. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(10): 6081-6089. <https://doi.org/10.1021/jf100173x>
- Seguel, I., Flandez, R., Peñaloza, E., Montenegro, A., Torralbo, L., France, A., Espinoza, N. & San Martín, J. (2009).** Cultivo de la murta, paquete tecnológico. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Carillanca. Informativo Carillanca, N° 34. 6 p.
- Seguel, I., France, A., Flandez, R., Peñaloza, E., Torralbo, L., Montenegro, A., Espinoza, N. et al.** Establecimiento y mantención de un huerto comercial de Murtila. *Tierra Adentro*, N° 96. Pp: 39-46.

- Sotomayor, S. & Lavín, A. (1987)** Licor de murtillas, alternativas para su elaboración. Investigación y Progreso Agropecuario Quilamapu. En: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/30942>. Consulta: Octubre, 2025.
- Strik, B.C., Vance, A.J., Bryla, D.R., & Sullivan, D.M. (2014)**. Organic production systems in highbush blueberry: 3. Impact of mulch type, weed management practices, and fertilizer source on soil and plant nutrients, yield, and fruit quality. Hort. Science, 49(6): 814-823.
- Tacón, A. (2004)**. Manual de Productos Forestales No Madereros. CIPMA. 22p.
- Tacón, A., Palma, J., Fernández, U. & Ortega, F. (2006)**. El mercado de los Productos Forestales no Madereros y la conservación de los bosques del sur de Chile y Argentina. WWF Chile. 100p.
- Torralbo, L., Barría, L., & Tapia, A. (2015)**. Aspectos Económicos y de Mercado de la Murtilla. Proyecto FONDEF INIA – UACH - UFRO.
- Torres, A., Seguel, I., Peñaloza, E., Montenegro, A., Gaete, N., Riveros, M., Lehnebach, C. & Rodríguez, M. (1998)**. Perspectivas de *Ugni molinae* Turcz, para el mejoramiento en especies nativas. En: Reunión Técnica: Mejoramiento Genético en Frutales. Pp: 110–151.



ARTICULO

Comportamiento *in vitro* del crecimiento micelial de *Amanita rubescens* bajo diferentes niveles de pH y medios de cultivo.

Patricio Chung Guin-po^{1*} ¹Instituto Forestal, sede Biobío. Concepción, Chile. pchung@infor.clDOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2026.649>

Recibido: 12.12.2025; Aceptado 13.01.2026

RESUMEN

Se estableció cultivos bajo condiciones *in vitro* para estudiar el comportamiento de 4 cepas de la especie ectomicorrícica comestible *Amanita rubescens*, procedentes de 2 regiones de Chile. Se evaluó el efecto de los medios nutritivos PDA (Extracto de Papa, Dextrosa, Agar), MMN (Medio Melin- Norkrans) y BAF (Biotina Aneurina ácido Fólico), en cinco niveles de pH (4,8; 5,3; 5,8; 6,3 y 6,8), sobre las variables crecimiento radial (CR), velocidad media de crecimiento (VMC) y biomasa seca (B). La biomasa varía a nivel de cepas. Los medios con mejores rendimientos en CR y VMC fueron principalmente MMN y BAF a nivel de cepa y especie. Para la variable B fueron los medios BAF y PDA. La cepa IF1008002 fue la que produjo la mayor biomasa seca (B), en tanto que las cepas obtenidas de la región de Los Lagos obtuvieron un mayor rendimiento en B bajo el medio BAF, mientras que las procedentes de la región de Los Ríos lo obtuvieron en medio PDA. Comparaciones entre valores promedios del CD, VCM y B, muestran correlaciones que fluctúan entre medias y altas para las variables estudiadas.

Palabras claves: *Amanita rubescens*, cepas, pruebas de crecimiento, *in vitro*

SUMMARY

In vitro cultures were established to study the behavior of four strains of the edible ectomycorrhizal species *Amanita rubescens*, collected from two regions of Chile. The effect of the nutrient media PDA (Potato Dextrose Agar), MMN (Melin–Norkrans medium), and BAF (Biotin–Aneurin–Folic acid) at five pH levels (4.8, 5.3, 5.8, 6.3, and 6.8) was evaluated on the variables radial growth (RG), mean growth rate (MGR), and dry biomass (B). Biomass varied among strains. The media that showed the best performance in RG and MGR were mainly MMN and BAF at both strain and species levels, whereas for the B variable the best media were BAF and PDA. Strain IF1008002 produced the highest dry biomass (B). In addition, strains obtained from the Los Lagos region showed higher B yields in BAF medium, while those from the Los Ríos region did so in PDA medium. Comparisons among mean values of RG, MGR, and B showed correlations ranging from moderate to high for the variables studied.

Keywords: *Amanita rubescens*, strains, growth testing, *in vitro*

INTRODUCCIÓN

El género *Amanita* es el más grande dentro de la familia *Amanitaceae*, con aproximadamente 650 especies distribuidas en todo el mundo (Cai *et al.*, 2024), estimándose que la familia incluiría entre 900 y 1.000 especies (Tulloss, 2005; Zhang *et al.*, 2015; Cui *et al.*, 2018; Zhou *et al.*, 2023). Los hongos del género *Amanita* son mayoritariamente ectomicorrícicos y solo alrededor del 5% de ellos se clasifican como saprófitos. Sus ectomicorizas forman asociaciones mutualistas con más de 10 familias de gimnospermas (principalmente *Pinaceae*) y Angiosperma pertenecientes a *Fagaceae*, *Dipterocarpaceae* y *Fabaceae*, entre otras (Cai *et al.*, 2024), jugando un rol importante en la salud de los ecosistemas forestales (Demkobá *et al.*, 2025), donde forman fructificaciones carnosas tanto comestibles, como tóxicas y alucinógenas (González *et al.*, 2002). En Chile, *Amanita rubescens* se encuentra distribuido entre Concepción y Osorno, asociado a plantaciones con especies exóticas como *Pinus radiata* y *Quercus robur* (Valenzuela *et al.*,

1996); también se indica su presencia en bosques de *Nothofagus dombeyi* comportándose como ectomicorriza (Valenzuela, 2003). Van der Linde *et al.* (2018) y Hutchinson & Pinche (1995) señalan que se encuentra típicamente en lugares con una alta disponibilidad de nitrógeno en los suelos. En tanto que, Lorenzana (2008), menciona en sus investigaciones una gran plasticidad de *A. rubescens* frente a variables como pH y porcentaje de materia orgánica.

Este género incluye a algunos conocidos hongos gourmet como son *A. caesarea*, *A. fulva*, *A. ovoidea*, *A. baccata*, *A. vaginata* y *A. rubescens*, y por otro lado, es el causante sobre el 90% de envenenamientos letales en todo el mundo, principalmente por la especie *A. phalloides* (Demkobá *et al.*, 2025). En Chile, este género está representado por varias especies, algunas descritas como tóxicas como *A. phalloides*, *A. gemmata* var. *toxica* o *A. muscaria*, en tanto que otras han sido reportadas como comestibles, como son los casos de las especies nativas *A. merxmueleri* y *A. diemii* (Salazar, 2016) o la especie introducida *A. rubescens* (Valenzuela *et al.*, 1996; Furci, 2018; Salazar, 2020).

En relación a la especie *Amanita rubescens*, conocida con el nombre vulgar “amanita rojiza” (Grünert & Grünert, 1984), es una especie ectomicorrícica que se introdujo a Chile con *P. radiata* (Garrido & Bresinsky 1985), y de acuerdo a observaciones realizadas por Valenzuela *et al.* (1998;1999) presenta la capacidad de desplazar algunos hongos micorrícicos nativos, como las especies del género *Cortinarius*, observando en sus investigaciones la presencia de ejemplares asociados a *Nothofagus*. Es una especie acidófila y heliófila (Gestión Ambiental de Navarra, 2011), con apariciones en período otoñal o primaveral de sus fructificaciones (Blanco *et al.*, 2007) Las fructificaciones a veces se encuentran en forma aislada y otras en pequeños grupos.

Se caracteriza por poseer un sombrero globoso que cambia a una forma plana, de 10-15 cm de diámetro, marrón a rojizo, con numerosos restos del velo de la volva, en forma de pequeñas placas algodonosas de distribución irregular, blanquecinas, que se tornan marrones. Las láminas son de color blanco, así como sus esporas. El estípite es cilíndrico con un anillo amplio con colores entre blanquecino a rosado; en su base posee una volva del mismo color o ligeramente más saturada (Valenzuela *et al.*, 1996). Posee una carne fibrosa blanca que enrojece al contacto con el aire (Figura 1).



Figura 1: *Amanita rubescens* en Bosque nativo (izquierda) y en Plantaciones de *Pinus radiata* (derecha).

Esta especie es tóxica en crudo, debido a una proteína termolábil llamada rubescenslycina que tiene efecto citolítico sobre las células del organismo, especialmente las del hígado (Odenthal, 1982). De acuerdo a Furci (2018), los cuerpos fructíferos de este hongo son venenosos si se consumen crudos, sin embargo, mediante un tratamiento térmico (cocción en agua y posterior descarte de la misma), es posible su consumo. Valenzuela *et al.* (1996) y Salazar (2020), coinciden en que la especie es comestible después de un adecuado tratamiento térmico, pero desaconsejan su consumo a recolectores inexpertos. Se debe

tener en cuenta que, en general, la biogénesis de metabolitos secundarios en hongos está condicionada principalmente por el tipo de nutrientes que conforman el sustrato y por las condiciones climáticas donde crecen y se desarrollan, lo que puede alterar y cambiar su metabolismo, generando diferencias en la presencia de compuestos bioactivos y su concentración (Jong & Birmingham, 1992; Sánchez, 2017).

Quintero-Corrales *et al.* (2024), sugiere que tras *A. rubescens* existe un complejo de especies que aún no se ha analizado su filogenia y taxonomía.

Además de su potencial importancia económica como PFNM, este hongo está ecológicamente relacionado con los demás componentes de los ecosistemas forestales, por lo que alteraciones naturales o antrópicas en el suelo y en el bosque pueden causar un importante impacto en su supervivencia y fructificación (Santiago-Martínez & Galindo-Flores, 2003).

A. rubescens junto a especies arbóreas principalmente del género *Pinus* han desarrollado una estrategia nutricional que les aseguran un beneficio mutuo a través de la simbiosis ectomicorrícica. La asociación simbiótica raíz-hongo, entre las que se encuentran las ectomicorrizas, es el resultado de la evolución conjunta entre plantas y hongos, siendo una norma más que una excepción en la nutrición de las plantas terrestres (Trappe, 1977; Brundrett & Cairney, 2002). Esta ectomicorriza se forma predominantemente sobre las puntas de las raíces finas del hospedante, distribuyéndose irregularmente a través del perfil del suelo, siendo más abundante en las capas superiores que contienen humus, que en capas inferiores del suelo mineral (Brundrett *et al.*, 1996); ella cumple una importante función en el ciclo de nutrientes de los ecosistemas forestales.

Debido a su extensa red de micelios, la simbiosis ectomicorrícica funciona como un sistema de absorción que se extiende por el suelo proporcionando agua y nutrientes a la planta, en tanto que el hongo recibe azúcares y carbohidratos provenientes de la fotosíntesis de la planta. Este mutualismo aumenta la resistencia de las plántulas a situaciones adversas y brinda protección frente al ataque de hongos patógenos, áfidos y nemátodos. Estos hongos simbioses también proporcionan hormonas estimulantes del crecimiento, contribuyendo a aumentar considerablemente el crecimiento y longevidad de las raíces (Slankis, 1973 cit. por Ipinza y Serrano, 1982).

La relación entre hongos ectomicorrícicos y especies forestales, constituye una ventajosa oportunidad para implementar líneas de investigación y desarrollo innovativos, que conjuguen la restauración y enriquecimiento del bosque, mejorando el desempeño de las plantaciones, con la generación de productos intermedios de alto valor económico, ecológico y social, como son los hongos ectomicorrícicos comestibles. No obstante, su producción natural en el bosque es variable, de modo que el interés por obtener una producción alta y estable, ha motivado iniciativas para cultivarlos mediante el establecimiento de plantas inoculadas con cepas fúngicas adaptadas a condiciones medioambientales específicas (Chung, 2020).

Para determinar las condiciones ideales de desarrollo del hongo, se debe realizar investigación y desarrollar una estrategia de cultivo. Se requiere implementar un banco de cepas, elaborar material inoculante de las cepas seleccionadas del hongo, y posteriormente usarlo para su cultivo artificial. Al respecto, el Instituto Forestal ha recolectado, aislado y mantenido una gran cantidad de material fúngico, con el propósito de generar una masa crítica para elaborar productos que puedan generar diversos formatos de material inoculante para ser utilizado en la producción de hongos comestibles.

En este artículo, se entrega información respecto al comportamiento de *A. rubescens* frente a diferentes condiciones controladas de cultivo, buscando aportar conocimiento para optimizar el desarrollo de cultivos y masificación miceliar en laboratorio, para posteriormente proseguir con los trabajos de inoculación de plantas en vivero y su posterior instalación en campo. Bajo este contexto, se evalúa el desempeño en crecimiento radial, velocidad media de crecimiento y biomasa seca de 4 cepas de *A. rubescens*, cultivadas bajo condiciones controladas *in vitro* en 3 medios de cultivo (PDA, MMN y BAF) y 5 niveles de pH (4,8; 5,3; 5,8; 6,3 y 6,8).

MATERIAL Y MÉTODO

Para la realización de este estudio se utilizaron 4 cepas de *Amanita rubescens* procedentes del banco de cepas del Instituto Forestal de Chile (INFOR), previamente recolectadas en rodales de *Pinus radiata*, en 4 localidades de las regiones de Los Ríos y Los Lagos (**Cuadro 1**).

Los cultivos puros fueron obtenidos de acuerdo a la técnica descrita por Molina & Palmer (1982), a partir del sombrero de un esporocarpio joven, cultivado sobre medio MMN, bajo oscuridad y a una temperatura de 23°C.

Cuadro 1. Cepas de *Amanita rubescens* colectadas en bosques de *Pinus radiata*.

Cepa	Lugar de recolección	Coordenadas (UTM)	Tipo de Suelo	Altitud (msnm)	Exposición
IF1007002	Camino a Picoy (Los Lagos)	18G 0665208, 5520857	Limoso	95	Plano
IF1008002	Entrada Las Quemadas (Los Lagos)	18G 0658811, 5498166	Limoso	69	Plano
IF1405003	Camino a la Unión. Sector Los Ulmos (Los Ríos)	18G 0662659, 5559799	Limo arcilloso	299	Plano
IF1409001	Fundo Llancahue (Los Ríos)	18H 0659363, 5586242	Limo arcilloso	307	Sur-Este

En una etapa posterior, el material original aislado de cada cepa fue masificado en discos de Petri con medio BAF, a pH 5,5 e incubados a una temperatura de 23°C en oscuridad. Para ello, se extrajo del material original discos de 5 mm, los que fueron puestos en el centro de placas de Petri con 20 ml del medio de cultivo por 60 días, período en el cual se generó suficiente tejido micelial para ser utilizados en la instalación de este estudio.

Durante el estudio se evaluó el comportamiento de cada cepa en términos de su crecimiento radial (CR) en milímetros; velocidad media de crecimiento (VMC) en mm/día; y producción de biomasa seca (B) en mg, en tres medios de cultivo (PDA, MMN y BAF) con 5 niveles de pH (4,8; 5,3; 5,8; 6,3 y 6,8). La evaluación se efectuó en un ensayo con diseño completamente aleatorizado donde se probó 15 tratamientos de estructura factorial, correspondientes a las combinaciones de los 5 niveles de pH por los 3 medios de cultivo analizados. Cada tratamiento se repitió 5 veces y los resultados se evaluaron mediante análisis de varianza a nivel de cepa y de especie.

Para la instalación del ensayo, los medios de cultivos usados fueron: Extracto de papa dextrosa agar (PDA) (Difco, Becton Dickinson and Company, USA); Melin- Norkrans modificado (MMN) (Marx, 1969); y Biotina Aneurina Ácido Fólico (BAF) (Moser, 1960) (**Cuadro 2**). Los medios de cultivos se esterilizaron en autoclave a 121°C, y 1,2 atm de presión, por 30 minutos, ajustando previamente sus valores respectivos de pH con HCL o KOH 1N y con mediciones realizadas con un peachímetro marca Thermo Scientific Orion modelo Star A111. Finalizado el proceso de esterilización, estos fueron llevados a una cámara de flujo laminar marca Filtromet modelo H24302, de fabricación nacional, donde se vació con jeringa 20 ml de medio en los discos de Petri de 90 x 15 mm usados en el ensayo. Los discos con el medio de cultivo se enfriaron en ambiente estéril hasta su uso. El proceso de instalación de los ensayos se realizó con la ayuda de un sacabocado que permitió obtener segmentos circulares de 5 mm desde los discos conteniendo el material micelial madre. Cada segmento fue colocado en el centro de cada disco de Petri para cada uno de los tratamientos, procediendo luego a sellarlos con cintas de parafilm y posteriormente marcarlos con el nombre de la especie, código de cepa, número de repetición, medio de cultivo, nivel de pH y fecha de instalación. Una vez finalizada la operación de instalación de los ensayos en los discos con sus segmentos miceliales respectivos, estos se ubicaron en una cámara de crecimiento marca Forma Scientific modelo 3744, en oscuridad y a 23°C de temperatura.

Cuadro 2. Formulación de medios BAF, MMN y PDA utilizados para el montaje del ensayo.

Nutrientes	Composición de Medios de Cultivo		
	MMN	BAF	PDA
Carbohidratos	Extracto de levadura	0,2 g	
	Extracto de papa		4 g
	Extracto de Malta	2 g	
	Peptona		2 g
	D - Glucosa	10 g	30 g
Nutrientes minerales	(NH ₄) ₂ HPO ₄	0,25 g	
	FeCl ₃ • 6 H ₂ O		10 mg
	ZnSO ₄ • 7H ₂ O		1 mg
	MnSO ₄ • 4 H ₂ O		5 mg
	KH ₂ PO ₄	0,5 g	0,5 g
	MgSO ₄ • 7H ₂ O	0,15 g	0,5 g
	CaCl ₂	0,05 g	100 mg
	FeCl ₃	1,2 ml (sol. 1%)	
	NaCl	0,025 g	
	Vitaminas	Tiamina HCl	0,01 mg
Biotina			0,001 mg
Ácido Fólico			0,1 mg
Inositol			50 mg
Agua Destilada		1.000 ml	
pH		4,8; 5,3; 5,8; 6,3; 6,8	
Agar		18 g	

Para medir el crecimiento radial (CR) se usó un pie de metro digital marca Ubermann. Cada medición se realizó en 4 direcciones a partir del centro donde se ubicó el disco de micelio, registrándose el crecimiento de las cepas, en cada uno de los discos de cada tratamiento, cada 7 días por un lapso de 60 días. En cada medición de crecimiento radial se descontó el radio correspondiente al segmento de agar inicial utilizado para realizar la inoculación.

Para obtener los valores de biomasa seca (B) al final del período de evaluación, se procedió a extraer desde los discos de Petri, el micelio obtenido junto con el medio con agar. Para eliminar el agar se aplicó la metodología utilizada por [Santiago-Martínez et al. \(2003\)](#), consistente en extraerlo por calentamiento en baño maría, el posterior enjuague de la colonia con agua caliente, y finalmente el secado de la colonia en estufa a 60 °C, hasta peso constante. Luego se procedió a pesar cada muestra, descontando el peso del papel y el peso del material inicial utilizado como inóculo, obteniendo finalmente la biomasa seca producida en cada tratamiento (**Figura 2**).

Para determinar la velocidad media de crecimiento (VMC) de las cepas, los datos obtenidos de mediciones de crecimiento radial cada 7 días por 60 días, se ajustaron mediante una ecuación de regresión para calcular la pendiente de la curva de crecimiento y obtener el promedio de crecimiento del hongo por día ([Santiago- Martínez et al., 1995](#)).

El análisis de los datos se realizó mediante análisis de varianza (ANDEVA), utilizando el software estadístico INFOSTAT versión 2015p. La homogeneidad de varianza se evaluó mediante la prueba de Levene ($P \leq 0,05$). En tanto que el supuesto de normalidad de los residuos se evaluó a través de la prueba de Shapiro-Wilks ($P \leq 0,05$). Para detectar diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ([Montgomery, 1984](#)), con $P \leq 0,05$.



Figura 2. Confección de medios de cultivo (a); Ajuste de pH del medio de cultivo (b); Esterilización del medio (c); Esterilización del ambiente y discos de Petri dentro de Cámara de Flujo Laminar (d); Vaciado de medios a discos de Petri (e); Enfriado de medio de cultivo (f); utilización de sacabocado para obtención de inóculo estándar (g); instalación de inóculos en discos de Petri para cada medio y nivel de pH (h); ubicación de placas de Petri con ensayo en sala de crecimiento (i); medición del crecimiento en base al diámetro en dos ejes (j); separación de agar del micelio para determinar peso seco (k); pesaje de micelio en seco (l).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A Nivel de Cepas

Los resultados de los análisis de varianza para la cepa IF1007002, indican que las variables CR, VMC y B muestran diferencias significativas a muy significativas ($\alpha=0,05$; $0,01$) atribuibles al efecto de los factores medio de cultivo y pH. En la cepa IF1008002, se observó respuestas estadísticamente muy significativas para el efecto del medio de cultivo sobre las tres variables (CR, VMC y B) y respuestas significativas del efecto del pH sobre la VMC. En la cepa IF1405003, hubo un efecto muy significativo del factor pH sobre las variables CR y VMC, efecto muy significativo del medio de cultivo sobre B, y solo significativo sobre VMC y CR. Por último, la cepa IF 1409001 evidenció efectos muy significativos del medio de cultivo sobre las variables CR y VMC, sin embargo, no se detectó efecto del pH sobre ninguna de las tres variables evaluadas (**Cuadro 3**).

Cuadro 3. Significancia estadística del efecto de los factores medio de cultivo y pH sobre las variables respuesta crecimiento radial, velocidad media de crecimiento y producción de biomasa seca, para cuatro cepas de *Amanita rubescens*.

Cepa	Factor	Variables respuesta		
		Crecimiento radial	Velocidad media de crecimiento	Biomasa Seca
IF1007002	Medio	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**
	pH	0,0002**	0,0003**	0,0119*
	Medio x pH	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**
IF1008002	Medio	<0,0001**	<0,0001**	0,0003**
	pH	0,0761	0,0435*	0,7532
	Medio x pH	0,1099	0,1020	0,1239
IF1405003	Medio	0,0137*	0,0192*	0,0001**
	pH	<0,0001**	<0,0001**	0,4157
	Medio x pH	<0,0001**	<0,0001**	0,0286
IF1409001	Medio	<0,0001**	<0,0001**	0,7931
	pH	0,0398*	0,0334*	0,0126*
	Medio x pH	0,0133*	0,0077**	0,0001**

(*Efectos significativos $p\text{-value} \leq 0,05$; **muy significativos $p\text{-value} \leq 0,01$).

- *Crecimiento Radial (CR)*

De acuerdo al detalle del **Cuadro 4**, en la cepa IF1007002 se observa efecto de la interacción entre pH y medio de cultivo, con un crecimiento mayor en el medio BAF y pH 5,8 y significativamente diferente a lo obtenido a pH 4,8 para este mismo medio, como también por lo logrado en los otros medios. Los valores más bajos fueron obtenidos en el medio PDA a pH 6,8 y 6,3. En la cepa IF1008002 no se observó efecto de la interacción entre factores, tampoco influencia del pH, sólo al medio de cultivo afectó el comportamiento de esta variable, siendo el mayor crecimiento el obtenido en el medio MMN. En la cepa IF1405003 se produjo una interacción significativa entre pH y medio de cultivo, obteniéndose los valores más altos en el medio BAF a pH 5,3, en BAF y PDA a pH 5,8, y en MMN, a cualquier pH, excepto 5,3. Los valores más bajo se obtuvieron en medio BAF y PDA a pH 6,8. En la cepa IF1409001, se observaron efectos significativos dentro de las interacciones entre factores, logrando su mayor valor en el medio MMN a pH 6,3 diferenciándose de forma significativa respecto de lo obtenido en el medio BAF; en el medio PDA no hubo diferencias en los valores obtenidos a pH 5,3 y 5,8.

Observando los orígenes de cada cepa, los valores más altos se lograron en los medios MMN o BAF para las dos localidades analizadas. Por último, del rendimiento promedio total por cepa, se indica que la cepa IF1008002 se diferencia significativamente en relación a los montos totales obtenidos por las otras cepas (**Cuadro 4**).

Cuadro 4. Efecto del medio de cultivo y pH sobre el crecimiento radial (mm) en cuatro cepas de *Amanita rubescens*.

pH	Cepa IF1007002				Cepa IF1008002			
	Medio de Cultivo			Efecto pH	Medio de Cultivo			Efecto pH
	PDA	MMN	BAF		PDA	MMN	BAF	
4.8	13,95 ^d (1,41)	9,88 ^b (0,75)	14,79 ^d (0,98)	12,88 ^{ab} (2,43)	20,03 ^a (1,44)	27,37 ^a (3,19)	27,96 ^a (3,56)	25,12 ^a (4,59)
5.3	12,70 ^{cd} (1,62)	10,75 ^{bc} (0,98)	17,32 ^e (0,45)	13,59 ^b (3,04)	19,21 ^a (4,54)	24,91 ^a (1,69)	27,95 ^a (4,63)	24,02 ^a (5,19)
5.8	11,37 ^{bc} (1,35)	10,07 ^b (0,91)	19,19 ^e (0,55)	13,54 ^b (4,27)	18,07 ^a (6,26)	26,14 ^a (0,68)	25,38 ^a (5,70)	23,20 ^a (5,90)
6.3	5,96 ^a (0,96)	10,96 ^{bc} (0,56)	19,04 ^e (1,30)	11,98 ^a (5,65)	14,30 ^a (3,70)	27,39 ^a (2,16)	24,55 ^a (7,00)	22,08 ^a (7,29)
6.8	4,57 ^a (0,63)	14,41 ^d (0,97)	18,76 ^e (1,12)	12,58 ^{ab} (6,20)	14,48 ^a (5,12)	28,57 ^a (0,82)	19,67 ^a (5,99)	20,91 ^a (7,36)
Efecto Medio de cultivo	9,71^a (3,99)	11,21^b (1,85)	17,82^c (1,89)	12,91 (4,47)	17,22^a (4,79)	26,88^b (2,18)	25,10^b (5,90)	23,07 (6,18)

pH	Cepa IF1405003				Cepa IF1409001			
	Medio de Cultivo			Efecto pH	Medio de Cultivo			Efecto pH
	PDA	MMN	BAF		PDA	MMN	BAF	
4.8	11,70 ^{abc} (3,00)	12,27 ^{abcd} (1,51)	10,82 ^{ab} (1,21)	11,6 ^{ab} (2,01)	11,52 ^a (6,86)	16,49 ^{ab} (8,25)	9,83 ^a (0,72)	12,61 ^{ab} (6,45)
5.3	12,69 ^{abcd} (2,10)	10,39 ^{ab} (1,38)	16,78 ^d (3,80)	13,29 ^{bc} (3,66)	18,46 ^{ab} (2,60)	16,4 ^{ab} (7,79)	8,94 ^a (0,78)	14,6 ^{ab} (6,11)
5.8	11,45 ^{abc} (1,60)	14,33 ^{bcd} (2,03)	16,09 ^{cd} (1,69)	13,95 ^c (2,58)	13,98 ^{ab} (5,85)	24,54 ^b (8,88)	11,65 ^a (3,57)	16,73 ^b (8,35)
6.3	9,26 ^a (1,66)	12,20 ^{abcd} (2,35)	8,52 ^a (3,55)	9,99 ^a (2,95)	8,51 ^a (3,24)	25,04 ^b (0,70)	10,11 ^a (3,02)	14,55 ^{ab} (8,07)
6.8	8,02 ^a (1,23)	12,45 ^{abcd} (1,26)	7,95 ^a (0,68)	9,47 ^a (2,40)	7,49 ^a (2,61)	17,14 ^{ab} (5,49)	9,05 ^a (2,08)	11,23 ^a (5,56)
Efecto Medio de cultivo	10,62^a (2,54)	12,33^b (2,05)	12,03^{ab} (4,45)	11,66 (3,23)	11,99^a (5,82)	19,92^b (7,50)	9,92^a (2,35)	13,94 (7,06)

Promedio (desviación estándar)
 Promedios con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

- *Velocidad media de crecimiento (VMC)*

Para la velocidad media de crecimiento (**Cuadro 5**), en la cepa IF1007002, se observó montos mayores para el medio BAF a pH 5,3, 5,8, 6,3 y 6,8, los que no presentaron diferencias estadísticas entre ellos, pero si con las demás interacciones presentes, ya sea, dentro del mismo medio, como en los pertenecientes a los medios MMN y PDA. En la cepa IF1008002, hubo ausencia de interacciones entre factores, observándose efectos significativos del factor medio de cultivo para MMN y BAF, respecto al medio PDA; en cuanto al factor pH la menor velocidad de crecimiento se produjo a pH 4,8, diferenciándose significativamente de la obtenida en los restantes niveles de este factor. En la cepa IF1405003, se observó influencias de la interacción entre los factores sobre los resultados obtenidos, logrando los mayores montos en el medio BAF bajo niveles de pH de 5,3 y 5,8, los que no se diferenciaron de los conseguidos en el medio MMN (excepto para pH 5,3) y para el medio PDA a pH 5,3. En la cepa IF1409001 el medio MMN a pH 6,3 logró la mayor velocidad media de crecimiento, pero sin diferencias estadísticamente significativas dentro del mismo medio para las restantes interacciones con el nivel de pH, como tampoco para el valor obtenido en medio PDA y pH 5,3.

De acuerdo a los lugares de procedencia de cada cepa, los valores máximos se ubican ya sea en el medio MMN o BAF. La velocidad media de crecimiento de la cepa IF1008002, considerando todos los medios y niveles de pH, es significativamente mayor y casi duplica al de las 3 cepas restantes (**Cuadro 5**).

Cuadro 5. Efecto del medio de cultivo y pH sobre la velocidad media de crecimiento (mm/día) en cuatro cepas de *Amanita rubescens*.

Cepa IF1007002					Cepa IF1008002			
pH	Medio de Cultivo			Efecto	Medio de Cultivo			Efecto
	PDA	MMN	BAF	pH	PDA	MMN	BAF	pH
4.8	0,26 ^d (0,03)	0,19 ^b (0,01)	0,28 ^d (0,02)	0,24^{ab} (0,05)	0,38 ^a (0,03)	0,55 ^a (0,07)	0,53 ^a (0,08)	0,49^b (0,10)
5.3	0,24 ^{cd} (0,03)	0,20 ^b (0,02)	0,33 ^e (0,01)	0,26^b (0,06)	0,37 ^a (0,08)	0,50 ^a (0,04)	0,54 ^a (0,08)	0,47^{ab} (0,10)
5.8	0,21 ^{bc} (0,03)	0,19 ^b (0,02)	0,37 ^e (0,01)	0,26^b (0,08)	0,35 ^a (0,11)	0,51 ^a (0,02)	0,50 ^a (0,10)	0,46^{ab} (0,11)
6.3	0,11 ^a (0,01)	0,21 ^{bc} (0,01)	0,37 ^e (0,01)	0,23^a (0,11)	0,28 ^a (0,07)	0,53 ^a (0,05)	0,48 ^a (0,13)	0,43^{ab} (0,14)
6.8	0,08 ^a (0,01)	0,28 ^d (0,02)	0,36 ^e (0,02)	0,24^{ab} (0,12)	0,28 ^a (0,10)	0,56 ^a (0,02)	0,37 ^a (0,11)	0,41^a (0,15)
Efecto Medio de cultivo	0,18^a (0,08)	0,21^b (0,04)	0,34^c (0,04)	0,25 (0,09)	0,33^a (0,09)	0,53^b (0,05)	0,49^b (0,11)	0,45 (0,12)
Cepa IF1405003					Cepa IF1409001			
4.8	0,23 ^{abcde} (0,05)	0,24 ^{bcdef} (0,03)	0,20 ^{abcd} (0,03)	0,22^{bc} (0,04)	0,22 ^{ab} (0,13)	0,31 ^{abcd} (0,16)	0,18 ^{ab} (0,02)	0,24^{ab} (0,12)
5.3	0,25 ^{cdef} (0,05)	0,20 ^{abcd} (0,02)	0,32 ^f (0,06)	0,26^{cd} (0,07)	0,36 ^{bcd} (0,05)	0,31 ^{abcd} (0,15)	0,16 ^{ab} (0,01)	0,28^{ab} (0,12)
5.8	0,22 ^{abcde} (0,03)	0,28 ^{def} (0,04)	0,30 ^{ef} (0,04)	0,27^d (0,05)	0,27 ^{abc} (0,12)	0,47 ^{cd} (0,17)	0,22 ^{ab} (0,07)	0,32^b (0,16)
6.3	0,17 ^{abc} (0,03)	0,23 ^{abcdef} (0,03)	0,16 ^{abc} (0,07)	0,19^{ab} (0,06)	0,16 ^{ab} (0,06)	0,49 ^d (0,01)	0,18 ^{ab} (0,05)	0,28^{ab} (0,16)
6.8	0,15 ^{ab} (0,02)	0,24 ^{bcdef} (0,03)	0,15 ^a (0,02)	0,18^a (0,05)	0,14 ^a (0,05)	0,33 ^{abcd} (0,11)	0,16 ^{ab} (0,04)	0,21^a (0,11)
Efecto Medio de cultivo	0,21^a (0,05)	0,24^b (0,04)	0,23^{ab} (0,08)	0,22 (0,06)	0,23^a (0,11)	0,38^b (0,15)	0,18^a (0,05)	0,26 (0,14)

Promedio (desviación estándar)

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

- *Biomasa Seca (B)*

De acuerdo al detalle del **Cuadro 6**, la producción de biomasa seca en la cepa IF1007002 evidenció interacción entre los factores medio y pH, la mayor producción ocurrió en el medio BAF a pH 6,3 y PDA a pH 4,8, diferenciándose ambos respecto a la biomasa obtenida en los otros medios de cultivo. En la cepa IF1008002 no se observó interacciones entre factores, ni tampoco en el efecto medio del factor pH; en cambio el factor medio de cultivo si tuvo efecto significativo, siendo BAF superior a MMN y PDA en lo que respecta a producción de biomasa seca. En la cepa IF1405003, se verificó una interacción significativa entre pH y medio de cultivo, lográndose el máximo valor para el medio PDA a pH 5,3 y diferencias significativas con el medio MMN a pH 4,8 y 5,3. En la cepa IF1409001, hubo una interacción muy significativa; el máximo de biomasa seca se obtuvo para el medio PDA a pH 5,3, pero que no fue estadísticamente diferente a los valores obtenidos para el mismo medio a pH de 6,3 y 6,8, ni con los del medio MMN a pH 4,8 y 5,3 y BAF a pH 5,3.

El promedio general de producción de biomasa seca de la cepa IF1008002 fue significativamente superior a los obtenidos por las otras cepas. Las cepas procedentes de la región de Los Lagos generaron más biomasa en el medio BAF, en tanto que las cepas de la región de Los Ríos lo lograron en el medio PDA (**Cuadro 6**).

Cuadro 6. Efecto del medio de cultivo y pH sobre la producción de biomasa seca (mg) en cuatro cepas de *Amanita rubescens*.

Cepa IF1007002					Cepa IF1008002			
pH	Medio de Cultivo			Efecto	Medio de Cultivo			Efecto
	PDA	MMN	BAF	pH	PDA	MMN	BAF	pH
4.8	55,00 ^{de} (7,16)	23,46 ^a (1,45)	48,78 ^{cd} (3,64)	42,41 ^b (14,78)	91,38 ^a (17,36)	59,18 ^a (8,30)	99,20 ^a (34,58)	83,25 ^a (27,73)
5.3	44,76 ^{cd} (12,71)	23,60 ^a (1,62)	51,34 ^{de} (6,45)	39,9 ^{ab} (14,45)	92,12 ^a (27,92)	56,50 ^a (4,56)	118,52 ^a (38,28)	89,05 ^a (36,59)
5.8	42,60 ^{cd} (4,27)	24,76 ^a (4,64)	53,48 ^{de} (5,65)	40,28 ^{ab} (13,06)	78,02 ^a (37,71)	64,44 ^a (12,20)	111,98 ^a (50,92)	84,81 ^a (40,22)
6.3	20,64 ^a (1,66)	26,74 ^{ab} (4,54)	61,42 ^e (5,08)	36,27 ^a (18,96)	62,30 ^a (15,12)	65,74 ^a (11,22)	102,86 ^a (37,16)	76,97 ^a (29,28)
6.8	16,08 ^a (2,86)	37,72 ^{bc} (1,83)	54,96 ^{de} (7,70)	36,25 ^a (17,07)	69,68 ^a (28,29)	88,70 ^a (18,43)	74,16 ^a (35,30)	77,68 ^a (27,41)
Efecto Medio de cultivo	35,82^b (16,50)	27,26^a (6,19)	54,00^c (6,89)	39,02 (15,56)	78,7^a (27,07)	66,91^a (15,90)	101,44^b (39,35)	82,35 (32,09)
Cepa IF1405003					Cepa IF1409001			
4.8	55,80 ^{ab} (18,88)	29,24 ^a (8,72)	47,50 ^{ab} (8,62)	44,18 ^a (16,63)	45,74 ^{abc} (22,82)	31,82 ^{ab} (19,35)	37,64 ^{abc} (11,50)	38,4 ^{ab} (18,13)
5.3	61,92 ^b (13,31)	25,68 ^a (4,52)	46,97 ^{ab} (26,31)	44,86 ^a (22,16)	69,12 ^c (14,08)	31,12 ^{ab} (15,09)	32,36 ^{ab} (4,15)	44,2 ^{ab} (21,44)
5.8	54,74 ^{ab} (8,15)	30,02 ^{ab} (4,16)	44,46 ^{ab} (22,11)	43,07 ^a (16,54)	49,68 ^{abc} (19,13)	53,90 ^{abc} (17,37)	55,06 ^{bc} (22,01)	52,88 ^b (18,30)
6.3	43,14 ^{ab} (8,94)	35,76 ^{ab} (9,05)	37,42 ^{ab} (24,19)	38,77 ^a (14,97)	34,34 ^{ab} (12,01)	61,86 ^{bc} (1,97)	43,54 ^{abc} (13,03)	46,58 ^{ab} (15,20)
6.8	40,72 ^{ab} (11,30)	35,94 ^{ab} (10,29)	32,44 ^{ab} (11,52)	36,37 ^a (10,82)	21,48 ^a (5,65)	42,70 ^{abc} (12,59)	40,04 ^{abc} (10,24)	34,74 ^a (13,41)
Efecto Medio de cultivo	51,26^b (14,21)	31,33^a (8,17)	41,76^b (19,10)	41,45 (16,51)	44,07^a (21,77)	44,28^a (18,17)	41,73^a (14,54)	13,94 (7,06)

Promedio (desviación estándar)

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

- *Correlaciones*

La dependencia lineal entre las variables, expresada en el coeficiente de correlación de Pearson, indica que en la cepa IF1007002 se verifica una fuerte correlación (1,00) entre CR y VMC y una alta correlación entre CR y B (0,88), al igual que entre VMC y B (0,87). Por otro lado, para la cepa IF1008002, se obtuvo un índice entre CR y B de 0,56 y de 0,51 para las variables VMC y B, los que muestran una alta correlación, en tanto que para las variables CR y VMC fue de 0,99, valor que define de igual forma una fuerte correlación entre estas variables (Cuadro 7a). En tanto que, la cepa 1405003 presenta una correlación moderada entre CR y B (0,40), como también para VMC y B (0,40), pero una alta correlación entre CR y VMC de 0,99. Por su parte, la cepa IF1409001, presentó una altísima correlación entre CR y VMV (1,00) y una alta correlación de 0,73 entre CR y B, valor muy parecido a lo obtenido entre VMC y B con 0,72 (Cuadro 7b).

Cuadro 7. Matriz de correlación (Pearson) entre variables de crecimiento para cuatro cepas de *Amanita rubescens*. (a): Bajo la diagonal cepa IF1007002; sobre la diagonal cepa IF1008002; (b): Bajo la diagonal cepa IF1405003; sobre la diagonal cepa IF1409001

(a)				(b)			
	CR	VMC	B		CR	VMC	B
CR	1	0,99	0,56	CR	1	1	0,73
VMC	1	1	0,51	VMC	0,99	1	0,72
B	0,88	0,87	1	B	0,4	0,4	1

(CR: Crecimiento radial; VMC: velocidad media de crecimiento; B: Producción de biomasa seca).

A Nivel de Especie

Se evidencia un efecto muy significativo del factor medio de cultivo y de efectos significativos del factor pH y de la interacción medio de cultivo por pH sobre las tres variables evaluadas (**Cuadro 8**).

Cuadro 8. Significancia estadística del análisis de varianza (ANDEVA) para los valores medios obtenidos de las variables crecimiento radial, velocidad media de crecimiento y biomasa seca a nivel de la especie *Amanita rubescens*

Factor	Variables respuesta		
	Crecimiento radial	Velocidad media de crecimiento	Biomasa Seca
Medio	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**
pH	0,0440*	0,0421*	0,3229
Medio x pH	0,0248*	0,0280*	0,0016*

(*Efectos significativos $p\text{-value} \leq 0,05$; **muy significativos $p\text{-value} \leq 0,01$)

- *Crecimiento radial*

Los resultados indican un significativo efecto combinado de los factores evaluados. El mayor crecimiento radial se produjo en el medio MMN a pH 6,3 y 5,8, mientras que el crecimiento significativamente más bajo se obtuvo en medio PDA con pH 6,8 (**Cuadro 9**).

- *Velocidad Media de Crecimiento (VMC)*

Se observó un significativo efecto combinado de los factores evaluados sobre la velocidad media de crecimiento. Los valores más altos corresponden al medio MMN con pH 6,3 y 5,8, los que resultan similares a los obtenidos con diversas otras combinaciones de medios de cultivo y niveles de pH, y que se diferencian significativamente de las velocidades medias de crecimiento más bajas, obtenidas en medio PDA con pH 6,3 y 6,8 (**Cuadro 10**).

- *Biomasa (B)*

La producción de biomasa seca es significativamente más baja en el medio MMN, en tanto que el factor pH no evidencia efecto significativo sobre esta variable (**Cuadro 11**). El mayor valor de biomasa se obtuvo en medio PDA a pH 5,3 y en BAF a pH 5,8 y solo se diferenciaron significativamente de los valores obtenidos en el medio MMN a pH 4,8 y 5,3 y en el medio PDA a pH 6,8 (**Cuadro 11**).

- *Correlación entre variables*

En relación al coeficiente correlación de Pearson, entre pares de las variables evaluadas, fue en general alto (**Cuadro 12**).

Cuadro 9. Efecto del medio de cultivo y pH sobre el crecimiento radial (mm) en *Amanita rubescens*.

pH	Medio de Cultivo			Efecto pH
	PDA	MMN	BAF	
4.8	14,30 ^{abc} (5,02)	16,50 ^{bc} (8,02)	15,85 ^{bc} (7,64)	15,55 ^{ab} (6,96)
5.3	15,77 ^{bc} (4,15)	15,61 ^{abc} (7,09)	17,75 ^c (7,47)	16,38 ^{ab} (6,38)
5.8	13,72 ^{abc} (4,92)	18,77 ^c (8,12)	18,08 ^c (6,04)	16,86 ^b (6,77)
6.3	9,51 ^{ab} (3,94)	18,89 ^c (7,72)	15,55 ^{abc} (7,78)	14,65 ^{ab} (7,68)
6.8	8,64 ^a (4,60)	18,14 ^c (6,94)	13,86 ^{abc} (6,27)	13,55 ^a (7,09)
Efecto Medio de cultivo	12,39^a (5,26)	17,58^b (7,55)	16,22^b (7,11)	15,40 (7,05)

Promedio (desviación estándar)

Promedios con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Cuadro 10.** Efecto del medio de cultivo y pH sobre la velocidad media de crecimiento (mm/día) en *Amanita rubescens*.

pH	Medio de Cultivo			Efecto pH
	PDA	MMN	BAF	
4.8	0,27 ^{abc} (0,09)	0,32 ^c (0,17)	0,30 ^{abc} (0,15)	0,30 ^{ab} (0,14)
5.3	0,30 ^{bc} (0,08)	0,30 ^{bc} (0,15)	0,34 ^c (0,15)	0,32 ^{ab} (0,13)
5.8	0,27 ^{abc} (0,10)	0,36 ^c (0,16)	0,35 ^c (0,12)	0,33 ^b (0,13)
6.3	0,18 ^{ab} (0,08)	0,37 ^c (0,15)	0,30 ^{abc} (0,15)	0,28 ^{ab} (0,15)
6.8	0,16 ^a (0,09)	0,35 ^c (0,14)	0,26 ^{abc} (0,12)	0,26 ^a (0,14)
Efecto Medio de cultivo	0,24^a (0,10)	0,34^b (0,15)	0,31^b (0,14)	0,30 (0,14)

Promedio (desviación estándar)

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

Cuadro 11. Efecto del medio de cultivo y pH sobre la producción de biomasa seca (mg) en *Amanita rubescens*.

pH	Medio de Cultivo			Efecto pH
	PDA	MMN	BAF	
4.8	61,98 ^{ab} (24,05)	35,93 ^a (17,58)	58,28 ^{ab} (30,09)	52,06 ^a (26,69)
5.3	66,98 ^b (24,11)	34,23 ^a (15,47)	62,30 ^{ab} (40,34)	54,50 ^a (31,64)
5.8	56,26 ^{ab} (24,08)	43,28 ^{ab} (19,67)	66,25 ^b (38,84)	55,26 ^a (29,78)
6.3	40,11 ^{ab} (18,34)	47,53 ^{ab} (18,45)	61,31 ^{ab} (33,80)	49,65 ^a (25,78)
6.8	36,99 ^a (25,83)	51,27 ^{ab} (25,02)	50,53 ^{ab} (24,46)	46,26 ^a (25,55)
Efecto medio de cultivo	52,46^b (25,87)	42,44^a (20,21)	59,73^b (33,73)	51,55 (28,00)

Promedio (desviación estándar)

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

Cuadro 12. Matriz de correlación (Pearson) entre variables de crecimiento de *Amanita rubescens*.

	CR	VMC	B
CR	1	-	-
VMC	1	1	-
B	0,76	0,75	1

(CR: Crecimiento radial; VMC: velocidad media de crecimiento; B: Producción de biomasa seca)

DISCUSIÓN

Las cepas de *A. rubescens* evaluadas mostraron variaciones en las respuestas de las variables, CR, VMC y B frente a la acción de los factores analizados, medio de cultivo y nivel de pH. Por lo general, esta variación en el comportamiento de cepas de una misma especie ha sido observado en varias especies fúngicas. En este sentido, estudios realizados para evaluar las respuestas frente a la aplicación de diferentes factores ambientales, muestran grupos de cepas de una misma especie comportarse en forma diferente, debido principalmente a los diferentes requerimientos ambientales dados por la variabilidad genética que presentan dichos microorganismos y las condiciones de sitio donde se han desarrollado (Chung, 2021). Este aspecto es señalado también por Dahlberg & Stenlid (1995), quienes afirman que las variaciones pueden ocurrir entre poblaciones de hongos de una misma especie, incluso de una misma localidad.

Dentro de un ambiente determinado los hongos ectomicorrícicos se encuentran en constante interacción con diversos factores medio ambientales que pueden afectarlos. A nivel de cepa o ecotipo, estos poseen sus propias limitaciones frente a determinadas condiciones del medio (Sianard, et al., 2010). El estudio de los factores que inciden en la nutrición y crecimiento de los hongos (pH, medios de cultivos, temperatura, etc.) se hace necesario para conocer el comportamiento de los mismos, el que diferirá al interactuar con dichos factores (Honrubia et al., 1992; Vázquez- García et al., 2002). Este conocimiento específico para cada hongo y/o cepa en particular, permitirá reunir información con miras a una adecuada selección y

posterior perfeccionamiento de su manejo en laboratorio y vivero, aspectos que pueden ser claves para el éxito en su establecimiento en el campo.

En relación a los resultados logrados para las variables CR y VMC se observó tanto a nivel de especie como también a nivel de cepas y localidad de origen, respuestas que dieron como resultado rendimientos promedios mayores en los medios MMN y/o BAF, cuyos valores en la mayoría de los casos se produjeron por efecto de las interacciones entre los factores.

Para la variable CR, las cepas IF1007002 y IF1405003 presentaron los valores promedios más altos en medio BAF, alcanzando un máximo de $19,19 \pm 0,55$ mm a pH 5,8 y $16,78 \pm 3,80$ mm a pH 5,3, respectivamente. La cepa IF1008002 presentó valores más altos en los medios MMN y BAF con promedios de $26,88 \pm 2,18$ mm y $25,10 \pm 5,90$ mm, respectivamente. La cepa IF1409001, alcanzó los promedios mayores en medio MMN con máximo valor promedio de $25,04 \pm 0,70$ a pH 6,3. A nivel de especie, los medios MMN y BAF presentaron el mayor crecimiento radial con un máximo de $18,89 \pm 7,72$ mm bajo pH 6,3 y $18,08$ a pH 5,8.

Otras investigaciones utilizando un medio MMN modificado, lograron crecimientos en diámetro de 3,7 cm a los 56 días (Koide & Stevens, 1998). Santiago-Martínez (1992) utilizó los mismos medios que en este estudio para cultivar distintas especies de *Amanita*, obteniendo los mayores crecimientos en medio BAF con 22,3 mm a los 42 días. En *A. rubescens* Began (1988) obtuvo los mejores resultados en medio MMN sobre PDA, alcanzando los 27 mm a las 6 semanas. Hintikka & Niemi (1999), utilizando el medio MMN observaron un crecimiento radial de 26 mm a los 34 días, cifra muy cercana a lo obtenido por la cepa de mayor crecimiento en el presente estudio. A las 9 semanas de cultivo Ávila (1988) registró 8 mm de crecimiento en diámetro en medio PDA, mientras que a la semana 16 alcanzó los 25 mm.

En medio PDA se produce un descenso en el valor de CR y VMC a medida que se elevan los valores de pH. En estas variables no hubo incidencia de los factores medio de cultivo y nivel de pH por sí solos, produciéndose efectos significativos debido a las interacciones entre ambos factores. De lo señalado anteriormente, se exceptúa la cepa IF1008002 cuyo comportamiento no mostró diferencias estadísticamente significativas de los promedios logrados para los diferentes niveles de pH, ni por efecto de la interacción entre factores. Este comportamiento también fue apreciado por Vásquez-García *et al.* (2002) y Torres & Honrubia (1991), los cuales estudiando a *Amanita muscaria*, observaron un comportamiento similar al de la cepa señalada, como también a nivel de especie, indicando nula diferencia estadística entre promedios obtenidos a diferentes pH en rangos cercanos a los evaluados en este estudio.

La velocidad media de crecimiento en las IF1007002 y IF1405003 no sobrepasó los 0,28 mm/día en los diferentes niveles de pH. En cambio, para las cepas IF1008002 e IF1409001 hubo resultados mayores para el mismo medio de cultivo, con cifras de 0,56 mm/día a pH 6,8 y 0,49 mm/día a pH 6,3 a temperaturas de 23 °C, respectivamente. Por su parte, investigaciones realizadas por Santiago-Martínez (1992), en otras especies de *Amanita*, señalan valores medios para MMN de 0,17 mm/día en tanto que reporta también para el medio BAF valores entre 0,425 y 0,347 mm/día y PDA con cifras entre 0,146 y 0,328 mm/día. Estudios realizados con *A. muscaria* por Vásquez-García *et al.* (2002) indican una velocidad media de crecimiento, a los 30 días, en medio BAF con pH 5, de 0,41 mm/día.

A. rubescens mostró un buen desempeño para las variables CR y VMC en el medio MMN, sin embargo, para la producción de biomasa seca (B) este medio no resultó adecuado. Al respecto, Olaizola *et al.* (2023) explican que el crecimiento radial no es un buen indicador del desempeño para aquellas cepas que producen gran cantidad de micelio aéreo laxo, como fue el caso de *A. rubescens* en medio MMN en este estudio. En estos casos, los autores (*op. cit.*) indican que la cuantificación de la producción de biomasa es un indicador de respuesta mucho más adecuado para estimar el crecimiento. Santiago-Martínez *et al.* (1995) agregan que el mayor crecimiento en diámetro de una cepa bajo un cultivo *in vitro*, no siempre corresponden a la mayor producción de biomasa, aspecto que es de importancia debido al empleo frecuente de este parámetro como único elemento para evaluar el crecimiento de la cepa. Los distintos tipos de nutrientes y concentraciones podrían relacionarse con las diferentes estrategias de exploración del medio, siendo muy frecuente que la biomasa fúngica y el diámetro de crecimiento no se hallen directamente correlacionados, afectando la morfología de los hongos (Daza *et al.*, 2005). Koide & Stevens (1998)

sugieren que algunos hongos, entre ellos *A. rubescens*, modifican su forma de crecimiento según la concentración de nitrógeno, y que en bajas concentraciones de este elemento su crecimiento favorece la explotación de un gran volumen de sustrato para una superficie determinada. Dickie *et al.* (1998) confirman lo anterior, señalando que tales hongos alteran su comportamiento para mejorar el aprovechamiento de una fuente rica en N.

En este estudio la mejor producción de biomasa se obtuvo en los medios BAF y PDA, valores que fueron influenciados por efecto de interacciones con el pH, logrando los valores más altos a pH 5,8 y 5,3 respectivamente. Las dos cepas originarias de la región de Los Ríos presentaron preferencias por el medio PDA, donde ambas obtuvieron la mayor producción de biomasa a pH 5,3. Las cepas de Los Lagos, mostraron sus mayores rendimientos en el medio BAF, una de ellas (IF1007002) a pH 6,3, mientras que la otra (IF1008002) junto con mostrar un desempeño muy superior al de las restantes cepas, no evidenció variación significativa atribuida al pH. La ausencia de variación en la respuesta ante distintos niveles de pH también ha sido descrita para *Amanita muscaria* (Vásquez-García *et al.*, 2002). En este sentido, Hung & Trappe (1983) señalan que, en igualdad de condiciones, un aislado que crezca razonablemente bien en un amplio rango de valores de pH sería más apropiado para trabajos de masificación e inoculación en vivero, en comparación a otro que crezca bien solo en un rango restringido.

Experiencias con otras especies de *Amanita* (Santiago-Martínez, 1992), también consiguen sus mejores resultados en el medio BAF, con una producción de materia seca de (133,1 mg a los 42 días) muy superior a la lograda en los medios PDA y MMN (33,3 y 29,4 mg a los 42 días). En medio MMN modificado Koide & Stevens (1998) obtienen solo 4,5 mg de biomasa seca a los 56 días. Por otro lado, Olaizola *et al.* (2023) experimentando con *A. rubescens*, logran los mayores rendimientos en un medio MMN modificado, donde la producción de biomasa se incrementó en la medida que se elevaba el nivel de pH de 2,5 a 6,5, llegando a obtener un peso seco de 124,4 mg a los 56 días. Este último comportamiento es muy similar a lo observado en este estudio para la mayoría de las cepas; en cambio, el medio PDA tuvo un comportamiento contrario, con valores decrecientes al aumentar el pH; en el medio BAF el comportamiento fue variable para cada cepa.

Como lo indican Molina & Palmer (1982), el medio de cultivo más adecuado para un hongo ectomicorrícico es el que le suministra los mismos nutrientes que le brindaría su hospedante durante la simbiosis, lo que marcaría el éxito o fracaso en el cultivo de estas especies bajo condiciones controladas. Por lo tanto, es importante continuar con estudios que determinen condiciones óptimas de cultivo, relacionando parámetros como el pH, la temperatura y la composición del medio de crecimientos más adecuados para la especie y cepa de interés. Se debe tener en cuenta que los medios de cultivo son específicos para cada especie, muchos hongos ectomicorrícicos se pueden cultivar en medios de cultivo sintéticos y semisintéticos, pero sus tasas de crecimiento son extremadamente variables debido a los requerimientos propios de cada especie (Iotti *et al.*, 2012).

En cuanto a las correlaciones obtenidas, Olaiza *et al.* (2023), obtuvo una alta correlación entre el área final de la colonia y la biomasa seca con 0,917. Para este caso, transformando el CR en área, las cepas IF1007002, IF1008002 y IF1409001 mostraron también una alta correlación con 0,87, 0,56 y 0,66 entre el área calculada a partir del CR y B, mientras que la cepa IF1405003 presentó una moderada correlación con 0,40. En relación a los promedios a nivel de especie, estas mostraron una alta correlación de 0,75 entre las dos variables analizadas.

CONCLUSIONES

Se observó efectos diversos de los medios de cultivo y de los niveles de pH en cada cepa. Los medios MMN y BAF presentaron los mayores valores promedios para las variables CR y VMC, mientras que para la variable B los medios PDA y BAF presentaron los mayores rendimientos dependiendo de la cepa analizada y del grado de interacción con los valores de pH.

Las cepas procedentes de Los Ríos y de Los Lagos presentaron sus mayores valores de crecimiento radial y velocidad media de crecimiento en los medios MMN y BAF. Respecto a la producción de biomasa seca,

las cepas de Los Ríos presentaron los valores máximos en medio PDA, en tanto que las de Los Lagos lo hicieron en el medio BAF.

La cepa IF1008002, procedente de la zona precordillerana de Panguipulli en la región de Los Lagos, mostró un desempeño significativamente superior al de las cepas restantes, en las tres variables analizadas, logrando una producción de biomasa seca que casi duplica al de la cepa más cercana, y que adicionalmente no está influenciado por los niveles de pH. Ella constituye un material genético idóneo para futuros trabajos de masificación, micorrización de plantas y evaluación en ensayos de campo.

No existe una combinación específica de medio de cultivo y nivel de pH que sea inequívocamente la más eficaz para maximizar el crecimiento de una especie fúngica, demostrándose que existen comportamientos diferentes entre cepas al interior de una especie. Los efectos del medio de cultivo y nivel de pH sobre el crecimiento *in vitro* de *A. rubescens* deben interpretarse con precaución, ya que pueden verse afectados por una serie de otros factores dentro del experimento, entre ellos la duración de este, las fuentes de nitrógeno, la inclusión de sales de hierro antes o después del autoclavado del medio, y varios otros.

Esta investigación entrega resultados en un área en que existe poca información, particularmente para *A. rubescens*, por lo que servirá de insumo para futuros trabajos tendientes a optimizar su masificación micelial y facilitar la producción de material inoculante para plantas de forestales, principalmente pinos.

Teniendo cepas evaluadas bajo condiciones similares de cultivo, su selección final para ser utilizadas en actividades de micorrización de plantas dependerá finalmente en su desempeño en vivero, su comportamiento en campo y su interacción con otros organismos del suelo como son las comunidades bacterianas en los suelos forestales como componente crucial de la interacción tritrófica planta-hongo-bacteria (Bonfante & Anca, 2009).

REFERENCIAS

- Ávila, H. (1988). Aislamiento, caracterización y confirmación de micelios en cuatro especies de *Amanita* (*Agaricales*) de México. Tesis para optar al título de Biólogo. UNAM, Facultad de Ciencias (Biología). México. 180p.
- Began, T. (1988). The genus *Amanita* in Southern Illinois including cultural characters and a detailed study of volval anatomy in section *Lepidella*. Thesis for the Master of Arts. Department of Botany. Graduate school Southern Illinois University, Carbondale. V+127 pp.
- Blanco, A., Fajardo, J., Verde, A., Rodríguez, C. & Navarro, S. (2007). Amanitas de Albacete. Cuaderno de la Sociedad Micológica de Albacete n°5. Sociedad Micológica de Albacete (ed.) 22 p.
- Bonfante, P. & Anca, I. (2009). Plants, mycorrhizal fungi, and bacteria: a network of interactions. *Ann. Rev. Microbiol.*, N° 63. Pp: 363-383. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.091208.073504>
- Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T. & Malajczuk, N. (1996). Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. ACIAR Monograph 32. 374 + x p.
- Brundrett, M. & Cairney, J. (2002). Ectomycorrhizas in plant communities. In: Sivasithamparam, K., Dixon, K.W. & Barret, R.L. (Eds.). *Microorganisms in plant conservation and biodiversity*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. Pp: 105–150. https://doi.org/10.1007/0-306-48099-9_5
- Cai, Q., Codjia, J.E., Buyck, B., Cui, Y., Ryberg, M., Yorou, N. & Yang, Z. (2024). The evolution of ectomycorrhizal symbiosis and host-plant switches are the main drivers for diversification of *Amanitaceae* (*Agaricales*, *Basidiomycota*). *BMC Biology*, 22:230, 1-16. <https://doi.org/10.1186/s12915-024-02031-8>
- Chung, P. (2020). Captura, aislamiento y evaluación del crecimiento de material fúngico de la región de Ñuble para su incorporación al banco de hongos comestibles del Instituto Forestal. *Ciencia & Investigación Forestal*, 26(3): 65-92. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2020.538>
- Chung, P. (2021). Influencia de diferentes medios de cultivo y niveles de pH en el crecimiento *in vitro* de 6 cepas del género *Suillus*. *Ciencia & Investigación Forestal*, 27(3): 17–33. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2021.555>

- Cui, Y.Y., Cai, Q., Tang, L.P., Liu, J.W. & Yang, Z.L. (2018). La familia *Amanitaceae*: filogenia molecular, taxonomía de rango superior y las especies en China. *Fungal Divers.* 91, 5–230. <https://doi.org/10.1007/s11557-019-01506-1>
- Dahlberg, A. & Stenlid, J. (1995). Spatio-temporal patterns in ectomycorrhizal populations. *Canadian Journal of Botany*, N°73. Pp:1222-1230. <https://doi.org/10.1139/b95-382>
- Daza, A., Manjón, J., Aguilar, A., Bernedo, M., Camacho, M., Romero, L. & Santamaría, C. (2005). Crecimiento *in vitro* y capacidad micorrízica de varios aislamientos de *Lactarius deliciosus*. IV Congreso Forestal Español. Tomo 4. Pp: 182-188. Zaragoza, España.
- Demková, L., Šnirc, M., Jančo, I., Harangozo, L., Hauptvogel, M., Bobuřská, L., Kunca, V. *et al.* (2025). Blusher mushroom (*Amanita rubescens* Pers.): A Study of Mercury Content in Substrate and Mushroom Samples from Slovakia with Respect to Locality and Developmental Stages. *Biological trace element research*, 203(3): 1721–1733. <https://doi.org/10.1007/s12011-024-04280-8>
- Dickie, I., Koide, R. & Stevens, C. (1998). Tissue density and growth response of ectomycorrhizal fungi to nitrogen source and concentration. *Mycorrhiza*, 8:145-148. <https://doi.org/10.1007/s005720050227>
- Furci, G. (2018). Hongos de Chile. Guía de Campo. Volumen II. Fundación Fungi y Giuliana María Furci George-Nascimento. Chile. 313+ p.
- Garrido, N. & Bresinsky, A. (1985) *Amanita merxmulleri* (Agaricales), eine neue Art aus Nothofagus-Waldern Chiles. *Botanische Jahrbücher Systematik* 107: 521-540.
- Gestión Ambiental de Navarra (2011). Micología Forestal en Navarra. Proyecto MICOSYLVA. Gestión Ambiental de Navarra (edit.). MICOSYLVA – SUDOE Interreg IV B- Gestión Ambiental viveros y Repoblaciones de Navarra S.A.- Gobierno de Navarra, España 137 p.
- González, V., Arenal, F., Platas, G., Esteve-Raventos, F. & Pelaez, F. (2002). Molecular typing of Spanish species of *Amanita* by restriction analysis of ITS region of the DNA. *Mycol. Res.*, 106(8): 903–910. <https://doi.org/10.1017/S0953756202006305>
- Grünert, H., Grünert, R., VV.AA. (1984). Guías de Naturaleza Blume: Setas (t. original: "Pilze"). Barcelona: Blume. p. 22. ISBN 84-87535-11-9.
- Hintikka, V. & Niemi, K. (1990). Aseptic culture of slowly growing mycorrhizal *Russula* and *Cortinarius* specie. *Karstenia*, 39(2): 39-41. <https://doi.org/10.29203/ka.1999.336>
- Honrubia, M., Torres, P., Díaz, G. & Cano, A. (1992). Manual para micorrizar plantas en viveros forestales. Madrid. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Hung, L. & Trappe, J. (1983). Growth variation between and within species of ectomycorrhizal fungi in response to pH *in vitro*. *Mycologia*, N°75. Pp: 234-241. <https://doi.org/10.2307/3792807>
- Hutchison, L. & Piché, Y. (1995). Effects of exogenous glucosa on mycorrhizal colonization *in vitro* by early-stage and late-stage ectomycorrhizal fungi. *Can. J. Bot.* 73: 898-904. <https://doi.org/10.1139/b95-098>
- Iotti, M., Piattoni, F. & Zambonelli, A. (2012). Techniques for Host plant Inoculation with truffles and other edible ectomycorrhizal mushrooms. En: Zambonelli, A. & Bonito, G.M. (Eds.). *Edible Ectomycorrhizal Mushrooms, Soil Biology*, N°34. Springer-Verlag. Berlín Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33823-6_9
- Ipinza, R. & Serrano, M. (1982). Micorrización artificial sobre pino insigne en la Estación Experimental Pantanillo - Las Brisas (VII Región). *Ciencias Forestales* 2(2): 77-93.
- Jong, S.C. & Birmingham, J.M. (1992). Medicinal Benefits of the Mushroom *Ganoderma*. *Advances in Applied Microbiology*. vol.37, pp:101-134. [https://doi.org/10.1016/S0065-2164\(08\)70253-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2164(08)70253-3).
- Koide, R. & Stevens, C. (1998). Tissue density and growth response of ectomycorrhizal fungi to nitrogen source and concentration. *Mycorrhiza*. 8:145-148. <https://doi.org/10.1007/s005720050227>

- Lan, H., Gorfer, M., Otgonsuren, B. & Godbold, D.L. (2025).** Growth Characteristics and Freezing Tolerance of Ectomycorrhizal and Saprotrophic Fungi: Responses to Normal and Freezing Temperatures. *Forests*, 16(2), 191. <https://doi.org/10.3390/f16020191>
- Lorenzana-Fernández, A. (2008).** Caracterización de microhabitats de hongos comestibles ectomicorrízicos en bosques de pino, oyamel y encino en los parques nacionales Izta-Popo y Zoquiapan. Tesis para obtener al grado de Maestro de Ciencias. Colegio de Postgraduados. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Campus Montecillo, Postgrado de Edafología. México.
- Marx, D.H. (1969).** The influence of ectotrophic fungi on the resistance of pine roots to pathogenic infections. I. Antagonism of mycorrhizal fungi to root pathogenic fungi and soil bacteria. *Phytopathology*, N°59. Pp: 153-163. <https://doi.org/10.1094/Phyto-59-153>
- Molina, R. & Palmer, J. (1982).** Isolation, maintenance and pure culture manipulation of ectomycorrhizal fungi. En: Schenck, N.C. (Ed). *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*. American Phytopathological Soc. St. Paul.
- Montgomery, D. (1984).** *Design and Analysis of Experiments*. John Wiley & Sons. New York. 649 p.
- Moser, M. (1960).** Die Gattung Phlegmacium. *Die Pilze Mitteleuropas* 4. J. Bad Heilbrunn
- Odenthal, K., Seeger, R., Braatz, R., Petzinger, E., Moshaf, H. & Schmitz-Dräger, C. (1982).** Damage *in vitro* to various organs and tissues by rubescenslysin from the edible mushroom *Amanita rubescens*. *Toxicon*, 20(4): 765–781. [https://doi.org/10.1016/0041-0101\(82\)90124-6](https://doi.org/10.1016/0041-0101(82)90124-6)
- Olaiza, J., Santamaría, O. & Diez, J. (2023).** *In Vitro* growth on nine edible ectomycorrhizal fungi under a range of pH conditions. Technical Note. *Bioagro* 35(2): 159-166. <https://doi.org/10.51372/bioagro352.8>
- Quintero-Corrales, C.A., Vega, M., Ramírez-Terrazo, A., Águila, B. & Garibay-Orijel, R. (2024).** Downfall of an empire: Unmasking the hidden diversity and distribution of the *Amanita rubescens* species complex. *Mycologia*, 116(5): 642–649. <https://doi.org/10.1080/00275514.2024.2355276>
- Salazar V. (2016).** *Amanita diemii* Singer y *Amanita merxmellueri* Bresinsky & Garrido (*Agaricales, Basidiomycota*), las amanitas comestibles de Chile. *Boletín Micológico*, 31(1). <https://doi.org/10.22370/bolmicol.2016.31.1.420>
- Salazar, V. (2020).** *Guía de Campo. Hongos silvestres comestibles nativos de Chile*. ISBN: 978-956-404-532-0. Santiago, Chile. 111p.
- Sánchez, C. (2017).** Bioactives from Mushroom and Their Application. In: Puri, M. (Ed.). *Food Bioactives*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51639-4_2
- Santiago-Martínez, M. (1992).** Pruebas de Crecimiento, síntesis *in vitro* y caracterización de 10 cepas de hongos ectomicorrizógenos. Tesis, grado de Maestra en Ciencia (Biología), UNAM, Facultad de Ciencias, División de estudios de Posgrado. México. 127 p.
- Santiago-Martínez G., Estrada-Torres, A., Varela, L. & Herrera, T. (2003).** Crecimiento en siete medios nutritivos y síntesis *in vitro* de una cepa de *Laccaria bicolor*. *Agrociencia*, 37(6): 575 – 584
- Santiago-Martínez, G. & Galindo-Flores, G. (2003).** El manejo de los hongos ectomicorrizógenos en vivero y campo. En: Estrada-Torres, A. & Santiago-Martínez, M.G. (Eds.). *Avances en el estudio de la micorriza en el estado de Tlaxcala, México*. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala. Pp: 56–67.
- Santiago-Martínez, G., Varela, L., Estrada-Torres, A. & Cuaxilo, V. (1995).** Efecto de seis medios de cultivo sobre el crecimiento de tres cepas de *Pisolithus tinctorius*. *Revista Mexicana de Micología*, N°11. Pp: 57-68.
- Sianard, F., Pangou, S. & Mountanda, A. (2010).** Influencia del pH en el desarrollo *in vitro* de cinco especies de hongos ectomicorrízicos. *Centro Agrícola*, 37(1): 23-28
- Slankis, V. (1973).** Hormonal relationships in mycorrhizal development. En: Marks, G.C. & Kozlowski, T.T. *Ectomycorrhizae: Their Ecology and Physiology*. Academic Press. New York. Pp: 231-298.

- Torres, P. & Honrubia, M. (1991).** Dinámica de crecimiento y caracterización de algunos hongos ectomicorrícicos en cultivo. *Cryptogamie (Mycologie)*, 12: 183-192. <https://doi.org/10.5962/p.354333>
- Trappe, J. (1977).** Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. *Ann Rev Phytopathol.*, N°15. Pp: 203-222. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.15.090177.001223>
- Tulloss, R.E. (2005).** Amanita—distribution in the Americas with comparison to eastern and southern Asia and notes on spore character variation with latitude and ecology. *Mycotaxon* 93: 189-231. <https://doi.org/10.5962/p.414578>
- Valenzuela, E. (2003).** Hongos comestibles silvestres colectados en la X Región de Chile. *Boletín Micológico*, vol. 18. Pp:1-14. <https://doi.org/10.22370/bolmicol.2003.18.0.374>
- Valenzuela, E., Moreno, G., Garnica, S. & Ramirez, C. (1998).** Micosociología en bosques nativos de *Nothofagus* y plantaciones de *Pinus radiata* en la X Región de Chile: diversidad y rol ecológico. *Revista Chilena de Historia Natural* 71: 133-146.
- Valenzuela, E., Ramirez, C., Moreno, G., Polette, M., Garnica, S., Peredo, H. & Grinbergs, J. (1996).** Agaricales más comunes recolectados en el Campus Isla Teja de la Universidad Austral de Chile. *Bosque*, 17(1): 51-63. <https://doi.org/10.4206/bosque.1996.v17n1-07>
- Valenzuela, E., Moreno, G., Garnica, S., Godoy, R. & Ramirez, C. (1999).** Mycosociology in native forests of *Nothofagus* of the X region of Chile, diversity and ecological role. *Mycotaxon*, Vol. 73: 217-226. <https://doi.org/10.5962/p.415130>
- Van der Linde, S., Suz, L.M., Orme, C.D.L., Cox, F., Andreae, H., Asi, E., Atkinson, B. et al. (2018).** Environment and host as large-scale controls of ectomycorrhizal fungi. *Nature*, 558(7709): 243–248. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0189-9>
- Vázquez-García, A., Santiago-Martínez, G. & Estrada-Torres, A. (2002).** Influencia del pH en el crecimiento de quince cepas de hongos ectomicorrizógenos. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*, N°73. Pp: 1-15.
- Zhang, P., Tang, L.P., Cai, Q., & Xu, J.P. (2015).** A review on the diversity, phylogeography and population genetics of *Amanita* mushrooms. *Mycology*, 6(2): 86–93. <https://doi.org/10.1080/21501203.2015.1042536>
- Zhou, H., Guo, M., Zhuo, L., Yan, H., Sui, X., Gao, Y., & Hou, C. (2023).** Diversity and taxonomy of the genus *Amanita* (*Amanitaceae*, *Agaricales*) in the Yanshan Mountains, Northern China. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1226794. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1226794>



ARTÍCULO

Efecto del raleo en el crecimiento de bosques secundarios siempreverdes, dominados por *Eucryphia cordifolia* (Cav.) en los Andes, centro-sur de Chile.

Bastienne Schlegel Heldt^{1*}, Eduardo Molina Rademacher¹  & Sabine Müller-Using Wenzke¹ 

¹ Ing. Forestal, Dr. Ciencias Forestales, Instituto Forestal, sede Los Ríos. Valdivia, Chile. bschlegel@infor.cl

² Ing. Forestal, Mg. Manejo de Recursos Naturales. Instituto Forestal, sede Los Ríos. Valdivia, Chile. emolina@infor.cl

³ Ing. Forestal, Dr. Forest. Instituto Forestal, sede Los Ríos. Valdivia, Chile. smuller@infor.cl

* Autor para correspondencia

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2026.651>

Recibido: 02.01.2026; Aceptado 21.01.2026.

RESUMEN

El estudio evaluó el efecto del raleo de selección en bosques siempreverdes de segundo crecimiento dominados por *Eucryphia cordifolia* en dos sitios del centro-sur de Chile. El raleo incrementó el crecimiento a nivel de rodal y en especies de tolerancia media y tolerantes a la sombra, mientras que las intolerantes respondieron solo en un sitio. Contrariamente a lo esperado, *E. cordifolia* no mostró un aumento significativo en el crecimiento diamétrico en ninguno de los sitios; esta falta de respuesta se atribuye a su plasticidad ecofisiológica y arquitectónica, ya que individuos aclimatados a sombra presentan respuestas retardadas tras la apertura del dosel y priorizan la producción de brotes basales o epicórmicos para colonizar nuevos micrositios. En general, el estudio destaca que el raleo puede mejorar el crecimiento a nivel de rodal y a nivel de grupos funcionales en bosques mixtos de segundo crecimiento siempreverdes, pero las respuestas son específicas de cada especie. En el caso de *E. cordifolia*, las ganancias de crecimiento a corto plazo tras el raleo pueden ser limitadas, lo que pone de relieve la necesidad de estrategias de monitoreo a largo plazo y de manejo que tengan en cuenta la respuesta retardada en crecimiento de esta especie clave en el bosque siempreverde.

Palabras clave: Bosques mixtos siempreverdes, *Eucryphia cordifolia*, bosques secundarios, raleos.

SUMMARY

The study evaluated the effect of selective thinning in second-growth evergreen forests dominated by *Eucryphia cordifolia* at two sites in south-central Chile. Thinning increased growth at the stand level and in midtolerant and shade-tolerant species, while intolerant species responded only at one site. Contrary to expectations, *E. cordifolia* did not show a significant increase in diameter growth at either site; this lack of response is attributed to its ecophysiological and architectural plasticity, as shade-acclimated individuals show delayed responses after canopy opening and prioritize the production of basal or epicormic shoots to colonize new microsites. Overall, the study highlights that thinning can improve growth at the stand level and at the functional group level in mixed evergreen secondary forests, but responses are species-specific. In the case of *E. cordifolia*, short-term growth gains after thinning may be limited, highlighting the need for long-term monitoring and management strategies that take into account the delayed growth response of this key species in the evergreen forest.

Key words: Mixed evergreen forests, *Eucryphia cordifolia*, second-growth forests, thinnings.

INTRODUCCIÓN

La dinámica de los bosques del centro-sur de Chile está fuertemente determinada por perturbaciones naturales, tales como deslizamientos de tierra, caídas masivas de árboles asociadas a tormentas de viento y erupciones volcánicas, las cuales promueven la sucesión forestal mediante la regeneración de nuevas

cohortes (Veblen & Ashton, 1978; Veblen *et al.*, 1996). En contraste, en altitudes más bajas y en sitios de mayor accesibilidad, las perturbaciones antropogénicas —principalmente la tala intensiva y el uso del fuego para habilitar terrenos agrícolas, seguido de su abandono— han generado extensas superficies de bosques secundarios o de segundo crecimiento (Donoso *et al.*, 1998; Lara *et al.*, 2002; Echeverría *et al.*, 2006; Echeverría *et al.*, 2008; Altamirano & Lara, 2010).

Dependiendo de las condiciones del sitio, estos bosques pueden estar dominados por especies del género *Nothofagus* (*Nothofagus obliqua*, *N. alpina* y *N. dombeyi*) o conformar bosques secundarios siempreverdes de composición mixta, conocidos como bosques templados lluviosos valdivianos (sensu Veblen & Alaback, 1995). Estos últimos están dominados por especies de tolerancia media a la sombra, como *Eucryphia cordifolia*, *Drimys winteri*, *Laurelia sempervirens* y *Gevuina avellana*, así como por especies tolerantes a la sombra, entre las que destacan *Laureliopsis philippiana*, *Persea lingue*, *Aextoxicon punctatum* y diversas especies de la familia *Myrtaceae*. En algunos casos, estos rodales incluyen individuos de especies intolerantes a la sombra, tales como *Weinmannia trichosperma*, *Nothofagus dombeyi* y *Nothofagus obliqua* (Donoso, 2006).

La alta diversidad de especies, con distintos niveles de tolerancia a la sombra, patrones de crecimiento y estrategias regenerativas, ha dificultado históricamente el desarrollo de esquemas de manejo sostenible en estos bosques. Adicionalmente, estos ecosistemas han sido objeto de tala ilegal, principalmente para la producción de leña (Donoso *et al.*, 1998; Lara *et al.*, 2013; Donoso & Promis, 2013), así como de pastoreo de ganado (Bahamonde *et al.*, 2011; Echeverría *et al.*, 2014; Zamorano-Elgueta *et al.*, 2014). No obstante, la presencia de especies latifoliadas de alto valor maderero (Loguercio *et al.*, 2018; Donoso *et al.*, 2022; Donoso & Navarro, 2022) representa un recurso con un importante potencial de manejo silvícola.

La mayoría de estas especies perennes se regeneran principalmente en claros o bajo regímenes de regeneración continua, un comportamiento típico de especies de tolerancia media o tolerantes a la sombra (Donoso & Navarro, 2022). Sin embargo, algunas especies, en particular *Eucryphia cordifolia*, presentan una elevada capacidad de regeneración vegetativa mediante brotes de tocones o raíces, lo que les permite ocupar rápidamente el sitio después de perturbaciones como la tala o los incendios (Escobar *et al.*, 2006; Escandón *et al.*, 2013; González *et al.*, 2015). Esta estrategia, combinada con una alta producción de semillas, explica su notable capacidad de colonización tras disturbios en los bosques siempreverdes secundarios (Escandón *et al.*, 2013; González *et al.*, 2015).

Las prácticas silvícolas modernas se fundamentan en la dinámica natural de los bosques, buscando emular las condiciones ambientales que favorecen la regeneración y el desarrollo de las especies objetivo. Dado que la disponibilidad de luz es un factor clave que condiciona el crecimiento y el éxito regenerativo, las especies con distintos niveles de tolerancia a la sombra requieren enfoques silvícolas diferenciados. En general, cuanto mayor es la tolerancia a la sombra de una especie, mayor es la densidad de dosel que puede soportar, mientras que las especies más exigentes en luz requieren aperturas de dosel más amplias para regenerar y crecer adecuadamente.

La mayoría de los estudios sobre crecimiento y respuesta a intervenciones silvícolas en bosques siempreverdes secundarios se ha concentrado en rodales dominados por *Drimys winteri* (Navarro *et al.*, 1997; Navarro *et al.*, 1999; Reyes *et al.*, 2009; Navarro *et al.*, 2010; Navarro *et al.*, 2011). En contraste, existe escasa información sobre bosques siempreverdes mixtos (Donoso & Navarro, 2022), y particularmente sobre bosques secundarios dominados por *E. cordifolia*.

En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta en crecimiento de los árboles luego de la aplicación de un raleo de selección en bosques siempreverdes secundarios dominados por *E. cordifolia*. Se plantea como hipótesis que el raleo, como parte de un sistema silvícola, produce cambios significativos en las tasas de crecimiento individual, especialmente en las especies de tolerancia media, como *E. cordifolia*.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de Estudio

Este estudio abarca dos rodales manejados mediante raleos de selección. En este contexto, se identificaron los árboles futuros y se eliminaron entre dos o tres individuos competidores. Adicionalmente, se talaron algunos individuos de mala forma. En 2015 se estableció un sitio de estudio en Millahue, cerca de Panguipulli ($39^{\circ}51'11,63''S$ $73^{\circ}8'4,46''O$), en la precordillera de los Andes, entre 200 y 250 msnm (**Figura 1**). La zona tiene un clima templado lluvioso con precipitación media anual de 2.500 mm. La temperatura media anual es de 9,5 °C, con temperaturas medias máximas (enero) de 23,6 °C y temperaturas medias mínimas (junio) de 1,2 °C (**AGROMET, 2018**). El suelo corresponde al tipo misceláneo, que se caracteriza por pendientes pronunciadas y es susceptible a la erosión (**CIREN, 2003**). El otro sitio de estudio se estableció el año 2017, en Purulón ($39^{\circ}51'11,63''S$ $73^{\circ}8'4,46''O$) en 2017, en el valle central, a 231 msnm (**Figura 1**). La zona tiene un clima templado lluvioso, con una precipitación media anual de 1.800 mm y temperaturas medias anuales entre 10 y 12 °C (**INIA, 1989**). El suelo corresponde a la familia fina y métrica de los ultisoles, que son suelos sin amortiguación y con bajos niveles de nutrientes (**CIREN, 2003**).

Ambos sitios de estudio se volvieron a medir el año 2022, es decir, en Millahue después de 7 años y en Purulón después de 5 años desde la intervención.

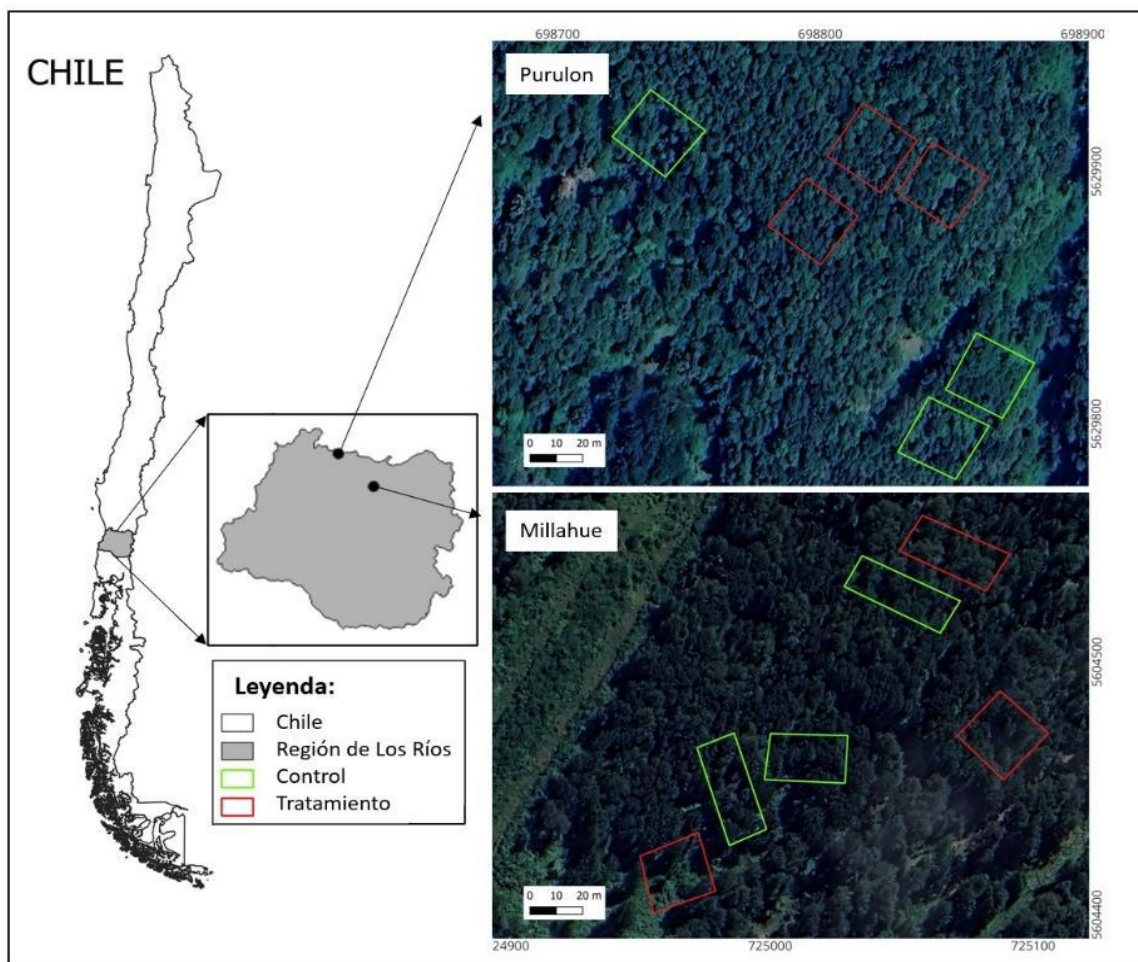


Figura 1. Sitios y parcelas de estudio: Purulón (panel superior) y Millahue (panel inferior).

Diseño Experimental y Muestreo

En Millahue, durante 2015, se instalaron 6 parcelas de 625 m² cada una, de las cuales 3 fueron sometidas a raleo y 3 se establecieron como control. La densidad media inicial del rodal era de 1.421 árboles/ha, el área basal (AB) era de 56,6 m²/ha y el diámetro medio cuadrático (DMC) de 22,4 cm. Esta elevada AB se debe a la presencia de algunos árboles de grandes dimensiones de *N. obliqua* (DMC de 39,8 cm), que forman parte del dosel emergente. Por lo tanto, el AB y el DMC en Millahue sin *N. obliqua* fue de 49,3 m²/ha y 21,3 cm, respectivamente. En Purulón, en el año 2017 se instalaron 6 parcelas de 625 m² bajo el mismo esquema; 3 parcelas fueron raleadas y 3 parcelas se establecieron como control. La densidad inicial era de 2.677 árboles/ha, el AB de 52,1 m²/ha y el DMC de 17 cm. Se remidieron las parcelas en el año 2022 para evaluar la respuesta en crecimiento de las diferentes especies con y sin raleo (control).

Análisis Estadístico

Las diferencias en el crecimiento entre raleo y el control, se analizaron mediante la prueba t de Student, por el total, por grupos funcionales y por especie (**Cuadro 1**). Cuando los datos de incremento periódico anual (IPA) no cumplían los supuestos de normalidad de las distribuciones de error (prueba de Lilliefors) y homocedasticidad de la varianza (prueba de Levene), se compararon sus distribuciones con la prueba de Bootstrap, que no se basa en distribuciones teóricas (Diaconis & Efron, 1983). En todos los casos, las diferencias entre tratamientos se consideraron significativas cuando el valor de probabilidad fue < 0,05.

En Millahue se encuentran especies intolerantes a la sombra y de larga vida, representadas por grandes individuos de *Nothofagus obliqua* y unos pocos individuos de *Weinmannia trichosperma* (**Cuadro 1 y 2**). Por otro lado, en Purulón solo se presentan especies intolerantes a la sombra de vida corta (Donoso *et al.*, 2019), como *Lomatia hirsuta* y *Embothrium coccineum* (**Cuadro 1 y 2**).

Cuadro 1. Grupos funcionales de acuerdo a tolerancia a la sombra (sombra tolerancia), longevidad y ocupación en el dosel de las especies presentes en el área de estudio.

Especie	Familia	Grupo funcional Longevidad/sombra tolerancia
<i>Nothofagus obliqua</i> (No)	Nothofagaceae	Intolerante-LV
<i>Weinmannia trichosperma</i> (Wt)	Cunoniaceae	Intolerante-LV
<i>Lomatia hirsuta</i> (Lh)	Proteaceae	Intolerante-CV
<i>Embothrium coccineum</i> (Emc)	Proteaceae	Intolerante-CV
<i>Aristotelia chilensis</i> (Ac)	Elaeocarpaceae	Intolerante-CV
<i>Caldcluvia paniculata</i> (Cp)	Cunoniaceae	Intolerante-CV
<i>Maytenus boaria</i> (Mb)	Celastraceae	Intolerante-CV
<i>Eucryphia cordifolia</i> (Ec)	Cunoniaceae	Tolerancia media-LV
<i>Gevuina avellana</i> (Ga)	Proteaceae	Tolerancia media-LV
<i>Laurelia sempervirens</i> (Ls)	Atherospermataceae	Tolerancia media-LV
<i>Drimys winteri</i> (Dw)	Winteraceae	Tolerancia media-LV
<i>Laureliopsis philippiana</i> (Lp)	Atherospermataceae	Tolerante-DS-LV
<i>Aextoxicon punctatum</i> (Ap)	Aextoxicaceae	Tolerante-DS-LV
<i>Persea lingue</i> (Pl)	Lauraceae	Tolerante-DS-LV
<i>Dasyphyllum diacanthoides</i> (Dd)	Asteraceae	Tolerante-DS-LV
<i>Amomyrtus luma</i> (Al)	Myrtaceae	Tolerante-DS-LV
<i>Luma apiculata</i> (La)	Myrtaceae	Tolerante-DI-LV
<i>Lomatia ferruginea</i> (Lf)	Proteaceae	Tolerante-DI-CV
<i>Rhaphithamnus spinosus</i> (Rs)	Verbenaceae	Tolerante-DI-CV

(Fuente: Donoso, 2006).

LV: Larga vida; CV: Corta vida; DS: Dosel superior; DI: Dosel inferior

Cuadro 2: Media para diferentes variables estructurales por especie y sitio.

Sitio	Especies	N (árb/ha)	AB (m ² /ha)	DMC (cm)	VI (%)
Millahue	<i>Eucryphia cordifolia</i>	432	23,8	26,5	72,0
	<i>Gevuina avellana</i>	176	4,7	18,5	20,5
	<i>Laurelia sempervirens</i>	186	5,5	19,4	22,5
	<i>Laureliopsis philippiana</i>	364	12,2	20,6	46,7
	<i>Aextoxicon punctatum</i>	145	1,5	11,6	12,8
	<i>Nothofagus obliqua</i>	47	7,3	44,3	16,2
	Otras	93	1,6	14,8	9,3
	Total	1.442	56,6	22,6	
Purulón	<i>Eucryphia cordifolia</i>	872	15,3	14,9	74,7
	<i>Gevuina avellana</i>	211	2,8	12,9	15,9
	<i>Laurelia sempervirens</i>	37	0,6	14,1	3,0
	<i>Persea lingue</i>	509	15,3	19,6	58,2
	<i>Lomatia hirsuta</i>	408	8,9	16,6	38,8
	Otras	160	0,9	8,5	9,3
	Total	2.197	43,7	15,9	

DMC: diámetro medio cuadrático o el diámetro del árbol con área basal media;

VI: valor de importancia (densidad relativa + área basal relativa/2) (Cottam & Curtis, 1956).

RESULTADOS

Características del Rodal

En Millahue, las especies dominantes son de tolerancia media, con un 61 % del área basal, y las tolerantes a la sombra-DS, con un 24 % del área basal. Las especies Intolerantes-LV representan el 13 % del área basal y están compuestas por individuos de *N. obliqua* en el dosel emergente (**Cuadro 1 y 2**). Al igual que en Millahue, en Purulón las especies dominantes son las de tolerancia media, con un 50 % del área basal, y las tolerantes-DS, con un 30 % del área basal. Pero, las especies intolerantes son de corta vida (intolerantes-CV) como *Lomatia hirsuta*, *Embothrium coccineum*, *Aristotelia chilensis*, etc., las cuales representan el 20 % del área basal (**Cuadro 1 y 2**).

La extracción media en Millahue fue del 43,8 % y del 23,9 % del número de árboles y del área basal, respectivamente, con una gran variación entre parcelas. En Purulón, la extracción media fue del 41,7 % de la densidad de árboles y del 31,6 % del área basal (**Cuadro 3**).

Cuadro 3: Media y (error estándar) para el número de árboles, el área basal y el DMC antes y después del tratamiento en Millahue y Purulón.

Tratamiento		Sitios			
		Millahue		Purulón	
		Raleado	Control	Raleado	Control
Antes raleo	N (árb/ha)	1.435 (±64)	1.407 (±248)	2.683 (±149)	2.672 (±280)
	AB (m ² /ha)	52,8 (±2,2)	60,4 (±9,3)	53,7 (±3,3)	50,4 (±3,2)
	DMC (cm)	21,7 (±0,8)	23,6 (±1,0)	16 (±0,9)	15,6 (±0,6)
Después raleo	N (árb/ha)	814 (±173)	1.407 (±248)	1.563 (±135)	2.672 (±280)
	AB (m ² /ha)	39,9 (±3,3)	60,4 (±9,3)	36,7 (±3,2)	50,4 (±3,2)
	DMC (cm)	25,6 (±2,0)	23,6 (±1,0)	17,4 (±1,1)	15,6 (±0,6)
% cortado	N (árb/ha)	43,7 (±10,2)		41,7 (±2,9)	
	AB (m ² /ha)	23,8 (±8,5)		31,6 (±2,3)	

Respuesta en Crecimiento

Al analizar el incremento periódico anual total, se encontró que en ambos sitios hay evidencia estadísticamente significativa ($P < 0,05$) de que el raleo aumenta el crecimiento (**Figura 2**).

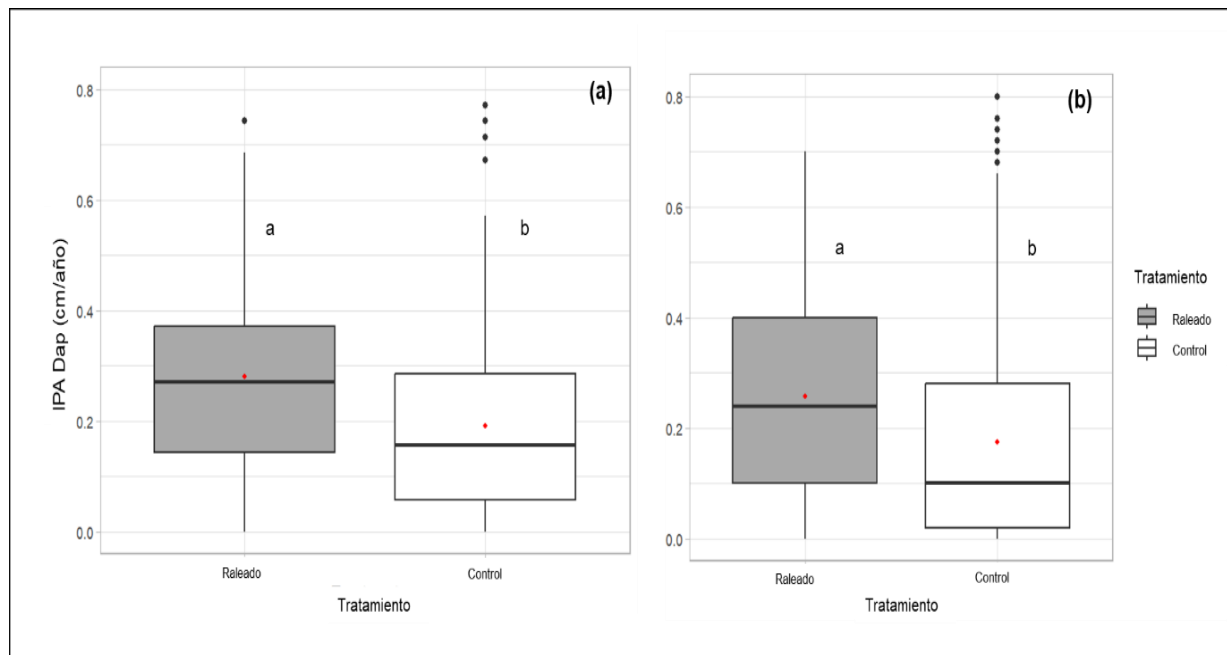


Figura 2: Incremento periódico anual (IPA, cm) total del diámetro en Millahue (a) y Purulón (b).

Al analizar las especies por grupos funcionales (**Cuadro 1**), las de tolerancia media y tolerantes-DS en Millahue mostraron incrementos significativamente mayores en las parcelas raleadas que en el control. Aunque el IPA en DAP de las especies intolerantes-LV en Millahue fue considerablemente mayor en las parcelas raleadas (0,47 frente a 0,26 cm del control), no hubo diferencias significativas (**Figura 3**). En Purulón, las especies intolerantes-CV, de tolerancia media y tolerantes-DS mostraron incrementos significativamente mayores en las parcelas raleadas (**Figura 3**).

La mayoría de las especies mostraron incrementos significativamente mayores en las parcelas raleadas. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en el IPA de *N. obliqua* (Millahue), *E. cordifolia* (Millahue y Purulón) y *L. sempervirens* (Purulón) entre las parcelas raleadas y las parcelas control (**Cuadro 4**).

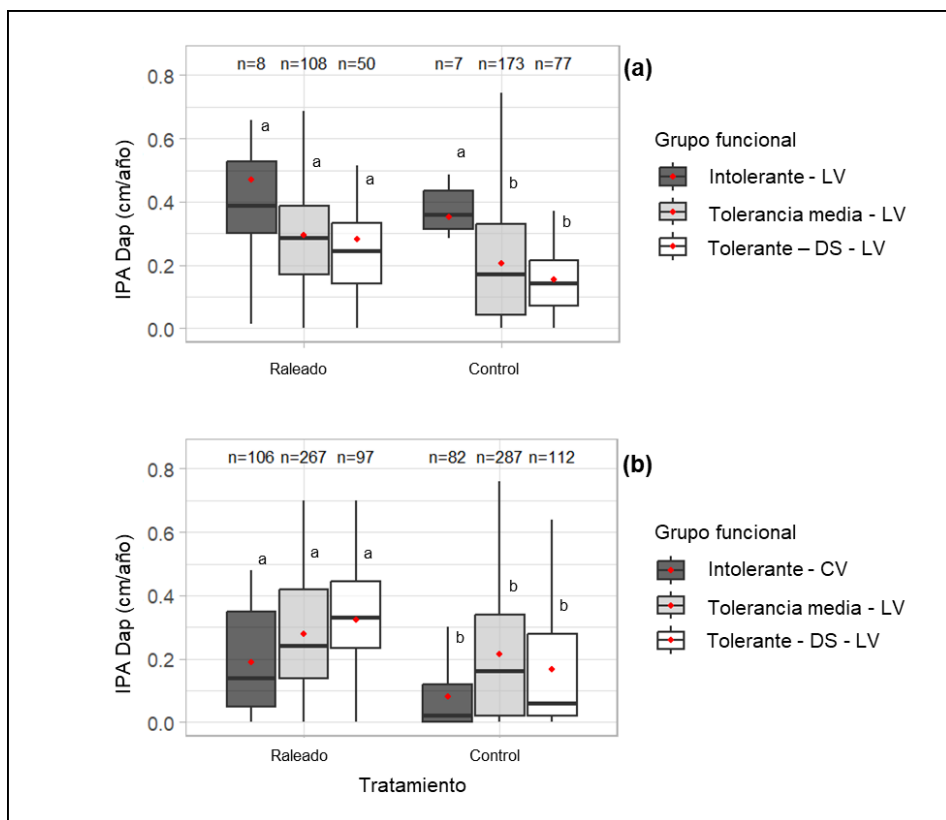


Figura 3. IPA (cm) del diámetro por grupo funcional de especies en Millahue (a) y Purulón (b). Letras diferentes dentro de cada panel para cada grupo funcional indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$).

Cuadro 4. Incremento Periódico Anual (\pm error estándar) para las principales especies presentes en Millahue y Purulón.

Tolerancia a la sombra	Especies	Millahue				Purulón			
		Raleado		Control		Raleado		Control	
		n	IPA (cm)	n	IPA (cm)	n	IPA (cm)	n	IPA (cm)
Intolerantes	<i>N. obliqua</i>	8	0,47(\pm 0,11)a	7	0,35(\pm 0,05)a	-	-	-	-
	<i>L. hirsuta</i>	-	-	-	-	103	0,20(\pm 0,02)a	75	0,08(\pm 0,01)b
Tolerancia media	<i>E. cordifolia</i>	70	0,31(\pm 0,02)a	73	0,34(\pm 0,02)a	219	0,31(\pm 0,01)a	172	0,32(\pm 0,02)a
	<i>G. avellana</i>	25	0,31(\pm 0,04)a	39	0,09(\pm 0,02)b	40	0,13(\pm 0,02)a	110	0,07(\pm 0,01)b
	<i>L. sempervirens</i>	11	0,24(\pm 0,04)a	57	0,13(\pm 0,02)b	8	0,25(\pm 0,08)a	15	0,19(\pm 0,05)a
	<i>L. philippiana</i>	36	0,27(\pm 0,04) a	55	0,17(\pm 0,01) b	-	-	-	-
Tolerantes	<i>A. punctatum</i>	14	0,30(\pm 0,04) a	22	0,12(\pm 0,02) b	-	-	-	-
	<i>P. lingue</i>	-	-	-	-	96	0,32(\pm 0,02)a	108	0,17(\pm 0,02)b

Letras diferentes cada sitio de estudio, indican diferencias estadísticas significativas entre las parcelas raleadas y las de control (p -value $> 0,05$).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio muestran que el raleo de selección incrementa significativamente el crecimiento diamétrico a nivel de rodal en bosques siempreverdes secundarios, tanto en Millahue como en Purulón, confirmando que la reducción de la competencia por recursos —particularmente luz— constituye una herramienta eficaz para acelerar el crecimiento individual en este tipo de formaciones forestales. Este patrón concuerda con lo reportado previamente para bosques siempreverdes secundarios del sur de Chile,

donde intervenciones silvícolas orientadas a disminuir la densidad del rodal han mostrado efectos positivos sobre el crecimiento (Navarro *et al.*, 1997; Reyes *et al.*, 2009; Navarro *et al.*, 2011).

Sin embargo, la magnitud y significancia de la respuesta al raleo varió entre grupos funcionales y especies, lo que refleja la heterogeneidad estructural y funcional característica de estos bosques. En ambos sitios, las especies de tolerancia media y las especies tolerantes a la sombra del dosel superior mostraron incrementos significativamente mayores en las parcelas raleadas, lo que sugiere que estas especies responden favorablemente a aumentos moderados en la disponibilidad de luz, sin requerir aperturas intensas del dosel. Este resultado es consistente con su estrategia ecológica, caracterizada por una alta plasticidad en el uso de recursos y una capacidad de crecimiento sostenido bajo condiciones de luz intermedia.

Sin embargo, los resultados no confirmaron la hipótesis planteada, que el raleo aumentaría el crecimiento de los individuos de *E. cordifolia*. A pesar de la reducción de la competencia y el aumento de la disponibilidad de luz tras el raleo en ambos sitios, *E. cordifolia* no mostró una respuesta en crecimiento. Este patrón sugiere que, en las condiciones evaluadas, el crecimiento diamétrico de *E. cordifolia* no estaría fuertemente limitado por la competencia, o bien que la intensidad del raleo aplicado no fue suficiente para generar un umbral de liberación capaz de traducirse en un aumento significativo del crecimiento individual. Alternativamente, es posible que la respuesta de esta especie al raleo se manifieste en escalas temporales más largas, o a través de otros atributos no evaluados en este estudio, como el crecimiento en altura, la expansión de copa o la regeneración.

La elevada capacidad de regeneración vegetativa y sexual de *E. cordifolia*, ampliamente documentada en la literatura (Escandón *et al.*, 2013; González *et al.*, 2015), podría explicar su alto valor de importancia y su dominancia estructural independientemente de las intervenciones silvícolas. En este sentido, el raleo de selección podría desempeñar un rol más relevante en la regulación de la composición del rodal y en la promoción de especies acompañantes de alto valor maderero, como *Gevuina avellana*, *Laurelia sempervirens*, *Laureliopsis philippiana* y *Persea lingue*, las cuales sí mostraron respuestas positivas claras al tratamiento.

En bosques secundarios dominados por *E. cordifolia* se han registrado tasas medias anuales de crecimiento en diámetro de 0,6 cm/año, con un rango de 0,25 a 0,78 cm/año (Navarro *et al.*, 2017). Según CONAF-UACH (2002), el raleo mecánico dio lugar a un incremento medio anual (IMA) de 0,36 cm y un IPA de 0,54 cm. Por otra parte, el raleo de selección produjo tasas de crecimiento más bajas: 0,18 cm en el IMA y 0,31 cm en el IPA. En este estudio, las tasas de crecimiento fueron similares a las observadas en el raleo de selección, tanto en las parcelas tratadas como en las de control.

E. cordifolia muestra una notable plasticidad fisiológica, que incluye la producción continua de hojas, lo que permite que las sucesivas cohortes de hojas ajusten sus rasgos fotosintéticos a las condiciones de luz predominantes, mostrando una actividad bioquímica reducida en condiciones de poca luz (Morales *et al.*, 2014). Esta plasticidad es esencial para la supervivencia en entornos de luz heterogéneos y puede influir en las respuestas a la apertura del dosel. Por otra parte, la plasticidad arquitectónica también desempeña un papel importante, especialmente a través de ajustes en la orientación de las ramas y la estructura de la copa. Estudios comparativos en especies de bosques templados de Tasmania, incluida *Eucryphia lucida*, muestran cambios en la estructura de las ramificaciones dependiendo de si se encuentran en entornos abiertos o bajo sombra (King, 1998). Estos cambios estructurales optimizan la interceptación de la luz; las copas aplanadas mejoran la captura de luz difusa bajo la sombra, mientras que los ángulos más pronunciados de las ramas aumentan la exposición a la luz solar directa. Esta flexibilidad puede contribuir a la persistencia de la especie en regímenes de luz variables y a su respuesta a las perturbaciones del dosel. A pesar de estos rasgos adaptativos, la falta de respuesta inmediata al crecimiento tras el raleo puede atribuirse a la inercia fisiológica y a las limitaciones estructurales desarrolladas bajo una sombra prolongada. Las plántulas aclimatadas a baja luminosidad muestran una capacidad fotosintética y una actividad bioquímica foliar reducidas, lo que limita su capacidad para aprovechar los aumentos repentinos de la irradiación (Morales *et al.*, 2014). Además, el retraso en el reverdecimiento tras la expansión foliar sugiere un desfase temporal entre el desarrollo morfológico y la madurez funcional. Este retraso,

combinado con el estrés potencial derivado del aumento del déficit de presión de vapor en los entornos recién expuestos, puede limitar la expansión inmediata de la copa.

Por lo tanto, es muy probable que *E. cordifolia* de prioridad a la regeneración vegetativa mediante brotes basales o epicórmicos, una estrategia observada en respuesta a perturbaciones y cambios de luz (Morales *et al.*, 2014; Escandón *et al.*, 2013). Se sabe que la especie regenera mediante brotes después de la tala o incendios, y estudios recientes sugieren que los brotes también funcionan como un mecanismo de extensión del nicho hacia micrositios más iluminados y secos. Dado que las cohortes de hojas sombreadas muestran una aclimatación limitada a los aumentos repentinos de luz, invertir en nuevos brotes puede ser una estrategia más eficaz para captar la luz que modificar la copa existente. Esta respuesta de rebrote podría retrasar u ocultar los cambios arquitectónicos en el dosel, especialmente en los individuos que anteriormente se veían suprimidos en condiciones de poca luz.

En conclusión, la plasticidad fisiológica y arquitectónica de *E. cordifolia* le permite persistir bajo regímenes de luz variables, pero también puede contribuir a respuestas retardadas o atenuadas a las perturbaciones del dosel. La dependencia de la especie de la regeneración a través de brotes epicórmicos, combinada con su lento ajuste fotosintético a los aumentos repentinos de luz, indica que la inercia estructural y funcional puede limitar las ganancias de crecimiento a corto plazo. Estas características ponen de relieve la importancia de tener en cuenta las características ecofisiológicas específicas de cada especie a la hora de diseñar intervenciones silvícolas.

Las investigaciones futuras deberían centrarse en el seguimiento a largo plazo de las respuestas al raleo de *E. cordifolia*, incluyendo la dinámica de rebrote, el desarrollo de la copa y el rendimiento fotosintético. Comprender estas estrategias de crecimiento retardadas o alternativas es esencial para perfeccionar las prácticas de manejo en los ecosistemas de bosques siempreverdes, donde esta especie desempeña un papel sucesional y ecológico clave.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento del Ministerio de Agricultura al programa 'Silvicultura y manejo de ecosistemas forestales nativos', C.G. 3031141251, 2025, y a los técnicos Marco Barrientos y Rodrigo Guiñez por el levantamiento de datos en terreno.

REFERENCIAS

- AGROMET. (2018).** Boletín Nacional de Análisis de Riesgos Agroclimáticos para las Principales especies frutales, Cultivos y La Ganadería.
- Altamirano, A. & Lara, A. (2010).** Deforestación en ecosistemas templados de la precordillera andina del centro-sur de Chile. *Bosque*, 31(1): 53–64. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002010000100007>
- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Monelos, L.H. & Martínez Pastur, G. (2011).** Aspectos ecológicos de la regeneración por semillas en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* en Patagonia Sur, Argentina. *Bosque*, 32(1): 20–29. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002011000100003>
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). (2003).** Estudio Agrológico X Región. Descripciones de suelos: Materiales y Símbolos. Santiago.
- CONAF-UACH. (2002).** Investigación en bosques nativos de Chile 23 p.
- Cottam, G. & Curtis, J.T. (1956).** The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37(3): 451–460. <https://doi.org/10.2307/1930167>
- Diaconis, P. & Efron, B. (1983).** Computer-intensive methods in statistics. *Scientific American*, 248(5):, 116–130. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0583-116>

- Donoso, C., Lara, A., Escobar, B., & Premoli, A. (1998).** Bosques templados de Chile y Argentina: variación, estructura y dinámica. Editorial Universitaria.
- Donoso, C. (2006).** Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología. Marisa Cúneo Ediciones. Valdivia, Chile.
- Donoso, P. & Navarro, C. (2022).** Silvicultura y manejo de bosques nativos. Ecología aplicada para la conservación de ecosistemas forestales. Editorial Universitaria. Santiago. 509 p.
- Donoso, P. J. & Promis, A. (Eds.). (2013).** Silvicultura en bosques nativos: Avances en la investigación en Chile, Argentina y Nueva Zelanda. Marisa Cuneo Ediciones. <https://doi.org/10.34720/g641-sh17>
- Donoso, P.J., Schlegel Heldt, B.C., Salas-Eljatib, C., & Donoso, C. (2019).** Development of 26-year-old mixed forests following different regeneration cutting treatments in Andean temperate rainforests of south-central Chile. *Forest Ecology and Management*, 432, 686–693. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.10.004>
- Donoso, P.J., Promis, A., Loguercio, G.A., Attis Beltrán, H., Caselli, M., Chauchard, L. M., Cruz, G. et al. (2022).** Silviculture of South American temperate native forests. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 52, 2. <https://doi.org/10.33494/nzjfs522022x173x173x>
- Echeverría, D.C., von Müller, A.R., Hansen, N.E., & Bava, J.O. (2014).** Efecto del ramoneo bovino en renovales de *Nothofagus antarctica* en Chubut, Argentina, en relación con la carga ganadera y la altura de las plantas. *Bosque*, 35(3): 357–368. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002014000300010>
- Echeverría, C., Coomes, D., Salas, J.M., Rey-Benayas, J.M., Lara, A. & Newton, A. (2006).** Rapid deforestation and fragmentation of Chilean temperate forests. *Biological Conservation*, 130(4): 481–494. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.01.017>
- Echeverría, C., Coomes, D.A., Hall, M. & Newton, A.C. (2008).** Spatially explicit models to analyze forest loss and fragmentation between 1976 and 2020 in southern Chile. *Ecological Modelling*, 212, 439–449. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.10.045>
- Escandón, A.B., Paula, S., Rojas, R., Corcuera, L.J. & Coopman, R.E. (2013).** Sprouting extends the regeneration niche in temperate rain forests: The case of the long-lived tree *Eucryphia cordifolia*. *Forest Ecology and Management*, 310, 321–326. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.08.046>
- Escobar, B., Estades, C.F. & Vukasovic, M.A. (2006).** Información sobre regeneración y comportamiento ecológico de especies arbóreas en bosques templados de Chile.
- González, M.E., Szejner, P., Donoso, P.J., & Salas, C. (2015).** Fire, logging and establishment patterns of second-growth forests in south-central Chile: Implications for their management and restoration. *Ciencia e Investigación Agraria*, 42(3): 415–425. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202015000300011>
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). (1989).** Zonificación agroclimática de Chile.
- King, D. A. (1998).** Relationship between crown architecture and branch orientation in rain forest trees. *Annals of Botany*, 82(1): 1–7. <https://doi.org/10.1006/anbo.1998.0638>
- Lara, A., Echeverría, C. & Reyes, R. (2002).** Bosques nativos. En Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile (Eds.), Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 2002 (pp. 127–160). Universidad de Chile.
- Lara, A., Reyes, R., & Urrutia-Jalabert, R. (2013).** Bosques nativos. En Informe País: Estado del medio ambiente en Chile. Centro de Análisis de Políticas Públicas, Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile.
- Loguercio, G. A., Donoso, P. J., Müller-Using, S., Dezzotti, A., Urretavizcaya, M. F., Navarro, C. O., Martín, M., et al. (2018).** Silviculture of temperate mixed forests from South America. En: Bravo-Oviedo, A., Pretzsch, H. & del Río, M. (Eds.). Dynamics, silviculture and management of mixed forests (pp. 300–320). Springer.
- Morales, L.V., Coopman, R.E., Rojas, R., Escandón, A.B., Flexas, J., Galmés, J., ... & Corcuera, L. J. (2014).** Acclimation of leaf cohorts expanded under light and water stresses: an adaptive mechanism of *Eucryphia cordifolia* to face changes in climatic conditions? *Tree Physiology*, 34(12): 1305-1320. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpu085>

- Navarro, C., Donoso, C., Sandoval, V. & González, C. (1997).** Evaluación de raleos en un bosque secundario de canelo (*Drimys winteri* (Forst.)) en la Cordillera de la Costa de Valdivia, Chile. *Bosque*, 18(2): 51–67. <https://doi.org/10.4206/bosque.1997.v18n2-06>
- Navarro, C., Pinares, J., Donoso, P.J. & Salas, C. (2017).** Diagrama de manejo de la densidad en bosques secundarios de canelo (*Drimys winteri*) [Manual técnico]. Proyecto Fondo de Investigación del Bosque Nativo (FIBN 038/2014), Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile.
- Navarro, C., Donoso, C. & Sandoval, V. (1999).** Los renovales de canelo. En: Donoso, C. & Lara, A. (Eds.). *Silvicultura de los bosques nativos de Chile* (pp. 341–377). Editorial Universitaria, Santiago.
- Navarro Cárcamo, C., Herrera, M.A., Drake Aranda, F. & Donoso, P.J. (2010).** Evaluación de la rentabilidad del manejo en bosques secundarios de canelo (*Drimys winteri*) en la Cordillera de la Costa de Valdivia, Chile. *Bosque*, 31(3): 209–218. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002010000300005>
- Navarro Cárcamo, C., Herrera, M.A., Drake Aranda, F. & Donoso, P.J. (2011).** Diagrama de manejo de densidad y su aplicación a raleo en bosques de segundo crecimiento de *Drimys winteri* en el sur de Chile. *Bosque*, 32(2): 175–186. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002011000200008>
- Reyes, R., Donoso, P.J., Donoso, C. & Navarro, C. (2009).** Growth of *Drimys winteri* secondary forest stands following 16 years after thinning in the Andean and Coastal Ranges of Chile. *Bosque*, 30(3): 117–126. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002009000300001>
- Veblen, T.T., & Alaback, P.B. (1995).** A comparative review of forest dynamics and disturbance in the temperate rainforests in North and South America. In: Lawford, R., Alaback, P., Fuentes, E.R. (Eds.), *High latitude rain forests and associated ecosystems of the west coast of the Americas: Climate, hydrology, ecology and conservation*. Springer-Verlag, New York, pp. 173–213. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3970-3_9
- Veblen, T.T., & Ashton, D. H. (1978).** Catastrophic influences on the vegetation of the Valdivian Andes, Chile. *Vegetatio*, 36(3): 149–167. <https://doi.org/10.1007/BF02342598>
- Veblen, T.T., Donoso, C., Kitzberger, T. & Rebertus, A.J. (1996).** Ecology of southern Chilean and Argentinean Nothofagus forests. En: Veblen, T.T., Hill, R.S. & Read, J. (Eds.). *The ecology and biogeography of Nothofagus forests* (pp. 293–353). Yale University Press.
- 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>



ARTÍCULO

Evolución hacia el diseño y atomización productiva en la industria del mueble en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins, Chile.

Rose Marie Garay Moena ^{1*} ; Susana Benedetti Ruiz² ; Carol Cisterna Vargas¹

¹ Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. Santiago, Chile. rgaray@uchile.cl.

² Instituto Forestal, sede Metropolitana. Santiago, Chile. sbenedet@infor.cl

*Autor para correspondencia

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2026.657>

Recibido: 22.04.2025; Aceptado 30.01.2026

RESUMEN

El estudio caracteriza la industria de muebles de madera sólida y de tableros de madera de las Regiones Metropolitana, Valparaíso y O'Higgins, por su relevancia comercial y la empleabilidad. Se llevó a cabo una identificación y sistematización de las empresas, analizando su entorno, catalogando rubros, sub-rubros y tipologías. Se generó un catálogo de ofertas en directorio *Excel (.xlsx)* y un mapa activo (*Html Document*). Se identificó 693 empresas, la mayor presencia se tiene en la Región Metropolitana con 500 empresa, 124 en la Región de Valparaíso, y 69 en la Región de O'Higgins. Los resultados muestran que se está produciendo una migración de empresas con planta física hacia empresas virtuales, agregando valor a través del diseño mediante software comerciales; los mueblistas de pequeñas y medianas empresas cuentan con apoyo de los proveedores de tableros, aunque han dejado de lado las certificaciones que garantizan la calidad de sus productos terminados. Existen oportunidades si se suman acciones del Estado para colaborar e impulsar un abastecimiento sostenible de materias primas nativas, que agregarían mejores opciones de uso, así como regular y mejorar la calidad, con mayor alcance hacia necesidades públicas, de manera de asegurar la competitividad y continuidad de la industria de muebles de madera en el mercado público y privado.

Palabras clave: industria del mueble, muebles de madera sólida, muebles de tableros de madera, Fabricación de muebles de madera

SUMMARY

The objective was to characterize the manufacture of wood and panel furniture located in the Metropolitan, Valparaíso, and O'Higgins Regions, for their commercial relevance and employability for the country. A survey of information and systematization of the companies was carried out, analyzing their environment, cataloging items, sub-subjects, and typologies. A catalog of offers was generated in an Excel directory (.xlsx) and an active map (HTML Document). It was determined that there are 643 companies in the area analyzed, with the greatest participation in the Metropolitan Region with 500, 124 in the Valparaíso Region, and 69 in the O'Higgins Region. It is concluded that there is a migration of companies with physical plant to virtual companies adding value through design through commercial software, small and medium-sized furniture manufacturers have support from panel suppliers, although they have left aside the certifications that guarantee the quality of their finished products; there are opportunities if actions by the State are added to collaborate with promoting sustainable supply of native raw materials that would add better options for use, as well as regulate and improve quality, with greater scope towards public needs, to ensure the continuity of the industry in the public and private market.

Key words: Keywords: Wood panels, wood furniture, sawnwood, processed wood, companies, wood manufacture

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia la madera ha sido el material predilecto para la fabricación de muebles, su belleza natural, durabilidad, versatilidad y sostenibilidad, la hacen destacar frente a la elección de muebles de otras materialidades. El presente estudio analiza el estado de la industria del mueble de madera sólida y de

tableros de madera en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y de O'Higgins, regiones que se encuentran entre las seis más pobladas del país de acuerdo con el Censo 2024 (INE, 2025a).

Las regiones de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins poseen, respectivamente, una superficie de 16.236, 15.396 y 16.357 Km² y cuentan con 1.896.053, 7.400.741 y 987.228 habitantes (INE, 2019a, 2019b, 2019c; 2025a). Estas cifras explican su importancia en el consumo y demanda actual y potencial por muebles. Por otra parte, las regiones de Maule, Ñuble y Biobío son las principales productoras de madera aserrada a nivel nacional, representando el 76% del total (Poblete, 2024), de tal manera que la industria del mueble en la zona central (Valparaíso, R.M. y O'Higgins) debe abastecerse a partir de ellas. Por lo mismo, es de interés estudiar las formas y capacidades productivas de esta industria, ya que los procesos de globalización han afectado la estructura económica que requiere permanente innovación. Este estudio contribuye a la caracteriza la industria del mueble de madera de Valparaíso a O'Higgins a través de la identificación, descripción, clasificación por subsectores, y la georreferenciación de las empresas de esta industria presentes en tales regiones.

El flujo productivo de la industria del aserrío en el área de estudio presenta en un consumo de trozas de 49,4, 0,9 y 276,8 miles de m³, con una producción de 24,3, 0,5 y 142,3 miles de m³ en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins respectivamente (INFOR, 2024a). Aunque la principal materia prima empleada para la fabricación de muebles proviene de la industria de tableros, no fue posible obtener en cifras este consumo, ya que la industria del mueble no es analizada en profundidad por el Instituto Forestal desde 2008 (INFOR, 2008), aunque existen análisis externos como Melero & Leiva (2017) e Informe de expertos (2025).

Las exportaciones de muebles (y sus partes) de madera y de tableros de madera, experimentó una disminución en el periodo 2016 – 2023 (INFOR, 2024b). Cardemil (2021) atribuye esta disminución principalmente a la desaparición de numerosas fábricas a raíz del aumento de las importaciones de muebles de madera hacia Chile. Según INFOR (2024b) el año 2023 se registró un total de exportaciones de 178,6 (US\$ millones CIF) cifra menor a la registrada en el año 2022 con un monto de 317,8 (US\$ millones CIF).

MATERIAL Y MÉTODO

Se recopiló información desde fuentes bibliográficas en línea, entre ellas: plataformas web, revistas, artículos, directorios de empresas en internet, publicaciones del Instituto Forestal, bases de datos de Servicio de Impuestos Internos. Se creó un directorio de empresas con información filtrada desde el Servicio de Impuestos Internos (SII). Complementariamente se aplicó del orden de 743 encuestas y entrevistas a profesionales o propietarios, utilizando un cuestionario digital en línea.

La búsqueda incluyó tanto empresas que contaban con planta física como las que sólo existían virtualmente. Se realizó la georreferenciación utilizando el sistema de información geográfica Qgis. A través de la aplicación de las encuestas y entrevistas se completó el registro para la caracterización, según tipologías, diseños, materia prima, productos, descripción del ambiente en que se desarrolla la actividad y los principales obstáculos que enfrentan los fabricantes.

Se llevó a cabo el levantamiento, sistematización y síntesis de información. Se procedió a describir, diagnosticar y analizar la industria del mueble de madera y de tableros de madera para luego georreferenciar las empresas identificadas. Se analizaron aspectos técnicos, territoriales y económicos tales como: abastecimiento de materias primas, tecnología de procesos, niveles de complejidad al involucrar otros servicios y/o al ofrecer soluciones integrales (diseño, equipamiento, competencia, cumplimiento de normas vigentes, etc.).

Si bien, el énfasis del análisis está en las empresas fabricantes nacionales, se consideró empresas dedicadas al comercio nacional e internacional, con el propósito de comparar fabricación nacional versus importado mediante un análisis FODA, cuya información se basa en lo que publican las propias empresas en sus medios digitales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El **Cuadro 1**, resume los resultados de caracterización general de la industria de muebles de madera y tableros de madera.

Cuadro 1. Caracterización general de la industria del mueble de madera y de tableros de madera.

Descripción de la Industria del Mueble de madera y de tableros de madera	
Antecedentes generales	La industria manufacturera es una fuente laboral importante, al año 2022 el Índice de producción manufacturera (IPMan) descendió 3,4% (INE, 2025b). Según SII (2022) la fabricación de muebles de madera en el país genera 19.538 puestos de trabajo, entre empleados dependientes y honorarios.
Empresas mobiliarias registradas en el SII	Según lo declarado en SII, la participación de las empresas manufactureras es de 7,6%. La participación femenina en la industria del mueble es de un 20%. La fabricación y/o comercialización de muebles es principalmente de madera y se evidencia participación de la Región Metropolitana (82%), Valparaíso (12%) y O'Higgins (6 %). (Detalles en Figura 1).
Resultados del directorio y registro de empresa	
Directorio	El total de empresas de la industria del mueble de madera y de tableros de madera fue de 693. De las cuáles 538 tienen planta física (sala de ventas o fábrica) y 155 tiendas son <i>online</i> .
Diagnóstico y análisis según tipo de empresa, rubro y materia prima	
Tipo de empresa	Las empresas relacionadas con la industria del mueble de madera y de tableros de madera se clasifican según su actividad declarada en: (i) fabrican o elaboran muebles; (ii) Comercializadoras: compran y venden muebles; y (iii) empresas que ejercen ambas funciones. Siendo mayor la existencia de empresas fabricantes para las tres regiones, según se detalla en la Figura 1 .
Rubro según productos y servicios	Según su materialidad: (i) sólo muebles de madera sólida; (ii) sólo muebles de tableros, (iii) muebles de madera sólida y tableros; (iv) muebles de madera sólida, tableros y otras materialidades; y (v) muebles de madera + servicios. La mayoría destaca por fabricar y/ comercializar muebles de madera sólida y tableros.
Abastecimiento de materias primas	
Cadena de suministro	Se distinguió: madera aserrada y diversidad de maderas elaboradas. Son dos las empresas que más materia prima madera proveen a los fabricantes de mobiliario, CMPC Madera e Imperial. En el rubro de tableros, se identificó a la empresa MASISA.
Clasificación del subrubro, tipologías y productos ofertados	
Clasificación por tipología	Mobiliario: hogar, oficina, escolar y subrubro (living, comedor, etc.).
Análisis de la normativa, certificación y acreditación asociada	
Instituto nacional de Normalización	Las normas chilenas, son voluntarias y sólo pasan a ser obligatorias cuando son citadas en leyes. (INN, 2022)

Norma de Mobiliario escolar	La Norma de Mobiliario 2021 es referencial para los programas educativos de Administración Directa de la Junta Nacional de Jardines Infantiles (JUNJI, 2022), pero no es una norma oficial.
Normalización Certificación internacional	Normas ISO, organizaciones “certificadoras” como CERTFOR(PEFC) y FSC para las materias primas y CATAS a nivel internacional. Centro Tecnológico de la Calidad (CTC SpA) en Chile. Esta última ofrecía la certificación, que permitía a las empresas verificar que sus productos o servicios dan conformidad a las normas que les son aplicables. Esta entidad era un referente en cuanto a la certificación de mobiliario en Chile, pero terminó sus operaciones en 2024.
Tendencias de la industria del mueble y de la competencia	
Mercado oferta y demanda	Existe oferta local que satisface el poder comprador de mobiliario. La demanda proviene de empresas constructoras, diseñadoras y decoradoras de interiores, tiendas retail o comercio exterior. Las pymes se diferencian entre (i) emergentes profesionalizadas, que ofrecen servicio de diseño y fabricación y (ii) tradicionales, que sólo fabrican y trabajan a pedido para el mercado doméstico directo, de exigencia variable.
Comercio exterior	Las exportaciones de muebles se han debilitado, debido a la competencia del mercado globalizado. Las importaciones van al alza.
Análisis de la adquisición de mobiliario por los organismos públicos	
Organismos públicos	Utilizan “Mercado Público” que reúne la demanda de los compradores públicos y la oferta de proveedores y modalidades de compra. Registra alza en los años 2021 y 2022.
Georreferenciación	
Distribución de empresas por región	Concentración horizontal. La comuna con mayor presencia de empresas en Valparaíso es Viña del Mar, en la R. Metropolitana es Santiago y en O’Higgins es Rancagua.

(Fuente: Elaboración propia)

Para satisfacer el volumen demandado y las fechas de entrega, los procesos productivos deben ser dinámicos, adecuándose al mercado (Epede & Wang, 2021; Orellana, 2022). La falta de integración genera problemas en los planes de producción, por lo que un modelo integrado de planificación genera ventajas de funcionamiento en sistemas multi-agentes, mejorando la coherencia y el rendimiento global del sistema (Ramos *et al.* 2015)

El análisis del rubro manufacturero de fabricación de muebles y del número de empresas existentes permitió obtener una clasificación de las mismas por tamaño y valor de las ventas anuales (**Cuadro 2**). Se debe considerar que, en el caso de la clasificación de las empresas por estratos de acuerdo con el nivel de ventas, el SII calcula las ventas anuales de un contribuyente mediante un algoritmo que utiliza códigos declarados, el cual podría no necesariamente representar su valor económico real. Las microempresas varían desde 0,01 a 2.400 UF; las pequeñas desde 24.000,01 a 25.000 UF; medianas de 25.000,01 a 100.000 UF; y grandes desde 100.000,01 hasta más de 1.000.000,01 UF de ventas anuales.

Cuadro 2: Empresas de la industria de muebles de madera y tableros de madera, clasificadas por nivel de ventas anuales (valores a nivel nacional).

Tamaño según ventas	Número de empresas	Ventas anuales (UF)
Micro	4687	2.200.029
Pequeña	876	6.329.275
Mediana	109	4.831.114
Grande	19	9.241.110
Sin información	1389	0
Total	7.080	22.601.528

(Fuente: Modificado de SII, 2022).

En el **Cuadro 2** se evidencia un mayor número de microempresas, un 83% del total de empresas con información, mientras que la mayor cantidad de ventas se desarrolla en las grandes empresas con un 40,9% del total. Según SII (2022) la fabricación de muebles de madera en el país genera 19.538 puestos de trabajo, entre empleados dependientes y honorarios. Se registra una mayor cantidad de trabajadores dependientes en las pequeñas empresas, a diferencia de una mayor cantidad de trabajadores a honorarios en las microempresas. De manera general, se logra diferenciar que se genera mayor cantidad de trabajo dependiente que a honorarios, en este caso 14.626 personas se ven beneficiadas como trabajadores dependientes versus 4.912 personas como trabajadores a honorarios. En cuanto a la cantidad de trabajadoras del género femenino, tanto en trabajo dependiente como a honorarios, son menos que la cantidad de trabajadores del género masculino, teniendo una participación del 20% en la industria del mueble.

Las regiones de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins respectivamente, totalizan 2153 empresas. Existe una alta concentración de empresas relacionadas con los muebles de madera en la Región Metropolitana, donde existen aproximadamente seis veces más empresas que en Valparaíso y 12 veces más que en O'Higgins. Por su parte, la Región de Valparaíso tiene aproximadamente el doble de empresas que O'Higgins (**Figura 1**).

Tras investigar las 2.153 empresas relacionadas con la actividad de fabricación de muebles, declaradas en SII (2022), se observó que por distintas razones el número efectivo de empresas es muy inferior al de empresas declaradas en este rubro. Sólo 693 se encontraron en normal actividad, 58 empresas contestaron la encuesta. La información restante del registro y caracterización se elaboró a través de la indagación de la web, como se especificó en métodos. Finalmente, el directorio generado está conformado por 537 empresas físicas y 156 empresas online, quedando su estructura final, como se indica en el **Cuadro 3**.

Cuadro 3: Catastro actualizado de la industria del mueble en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins.

Regiones	Tipo de empresa	Número de empresas	Total, de empresas
Valparaíso	Empresas físicas	72	124
	Empresas Online	52	
Metropolitana	Empresas físicas	416	500
	Empresas Online	84	
O'Higgins	Empresas físicas	49	69
	Empresas Online	20	
Total, de empresas en el área de estudio			693

(Fuente: Elaboración Propia con datos de SII, WEB y Encuestas)

Se aprecia la predominancia de empresas en la Región Metropolitana, con un 72,2% del total. Se percibe

mayor participación de las empresas online en Valparaíso, con 42% del total regional. Pocas empresas se promocionan a través de solo un medio, la mayoría tienen diversificación de comunicación.

El catastro puede estar compuesto por empresas formales e informales, ya que algunas empresas mantienen razón social y nombre comercial distintos, por lo que se hace más complejo a la hora de identificar su legalidad. Las empresas informales siguen siendo parte de la oferta de esta industria.

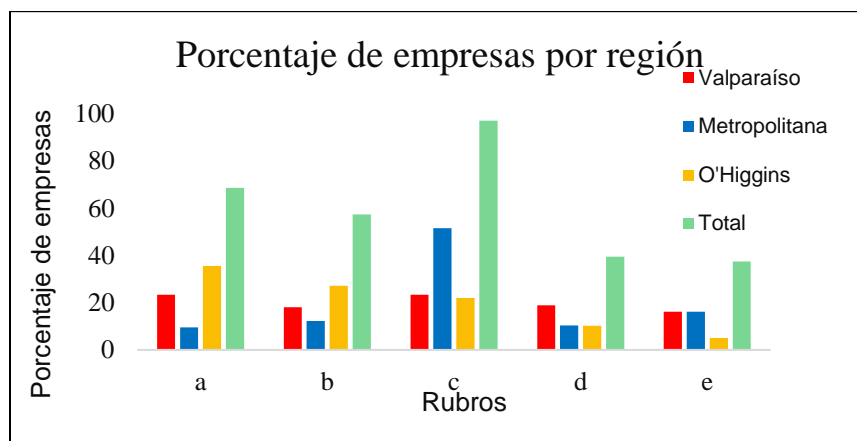
Al caracterizar empresas con tienda física y tienda *online*, se evidencia esta variación como modalidad de funcionamiento migrando desde plantas físicas a empresas virtuales, lo que puede traer beneficios como mayores herramientas tecnológicas y profesionales para alcanzar a un mayor número de clientes, y también desventajas como problemas de seguridad, incluso aumentando el número de empresas que trabajan fuera del marco legal.

De las 693 empresas, el estudio consideró a las empresas fabricantes, las comercializadoras y las que ejercen ambas funciones. En el (**Cuadro 4**) se exponen los porcentajes correspondientes a cada región.

Cuadro 4. Distribución según actividad de las empresas de la industria del mueble de las regiones de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins.

Región	N° de empresas	Solo Fabricante	Solo Comercializadora	Fabricante y Comercializadora
Valparaíso	124	85%	4%	11%
Metropolitana	500	73%	10%	17%
O'Higgins	69	85%	7%	8%

En las tres regiones se identificó mayor existencia de empresas fabricantes que comercializadoras. Las empresas dedicadas a la comercialización y a ambas funciones mantienen menos del 30% en todos los casos. Se confirma que al menos un 70% de empresas son fabricantes. Los rubros a los que se dedican se detallan en la **Figura 1**.



- (a) Muebles de madera sólida (maciza) y/o combinación con otras materialidades (plástico, metal, mármol, hormigón, etc.).
 (b) Muebles de tableros de madera y/o combinación con otras materialidades (plástico, metal, mármol, hormigón, etc.).
 (c) Muebles de madera sólida, tableros y/o combinación con otras materialidades.
 (d) Muebles de madera sólida, tableros, metal, plástico, mármol entre otras materialidades.
 (e) Muebles de madera, más servicios como construcción, diseño de interiores, decoración, habilitación de oficinas, alajamiento de espacios, entre otros.

Figura 1. Porcentaje de empresas según rubro, en el área de estudio (n=693).

Según lo anterior destaca el grupo c, Muebles de madera sólida, tableros y/o combinación con otras materialidades con la mayor cantidad de empresas seguido por los grupos a, b, d y e.

Abastecimiento de Materias Primas

Tal como se planteó en la metodología, se consideró una cadena de suministro general de la materia prima maderera, integrando los procesos para establecer el estado actual del flujo de material. Dado que el sector maderero involucra a diversos actores dentro de la cadena de producción, en este caso se procedió a clasificar en tres los eslabones participantes: recurso forestal, procesamiento (aserraderos) y manufactura (fabricación de muebles).

Respecto del recurso forestal en el área de estudio, la Región de O'Higgins posee la mayor cantidad de superficie forestal alcanzando las 104.538 ha (4,5% de la superficie nacional de plantaciones), le sigue Valparaíso con 42.818 ha (1,8% de la superficie nacional de plantaciones), y en el último lugar está la región Metropolitana 5.527 ha (0,2% de la superficie nacional de plantaciones).

Cabe destacar que la superficie anual plantada, ha experimentado una disminución importante en las últimas décadas, llegando al año 2021 a un total de 63.813 hectáreas, la cifra más baja en los últimos 40 años. Esta baja se da en las tres principales especies plantadas, *P. radiata* (-22,6%), *E. nitens* (-16,5%) y *E. globulus* (-41,6%) (INFOR, 2022b).

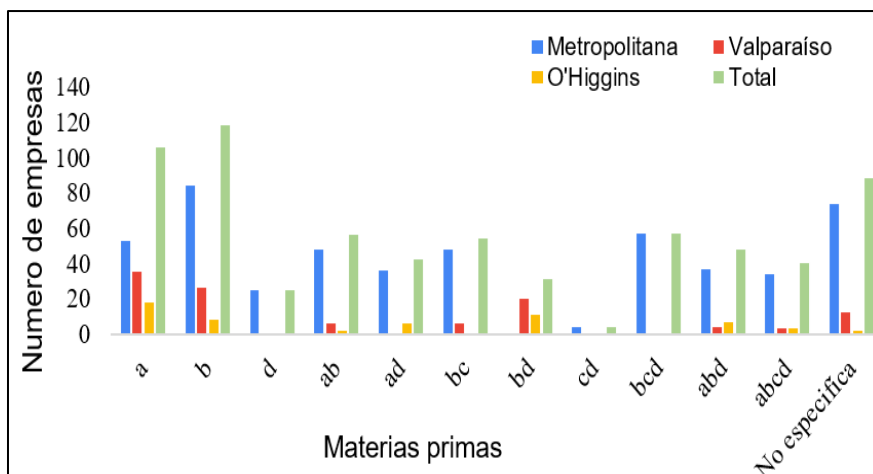
La producción de materia prima está conformada por aserraderos o pequeñas empresas de primera transformación a productos semielaborados. En 2023, el consumo nacional industrial de madera en trozas alcanzó los 13.491 mil m³ sólido sin corteza (SSC), lo que significó una disminución de 12% respecto del año anterior, de los cuales 6.886 m³ SSC se destinaron como trozas aserrables (51%), donde el 98,25 % corresponde a *P. radiata*, 0,72 % a especies nativas y 1,03 % restante a otras especies exóticas. En cuanto a la madera aserrada en el área de estudio, en el año 2023 se produjeron 24.300 m³ en la región de Valparaíso, 500 m³ en la región Metropolitana y 142.300 m³ en la región de O'Higgins (INFOR, 2024a).

El consumo de la materia prima está conformado por el reproceso (Industria secundaria), los distribuidores, las plantas de remanufacturas de aserraderos, la venta al público, los intermediarios, las ferreterías, las plantas de embalaje, las constructoras, las barracas, entre otros. El consumo por la industria del mueble, al igual que puertas y ventanas, y casas prefabricadas se realiza a través de reproceso (53,2%), los intermediarios (5%) y las ferreterías (6,5%), lo que equivale a 4,8 millones de m³ de madera aserrada (INFOR, 2024a). Al comparar la baja superficie anual de plantación con la tendencia creciente en el consumo de la industria forestal, se visualiza una futura deficiencia de materia prima para el consumo interno, situación que se debe atender y regularizar para evitar un profundo problema.

En innovación se constata que se han generado distintas opciones al diseñar y fabricar muebles con las materialidades madera y tableros. Las distintas materias primas utilizadas por las empresas del mueble se detallan en la **Figura 2**.

La **Figura 2** muestra que la materia prima "a" (madera aserrada) y "b" (elaborada) predominan por separado. Al mismo tiempo se logra percibir que no hay empresas que utilicen sólo tableros MDP o MDF desnudos en la fabricación y/o comercialización de muebles. Aunque, también una parte de las empresas no especifica la materia prima de sus productos. En cuanto a la Región de Valparaíso se aprecia que predominan las materias primas "a" y "b". En la Región Metropolitana se percibe que predominan las materias primas "a" y "b con mayor cantidad de variaciones como "ab", "ad", bc, entre otras. Finalmente, en la Región de O'Higgins al igual que en las otras regiones se aprecia que predominan las materias primas "a" y "b" seguida de la variación "bd".

La **Figura 3** muestra la participación de empresas proveedoras de materia prima en las regiones en estudio.



(a) maderita serrada; (b) maderita elaborada; (c) tableros melamínicos; (d) tableros desnudos de partículas de densidad media (MDP) de Fibras de densidad media (MDF)

Figura 2. Materias primas utilizada en la industria del mueble en el área de estudio.

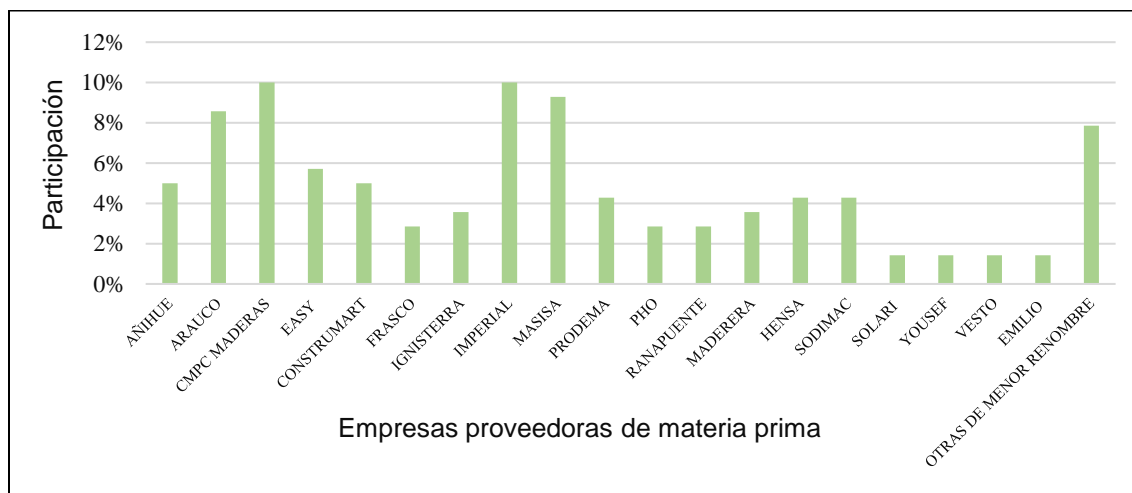


Figura 3. Porcentaje de participación de las empresas proveedoras de materia prima para la industria del mueble, en el área de estudio.

En la **Figura 3** destacan 2 empresas proveedoras de materia prima, CMPC Madera e Imperial, con una participación del 10% cada una, seguidas de Masisa (9%), Arauco (9%), Easy (6%) y Construmart (5%), estas empresas en su mayoría mantienen grandes tiendas con cadenas comerciales, soporte técnico e incluso fortalecimiento de capacidades en academia para mueblistas a lo largo de todo el país. Al mismo tiempo, hay empresas de menor renombre, que participan en un 8% del suministro materia prima. Por último, otras empresas como Ignisterra y Sodimac tienen una menor contribución (4% o menor) en la industria del mueble en las regiones en estudio.

La industria del mueble es parte de la industria manufacturera nacional producen distintos tipos de muebles, los que se clasifican en el **Cuadro 5**.

Cuadro 5. Clasificación por subrubro y tipologías de la industria de muebles de madera, basada en la oferta descrita por las 693 empresas del área de estudio.

Sub-rubro	Tipologías
Mobiliario Hogar	Living, Comedor, Cocina, Baño, Dormitorio, Terraza y Jardín, Balcón
Mobiliario Urbano o de Espacios Públicos	Área de Parque y Plazas, Área deportiva, Área de Juegos, Exterior de Recintos
Mobiliario Para Recintos Educativos	Salas cuna y Jardines Infantiles, Educación Prebásica, Educación Básica-Media, Educación Superior, Método Montessori, Salas y Oficinas, Sector de Limpieza, Sector Casino-Cafetería, Área deportiva, Área Artística
Mobiliario de Muebles Infantiles	Juegos de Interior, Juegos de Exterior, Corrales, Organizadores
Mobiliario de Oficina	Salas de Espera, Sala de Reuniones, Sector de Recepción, Sector Administrativo, Sector Gerencial o Ejecutivo, Sector Casino/Cafetería, Sector Limpieza, Sector de Baños
Mobiliario Corporativo	Centro Estético, Centro o Tienda Comercial, Sala de Espera, Sala de Reuniones, Sector Recepción, Sector Administrativo, Sector Gerencial o Ejecutivo, Sector de Limpieza, Sector de Baños, Sector de Casino/Cafetería, Diseño Personalizado
Mobiliario de Hospitalario	Sector Recepción, Sala de Espera, Sector Administrativo, Sector Recepción, Sector Limpieza, Sector de Baños, Sector Casino/Cafetería
Mobiliario actividades Recreativas	Zona de Camping, Zona de Piscinas o Playas, Recinto deportivo, Teatro-Cine, Restaurante o Bar
Mobiliario Inteligente o Multiuso	Plegable, Extensible, Transportable, Multipropósito, Automatizados
Mobiliario de Mascotas	Interior, Exterior
Muebles a Medida	Diseño Propio, Diseño a Pedido
Restauración de Muebles	Muebles Ecológicos (Reutilización de Materialidades), Transformación Combinada (Materialidades Nuevas y Reutilizadas), Restauración Original (Reparación del Producto)

Se identificó y clasificó por productos, generando una lista de oferta que incluye: Asientos alcorques, arrimo, atril, bancas, banqueta, baño de mascota, bar o minibar, baúl, bergere (asientos reclinables), bife, buffet, biombo simple, biombo separador de ambiente, cajonera, cama baúl, cama cajonera, cama de transición, cama escritorio, cama colgante, cama mascota, camarote, camilla, closet, cómodas, composteras, cunas, cunas cajoneras, depósito de reciclaje, escaños (asiento urbano), escritorio, espejo organizador, espejo tocador, estantes, futón, gradería, librero biombo, juegos infantiles, mesa, mesa de centro, mesa con fogón, mesa con quitasol, mesa con bancas, mesa posa plato mascota, mecedoras, mesa de baranda (balcón), mesón cocina, muebles para camas o sillones, mueble publicitario, mueble para sifón organizadores, otomanas o pouf, perchero, odio, porta basureros, porta jardinera (macetero), rack para tv, repisas, reposera, respaldos, silla, silla de masaje, sillón, sitial, sofás, taburetes (silla alta), vanitorio, velador, vitrina, zapatero.

Un mismo tipo sirve en distintos usos, por ejemplo, un “escritorio”, se emplea en “Dormitorio”, “Recepción”, “Administrativo”, “Centro estético”, generando múltiples variedades que se van adaptando, como escritorio plegable, escritorio manicurista, escritorio Smart (box compacto y transportable), entre otros.

El propósito de geolocalizar físicamente a las empresas en cada región fue identificar la tendencia geográfica en la que se ubican y los sectores donde hay ausencia de ellas, obteniendo claridad de la distribución, para así actualizar la información existente del posicionamiento territorial de la industria del mueble. Dicho esto, se distribuye a las empresas y el tipo de empresa en cada región y finalmente se expone como resultado en un mapa activo por región (**Figura 4**).

Para la elaboración de los tres mapas, se consideró una o varias direcciones según las empresas que corresponden a tienda, oficina, fábrica o varias sucursales, dando prioridad a la fábrica o a la casa matriz,

ubicándola sólo una vez en el mapa. En el caso del mapa activo, cada punto muestra el nombre de la empresa, la provincia, la comuna, el número telefónico, correo y dirección web.

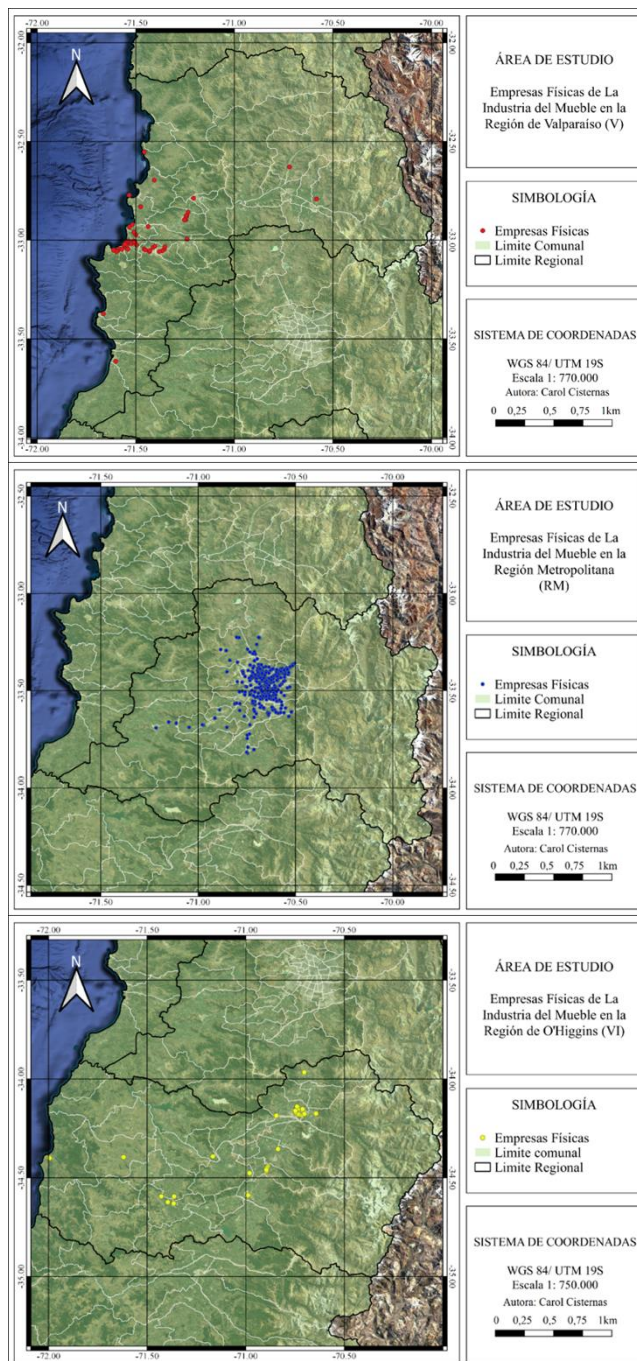


Figura 4. Distribución de las empresas con planta física de la industria del mueble en las regiones de Valparaíso (arriba), Metropolitana (centro) y O'Higgins (abajo).

En la comuna de Viña del Mar está la mayor presencia de empresas, seguida por Quillota, Valparaíso y Quilpué. Estas cuatro comunas tienen más del 60% de las empresas de la industria del mueble de la región

de Valparaíso. En la región Metropolitana las principales comunas son Santiago, las Condes, Vitacura, Quinta Normal, Providencia, Renca, San Bernardo, La Granja, Independencia, La Pintana, Huechuraba y Macul, que juntas poseen más del 60 % de las empresas de la industria del mueble de la región. Finalmente, en la región de O'Higgins la comuna con mayor presencia es Rancagua con 47% de las empresas seguida por Malloa con un 14% y Rengo con 10%.

En la región de Valparaíso, se puede identificar una concentración de empresas en la zona costera y en la zona central de la región, además de ciertas empresas descentralizadas. En el caso de la región metropolitana, también se nota una concentración de las empresas en la zona central de la región, que se va desplazando hacia el exterior. Se puede inferir que, al existir una alta concentración de empresas, la competencia es mucho mayor, por ende, las empresas se van desplazando en busca de nuevos clientes en sectores menos competitivos. En la región de O'Higgins, la distribución de empresas se percibe con una dispersión aleatoria, con algunos sectores con agrupación de empresas.

En muchas ocasiones empresas independientes y autónomas, terminan reuniéndose en un solo centro común. Las causas de los procesos de concentración empresarial pueden ser muy diversas. La concentración es horizontal, cuando se configura por la integración de dos o más empresas dedicadas al mismo o a similar tipo de producción de bienes o servicios. Uno de los fenómenos económicos que explican el surgimiento de grupos, es cuando las empresas confluyen hacia la concentración a través de la coordinación o estrategia común en favor del grupo, con miras a obtener una posición predominante en el mercado.

Las empresas en Chile continúan desarrollándose (Vidal, 2017; López, 2018; Reuk, 2019), evidenciando una migración desde planta física a empresas virtuales. La zona virtual tiene múltiples beneficios, pero también múltiples desventajas, Por un lado, ayuda a las empresas a beneficiarse, llegando a mayor cantidad de clientes, a través de la publicidad de la web y las distintas herramientas que esta entrega. De acuerdo con lo anterior, todas las regiones tienen una concentración horizontal, en distintas magnitudes, siendo mayor la de la Región Metropolitana y menor la de O'Higgins.

Análisis Comparativo a Nivel Global

En su investigación de cuatro décadas en innovación en silvicultura e industrias forestales, Weiss *et al.* (2020) encontraron 230 artículos en "innovación/capacidad de innovación" y "bosque/madera/madera". Según explican, la innovación es una novedad distinta de una invención. La innovación tecnológica se define como "un cambio no trivial en productos y procesos, donde no hay experiencias previas", mientras que la innovación se define como "la primera comercialización de una idea". Este estudio muestra cómo se va produciendo la adaptación a la realidad actual, con énfasis en el uso de diseño en los colectivos que operan en Chile, principalmente: (i) *makers* o fabricantes, especialmente aquellos que utilizan herramientas digitales y tecnologías para diseñar y producir bienes, a menudo en pequeños lotes o de forma personalizada, y (ii) *Fab labs*, Laboratorios de Fabricación, los que corresponden a espacios de creación y fabricación digital a pequeña escala. Estos últimos proporcionan herramientas y máquinas controladas por computadora para la producción (Tironi, 2023), a fin de cubrir la necesidad de emprender en un campo en donde existen oportunidades locales, para un sector productivo atomizado que opera en un espacio poco regulado y donde se produce cercanía entre proveedores, desarrolladores y usuarios, logrando cubrir necesidades específicas a costos razonables. Sin embargo, existe falta de integración de criterios de sustentabilidad, como lo refleja un estudio desarrollado por Melero (2017).

Es bien sabido que la reacción observada en estas industrias, así como de otros sectores de la economía, esta influenciado por la incursión de China en los mercados (Icha & Adewole, 2025; Naranjo *et al.*, 2022; IKEA, 2022; Jabbaz, 2021, Orellana, 2022), particularmente en el chileno, por cuanto sus tratados de libre comercio (Castiblanco, 2022) privilegian el libre mercado antes que la protección de la industria local (Feil *et al.*, 2017), y se basan en precios, y no en calidad ni aspectos ambientales o sociales. Por lo mismo, la industria del mueble migró hacia la atomización, es decir una alta dispersión de pequeñas empresas que, aparentemente están abasteciendo el mercado local compitiendo con muebles importados.

Epede & Wang (2022) analizan la industria de muebles de madera en 25 países a través del índice de ventaja comparativa revelada (VCR) de Balassa, junto con otras dos medidas de competitividad (participación de mercado y competitividad comercial), concluyen que los países africanos permanecen en desventaja comparativa, mientras los países asiáticos surgieron más competitivos y actúan como ejemplos de una modernización exitosa. En su análisis, los países europeos y americanos, aunque exhiben fuertes posiciones competitivas, están experimentando tendencias a la baja. Finalmente, plantean que la modernización exitosa en la cadena de valor del mueble de madera solo puede ser posible gracias a la interacción de acciones de los principales interesados, como el gobierno y empresas individuales con mirada a fortalecer el sector productivo y por ello es relevante observar lo que está pasando en los mercados para reaccionar a tiempo con adecuaciones que permitan la sobrevivencia y crecimiento, tal como destaca el Informe Expertos (2025).

CONCLUSIONES

El estudio caracterizó e identificó la estructura de operación y de gestión de la Industria del Mueble en las regiones de Valparaíso, O'Higgins y Metropolitana de Chile central, aportando información para continuar un análisis profundo de los factores (formas de comercializar y competidores) que afectan a este sector productivo.

Al hacer una pesquisa de las características de la demanda desde diferentes instituciones y organismos, tanto públicos como privados, se logra identificar una alta complejidad. Cada organismo tiene una autoconcepción de rubro, subrubro y tipologías organizadas y estipuladas de formas distintas. Esto genera confusión. Es importante uniformar demandas apropiadas para aportar al crecimiento de este sector productivo, con estructura bien clasificadas, tomando de referencia la planteada en este estudio para guiar acciones de fomento para el sector, con foco en el diseño.

De manera general, la industria del mueble ha registrado numerosas desapariciones de fábricas, pero continúa desarrollando innovaciones, la oferta se hace cada vez más amplia, se generan distintos productos, con nuevas funciones y modalidades de venta. Esta versatilidad es lo que le permite seguir en vigencia. Esta industria es fuente laboral para muchas personas, siendo la participación femenina baja. En cuanto a la materia prima, el aumento del consumo y las bajas superficies que se plantan anualmente implica una situación desfavorable, con futuras deficiencias en abastecimiento. Este aspecto es alarmante por lo que es urgente una visión de Estado.

La virtualidad es menos regulada, lo que está abriendo espacio al comercio *online*, sin embargo, por esta falta de regulación, este se percibe inseguro y factible de ser vulnerado con mayor facilidad, desventaja que puede afectar tanto a la empresa, como al cliente. En la red abunda falsa publicidad, falsos comprobantes de pago y falsas empresas. En este sentido, se vuelve importante establecer redes *online* seguras.

Finalmente, la complejidad percibida demuestra que falta generar más estudios en la materia y realizar investigaciones más extensas, relacionadas con la importancia del diseño, las condiciones de operación, competencia internacional, tecnología, materias primas e insumos productivos (adhesivos, tapices, etc.), para detectar e impulsar acciones para aprovechar las ventajas competitivas modernas, así como los factores clave que influyen en sus dificultades de crecimiento y desarrollo.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Forestal, Proyecto "Fortalecimiento de capacidades tecnológicas del Instituto Forestal (INFOR), para el desarrollo de la industria secundaria de la madera, a través de bienes públicos, orientados al sector de la construcción", financiado por CORFO, por el aporte financiero para desarrollar esta investigación

REFERENCIAS

- Castiblanco, L.V.A. (2022).** El libre comercio como vocación de los países de la Alianza del Pacífico: una revisión histórica. *Acta Hispánica*, (IV): 47-60. <https://doi.org/10.14232/actahisp.2022.0.47-60>
- Cardemil, M. (2021).** Industria Forestal en Chile. En: https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32419/1/N_68_21_Industria_Forestal_en_Chile.pdf.
- CHILE COMPRA. (2022).** Dirección Chile Compra, Quienes Somos. En: <https://www.chilecompra.cl/>.
- Epede, M.B. & Wang, D. (2022).** Competitiveness and upgrading in global value chains: A multiple-country analysis of the wooden furniture industry. *Forest Policy and Economics*, 140, 102737. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102737>
- Feil, A. A., de Quevedo, D. M., & Schreiber, D. (2017).** An analysis of the sustainability index of micro-and small-sized furniture industries. *Clean Technologies and Environmental Policy*, N° 19. Pp: 1883-1896.
- Icha, A.A. & Adewole, N.A. (2025).** Production of value-added decorative furniture items from recoverable wood wastes from construction site. *Maderas. Ciencia Y Tecnología*, 27, e2425. <https://doi.org/10.22320/s0718221x/2025.24>.
- IKEA. (2022).** Chile. Muebles, decoración e inspiración. En: https://www.ikea.com/cl/es/?gclid=Cj0KCQiAsoycBhC6ARIsAPPbeLuNzkBgfbO6CbEIK%20Zdb0ncCLQWeSXkv2qR1PgyxRD9C4-H18jf8EcaAkyhEALw_wcB. (Consulta: noviembre, 2022).
- INN (Instituto de Normalización Nacional). (2022).** Proceso de Normalización. En: <https://www.inn.cl/elaboracion-de-normas>. (Consulta: septiembre, 2022).
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas). (2025a).** Geodatos Abiertos. <https://www.ine.gob.cl/herramientas/portal-de-mapas/geodatos-abiertos>. (Consulta: abril, 2025)
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas). (2025b).** Índice de Producción Manufacturera. En: <https://regiones.ine.cl/inicio>.
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas). (2019a).** División Político Administrativa y censal Región de Valparaíso. En: <https://geoarchivos.ine.cl/File/pub/poblaci%C3%B3n-y-vivienda-valpara%C3%ADso.pdf> (Consulta: junio, 2022]
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas). (2019b).** División Político Administrativa y censal Región Metropolitana de Santiago. En: <https://geoarchivos.ine.cl/File/pub/poblaci%C3%B3n-y-vivienda-metropolitana.pdf>. (Consulta: junio, 2022]
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas). (2019c).** División Político Administrativa y censal Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. En: <https://geoarchivos.ine.cl/File/pub/poblaci%C3%B3n-y-vivienda-o'higgins.pdf>. (Consulta: junio, 2022)
- INFOR (Instituto Forestal). (2024a).** La Industria del Aserrió 2024. En: <https://wef.infor.cl/index.php/publicaciones/boletines-estadisticos/la-industria-del-aserrio>. (Consulta: julio, 2024)
- INFOR (Instituto Forestal). (2024b).** Anuario Forestal 2024. En: <https://wef.infor.cl/index.php/publicaciones/boletines-estadisticos/anuario-forestal>. (Consulta: julio, 2024)
- INFOR (Instituto Forestal). (2022a).** El Sector Forestal en Cifras. En: <https://wef.infor.cl/index.php/sector-forestal>. (Consulta: diciembre, 2022]
- INFOR (Instituto Forestal). (2022.b).** Anuario Forestal. En: <https://wef.infor.cl/index.php/publicaciones/boletines-estadisticos/anuario-forestal>. (Consulta: enero, 2023)

- INFOR (Instituto Forestal). (2008).** Industria Secundaria de la Madera en las Regiones de O'Higgins y el Maule. En: <https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/17469/25178.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. (Consulta: junio, 2022)
- INFORME DE EXPERTOS. (2025).** Mercado de Muebles en Chile – _Por Tipo (Metal, Madera, Plástico, Vidrio, Otros); Por Uso Final (Residencial, Comercial, Hostelería, Otros); Por Canal de Distribución (Centros Domésticos, Tiendas de Bandera, Tiendas Especializadas, En Línea, Otros); Dinámica del Mercado (2025-2034) y Panorama Competitivo. En: <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-muebles-en-chile> (Consulta: 20 junio 2025).
- Jabbaz Churba, M.I. (2021).** Estrategias empresariales en el territorio: el caso del mueble Valenciano. *Ciencias administrativas*, (17), 57-63. En: https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S2314-37382021000100057&script=sci_arttex.
- JUNJI (Junta Nacional de Jardines Infantiles). (2022).** Normativa de Mobiliario. En: <https://junji.cl/normativa-de-mobiliario/>. (Consulta: septiembre, 2022).
- López, M. (2018).** Diseño de un modelo de negocio para una empresa de acondicionamiento de espacios de un nuevo hogar. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias y Matemáticas. 68p.
- Melero, J. M., & Leiva, M. J. (2017).** Análisis de mercado en Chile sobre la capacidad de cumplir con criterios de sustentabilidad para el sector productos derivados de la madera (papel y mobiliario), y el sector químico de limpieza. Elaborado para el PNUMA para la actividad subregional del Cono Sur del proyecto "Estimular la demanda y oferta de productos sostenibles a través de las compras públicas sostenibles y el eco-etiquetado SPPEL". https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/revision_de_mercado_chile_feb_2017_final.pdf
- Naranjo, G.A.A., Torresano, I.D.G., Freire, E.M.A. & Pérez, V.E.S. (2022).** La comercialización electrónica y la gestión de ventas en el centro artesanal de muebles de madera "Huambaló" de Tungurahua. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 6(45): 148-156.
- Orellana, D.V. (2022).** Factores de gestión empresarial que impulsan la competitividad de las Mipymes, sector muebles de madera en el sur del Ecuador. Doctoral dissertation. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Poblete, P., Kahler, C., Bañados, J., Gysling, J., Pardo, E., Soto, D., Baeza, D., Catelacán, L., Hernández, J., y Troncoso, H. (2024).** Anuario Forestal 2024. Instituto Forestal, Chile. Boletín Estadístico N° 199. P. 290
- Ramos, M., Maness, T. & Salinas, D. (2015).** Modelo de un sistema multi-agente para la optimización de la cadena de suministros en la industria de la madera de coníferas. *Revista Maderas Ciencias y Tecnología*, 17(3): 613-624.
- Reuck, E. (2019).** Plan de negocios para emprendimiento de diseño de interiores online. Tesis para optar al Grado de Magister en Gestión y Dirección de Empresas. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 69p.
- SII (Servicio de Impuestos Internos). (2022).** Sobre el SII. En: https://www.sii.cl/sobre_el_sii/index_sobre_el_sii.html. (Consulta: agosto, 2022).
- Tironi, M., Vivanco, T. & Mollehauer, K. (2023).** Hacia un diseño distribuido en escenarios de crisis. Fricciones y futuros de los colectivos de la fabricación digital en Chile. *Revista* 180, (52). [https://doi.org/10.32995/rev180.Num-52.\(2023\).art-1098](https://doi.org/10.32995/rev180.Num-52.(2023).art-1098).
- Vidal, R. (2017).** Fabricación y comercialización de muebles multifuncionales. Plan de negocios para optar al grado de Magister en Administración. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Economía y Negocios. 47p. En: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/146047>.
- Weiss, G., Ludvig, A. & Živojinović, I. (2020).** Four decades of innovation research in forestry and the forest-based industries—a systematic literature review. *Forest Policy and Economics*, 120, 102288. En: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389934119304678>.



APUNTE

Instrumentos de fomento para la diversificación forestal en Chile.Bárbara Chávez Soto¹  & Verónica Loewe Muñoz²*¹ Consultor privado. barbara.chavez.soto@uc.cl² Instituto Forestal, sede Metropolitana; Centro Nacional de Excelencia para la Industria de la Madera (CENAMAD) – ANID BASAL FB210015, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. vloewe@infor.clDOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2026.641>

Recibido: 14.07.2025; Aceptado 19.08.2025.

RESUMEN

El documento plantea la relación intrínseca entre la diversificación forestal y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de la agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas; e identifica instrumentos de fomento existentes en Chile con potencial aplicación para apoyar tal diversificación. Los resultados del estudio evidencian el bajo número de programas o herramientas de fomento que permiten financiar proyectos de plantación para la diversificación forestal y una ausencia de instrumentos que fomenten la forestación o reforestación de manera directa. Muchos de los programas corresponden a incentivos no reembolsables, pero que requieren de un complejo proceso de postulación y una posterior selección de las postulaciones que no asegura la obtención del beneficio. Concluye que es necesario que las políticas públicas avancen hacia el diseño e implementación de subsidios a la forestación, más inclusivos y accesibles, orientados a diversificar la producción, ampliar la participación de actores locales y generar beneficios económicos, sociales y ambientales que contribuyan al cumplimiento de los ODS.

Palabras clave: Diversificación forestal, Instrumentos de fomento.**SUMMARY**

The document highlights the intrinsic relationship between forest diversification and the Sustainable Development Goals (SDGs) of the United Nations' 2030 Agenda, and identifies existing support instruments in Chile with potential application to foster such diversification. The study's results reveal the limited number of programs or support tools available to finance plantation projects for forest diversification, as well as the absence of instruments that directly promote afforestation or reforestation. Many of the existing programs correspond to non-repayable incentives; however, they require a complex application process and a subsequent selection stage that does not guarantee access to the benefits. The study concludes that public policies must move toward the design and implementation of more inclusive and accessible afforestation subsidies, aimed at diversifying production, expanding the participation of local stakeholders, and generating economic, social, and environmental benefits that contribute to the achievement of the SDGs.

Key words: Forest diversification, Support instruments.**INTRODUCCIÓN**

Problemáticas mundiales como la pobreza, las desigualdades sociales y la pérdida de los ecosistemas, dieron origen a que en el año 2015 la Organización de Naciones Unidas lanzara la Agenda 2030, en la cual establecía 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que abordan áreas sociales, económicas y ambientales (Naciones Unidas, 2018) y que busca eliminar la pobreza, asegurar la prosperidad de todas las personas y proteger al planeta.

Existe una relación intrínseca entre el bosque y el desarrollo sostenible, con algunos objetivos que entran en conflicto y otros que generan sinergias (Ahrens *et al.*, 2025). Por esto, el sector forestal tiene un rol fundamental para cumplir algunos de estos objetivos enfocados en mejorar la seguridad alimentaria o



conservar los ecosistemas. La diversificación forestal nace como una estrategia para promover el desarrollo económico de comunidades que dependen del bosque, conservar la biodiversidad, general alternativas y sistemas productivos más sustentables y resilientes (Loewe Muñoz & Lisoni Cornejo, 2024).

De los 17 ODS, ocho se relacionan con la diversificación forestal, entre ellos el objetivo 1 *Fin de la pobreza*, ya que una diversificación productiva de los propietarios se traduce en mayores ingresos y una economía más estable; el objetivo 2 *Hambre cero*, se vincula debido a que la diversificación permite potenciar nuevos productos que pueden ser más sostenibles; el objetivo 6 *agua limpia y saneamiento*, tiene relación debido a que los ecosistemas forestales tienen efecto sobre la disponibilidad de agua y su calidad (Pizarro *et al.*, 2017); el objetivo 7 *Energía asequible y no contaminante*, se asocia porque permiten alternativas energéticas sostenibles (Ma *et al.*, 2022); el objetivo 8 *Trabajo decente y crecimiento económico*, se relaciona al entregar nuevas oportunidades productivas sostenibles, principalmente a pequeños y medianos propietarios; el objetivo 12 *Producción y consumo responsable* se relaciona debido a que la diversificación permitirá la producción y el consumo de productos sustentables extraídos de los recursos naturales; finalmente, los objetivos 13 *Acción por el clima*, y 15 *Vida de ecosistemas terrestres*, se relacionan con la diversificación porque corresponden a una estrategia que permite minimizar los riesgos pero aumentar la resiliencia al cambio climático, a la vez que se regulan funciones biológicas propias de los bosques (Jones *et al.*, 2023).

Existen diferentes formas de diversificar la actividad forestal, que incluyen el uso de especies nuevas o no tradicionales; el uso de sistemas productivos innovadores, que reduzcan el uso de productos tales como fertilizantes y pesticidas (van Ittersum *et al.*, 2025), como las plantaciones mixtas (Loewe y González, 2006). Este sistema combinado está atrayendo la atención debido a sus beneficios que incluyen la diversificación de productos, la disminución de riesgos fitosanitarios, ventajas en el manejo (Jungers *et al.*, 2021), uso eficiente del suelo y mayor estabilidad del sistema (Liu *et al.*, 2018), así como una mayor captura de carbono (Warner *et al.*, 2022) y alta calidad y productividad de madera (Pretzsch & Schütze, 2016).

Adicionalmente, estos sistemas mitigarían perturbaciones derivadas del cambio climático (Schäfer *et al.*, 2019). La diversificación forestal también puede traducirse en la incorporación de nuevas zonas geográficas y nuevos actores socioeconómicos. Por ello, el objetivo de este trabajo es identificar y evaluar herramientas, o instrumentos, de fomento actualmente disponibles en Chile que podrían potenciar la diversificación forestal y financiar proyectos, especialmente de pequeños y medianos propietarios.

MATERIAL Y MÉTODO

Recolección de Información

Para cuantificar los instrumentos de fomento disponibles en Chile, en marzo del 2025 se realizó una recopilación de información en los siguientes organismos: Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Corporación Nacional Forestal (CONAF), Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), Servicio de Cooperación Técnica (SERCOTEC) y Banco Estado. Con la información recabada, se elaboró una planilla Excel con cada uno de los instrumentos identificados, indicando nombre, tipo de instrumento, en qué consiste, quién lo ejecuta, a quién va dirigido, requisitos para postular y los montos que financian. Esta información se obtuvo de las páginas web de cada una de las instituciones, por medio de correos electrónicos, asistentes virtuales de alguna de las plataformas y mediante consulta de las bases legales de cada instrumento identificado.

Sistematización de Datos y Análisis de Aplicabilidad

Para generar esta base de datos, cada instrumento fue clasificado según el tipo de propietario que puede acceder a cada programa, mediante la revisión de sus requisitos y bases legales. Su uso potencial se clasificó según tamaño de la propiedad para pequeños propietarios (1 ha, 5 ha, 10 ha y 12 ha); medianos propietarios (50 a 200 ha) y grandes propietarios (mayor a 200 ha). Para definir estas categorías se utilizaron las definiciones explicitadas en el **Anexo 1**.

Los instrumentos identificados se clasificaron de acuerdo a su potencial contribución a la diversificación forestal y modalidad de uso. Posteriormente, se filtraron solo los instrumentos con potencial uso para diversificación, y se añadieron dos variables nuevas para priorizarlos (**Anexo 2**). Estas nuevas variables corresponden a:

- Facilidad del proceso de postulación: (1) para acceder al instrumento solo se requiere cumplir con los requisitos y ya se es beneficiario; (2) el acceso a estos beneficios requiere de una postulación o concurso, para lo cual se debe cumplir con los requisitos, pero no está garantizado el éxito; y (3) postulación muy compleja y no basta solo con cumplir con los requisitos, sino que también se solicita documentación extra o procesos adicionales.
- Aplicación directa a la forestación o reforestación orientada a la diversificación forestal: (1) no aplica directa ni indirectamente en la forestación o reforestación con especies forestales; (2) créditos, ya que el financiamiento es más sencillo de conseguir pero resulta poco accesible por sus intereses; (3) asistencia técnica o asesorías que podrían aportar indirectamente para la forestación/reforestación; (4) financiamiento para infraestructura o nuevas tecnologías que podrían beneficiar indirectamente a la forestación/reforestación con especies forestales; (5) incentivos económicos que pueden tener un impacto directo para la forestación/reforestación, pero su enfoque es más agrícola; (6) aplica directamente para la forestación/reforestación pero no indica qué especies son admisibles; (6,5) exclusivo para especies nativas; y (7) aplica directamente para la forestación/reforestación con cualquier especie.

RESULTADOS

La recopilación encontró 99 instrumentos, de los cuales 57 no poseían un uso potencial para favorecer la diversificación forestal; su distribución por organismo que lo administra se presenta en el **Cuadro 1**. Del total de herramientas detectadas, 44 están destinadas principalmente para pequeños y medianos propietarios, mientras que las 55 restantes se focalizaban principalmente en empresas, tanto micro, pequeñas, medianas como grandes, descartándose el acceso del público objetivo de este estudio.

Cuadro 1. Número de instrumentos según organismo que las ejecuta.

Organismo	Cantidad (N°)
Banco Estado	1
CONAF	5
CORFO	45
INDAP	21
SAG	10
SERCOTEC	17
Total	99

Respecto a los organismos que administran estos instrumentos de fomento, destaca en primer lugar CORFO, con 45 programas para Pymes, y en segundo lugar se encuentra el INDAP, que se enfoca principalmente en pequeños productores.

Se identificó 33 instrumentos con potencial para la diversificación forestal. Cabe señalar que, dentro de estos 33 instrumentos, no se consideró los 9 concursos regionales del programa SIRSD-S que ejecuta el SAG, ya que corresponden al mismo programa, pero enfocados en distintas regiones. Los instrumentos considerados fueron clasificados por tipología (**Cuadro 2**) y también según la facilidad de postulación, a fin de evaluar la factibilidad de uso de los mismos (**Cuadro 3**).

Las herramientas más representadas son los incentivos no reembolsables, seguido de capacitaciones y créditos.

Cuadro 2. Tipología de herramientas de fomento.

Tipo de Instrumento	Cantidad (N°)
Apoyo técnico	1
Capacitaciones	2
Capacitaciones/incentivos no reembolsables	9
Créditos	5
Garantías	2
Incentivo no reembolsable	14
Total	33

Se determinó que 22 de los instrumentos con potencial uso para diversificación requieren pasar por un proceso de postulación o por un concurso, siendo necesario cumplir ciertos requisitos para postular, donde sólo los mejores de los postulantes podrán acceder a los beneficios. Por otra parte, un 24,2% de los instrumentos no requiere un proceso de selección, es decir, basta con cumplir con los requisitos y se adjudican los beneficios.

Cuadro 3. Facilidad de postulación a los instrumentos de fomento.

Postulación	Cantidad (N°)	Porcentaje (%)
Directa	8	24,2
Concurso	22	66,7
Compleja	3	9,1
Total	33	100

Al integrar los resultados, se generó una tabla que entrega información respecto a cuán fácil o complejo es el acceso a estos beneficios según tipo de instrumento (**Cuadro 4**). La herramienta con postulación más directa o sencilla corresponde a los créditos, con requisitos de acceso no muy complejos. Por otra parte, los instrumentos concursables que no aseguran acceso al beneficio corresponden a los incentivos no reembolsables, seguido por las capacitaciones en conjunto con estos subsidios. Estas herramientas resultan más beneficiosas para los pequeños y medianos propietarios, sin embargo, el proceso de postulación no asegura su obtención. Otro resultado corresponde a la priorización realizada por aplicabilidad a la forestación o reforestación (**Cuadro 5**).

Cuadro 4. Distribución porcentual del tipo de instrumento de fomento según facilidad de postulación.

Tipo/ postulación	Directa	Concurso	Compleja
Apoyo técnico	3,0	0,0	0,0
Capacitaciones	0,0	6,1	0,0
Créditos	15,2	0,0	0,0
Garantías	6,1	0,0	0,0
Incentivos no reembolsables	0,0	39,4	3,0
Capacitaciones/incentivos no reembolsables	0,0	21,2	6,1

Cuadro 5. Cantidad de instrumentos según nivel de aplicabilidad a la forestación o reforestación orientada a la diversificación forestal.

Aplicabilidad a la forestación/reforestación orientada a la diversificación forestal	Cantidad (N°)
1	3
2	12
3	6
4	4
5	2
6	2
6,5	4
7	0
Total	33

De las 33 herramientas, ninguna tiene aplicación directa a la forestación o reforestación con fines de diversificación forestal. A pesar de que estos instrumentos tienen un uso potencial para impulsar esta área, la plantación de especies forestales no tradicionales no es subsidiada directamente por ninguno; no obstante, existen 4 herramientas enfocadas en esta área, pero solo utilizando especies nativas. Por otra parte, 12 corresponden a instrumentos que entregan financiamiento de manera más sencilla para todo aquel que requiera, como son los créditos y las garantías, los cuales no tienen una aplicación directa, pero sí podrían financiar insumos, capital de trabajo e inversiones.

DISCUSIÓN

En Chile, el sector forestal se basa principalmente en plantaciones industriales de *P. radiata* y *Eucalyptus spp.*, en su mayoría de propiedad de pocas grandes empresas forestales (Salas *et al.*, 2016). Los pequeños y medianos propietarios y Pymes forestales se enfrentan a importantes barreras, entre ellas economías de escala y brechas tecnológicas, causadas por la ausencia de conocimiento en el manejo de plantaciones forestales (Aguilera Fernández & García Rivas, 2022). Numerosos pequeños propietarios interesados en plantar tienen dificultades para acceder a créditos, tienen mayores costos de producción, y acceso a niveles más bajos de tecnología que los grandes propietarios y empresas forestales. Por otra parte, debido al pequeño tamaño de sus parcelas, no pueden depender únicamente de la cosecha de madera (CONAF, 2014) porque necesitan contar con ingresos anuales para su sustento, lo que reduce sus beneficios de las plantaciones forestales industriales. No obstante, existen algunas alternativas forestales de interés, como el cultivo del pino piñonero (*Pinus pinea*), que es una opción atractiva para la pequeña y mediana propiedad, porque el alto valor de su fruto, el piñón, permite obtener ingresos anuales atractivos (Loewe-Muñoz y Delard, 2022).

Los resultados del estudio evidencian el bajo número de programas o herramientas de fomento que permiten financiar proyectos de plantación para la diversificación forestal. Por una parte, son nulos los instrumentos que fomentan la forestación o reforestación de manera directa, lo cual refleja el bajo interés institucional y estatal en este ámbito; esta falta de incentivos limita el uso de especies que permitirían impulsar la diversificación forestal, la que en algunos casos permitiría mejorar el índice de desarrollo humano (Loewe-Muñoz *et al.*, 2024), que se basa en variables relacionadas al bienestar, a la economía y a la educación. Un manejo sustentable de los bosques nativos también permitiría diversificar la cartera de productos forestales, consolidar mercados y acceder a nuevos, impulsando la industria local (Loewe Muñoz & Lisoni Cornejo, 2024), pero la falta de programas que impulsen esta área mantiene la dependencia de plantaciones monoespecíficas (puras), impidiendo avanzar en soluciones orientadas a los desafíos generados por el cambio climático.

La revisión realizada permitió identificar 99 herramientas, independiente de su potencial para la diversificación forestal, que pueden favorecer a pequeños y medianos propietarios, e inclusive a Pymes, emprendedores o empresas. Sin embargo, se observa que los programas de INDAP están focalizados principalmente para impulsar el sector agrícola; CORFO apunta principalmente a empresas que tengan proyectos de innovación; SERCOTEC ofrece ayuda a pequeñas empresas y emprendedores; y CONAF sería el único organismo que se focaliza principalmente en propietarios forestales, pero solo se identificaron cinco instrumentos vigentes relacionados a esta institución, un bajo número en comparación a los ofertados por otros organismos. Desde 1974, el Decreto de Ley N° 701 realizó un aporte relevante, pero los incentivos se concentraron en extensas superficies de grandes empresas, las que aumentaron sus ingresos, pero cuyo impacto ambiental y económico en las comunidades locales es discutido (AIFBN, 2024).

Respecto a los programas de CONAF, estos impulsan la forestación o reforestación para recuperar suelos degradados, lo cual está dentro de las metas de los ODS a cumplir, pero se permite solamente el uso de especies nativas. Por ello, se podrían crear nuevas herramientas o ampliar las existentes permitiendo el enriquecimiento con otras especies de interés, previo un necesario análisis de invasión potencial. Esto es relevante, por cuanto se ha reportado que las llamadas contribuciones materiales de la naturaleza a las personas (en su sigla en inglés NCP) son gobernadas por pocos actores y facilitadas por el acceso al capital (Isaac *et al.*, 2025), constituyéndose en importantes desafíos al sector.

Muchos de los programas corresponden a incentivos no reembolsables, lo cual resulta beneficioso para quienes pueden acceder a esos subsidios. Sin embargo, dichos programas requieren el cumplimiento de determinados requisitos, y luego pasar por un periodo de selección que no asegura la obtención del beneficio. Por otra parte, los créditos no suelen presentar muchas barreras para su obtención, aun cuando “son un aporte riesgoso para los productores de subsistencia, ya que se debe considerar el interés generado por el crédito, [...] pudiendo generar una morosidad mayor, debido a que su éxito está directamente relacionado con el resultado de su producción, la que depende de factores externos” (Parra Hernández *et al.*, 2019).

Resulta necesario facilitar las postulaciones haciéndolas menos complejas y entregando asistencia para permitir que el proceso previo a la recepción del beneficio sea más accesible y comprensible para los propietarios. Por ejemplo, una evaluación realizada al Fondo de Conservación y Manejo del Bosque Nativo, determinó una baja efectividad ya que muchos propietarios, luego de adjudicarse los concursos, no presentan los planes de manejo que se exigen ya que no cuentan con la asistencia técnica necesaria para completar los trámites, el proceso es muy complejo y los montos no suelen pagarse como bonificaciones (Torres *et al.*, 2022), lo cual desalienta a los propietarios que suelen desconocer cómo sobrellevar el proceso.

El manejo forestal se caracteriza por la gestión de la incertidumbre derivada de la duración de los ciclos de vida de los árboles. El cambio global incrementa drásticamente esta incertidumbre sobre el desarrollo de bosques y plantaciones, sobre todo considerando que episodios de sequía y calor se están verificando con mayor frecuencia (Felsche *et al.*, 2024) y se prevé que su frecuencia e intensidad aumentarán en las próximas décadas (Hermann *et al.*, 2023), con graves consecuencias.

Es por ello necesario considerar el establecimiento de plantaciones multifuncionales resilientes al clima, tanto por consideraciones ecológicas como económicas. Las opciones de adaptación forestal orientadas en esta dirección pueden ser favorecidas por instrumentos de política forestal. La revisión realizada deja en claro que los instrumentos existentes son insuficientes frente al enorme desafío que enfrenta el sector forestal, y evidencia la necesidad de cambios urgentes frente a la compleja y dinámica realidad que enfrentamos en forma interrelacionada, los hombres y los árboles.

CONCLUSIONES

Considerando los desafíos que impone el cambio climático y los compromisos asumidos por Chile en relación a los ODS, así como los resultados obtenidos a partir del análisis realizado, resulta recomendable que las políticas públicas avancen hacia el diseño e implementación de subsidios a la forestación enfocada

en la diversificación productiva para el desarrollo de productos complementarios que amplíen y diversifiquen geográficamente la actividad forestal, incorporando nuevas zonas y actores socioeconómicos como pequeños y medianos propietarios, quienes enfrentan importantes barreras para acceder a tecnología e instrumentos de financiamiento.

Un enfoque integral que fomente la diversificación del quehacer forestal contribuiría a fortalecer la resiliencia de los ecosistemas frente al cambio climático, además de generar nuevas oportunidades en el ámbito económico para sectores rurales con mayor pobreza mediante la diversificación de sus ingresos, fomentando una mayor equidad territorial. Finalmente, desarrollar herramientas de fomento más inclusivas orientadas a la diversificación productiva, geográfica y social tendrá impactos positivos a nivel tanto económico como ambiental y social, permitiendo un mejor cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, enriqueciendo nuestro país y mejorando la calidad de vida de sus habitantes.

REFERENCIAS

- Aguilera Fernández, M., García Rivas, E. (2022).** Evaluación de metodología de extensionismo forestal para incrementar el conocimiento de pequeños propietarios respecto a establecimiento y manejo de plantaciones forestales. *Ciencia & Investigación Forestal*, 28(1): 51-72. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2022.560>
- Ahrens, D., Benedikter, S., & Giessen, L. (2025).** Rethinking Synergies and Trade-Offs at the Forest-Sustainable Development Goals (SDGs) Nexus—A Systematic Review. *Sustainable Development*, 33(4): 5069-5090. <https://doi.org/10.1002/sd.3372>
- AIFBN. (Agrupación de Ingenieros Forestales por el Bosque Nativo). (2024).** Un nuevo modelo forestal para enfrentar la sequía, las inundaciones, los incendios forestales y la desertificación. En: <https://cl.boell.org/es/2024/12/04/un-nuevo-modelo-forestal>
- CONAF (Corporación Nacional Forestal). (2014).** Plantaciones y Pobreza en Plantaciones Forestales; Forestación y Estilo de Desarrollo; Corporación Nacional Forestal, Gerencia Forestal; Santiago. 81 p.
- Felsche, E., Böhnisch, A., Poschlod, B. & Ludwig, R. (2024).** European hot and dry summers are projected to become more frequent and expand northwards. *Communications Earth & Environment*, 5(1), 410. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01575-5>
- Hermann, M., Röthlisberger, M., Gessler, A., Rigling, A., Senf, C., Wohlgemuth, T., & Wernli, H. (2023).** Meteorological history of low-forest-greenness events in Europe in 2002–2022. *Biogeosciences (Online)*, 20(6), 1155–1180. <https://doi.org/10.5194/bg-20-1155-2023>
- Isaac, R., Cumming, G.S., Felipe-Lucia, M.R. & Martín-López, B. (2025).** The Forest beyond the trees: a network perspective on governing co-production of nature's contributions to people. *Ambio*, <https://doi.org/10.1007/s13280-025-02187-9>
- Jones, A.G., Cridge, A., Fraser, S., Holt, L., Klinger, S., McGregor, K.F., Paul, T. et al. (2023).** Transitional forestry in New Zealand: re-evaluating the design and management of forest systems through the lens of forest purpose. *Biological Reviews*, 98(4): 1003-1015. <https://doi.org/10.1111/brv.12941>
- Jungers, J.M., Yang, Y., Fernandez, C.W., Isbell, F., Lehman, C., Wyse, D. & Sheaffer, C., (2021).** Diversifying bioenergy crops increases yield and yield stability by reducing weed abundance. *Sci. Adv.* 7(44): <https://doi.org/10.1126/sciadv.abg8531>
- Liu, C.L.C., Kuchma, O. & Krutovsky, K.V., (2018).** Mixed-species versus monocultures in plantation forestry: Development, benefits, ecosystem services and perspectives for the future. *Glob. Ecol. Conserv.* 15, e00419. <https://doi.org/10.1016/J.GECCO.2018.E00419>
- Loewe-Muñoz V., Del Río R., Delard C., González R., Balzarini M. (2024).** Spatial patterns of productive potential and human development dimensions for *Pinus pinea* L. *Forests*,15(9): 1537. <https://doi.org/10.3390/f15091537>
- Loewe Muñoz, V. & Lisoni Cornejo, S. (2024).** Diversificación Forestal, perspectivas socioeconómicas y ambientales para la realidad chilena. *Ciencia & Investigación Forestal*, 30(3): 55–63. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2024.616>

- Loewe-Muñoz, V.; Delard, C (2022).** Mediterranean stone pine production systems and the emerging bioeconomy in Chile. In: Smith-Hall, C. & Chamberlain, J. (Eds.). *The Bioeconomy and Non-Timber Forest Products*; Routledge: London, UK. <https://doi.org/10.4324/9781003245001-18>.
- Loewe, M.V. & González, O.M. (2006).** Plantaciones mixtas, un modelo productivo con potencial para Chile. *INFOR-FIA*, 299 p.
- Ma, Z., Hu, C., Huang, J., Li, T., & Lei, J. (2022).** Forests and Forestry in Support of Sustainable Development Goals (SDGs): A Bibliometric Analysis. *Forests*, 13(11), 1960. <https://doi.org/10.3390/f13111960>
- Naciones Unidas. (2018).** Objetivos y metas de desarrollo sostenible. En: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
- Parra Hernández, A.M., Jara Rojas, R., & Cofré Bravo, G. (2019).** Efecto del uso de créditos y del programa de desarrollo de inversiones en los ingresos de los productores de frambuesa en la comuna de San Clemente. Universidad de Talca.
- Pizarro, R., Sanguesa, C., Vallejos, C., Mendoza, R., Pino, J., Berríos, Á., Ibáñez, A. & García, P. (2017).** Antecedentes de la relación masa forestal y disponibilidad hídrica en Chile. (UNESCO, Ed.).
- Pretzsch, H. & Schütze, G., (2016).** Effect of tree species mixing on the size structure, density, and yield of forest stands. *Eur. J. For. Res.* 135, 1–22. <https://doi.org/10.1007/s10342-015-0913-z>
- Salas, C., Donoso, P.J., Vargas, R., Arriagada, C.A., Pedraza, R. & Soto, D.P. (2016).** The forest sector in Chile: an overview and current challenges. *Journal of Forestry*, 114(5): 562-571. <https://doi.org/10.5849/jof.14-062>
- Schäfer, C., Rötzer, T., Thurm, E.A., Biber, P., Kallenbach, C., Pretzsch, H., Schäfer, C. et al. (2019).** Growth and Tree Water Deficit of Mixed Norway Spruce and European Beech at Different Heights in a Tree and under Heavy Drought. *Forests* 10(7): 577. <https://doi.org/10.3390/f10070577>
- Torres, J., Keim, H., Koster, J., Maíz, J.M., Tirado, R., & Vargas, G. (2022).** Manejo forestal del bosque nativo: una oportunidad de desarrollo. *Alianza por el Bosque Nativo*. 104 p. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/32496>
- Van Ittersum, M.K., Vasco Silva, J., Bommarco, R., Hijbeek, R., Lundin, O., Nandillon, R., Bergkvist, G. et al. (2025).** Narrowing the ecological yield gap to sustain crop yields with less inputs, *Global Food Security*, Volume 45, 100857. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2025.100857>.
- Warner, E., Cook-Patton, S.C., Lewis, O.T., Brown, N., Koricheva, J., Eisenhauer, N., Ferlian, O. et al. (2022).** Higher aboveground carbon stocks in mixed-species planted forests than monocultures – a meta-analysis. *bioRxiv pre-print*. <https://doi.org/10.1101/2022.01.17.476441>

ANEXO 1.**Definiciones Relevantes Consideradas en el Estudio.****Hectárea de Riego Básico:**

Superficie equivalente a la potencialidad de producción de una hectárea física, regada de clase I de capacidad de uso, del Valle del Río Maipo.

Agricultura Familiar Campesina (AFC) (FAO):

La Agricultura familiar es una forma de organizar la producción agrícola y silvícola, así como la pesca, el pastoreo y la acuicultura, que es gestionada y dirigida por una familia y que en su mayor parte depende de mano de obra familiar, tanto de mujeres como de hombres.

Usuario de INDAP:

1) Debe cumplir los requisitos establecidos en el artículo 13 de la Ley Orgánica N°18.910 de INDAP, y el proceso establecido en el procedimiento vigente de acreditación.

2) Requisitos:

-Activos no superiores a 3.500 UF.

-Explotar una superficie de terreno de hasta 12 hectáreas de Riego Básico o, vivir y trabajar en el campo.

-Ingresos principalmente provenientes de la explotación agrícola o actividad silvoagropecuaria.

Pequeño Productor Agrícola (Artículo 13, Ley 18.910):

Aquel que explota una superficie no superior a 12 hectáreas de Riego Básico, cuyos activos no superen el equivalente a 3.500 UF, que su ingreso provenga principalmente de la explotación agrícola, y que trabaje directamente la tierra, cualquiera sea su régimen de tenencia.

Pequeño Propietario Forestal (CONAF):

-La persona que tiene título de dominio sobre uno o más predios rústicos cuya superficie en conjunto no exceda de 200 hectáreas, o de 500 hectáreas cuando éstos se ubiquen entre las regiones I y IV, incluida la XV; o de 800 hectáreas para predios ubicados en la comuna de Lonquimay, en la IX Región; en la provincia de Palena, en la X Región; o en la XI y XII Región,

-Que sus activos no superen el equivalente a 3.500 unidades de fomento; y

-Que su ingreso provenga principalmente de la explotación agrícola o forestal y que trabaje directamente la tierra, en su predio o en otra propiedad de terceros.

Las comunidades agrícolas reguladas por el decreto con fuerza de ley N° 5, del Ministerio de Agricultura, de 1968,

-Las comunidades indígenas regidas por la ley N° 19.253,

-Las comunidades sobre bienes comunes resultantes del proceso de Reforma Agraria,

-Las sociedades de secano constituidas de acuerdo con el artículo 1° del decreto ley N° 2.247, de 1978, y

-Las sociedades a las que se refiere el artículo 6° de la ley N° 19.118, siempre que, a lo menos el 60% del capital social de tales sociedades se encuentre en poder de los socios originales o de las personas que tengan la calidad de pequeños propietarios forestales, según lo certifique el Servicio Agrícola y Ganadero.

Pequeño Propietario Forestal (SII):

-La persona que, reuniendo los requisitos del pequeño productor agrícola, definido en el artículo 13 de la ley N° 18.910, trabaja y es propietaria de uno o más predios rústicos, cuya superficie en conjunto no exceda de 12 hectáreas de riego básico, de acuerdo a su equivalencia por zona, fijada en el referido texto legal. En todo caso, se considerará que no exceden del equivalente de 12 hectáreas de riego básico, aquellos predios que tengan una superficie inferior a 200 hectáreas, o a 500 hectáreas, cuando éstos se ubiquen en las regiones I a IV, XI, XII, en la comuna de Lonquimay en la IX Región y en la provincia de Palena en la X Región. Se entenderán incluidas entre los pequeños propietarios forestales, las comunidades agrícolas reguladas por el decreto con fuerza de ley N° 5, de 1968, del Ministerio de Agricultura, las comunidades indígenas regidas por la ley N° 19.253, las comunidades sobre bienes comunes resultantes del proceso de reforma agraria, las sociedades de secano constituidas de acuerdo con el artículo 1° del decreto ley N° 2.247, de 1978, y las sociedades a que se refiere el artículo 6° de la

ley N° 19.118, siempre que, a lo menos, el 60% del capital social de tales sociedades se encuentre en poder de los socios originales o de personas que tengan la calidad de pequeños propietarios forestales, según lo certifique el Servicio Agrícola y Ganadero.

Pequeños y Medianos Propietarios (Instituto Forestal, 2008):

- Pequeños: Propietarios con superficies menores a 200 ha.
- Medianos: Sociedades y personas naturales cuya propiedad excede las 200 ha.

Micro, Pequeñas y Medianas empresas (SII):

Utiliza la clasificación del Servicio de Impuestos Internos en relación a las ventas anuales:

- Micro empresas: ventas entre 0,01 UF a 2.400 UF.
- Pequeñas empresas: 2.400,01 UD a 25.000 UF
- Medianas empresas: ventas entre 25.000,01 UF a 100.000 UF.

Micro, Pequeñas, Medianas y Grandes empresas (CORFO):

- Micro y pequeña empresa: Ventas hasta 25.000 UF
- Mediana empresa: Ventas sobre 25.000 UF y menor a 100.000 UF
- Grande empresa: Ventas sobre 100.000 UF.

Micro, Pequeñas, Medianas y Grandes empresas (Sercotec):

- Micro: Ingresos anuales inferiores a 2.400 UF
- Pequeñas: Ingresos anuales entre 2.400 y 25.000 UF
- Medianas: Ingresos anuales entre 25.000 y 100.000 UF
- Grandes: Ingresos anuales superiores 100.000 UF

ANEXO 2.

Síntesis de Instrumentos Identificados con Potencial Uso para Promover la Diversificación Forestal en Chile.

Instrumento	Tipo de Instrumento	Factibilidad de uso para establecer bosquetes o plantaciones según tamaño de la propiedad en hectáreas de riego básico							Monto máximo por usuario	Facilidad postulación*	Obs	Aplicación**
		1	5	10	12	50-200	> 200	Obs				
Programa de Recuperación de Suelos Degradados (SIRSD-S) (INDAP)	Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓				160 UTM/año	3		7
Programa Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios (SIRSD-S) (SAG)	Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓			Existen concursos Regionales específicos para: Atacama, Coquimbo, Valparaíso, O'Higgins, Maule, Biobío, La Araucanía, Aysén y Magallanes.	160 UTM/año	3		7
Fondo de Conservación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo	Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓				-Regeneración: 5 UTM/ha -PFNM: 5 UTM/ha -PFM: 10 UTM/ha -Asesoría profesional: 1,80 UTM/ha	2	Permite enriquecimiento y/o plantaciones sólo de especies nativas	6.5
Programa de Extensión Forestal	Apoyo técnico	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Todo aquel propietario que posea BN.	Depende de la categoría de propietario.	1	-Los beneficios a acceder dependen de la categoría de propietario y si el programa está o no desplegado en la comuna. -Contactarse con la oficina Regional de CONAF.	3
Programa de Restauración de Bosques Nativos a Gran Escala	Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓				Depende de la propuesta técnica.	2	-El monto depende de la propuesta técnica.	6.5
Crédito BancoEstado Siembra por Chile	Crédito	✓	✓	✓	✓	✓			5.000 UF	1		3
Servicio de Asesoría Técnica - SAT	Capacidades e Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓				-Asesoría técnica: \$1.215.648 por usuario por los 18 meses de contrato. -Subsidio a la inversión: \$3.500.000 por usuario al año.	2		3



Instrumento	Tipo de Instrumento	Factibilidad de uso para establecer bosquetes o plantaciones según tamaño de la propiedad en hectáreas de riego básico						Monto máximo por usuario	Facilidad postulación*	Obs	Aplicación**
		1	5	10	12	50-200	> 200				
		Obs									
Programa de Alianzas Productivas (PAP)	Capacidades e Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓			Para capacidades - Valor Usuario con Servicio de Asesoría Técnica: \$350.000 -Valor Usuario PRODESAL, PDTI, PADIS, Mujeres Rurales: \$532.211 -Valor Usuario Sin Asesoría Base: \$798.317 Para inversiones -\$3.500.000 al año por agricultor.	3		2
Bono Legal de Aguas (BLA)	Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓			-Incorporación a una OUA: 120 UF, -Si la organización está en proceso de conformación, el monto es: 15 UF, -Inscripción individual a un Derecho de Aprovechamiento de Aguas: 95,3 UF	2		4
Programa de Riego Asociativo (PRA)	Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓			-El incentivo económico que entrega el programa será de un máximo anual de \$12.000.000, para persona individual, y \$20.000.000, para personas jurídicas.	2		4
Programa Obras Menores de Riego (PROMR)	Capacidades e Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓			El incentivo económico que entrega el programa alcanza un máximo anual de hasta \$3.500.000 para obras individuales y \$35.000.000 para obras asociativas, con un tope de \$3.500.000 por usuario.	2		4
Programa de Riego Intrapredial (PRI)	Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓			-El incentivo económico que entrega el programa será de un máximo anual de \$12.000.000, para persona individual, y \$20.000.000, para personas jurídicas.	2		4
Programa desarrollo de Inversiones (PDI)	Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓			-Postulante individual: \$7.500.000 al año. -Postulante asociativo formal: \$50.000.000 al año (tope de \$5.000.000 por cada socio o	2	Directores regionales de INDAP pueden hacer concursos o asignar directamente los proyectos.	6

Instrumento	Tipo de Instrumento	Factibilidad de uso para establecer bosquetes o plantaciones según tamaño de la propiedad en hectáreas de riego básico						Monto máximo por usuario	Facilidad postulación*	Obs	Aplicación**
		1	5	10	12	50-200	> 200				
		Obs									
								integrante). -Postulante asociativo informal: \$35.000.000 al año (tope de \$5.000.000 por cada integrante). -Costo de formulación con un tope de hasta 10% del valor total bruto del proyecto de inversión.			
Programa Agropecuario para el Desarrollo Integral de los Pequeños Productores Campesinos del Secano de la Región de Coquimbo (PADIS)	Capacidades e Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓			-Programa ejecutado por una entidad ejecutora pública: \$317.212 por usuario por año o temporada. -Programa ejecutado por una entidad ejecutora privada: \$363.351 por usuario por año o temporada. -FOA: \$115.000 según disponibilidad presupuestaria.	2	1	
Programa de desarrollo territorial indígena INDAP-CONADI (PDTI)	Capacidades e Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓			1. Desarrollo de capacidades: \$491.254 por usuario por temporada. 2. Capital de operación: INDAP financia el 95% del costo total del material o insumo necesario. 2.1 Inversiones productivas: INDAP cubre hasta el 90% del costo del proyecto. 3. Concurso especial de Emprendimientos: INDAP financia hasta \$1.821.555 por usuario individual.	3	2	
Programa de Desarrollo Local - PRODESAL	Capacidades e Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓			INDAP para Asesoría técnica y Articulación social -Programa ejecutado por entidad pública: \$348.998 por usuario por año calendario o temporada agrícola. -Programa ejecutado por entidad privada: \$399.762 por usuario por año	2	2	



Instrumento	Tipo de Instrumento	Factibilidad de uso para establecer bosquetes o plantaciones según tamaño de la propiedad en hectáreas de riego básico						Monto máximo por usuario	Facilidad postulación*	Obs	Aplicación**
		1	5	10	12	50-200	>200				
		Obs									
								calendario o temporada agrícola. Fondo de Operación Anual (FAO): \$145.000 por usuario/año Financiamiento de Mesas de Coordinación: \$7200 por usuario por año calendario o temporada agrícola.			
Programa de Asociatividad Económica (PAE)	Capacidades	✓	✓	✓	✓			\$25.000.000 por temporada agrícola para cada empresa asociativa o grupos.	2		
Programa Mujeres Rurales (Convenio Indap-Prodemu)	Capacidades e Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓			\$3.752.680.000	2	Corresponde al valor para todo el programa.	
Crédito Corto Plazo Individual	Crédito	✓	✓	✓	✓			Categoría A: 300 UF Categoría B: 200 UF Categoría B-: 150 UF Categoría C: 80 UF Categoría N: 120 UF	1		
Crédito de Largo Plazo	Crédito	✓	✓	✓	✓			Categoría A: 500 UF Categoría B: 400 UF Categoría B-: 350 UF Categoría C: 150 UF Categoría N: 200 UF	1		
Crédito de Largo plazo Cobertura Indígena (COBIN)	Crédito	✓	✓	✓	✓			-Personal Natural o EIRL: 500 UF. -Persona Jurídica: 10.000 UF	1		
Asesoría técnica especializada y gestor comercial	Capacidades	✓	✓	✓	✓			-Para gestor comercial, el valor de una persona natural es de \$869.000 al año, para una persona jurídica o grupos informales, es de \$17.378.000 al año. -Para gestor técnico productivo, una persona jurídica el valores hasta \$22.000.000 al año, y para un grupo informal (15 usuarios) es de \$1.188.000 por usuario al año.	2		

Instrumento	Tipo de Instrumento	Factibilidad de uso para establecer bosquetes o plantaciones según tamaño de la propiedad en hectáreas de riego básico						Monto máximo por usuario	Facilidad postulación*	Obs	Aplicación**
		1	5	10	12	50-200	>200				
		Obs									
Programa de Transición a la Agricultura Sostenible (TAS)	Capacidades e Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓			-Para asesoría técnica , el tope máximo es de \$1.201.373 por usuario por 12 meses. -Para los incentivos prediales , el primer año del programa se entrega \$450.873 por usuario para insumos y equipamiento, lo cual corresponde al capital inicial de transición. Para el segundo año, el tope máximo es de \$3.500.000 por usuario. -Para postulaciones asociativas, es de \$10.000.000. Estas dos son para inversiones de transición.	2		3
Mi 1° Negocio Rural	Capacidades e Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓			-Para Inversión de impulso: \$3.500.000 por beneficiario una única vez durante la permanencia del proyecto. -Para capital de operación inicial: \$700.000 por beneficiario una única vez durante la permanencia del proyecto.	2		6
Capital Semilla Emprende	Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓			-Entrega \$3.500.000 para concretar actividades detalladas en el plan de trabajo. -\$500.000 para acciones de gestión empresarial. -\$3.300.000 para inversiones en activos.	2		5
Capital Abeja Emprende	Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓			-Entrega \$3.500.000 para concretar actividades detalladas en el plan de trabajo. -\$500.000 para acciones de gestión empresarial. -\$3.300.000 para inversiones en activos.	2		5



Instrumento	Tipo de Instrumento	Factibilidad de uso para establecer bosquetes o plantaciones según tamaño de la propiedad en hectáreas de riego básico						Monto máximo por usuario	Facilidad postulación*	Obs	Aplicación**
		1	5	10	12	50-200	> 200				
Capital Pioneras	Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓				-Entrega \$3.500.000 para concretar actividades detalladas en el plan de trabajo. -\$500.000 para acciones de gestión empresarial. -\$3.300.000 para inversiones en activos.	2	2
MejoraNegocios	Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓				\$400.000 para contratación de asesorías. \$1.500.00 para contratación de asesorías especializadas en temáticas.	2	3
Fondo de desarrollo de Ferias Libres	Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓	✓			-Para la línea de Crece y Reactiva el valor es de \$30.000.000 -Para la línea de Innova y Moderniza el valor es de \$30.000.000	2	1
Fortalecimiento de Asociaciones Gremiales	Incentivo no reembolsable	✓	✓	✓	✓				\$10.000.000 por asociación	2	1
Garantía Fogain Mujer	Garantía	✓	✓	✓	✓	✓			-Para microempresas: 5.000UF -Para pequeñas empresas: 12.000 UF	1	2
Garantía Fogain	Garantía	✓	✓	✓	✓	✓			Operaciones con plazo de hasta 60 meses: -Microempresas: hasta UF 5.000 -Pequeñas empresas: hasta UF 7.000 -Medianas empresas: hasta UF 9.000 Operaciones con plazo sobre 60 meses -Microempresas: hasta UF 5.000 -Pequeñas empresas: hasta UF 12.000 -Medianas empresas: hasta UF 18.000	1	2
Crédito Corfo MiPyme	Crédito	✓	✓	✓	✓	✓			1.000.000 UF (modalidad general y especial).	1	2

Instrumento	Tipo de Instrumento	Factibilidad de uso para establecer bosquetes o plantaciones según tamaño de la propiedad en hectáreas de riego básico						Monto máximo por usuario	Facilidad postulación*	Obs	Aplicación**	
		1	5	10	12	50-200	>200					Obs
								5.000 UF (modalidad etapas tempranas).				

*Facilidad de postulación: 1= Postulación directa, cumple requisitos y se adjudica; 2= Concurso entre todos los postulantes; 3= Postulación compleja.

**Aplicación directa a la forestación o reforestación orientada a la diversificación forestal : 1= no aplica directa ni indirectamente en la forestación o reforestación con especies forestales; 2= créditos, ya que el financiamiento es más sencillo de conseguir pero resulta poco accesible por sus intereses; 3= asistencia técnica o asesorías que podrían aportar indirectamente para la forestación/reforestación; 4= financiamiento para infraestructura o nuevas tecnologías que podrían beneficiar indirectamente a la forestación/reforestación con especies forestales; 5= incentivos económicos que pueden tener un impacto directo para la forestación/reforestación, pero su enfoque es más agrícola; 6= aplica directamente para la forestación/reforestación pero no indica qué especies son admisibles; 7= aplica directamente para la forestación/reforestación con cualquier especie.



APUNTE

Insectos defoliadores asociados a *Nothofagus obliqua*: Revisión de agentes y propuesta de pauta de evaluación.

Eduardo Molina Rademacher^{1*} ; Yasna Rojas Ponce¹ ; Sabine Müller-Using Wenzke¹ ; Bastienne Schlegel Heldt¹

¹ Instituto Forestal, sede Los Ríos. Valdivia, Chile. emolina@infor.cl; yrojas@infor.cl; smuller@infor.cl, bchlegel@infor.cl.

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2026.645>

Recibido: 07.10.2025; Aceptado 23.10.2025.

RESUMEN

Los insectos defoliadores son aquellos que se alimentan del follaje de los árboles, provocando su pérdida o caída prematura, lo que reduce la capacidad fotosintética de los árboles afectados, pudiendo ocasionar el debilitamiento y posterior muerte de estos. En el documento se identifica una serie de insectos de los tipos masticador, minador o esqueletizador pertenecientes a los órdenes lepidóptera, coleóptera e himenóptera, los que, en estado de larva o adulto, provocan daños al follaje de roble (*Nothofagus obliqua*). Finalmente se propone un método y una pauta de evaluación para evaluar de manera práctica y en terreno, el efecto de las defoliaciones por parte de insectos en árboles de roble.

Palabras clave: Insectos defoliadores, *Nothofagus obliqua*, evaluación de defoliación, sanidad forestal.

SUMMARY

Defoliating insects are those that feed on the foliage of trees, causing their loss or premature fall, which reduces the photosynthetic capacity of the affected trees, and can lead to their weakening and subsequent death. The document identifies several chewing, leaf-mining or skeletonizing insects, belonging to the orders Lepidoptera, Coleoptera and Hymenoptera, which in their larval or adult stage, cause damage to the foliage of oak trees (*Nothofagus obliqua*). Finally, a method and an evaluation guideline are proposed for practical, field-based assessment of the effect of insect defoliation on oak trees.

Key words: Defoliating insects, *Nothofagus obliqua*, defoliation assessment, forest health

INTRODUCCIÓN

La sanidad forestal es uno de los grandes problemas que enfrentan los bosques en el siglo XXI (Pérez *et al.*, 2024). Una de las categorías de insectos más importantes, que causan daños a los árboles, son los defoliadores (Elkinton & Roehrig, 2023). Estos son insectos que en alguno de sus estados de desarrollo se alimentan del follaje, buscando los nutrientes necesarios para crecer, completar su ciclo de vida, aparearse, dejar sus huevos y comenzar un nuevo ciclo (Lanfranco, 2010).

Los niveles poblacionales de una especie de insectos están determinados por la interacción entre su potencial reproductivo y la resistencia ambiental, que son los factores que reducen el incremento en los niveles poblacionales (Gara *et al.*, 1980). Las irrupciones poblacionales o brotes de defoliadores son eventos importantes en los bosques de todo el mundo y pueden producir patrones de mortalidad de árboles y dar lugar a cambios importantes en la composición de especies de árboles (Elkinton & Roehrig, 2023).

Se han desarrollado distintos métodos para evaluar la defoliación en los árboles, como la evaluación visual, el mapeo aéreo y el método de obtención de ramas. En la evaluación visual se asigna un porcentaje o categoría de defoliación a los árboles objetivos que fueron observados (Lakatos *et al.*, 2014). En el mapeo

aéreo, se observan los cambios en la estructura del bosque desde una ventanilla del avión, y se registran en un mapa (Magallón *et al.*, 2021) y, por último, el método de obtención de ramas, consiste en cortar ramas, a distintas alturas del árbol, para luego en laboratorio cuantificar los daños a nivel de hojas.

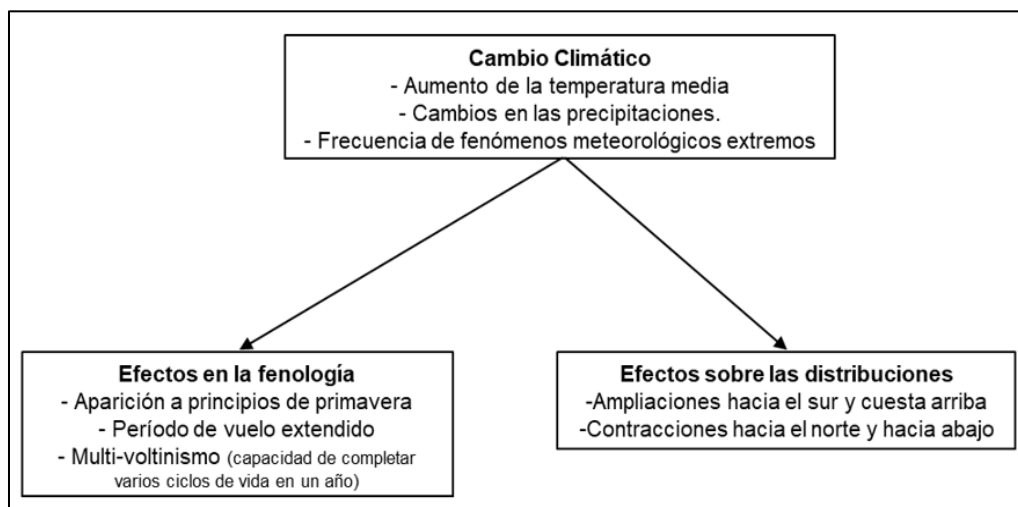
Diversos estudios han señalado que roble es un árbol hospedante de diversos insectos defoliadores (Bauerle *et al.*, 1997; Grandon, 1996; Lanfranco, 2010). En los últimos años se ha observado una mayor frecuencia de las defoliaciones en esta especie. Si estas defoliaciones aumentan su frecuencia y severidad, pueden afectar el crecimiento y la vitalidad de los árboles, llegando en casos extremos a provocar su muerte.

El presente documento recopila antecedentes bibliográficos sobre los insectos defoliadores que se asocian a roble y propone un método para su evaluación, el cual fue validado por expertos.

PLAGAS FORESTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO

Hughes (2000) señala que el cambio climático provocará un aumento en la temperatura media, una disminución y concentración en las precipitaciones y un aumento en la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos. En Chile, particularmente en la zona central y sur, se proyecta que la reducción de las precipitaciones junto con un incremento moderado de las temperaturas tendría un impacto negativo en el crecimiento del roble (Urrutia *et al.*, 2020).

Estos cambios tendrán efectos tanto en la biología como en la distribución geográfica de los insectos (Figura 1). El aumento de las temperaturas afecta a los distintos estadios de su metamorfosis. Las mayores temperaturas de verano, influyen de manera positiva en el desarrollo y reproducción de estos organismos. Mientras que el aumento en la temperatura durante los meses de invierno, trae como resultado un aumento en la sobrevivencia de los estadios larvales (Trejo *et al.*, 2021).



(Fuente: adaptado de Hughes, 2000).

Figura 1. Influencia del cambio climático en las plagas forestales

TIPIFICACIÓN DE DAÑO

El tipo de daño que causan los insectos defoliadores depende de la forma en que estos se alimentan del follaje de los árboles. En un mismo árbol se puede encontrar daño causado por distintos tipos de insectos, los que pueden clasificarse en: esqueletizadores, masticadores y minadores (Gara *et al.*, 1980) (Figura 2).

De acuerdo con Bauerle *et al.* (1997), el tipo de daño que predomina en roble es causado por insectos masticadores.

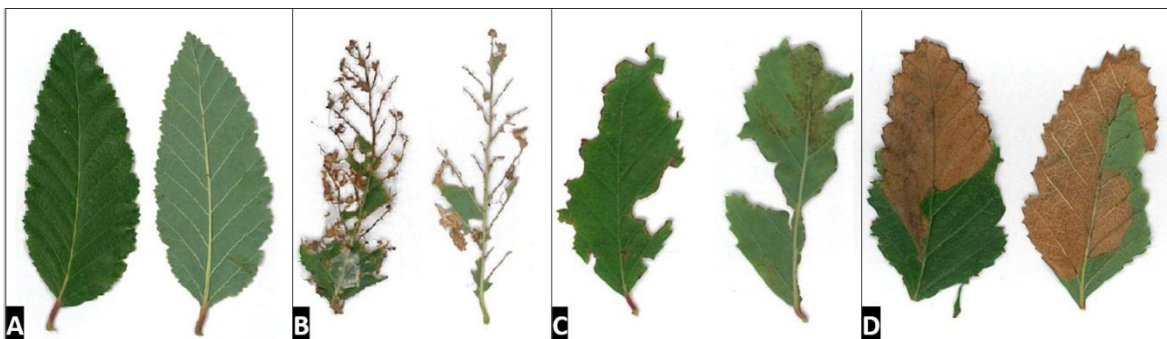


Figura 2. Tipos de daño causados por insectos defoliadores: (A) Hoja sana; (B) hoja atacada por insectos esqueletizadores; (C) hoja atacada por insectos masticadores; y (D) hoja atacada por insectos minadores.

- *Esqueletizadores*

Son insectos que se alimentan de los tejidos blandos de las hojas, dejando solo la nervadura principal y en algunos casos también las secundarias (Lanfranco, 2010) (Figura 2B).

- *Masticadores*

Son insectos que se alimentan de todos los tejidos de la hoja incluyendo la nervadura, por lo que consumen toda la hoja o la mayor parte de ella (Lanfranco, 2010) (Figura 2C).

- *Minadores*

Son insectos pequeños que consumen el tejido foliar entre la cutícula superior e inferior, respetando las capas epidérmicas y la nervadura principal de la hoja (Lanfranco, 2010) (Figura 2D).

Dentro de los minadores existen los enrolladores y juntadores de hojas, que como su nombre lo dice, son insectos que enrollan o juntan las hojas pero que se alimentan como minadores o masticadores (Lanfranco, 2010; Cerda & Angulo, 2002).

Síntomas y Signos

El ataque de insectos defoliadores se puede reconocer por los siguientes síntomas: pérdida acumulativa del follaje, observación de clorosis progresiva, presencia de follaje con perforaciones, masticaduras parciales o totales, esqueletización y minaduras de las hojas. Como signos del ataque, se pueden observar: presencia de restos de insectos y/o posturas de huevos, exuvias larvales, cámaras púlpales, restos de seda y presencia de fecas (Lanfranco, 2010).

IMPACTO DE LOS INSECTOS DEFOLIADORES

La pérdida de follaje conlleva una disminución de la fotosíntesis, lo cual se traduce en una reducción del crecimiento de los árboles, la alteración de la transpiración y la translocación de alimentos, así como el debilitamiento de los árboles afectados (Cerda & Angulo 2002; Lanfranco, 2010; Gara *et al.*, 1980). Aunque las defoliaciones pueden causar mortalidad en los árboles afectados, esto a menudo ocurre de manera indirecta, ya que la defoliación aumenta la susceptibilidad de los árboles a insectos secundarios y enfermedades Elkinton & Roehrig (2023).

El impacto que pueden tener las defoliaciones varía según la época del año en que estas se producen; son más graves las de primavera, ya que los árboles se encuentran con una baja reserva alimenticia después de haber desarrollado las nuevas hojas. En comparación con las coníferas, las especies latifoliadas resultan ser más resistentes a las defoliaciones, debido a que pueden almacenar más reservas, pueden rebrotar más rápido y muchas de ellas son caducifolias. (Cerde & Angulo 2002; Gara *et al.*, 1980).

INSECTOS DEFOLIADORES ASOCIADOS A ROBLE

La bibliografía consultada indica una diversidad de 33 especies de insectos asociadas a defoliación de roble; 16 pertenecen a la orden lepidóptera, 14 a coleóptera, 2 a himenóptera y 1 a ortóptera (**Cuadro 1**).

Cuadro 1. Insectos defoliadores que se alimentan del follaje de roble.

Orden	Familia	Nombre Científico	Estado que provoca el daño
	<i>Buprestidae</i>	<i>Epistomentis pictus</i>	Adulto
	<i>Chrysomelidae</i>	<i>Hornius grandis</i>	Larva
		<i>Aegorhinus nodipennis</i>	Adulto
	<i>Curculionidae</i>	<i>Aegorhinus vitulus</i>	Adulto
		<i>Alastropolus strumosus</i>	Adulto
		<i>Apion chilense</i>	Larva
<i>Coleoptera</i>		<i>Brachysternus prasinus</i>	Adulto
		<i>Brachysternus viridus</i>	Adulto
		<i>Hylamorpha elegans</i>	Adulto
	<i>Scarabaeidae</i>	<i>Phytholaema mutabilis</i>	Adulto
		<i>Sericoides germaini</i>	Adulto
		<i>Modialis prassinella</i>	Sin información
		<i>Phytholaema hermanni</i>	Adulto
		<i>Phytholaema mutabilis</i>	Adulto
<i>Hymenoptera</i>	<i>Pergidae</i>	<i>Cerospastus volupis</i>	Larva
	<i>Tenthredinidae</i>	<i>Notofenusa surosa</i>	Larva
		<i>Omaguacua longibursae</i>	Larva
	<i>Geometridae</i>	<i>Eugorena Valdiviana</i>	Sin información
		<i>Larentinae sp.</i>	Sin información
		<i>Doina clarke</i>	Larva
	<i>Depressariidae</i>	<i>Perzelia spp.</i>	Larva
	<i>Lasiocampidae</i>	<i>Macromphalia dedecora</i>	Larva
		<i>Macromphalia ancilla</i>	Larva
<i>Lepidoptera</i>		<i>Ormiscodes amphimone</i>	Larva
		<i>Ormiscodes cinnamomea</i>	Larva
	<i>Saturniidae</i>	<i>Ormiscodes marginata</i>	Larva
		<i>Ormiscodes nigrosignata</i>	Larva
		<i>Polythyzana cinerascens</i>	Larva
		<i>Polythyzana rubrescens</i>	Larva
		<i>Heterobathmia diffusa</i>	Larva
	<i>Heterobathmiidae</i>	<i>Heterobathmia pseuderiocrania</i>	Larva
	<i>Noctuidae</i>	<i>Pseudaletia unipuncta</i>	Larva
<i>Orthoptera</i>	<i>Tettigoniidae</i>	<i>Coniungoptera nothofagi</i>	ninfa-adulta

(Fuente: Elaboración propia en base a lo publicado por Bauerle *et al.*, 1997; Briones *et al.*, 2012; Cerda & Angulo, 2002; Cerda, *et al.*, 1998; Gara *et al.*, 1980, CONAF, 2008; Grandon, 1996; Lanfranco, 2010).

PROPUESTA DE EVALUACIÓN DE ÁRBOLES AFECTADOS POR DEFOLIACIÓN

Evaluar la defoliación permite hacer un seguimiento de este fenómeno, lo que facilitara determinar si es necesario implementar medidas de control. Se recomienda que la evaluación, independiente de su origen, se realice de manera visual (Bussotti *et al.*, 2024; Meining *et al.*, 2007), así se puede contar con una apreciación directa y rápida del estado del follaje. Para esto se debe observar la copa de cada árbol desde varias direcciones (Eichorn & Roskmans, 2013), para finalmente asignar una categoría de defoliación en lo que se conoce como copa evaluable.

Copa Evaluable

El análisis del estado del follaje debe considerar la copa presente en el momento de la visita al bosque, independiente de la copa potencial o teórica que pueda haber existido en temporadas anteriores. Por tal razón, la evaluación se realiza solo en la "Copa evaluable", la cual comienza desde la primera rama viva, hasta la punta del árbol (Lakatos *et al.*, 2014; Eichhorn & Roskmans, 2013; Meining *et al.*, 2007) y no considera las ramas inferiores secas que puedan haber muerto por poda natural (Figura 3).



Figura 3. Copa Evaluable de un árbol de roble.

Categorías de Defoliación

El método de evaluación visual consiste en inspeccionar cada árbol y estimar un porcentaje de defoliación en relación con la cantidad total de follaje que debiera tener (árbol de referencia) y asignar, al árbol, una categoría de defoliación, la cual va de 0% a 100% (Cuadro 2). En caso de ser necesario se deben utilizar binoculares para poder observar de mejor manera la copa del árbol.



Lakatos *et al.* (2014), propusieron un método de evaluación visual de defoliación, que sirva para estandarizar el monitoreo de la salud de los árboles y facilitar la comparación de datos. Para el caso de

roble, se utilizarán las primeras 4 categorías de defoliación propuestas por los autores, excluyendo la categoría de árbol muerto, debido a que la muerte de un árbol no se puede atribuir a la defoliación del año de estudio. Una descripción detallada con imagen de referencia se presenta en los **Cuadros 2 y 3**.

Cuadro 2. Categorías utilizadas para evaluar la defoliación en roble.

Categorías de Defoliación	Porcentaje de Defoliación (%)	Nombre de la Categoría
0	0-10	Árbol sano
1	11-25	Defoliación Leve
2	26-60	Defoliación Moderada
3	61-100	Defoliación Severa

Cuadro 3. Descripción de las categorías de defoliación.

Categoría	Descripción	Imagen
Árbol Sano (0 - 10%)	En esta categoría, se aprecia a simple vista que los árboles conservan su follaje, en el cual no es posible observar daño, a no ser que se esté muy cerca de él.	
Defoliación Leve (11 - 25%)	El árbol conserva gran parte de su follaje, presentando una leve defoliación y/o decoloración. Si bien el árbol conserva una apariencia sana, la defoliación se puede notar. Las copas presentan zonas con follaje poco denso y/o también se presenta una pérdida del color verde del follaje.	

<p>Defoliación Moderada (26 – 60%)</p>	<p>La defoliación es significativa y se hace evidente. El árbol ya no presenta una apariencia sana. El follaje se ve menos denso que en la categoría anterior y las zonas con defoliación y/o decoloración de follaje se hacen más evidentes.</p>	
<p>Defoliación Severa (61 - 100%)</p>	<p>La defoliación es evidente y se puede apreciar claramente que el árbol ha perdido más de la mitad de su follaje, pudiendo presentar una defoliación y/o decoloración en gran parte o en el total de su copa. Si bien la apariencia no es de un árbol sano, este aún se mantiene vivo y no hay desprendimiento de corteza.</p>	

Verificación del Daño

Debido a que la defoliación es un indicador inespecífico (Bussotti *et al.*, 2024), que puede ser causada tanto por agentes bióticos como abióticos, es necesario observar ramas de cerca para realizar un muestreo de daños y cerciorarse que corresponde a la acción de insectos. Para este efecto se debe tomar una muestra de ramillas y analizar el daño presente en el follaje, corroborando así si la defoliación fue producida por la acción de insectos esqueletizadores, masticadores y/o minadores.

Métricas para Caracterizar el Rodal

Para caracterizar la defoliación de los árboles de roble se propone establecer 3 parcelas circulares de 500 m² (radio de 12,62 m), siguiendo el método señalado por Martin (2009). Se utilizarán los conceptos de incidencia e intensidad de ataque, los que han sido ampliamente utilizados en diversos estudios fitosanitarios (Cooke, 2006). Como Incidencia (I) se entiende a la cantidad de árboles atacados con respecto a la totalidad de los árboles muestreados; y como Severidad (S) a la proporción de daño que se presenta a nivel de rodal. Estos parámetros se calculan con las fórmulas de las expresiones [1] y [2]).

$$I = (N^\circ \text{ de árboles afectados} / N^\circ \text{ árboles muestreados}) \times 100 \quad [1]$$

$$S = (\sum(n \times v) / N(v-1)) \times 100 \quad [2]$$

Donde:

n: número de árboles por categoría de defoliación.

v: categorías de defoliación.

N: número total de árboles.

V: número total de categorías de defoliación.

CONCLUSIONES

Se registro un total de 33 insectos defoliadores asociados a roble, los cuales pertenecen principalmente a los órdenes de lepidóptera, coleóptera, himenóptera y ortóptera, demostrándose que roble se encuentra bajo presión de una gran abundancia y diversidad de especies de insectos.

Considerando que el cambio climático tendrá un impacto tanto en la distribución como en la biología de los insectos, se hace necesario contar con herramientas que permitan evaluar y monitorear de manera práctica los efectos de las plagas en los ecosistemas forestales. Para este propósito, la pauta propuesta constituye una herramienta practica y estandarizada para evaluar la defoliación en roble, permitiendo determinar la necesidad de tomar medidas de control, que deben ser exploradas a través de la silvicultura.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dra. Cecilia Ruiz y al Dr. Cristian Montalva, por facilitar literatura para la revisión bibliográfica y resolver dudas con relación a agentes identificados.

REFERENCIAS

- Bauerle, P., Rutherford, P. & Lanfranco, D. (1997).** Defoliadores de roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*N. alpina*), coigüe (*N. dombeyi*) y lenga (*N. pumilio*). *Bosque*, 18(2): 97-107. <https://doi.org/10.4206/bosque.1997.v18n2-11>
- Briones, R., Gárate, F. & Jerez, V. (2012).** Insectos de Chile nativos, introducidos y con problemas de conservación: Guía de Campo. Corporación Chilena de la Madera.
- Bussotti, F., Potočić, N., Timmermann, V., Lehmann, M. & Pollastrini, M. (2024).** Tree crown defoliation in forest monitoring: Concepts, findings and new perspectives for a physiological approach in the face of climate change. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 97(2): 194-212. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpad066>
- Cerda, L. & Angulo, A. (2002).** Insectos asociados a bosques del centro sur de Chile. En: Baldini, A. & Pancel, L. (Eds.), *Agentes de daño en el bosque nativo*. Editorial Universitaria. Santiago. Pp: 201-268.
- Cerda, L., González, G. & Angulo, A. (1998).** Informe Final Proyecto: Estudio de la Sanidad y Perdidas Producidas por Daños en el Tipo Forestal Roble-Raulí-Coigüe.
- Cooke, B. (2006).** Disease assessment and yield loss. En: Cooke, B., Jones, G. & Kaye, B. (Eds.). *The Epidemiology of Plant Diseases*. 2nd ed. Springer. Pp: 43-80. https://doi.org/10.1007/1-4020-4581-6_2
- CONAF. (2008).** Manual de plagas y enfermedades del bosque nativo de Chile: asistencia para la recuperación y revitalización de los bosques templados de Chile, con énfasis en los *Nothofagus* caducifolios. FAO, CONAF 1a. Ed. Santiago.
- Eichhorn, J. & Roskams, P. (2013).** Assessment of tree condition. En: Ferrett, M. & Fischer, R. (Eds.), *Forest monitoring: Methods for terrestrial investigations in Europe with an overview of North America and Asia* Elsevier. Pp: 139–167. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-098222-9.00008-X>

- Elkinton, J. & Roehrig, A. (2023).** Foliage Feeders. En: Allison, J., Paine, T., Slippers, B. & Wingfield, M. (Eds.). Forest Entomology and Pathology, Vol. 1. Pp: 237–298. Springer https://doi.org/10.1007/978-3-031-11553-0_9.
- Gara, R., Cerda, L. & Donoso, M. (1980).** Manual de entomología forestal. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Grandón, F. (1996).** Análisis fitosanitario de los Nothofagus de Chile, desde el punto de vista entomológico. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales.
- Hughes, L. (2000).** Biological consequences of global warming: Is the signal already apparent? – Trends in Ecology and Evolution, 15. Pp: 56–61. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(99\)01764-4](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(99)01764-4)
- Lakatos, F., Mirtchev, S., Mehmeti, A. & Shabanaj, H. (2014).** Manual for visual assessment of forest crown condition. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Pristina. 17 p.
- Lanfranco, D. (2010).** Insectos defoliadores y sus efectos sobre los sistemas forestales presentes en Chile. En: Lanfranco, D. & Ruiz, C. (Eds.). Entomología Forestal en Chile. Ediciones Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. Pp:181-197
- Magallón, C., Ávila, M. & Plascencia, A. (2021).** Monitoreo de plagas en bosques naturales mediante mapeo aéreo. En: Cibrián, D. (Ed.). Fundamentos para el Manejo Integrado de Plagas Forestales (MIPF). Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México. Pp: 137-148.
- Martin, M. (2009).** Inventario de los ecosistemas forestales. Manual de operaciones en terreno. Santiago, Chile: INFOR. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/17358>
- Meining, S. (2007).** Waldbäume. Bilderserie zur Einschätzung von Kronenverlichtungen bei Waldbäumen. Kassel: Printec Offset medienhaus. Germany. 126 p.
- Pérez, J., Mesas, J. & Navarro, R. (2024).** Google Earth Engine aplicado a ciencias forestales. En: Navarro, R., González, P., Varo, M. & Ariza, A. (Eds.). Geociencias aplicadas a la gestión forestal. Editorial Universidad de Córdoba. Pp: 189-220.
- Trejo, O., Gómez-Pineda, E. & Sáenz-Romero, C. (2021).** Cambio Climático y Salud Forestal. En: Cibrián, D. (Ed.), Fundamentos para el Manejo Integrado de Plagas Forestales (MIPF). Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México. Pp: 301-314.
- Urrutia Jalabert, R. & Rojas Ponce, Y. (2020).** Influencia del Clima Sobre el Crecimiento de Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) y Resiliencia de la Especie Frente a las Sequías en el Centro-Sur de Chile. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 232. 21 p.



OPINION

Mitos y Realidades de la Dinámica del Bosque Nativo en Chile: Cuatro Eventos Históricos y la Evidencia Actual.

Roberto Ipinza Carmona¹ ; Alicia Ortega Zúñiga² & Fernando Muñoz Sáez³.

¹ Instituto Forestal, sede Los Ríos. Valdivia, Chile. roberto.ipinza@infor.cl

² Ex académica Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. aortega@uach.cl

³ Ex académico Universidad de Concepción. Concepción, Chile. fernandomunoz2007@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2026.658>

Recibido: 06.03.2026; Aceptado: 09.03.2026

RESUMEN

Se presenta un análisis de la dinámica histórica y actual del bosque nativo en Chile, para desterrar o contrarrestar ciertas narrativas catastrofistas que prevalecen en la opinión pública y en algunos sectores de la toma de decisiones. Mediante la revisión de cuatro hitos documentales de la historia forestal de Chile: (i) el periodo Pre-Haig dominado por los incendios forestales, por el ciclo del trigo y la minería; (ii) el inventario de la Misión Haig de 1946; (iii) el diagnóstico industrial del Informe Hartman de 1956; y (iv) el polémico modelo predictivo del Banco Central de Chile de 1995, se demuestra la invalidez de la tesis de desaparición del recurso forestal. El análisis integró también los conceptos de "*Fatal Arrogancia*" de Friedrich Hayek, "*Batalla Cultural*" de Agustín Laje y "*Ecomitos*" de Víctor Resco de Dios. Se concluye que las proyecciones de colapso ecológico emanadas en la década de 1990, fallaron por ignorar la capacidad de adaptación de los agentes privados, la innovación tecnológica representada por las plantaciones forestales y la resiliencia biológica del bosque nativo. La evidencia actual, respaldada por inventarios y catastros, confirma una estabilización y recuperación de la superficie boscosa, validando la necesidad de transitar desde un conservacionismo pasivo hacia un manejo forestal activo y libre de distorsiones ideológicas.

Palabras clave: historia forestal, bosque nativo, batalla cultural.

SUMMARY

An analysis is presented of the historical and current dynamics of native forests in Chile in order to dispel or counter certain catastrophist narratives that prevail in public opinion and in some spheres of decision-making. Through a review of four documentary milestones in Chile's forestry history—(i) the pre-Haig period, dominated by forest fires and by the wheat and mining cycles; (ii) the 1946 inventory conducted by the Haig Mission; (iii) the industrial assessment contained in the 1956 Hartman Report; and (iv) the controversial predictive model of the Central Bank of Chile from 1995—the invalidity of the thesis predicting the disappearance of the forest resource is demonstrated. The analysis also incorporates the concepts of "Fatal Arrogance" proposed by Friedrich Hayek, "Cultural Battle" by Agustín Laje, and "Ecomyths" by Víctor Resco de Dios. It is concluded that the projections of ecological collapse produced in the 1990s failed because they overlooked the adaptive capacity of private agents, the technological innovation represented by forest plantations, and the biological resilience of native forests. Current evidence, supported by forest inventories and cadastral surveys, confirms a stabilization and recovery of forest area, thereby validating the need to move from passive conservationism toward active forest management free from ideological distortions.

Key words: forest history, native forest, cultural battle.

INTRODUCCIÓN

La Batalla Cultural por el Paisaje Chileno

En la historia ambiental y económica de Chile, el bosque nativo ha ocupado un lugar central, no solo como un recurso físico tangible, sino como un objeto de disputa simbólica y política. Desde los albores de la República, cuando el bosque era visto como un obstáculo para la civilización que debía ser removido mediante el fuego para dar paso al trigo, hasta la actualidad, donde se le venera como un santuario intocable bajo la influencia de lo que [Resco de Dios \(2024\)](#) denomina ecomitos (mitos ecológicos), la percepción del bosque ha oscilado pendularmente entre el utilitarismo extremo y el conservacionismo paralizante. Este artículo se posiciona en una tercera vía: la del realismo técnico y la evidencia histórica, dirigida a propietarios y profesionales que requieren herramientas intelectuales para navegar un debate cada vez más polarizado.

La tesis central que articula este trabajo es que la narrativa predominante sobre la "desaparición inminente" del bosque nativo chileno es una construcción ideológica falaz, sustentada en datos mal interpretados, proyecciones lineales erróneas y una profunda incomprensión de los procesos dinámicos de la naturaleza y la economía. Para sostener esta tesis, no basta con presentar cifras actuales; es imperativo realizar una arqueología del conocimiento forestal chileno, revisando los documentos fundacionales que han moldeado nuestra comprensión del territorio.

El análisis se nutre de la visión plasmada en las "*Crónicas del Alma Verde de Chile, 1541 al 1974*" ([Ipinza, 2025](#)), donde se indica que no se puede sanar una herida sin conocer su historia, y que juzgar el pasado con la moral del presente es un anacronismo estéril. La obra (*op. cit.*) invita a mirar el bosque no como una foto estática, sino como una película donde la intervención humana ha sido una constante transformadora, a veces destructiva, pero también capaz de rectificación. Del mismo modo, [Araya \(2020\)](#) provee el marco cuantitativo de largo plazo necesario para desmentir el pesimismo, demostrando mediante la comparación de catastros, que la superficie de bosque nativo no solo no ha desaparecido, sino que ha mostrado una resiliencia sorprendente.

El componente más innovador de este análisis radica en la incorporación de herramientas conceptuales, como la noción de la "Batalla Cultural" de [Laje \(2022\)](#), para explicar cómo el ecologismo radical ha hegemonizado el discurso público, convirtiendo la gestión forestal en un campo de batalla donde la verdad técnica es subordinada a objetivos políticos de control social y descrédito de la propiedad privada. En este contexto, el bosque nativo deja de ser un activo biológico para convertirse en un arma discursiva contra el modelo de desarrollo.

Complementariamente, se aplica el concepto de "Fatal Arrogancia" de [Hayek \(1990\)](#) para diseccionar el fracaso intelectual de las predicciones catastrofistas, específicamente el informe del Banco Central de Chile de 1995. Este informe es presentado aquí como un caso de estudio de manual sobre los errores de la planificación centralizada: la pretensión de burócratas y académicos de modelar el futuro de un sistema complejo a décadas plazo, asumiendo variables estáticas y despreciando el "conocimiento disperso" y la capacidad de adaptación de los agentes o propietarios. Al igual que los planificadores socialistas criticados por [Hayek \(1990\)](#), los autores de dicho informe creyeron poseer una información total que, en realidad, era parcial y defectuosa, llevando a conclusiones que el tiempo se ha encargado de refutar categóricamente.

Finalmente, el concepto de ecomitos de [Resco de Dios \(2024\)](#) permite categorizar y desarmar las creencias populares que obstaculizan el manejo forestal sostenible, tales como la idea de que "tocar el bosque es destruirlo" o que "las plantaciones son desiertos verdes". La evidencia de [Prado \(2015\)](#) sobre el rol de las plantaciones como escudo protector del bosque nativo será crucial para desarticular estos mitos.

Este artículo no busca ser una defensa corporativa, sino un ejercicio de higiene intelectual. Al contrastar los hitos de 1946, 1956 y 1995 con la realidad de 2024, se pretende empoderar a los actores del sector forestal con argumentos sólidos, basados en la mejor ciencia y estadística disponible, para recuperar la racionalidad en la gestión de nuestro patrimonio natural.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y ANÁLISIS DE CUATRO EVENTOS HISTÓRICOS

La comprensión de la situación actual del bosque nativo chileno es imposible sin un análisis riguroso de su trayectoria histórica. La narrativa de la destrucción actual a menudo ignora que los mayores impactos sobre la cobertura forestal ocurrieron mucho antes de la existencia de la industria forestal moderna. A continuación, se describe cuatro momentos clave que definen la evolución del recurso.

I. El Periodo Pre-Haig: La Construcción del Paisaje a través del Fuego y el Hacha

Antes de 1944, Chile carecía de un inventario forestal sistemático, pero los registros históricos y las crónicas recopiladas por Ipinza (2025) y Elizalde (1970) pintan un cuadro de transformación radical del paisaje, impulsada por fuerzas económicas y políticas que veían en el bosque un enemigo del progreso.

- *El Ciclo del Trigo y la Colonización: El Bosque como Obstáculo*

Durante el siglo XIX y principios del XX, la política de Estado chilena estuvo orientada a la colonización del sur y la expansión de la frontera agrícola. El bosque, lejos de ser un recurso a conservar, era considerado un estorbo que impedía la civilización y la agricultura.

Ipinza (2025) documenta cómo la demanda internacional de trigo, impulsada por las fiebres del oro en California y Australia a mediados del siglo XIX, generó un incentivo perverso para la destrucción masiva de la cubierta arbórea. La provincia de Malleco, conocida posteriormente como el granero de Chile, fue el epicentro de esta transformación. El método utilizado no fue la cosecha maderera, sino el roce a fuego.

Elizalde (1970), en su obra "*La Sobrevivencia de Chile*", describe con dramatismo cómo millones de hectáreas fueron incendiadas deliberadamente. El fuego abría el paso a la civilización, era la consigna implícita. Las leyes de colonización exigían el despeje de tierras para otorgar títulos de dominio, institucionalizando así la deforestación. Se estima que en este periodo se perdieron más bosques que en cualquier otro momento de la historia de Chile, no por la industria maderera, sino por la agricultura extensiva. Los suelos, ricos en materia orgánica acumulada durante siglos, entregaron rendimientos trigueros excepcionales por unas pocas décadas, para luego sucumbir a la erosión, como bien poetizó Pablo Neruda en su "*Oda a la erosión en la provincia de Malleco*".

- *La Minería y la Devastación del Bosque Esclerófilo y Espinoso*

Paralelamente, en la zona centro y norte del país, la minería del cobre, la plata y el oro ejercía una presión insostenible sobre la vegetación. Antes de la era del carbón de piedra y la hidroelectricidad, la leña y el carbón vegetal eran la única fuente de energía térmica e industrial.

Ipinza (2025) detalla cómo la introducción de los hornos de reverbero en la década de 1830 marcó un punto de inflexión. Estos hornos, necesarios para la fundición de minerales, eran devoradores insaciables de biomasa, de modo que el espino (*Acacia caven*) y el algarrobo (*Prosopis chilensis*) fueron convertidos en carbón para alimentar las fundiciones que sostenían la economía de la joven república. Sumado a lo anterior, la Ordenanza de Minería de la época permitía a los mineros el denuncia de bosques, otorgándoles derechos casi ilimitados para talar la vegetación circundante a sus faenas. El resultado de tales situaciones fue la virtual desaparición de los bosques densos en las regiones de Atacama y Coquimbo. Consecuentemente, lo que hoy percibimos como un paisaje semiárido o desértico en el norte chico es, en parte, un paisaje antropogénico, resultado de una deforestación energética masiva que ocurrió hace más de un siglo.

- *Intentos Legislativos Fallidos*

Es importante notar, como señala Ipinza (2025), que hubo voces de alerta. La Ley de Bosques de 1872 intentó regular las cortas, pero fue letra muerta ante la fuerza de la minería y la agricultura y la falta de capacidad fiscalizadora. No fue hasta la Ley de Bosques de 1931 (Decreto Supremo N° 4.363) que se

estableció la base de una institucionalidad forestal y se creó los primeros incentivos para la forestación, reconociendo por primera vez el problema de la erosión y la necesidad de proteger los suelos.

- *Conclusión del Periodo*

La deuda histórica del bosque nativo chileno se generó principalmente en este periodo Pre-Haig. La destrucción fue estatal (colonización) y agrícola-minera. Entender esto es crucial para desmontar el actual ecomito (mito ecológico) que culpa a la industria forestal moderna de la pérdida de superficie histórica.

II. La Misión Haig (1946): El Primer Diagnóstico Técnico y la Realidad de Posguerra

En el contexto de la Segunda Guerra Mundial y la posguerra, la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), creada en 1939 para impulsar la industrialización nacional, identificó la necesidad de cuantificar los recursos naturales del país. Así nació la "Misión Haig", una colaboración entre CORFO y el Servicio Forestal de los Estados Unidos (USDA Forest Service), liderada por Irvine T. Haig (Haig *et al.*, 1946).

- *Metodología Revolucionaria: El Sistema Trimetrogón*

La Misión Haig representó un salto cuántico en la tecnología de inventario. Por primera vez en Chile, se utilizó la fotografía aérea extensiva mediante el sistema Trimetrogón (Haig *et al.*, 1946). Este sistema, desarrollado durante la guerra para reconocimiento aéreo, utilizaba tres cámaras (una vertical y dos oblicuas) para cubrir grandes extensiones de terreno de manera rápida y eficiente.

Araya (2020) destaca que este vuelo Aero fotogramétrico de 1944 (publicado en 1946) constituye la línea base técnica indiscutible para cualquier análisis serio de la evolución forestal chilena. Antes de esto solo había estimaciones y crónicas; con Haig, hubo información cuantitativa. Aunque, también es necesario reconocer que ya en la década de 1920, se destacaba la vasta superficie forestal que poseía el país, calculada en no menos de 15 millones de hectáreas (Maldonado, 1925).

- *Las Cifras de Haig: 16 Millones de Hectáreas y su Interpretación*

El informe *Forest Resources of Chile* (Haig *et al.*, 1946) reportó una superficie bruta de terrenos forestales de 16.090.000 hectáreas, cifra que representa el 22% de la superficie nacional de la época. Sin embargo, el análisis desglosado de los datos revela que solo una fracción constituía bosque comercial real: Haig documentó que la densidad del recurso variaba drásticamente, identificando vastas extensiones de *woodlands* con volúmenes inferiores a los estándares industriales. Esta cifra de 16 millones es frecuentemente malinterpretada como un *stock* homogéneo de bosque virgen, ignorando que incluía millones de hectáreas de matorrales y zonas de protección en altas cumbres sin aptitud productiva. La comparación directa de esta cifra con los 15 millones actuales es técnicamente inconsistente sin aplicar factores de corrección por calidad de sitio. Prado (2015) y Araya (2020), llegan a conclusiones similares. Además, Haig *et al.* (1946) documentaron vastas áreas de bosques quemados y degradados, herencia directa del periodo de colonización descrito anteriormente.

- *Diagnóstico del Estado del Recurso*

La Misión Haig no encontró una selva virgen intacta esperando ser cosechada. Encontró un recurso que, aunque abundante en volumen total, sufría de graves problemas de calidad y accesibilidad.

- El informe señaló que los incendios seguían siendo la principal causa de destrucción, superando con creces a la extracción industrial.
- Se reportó que gran parte del volumen de madera se perdía debido a tecnologías de cosecha y aserrío primitivas.
- El estudio intentó balancear las tasas de crecimiento con las de agotamiento (*depletion*), advirtiendo que, en las zonas accesibles, la extracción y el fuego superaban la capacidad de regeneración natural del bosque de especies nobles como el roble y el raulí.

En síntesis, la Misión Haig desmitificó la idea de la inagotabilidad del bosque chileno y puso sobre la mesa la urgencia de un manejo técnico. Estableció que el problema no era la falta de árboles, sino la falta de gestión, infraestructura y protección contra el fuego.

III. Informe Hartman (1956): La Irrracionalidad Industrial y el Desperdicio

Una década después de Haig, la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) envió a Chile, con apoyo de CORFO, una misión técnica para evaluar específicamente el estado de la industria forestal y las posibilidades de desarrollo. El informe resultante, elaborado por Lars A. Hartman y publicado en junio de 1956, es un documento lapidario sobre la ineficiencia económica y ecológica que caracterizaba al sector en esa época.

- *El Diagnóstico de la Destrucción Activa*

Hartman (1956) documenta con una mirada pragmática e industrial, una situación de destrucción activa y desperdicio masivo. Su informe no se basó en modelos teóricos, sino en observaciones de campo detalladas y evidencia fotográfica.

- Confirma que los incendios seguían siendo el enemigo número uno. El informe documenta visualmente bosques destruidos por el fuego en lugares específicos como Quitaluto (Corral) y al sur de Valdivia. Estos incendios no eran accidentes naturales, sino herramientas de habilitación de terrenos o negligencia criminal.
- Describe prácticas de exceso de explotación en zonas accesibles, como al este de Valdivia. La industria operaba con una lógica minera: extraer lo mejor y abandonar el resto.
- Identifica a los aserraderos portátiles como agentes de destrucción. En la ribera norte del Lago Riñihue, observó cómo estas instalaciones precarias procesaban el bosque sin ningún criterio silvícola, dejando tras de sí un paisaje devastado y lleno de desechos.

- *Ineficiencia Tecnológica y Desperdicio*

Uno de los puntos más críticos del Informe Hartman (1956) fue el análisis del desperdicio de materia prima, reflejado en:

- El uso generalizado de herramientas primitivas (hacha) para el volteo y trozado generaba pérdidas inmensas de madera útil en forma de astillas y tocones altos.
- El abandono de troncos valiosos de raulí y otras especies en el bosque porque no cumplían con los estándares arbitrarios de los aserraderos rudimentarios o porque la maquinaria no podía procesarlos.
- El procesamiento de trozas de mala calidad o dimensiones inadecuadas, generaba rendimientos ínfimos de madera aserrada y producía enormes volúmenes de aserrín y despuntes que se quemaban o pudrían.

- *La Recomendación de Hartman: Racionalidad y Manejo*

Lejos de proponer la intangibilidad del bosque (como lo haría el ecologismo décadas después), Hartman (1956) abogó por la racionalización y la industrialización. Sus planteamientos consideraban:

- Una política forestal adecuada, basada en el principio del rendimiento sostenido.
- La modernización de la maquinaria (sierras de cinta en lugar de circulares gruesas) para reducir el desperdicio.
- El desarrollo de fabricación de casas e industrias químicas (celulosa) que pudieran aprovechar los desechos y la madera de menor calidad, dando valor económico a la totalidad del bosque y justificando así su protección.

En síntesis, el Informe Hartman (1956) revela que la crisis del bosque nativo en los años 50 no era por exceso de industria moderna, sino por falta de ella. Era la pobreza tecnológica y la ausencia de capital lo

que generaba la destrucción. Este diagnóstico valida la visión de que un bosque sin valor económico es un bosque en peligro.

IV. Informe del Banco Central (1995): El Paradigma de la Fatal Arrogancia

En 1995, en pleno auge del debate ambiental en Chile y *ad- portas* de la discusión sobre la Ley de Bosque Nativo, el Banco Central de Chile (1995) publicó un informe titulado "Proyecto de Cuentas Ambientales y Bosque Nativo" y luego Cloude (1997), publicó el informe "Cuentas ambientales: la Unidad de Cuentas Ambientales (UCA) del Banco Central de metodología de medición de recursos forestales en unidades físicas 1985-1996". Estos informes cambiarían la narrativa forestal para siempre y establecieron el punto de inflexión donde la técnica cede paso a la ideología y al catastrofismo modelado.

- *La Predicción del Colapso: 25 Años de Vida*

La conclusión principal del informe (Banco Central de Chile, 1995) fue un titular de prensa perfecto: el bosque nativo chileno se agotaría en un plazo de 20 a 25 años. Según este modelo, para el año 2020, las existencias comerciales de bosque nativo habrían desaparecido virtualmente.

Las hojas de balance físico del proyecto de Cuentas Ambientales proyectaron una degradación acelerada del activo natural. Para un escenario medio, el modelo calculó una caída del *stock* de apertura desde 7.766.000 hectáreas en 1985 a solo 6.977.000 hectáreas en 1994, implicando una pérdida neta de casi 800.000 hectáreas en menos de una década. Bajo esta dinámica de depreciación lineal, donde los flujos de sustitución y habilitación dominaban sistemáticamente sobre el crecimiento natural, la extinción comercial del recurso era una conclusión matemática inevitable del modelo, aunque empíricamente falsa, dado que extrapolaba tendencias de corto plazo (1985-1994) hacia un horizonte de 25 años sin corregir por la elasticidad de la oferta de madera de plantaciones.

- *Anatomía de un Error Intelectual: La Fatal Arrogancia*

Analizado bajo la luz de la teoría de Hayek (1990) en "La Fatal Arrogancia", el informe de Banco Central de Chile (1995) y el informe de Cloude (1997) constituye un ejemplo clásico sobre los errores del constructivismo socialista y la planificación centralizada.

- La Falacia del Determinismo en Sistemas Complejos: Los autores intentaron modelar un sistema biológico-social dinámico mediante ecuaciones lineales rígidas, ignorando los principios básicos de los Sistemas Complejos Adaptativos. Como señalan Martínez-Falero *et al.* (2014), la sostenibilidad forestal no puede predecirse sin considerar el comportamiento emergente que surge de la interacción de agentes o propietarios heterogéneos. El modelo del Banco Central carecía de componentes de Simulación Basada en Agentes (ABS), lo que les impidió prever la capacidad de adaptación de los propietarios (agentes) ante cambios de precios y tecnología. Al omitir los bucles de retroalimentación (*feedback loops*) descritos en la dinámica de sistemas, transformaron un problema de adaptación evolutiva en un simple ejercicio de agotamiento de *stock*, o, en otras palabras, usaron simplemente un enfoque minero.
- Proyecciones Lineales en un Mundo Dinámico: El error metodológico fundamental, criticado duramente por Corporación Nacional Forestal (1995a y 1995b) en su momento, fue la proyección lineal de tendencias pasadas. Asumieron que el consumo de leña y madera crecería al 5% anual *ad infinitum* y que las tasas de sustitución de 1985 se mantendrían constantes, ignorando que los precios, la tecnología y las regulaciones actúan como frenos y contrapesos.
- Ignorancia de la Innovación (Plantaciones): El modelo subestimó brutalmente el papel positivo de las plantaciones de pino y eucalipto. No previó que estas plantaciones absorberían la casi totalidad de la demanda industrial de madera, liberando de presión al bosque nativo. Fue una ceguera ante la sustitución de productos, un fenómeno clásico de mercado que los modelos maltusianos siempre ignoran.

- *La Crítica de CONAF*

La Corporación Nacional Forestal (CONAF, 1995a; 1995b) calificó las cifras como distorsionadas y al ejercicio en su conjunto como teórico preliminar. Argumentó que el informe utilizaba datos desactualizados de 1985 para proyectar la realidad de 1995, ignorando los cambios legales (Ley de Bases del Medio Ambiente) y la creación de nuevas áreas protegidas que ya habían cambiado la ecuación. Esto finalmente fue corroborado por un informe conjunto entre el Banco Central y CONAF (Banco Central de Chile & Corporación Nacional Forestal, 2001).

A pesar de sus fallas técnicas evidentes, el informe del Banco Central de Chile (1995) se convirtió en un mito fundacional para el ecologismo político chileno, que utilizó el informe como respaldo para impulsar una agenda de restricción de derechos de propiedad y manejo, bajo la premisa de una emergencia terminal que no ocurriría.

RESULTADOS PRÁCTICOS: CONTRASTACIÓN DE CIFRAS Y REFUTACIÓN DE LA TESIS DE DESAPARICIÓN

De acuerdo a Araya (2025), tras 30 años desde la predicción del Banco Central de Chile (1995) y más allá del horizonte temporal del supuesto colapso (2020), la evidencia empírica es clara y evidente: el bosque nativo no desapareció.

Contrastación de Cifras: La Estabilidad del Recurso

La información más reciente sobre la superficie nacional de recursos forestales (Sagardía *et al.*, 2025; Poblete *et al.*, 2025) y los análisis de Araya (2020) muestran una realidad radicalmente distinta a la proyectada por el Banco Central de Chile (1995):

- Chile mantiene una superficie de bosque nativo de 15.4892.121 hectáreas. Esto representa aproximadamente el 20,5% del territorio nacional y la segunda mayor formación vegetal después de praderas y matorrales.
- Lejos de la pérdida lineal proyectada para el periodo 1994-2020, la superficie se ha mantenido estable a nivel agregado. Si bien hubo pérdidas localizadas y sustitución hasta finales de los 90, también hubo recuperación significativa.
- La regeneración natural del bosque, sumada al abandono de tierras agrícolas marginales (que dejaron de ser rentables para el trigo) permitió que el bosque recuperara terrenos. Se estima que hay millones de hectáreas de renovals (bosque joven) que están recolonizando antiguos campos de cultivo.

El Cuadro 1 sintetiza el contraste entre la situación proyectada y real

Análisis de Causas: ¿Qué salvó al Bosque Nativo?

La supervivencia del bosque no fue un milagro, sino el resultado de dinámicas económicas y técnicas que los catastrofistas no comprendieron.

- Las plantaciones de especies exóticas (pino radiata y eucalipto) actuaron como un escudo protector (Prado, 2015). Al producir grandes volúmenes de madera en superficies reducidas y con turnos cortos, las plantaciones cubrieron la demanda de madera aserrada, tableros y celulosa que, de otro modo, habría tenido que salir del bosque nativo. En efecto, si Chile hubiera intentado abastecer su industria forestal actual solo con bosque nativo, la devastación habría sido real. Sin embargo, las plantaciones permitieron desacoplar el crecimiento económico del consumo de bosque natural.
- La migración campo-ciudad y la modernización de la agricultura concentraron la producción en los mejores suelos. Los suelos de aptitud forestal, que habían sido despejados a fuego en el siglo XIX, fueron abandonados por la agricultura de subsistencia, permitiendo la regeneración natural

- de los bosques (renovales) (Araya, 2020).
- Durante el gobierno de Frei Montalva se aumentó la superficie de áreas protegidas en un 254%. La creación del SNASPE (1984) y la posterior Ley de Bosque Nativo (2008), aunque perfectibles, crearon un marco legal que frenó la sustitución a gran escala (Araya, 2020).

Cuadro 1. Diferencia entre situación real actual del bosque nativo y la proyectada en el informe del Banco Central (1995).

Indicador	Proyección Banco Central (1995) para 2020	Realidad INFOR/CONAF (2020-2025)	Conclusión
Estado del Bosque	Agotamiento virtual (Extinción comercial)	Existencia de 15,4 millones de hectáreas	Predicción Fallida
Tendencia	Disminución acelerada y constante	Estabilidad con recuperación regional	Dinámica mal modelada
Causa Principal	Consumo industrial y Leña	Incendios y Degradación (no extracción)	Diagnóstico erróneo

DISCUSIÓN IDEOLÓGICA: ECOMITOS Y BATALLA CULTURAL EN EL SECTOR FORESTAL

Si los datos son tan claros y el bosque no desapareció, ¿por qué persiste la narrativa del desastre? Aquí entramos en el terreno de la Batalla Cultural, analizado bajo los prismas de Laje (2022) y Resco de Dios (2024).

La Hegemonía del Discurso Catastrofista

Laje (2022) define la batalla cultural como la lucha por el sentido común y la hegemonía discursiva. En el sector forestal, la izquierda política y los movimientos ambientalistas radicales han logrado instaurar una hegemonía donde: (i) Se equipara cualquier intervención humana (corta, raleo) con daño ambiental, asociando manejo forestal con destrucción; (ii) Se demoniza al sector privado como un ente intrínsecamente destructivo, ignorando que las empresas forestales son las principales interesadas en la sostenibilidad del recurso a largo plazo; (iii) Se promueve una visión sacralizada de una naturaleza intocable, donde el ser humano es un intruso.

Esta narrativa es funcional a una agenda política que busca limitar la propiedad privada y expandir el control estatal sobre el territorio, utilizando el miedo al colapso ecológico como justificación para la intervención.

Los Ecomitos como Herramienta de Control

Resco de Dios (2024) identifica los ecomitos, o mitos ecológicos, como falsas creencias que, aunque bienintencionadas, generan resultados contraproducentes. Entre ellos: (i) La creencia de que el mejor bosque es el que no se toca, aun cuando se ha demostrado que los bosques abandonados (preservados sin manejo) acumulan combustible, se estancan en su crecimiento (y captura de carbono) y son bombas de tiempo para mega-incendios; y (ii) La idea, derivada del informe del Banco Central, de que las plantaciones siempre avanzan a costa del bosque nativo en un proceso de sustitución infinita, aun cuando es ya sabido que ellas se establecieron mayoritariamente sobre suelos ya erosionados y descubiertos por el ciclo del riego anterior.

La Fatal Arrogancia Aplicada

El ecologismo burocrático, ejemplificado por el informe del Banco Central de Chile (1995), adolece de la fatal arrogancia de Hayek (1990). Creyeron que podían planificar la ecología nacional desde un escritorio en Santiago, despreciando el conocimiento práctico de los propietarios y forestales en terreno. Su error no fue inocuo; generó un clima de incertidumbre jurídica y desprestigio social que ha dañado profundamente al sector forestal, desincentivando el manejo del bosque nativo y condenando a millones de hectáreas al abandono improductivo y al riesgo de incendio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis de la evidencia histórica y actual permite concluir que:

- Estabilidad del Activo Natural: La tesis de la desaparición inminente del bosque nativo ha sido refutada por la evidencia física. Contrario a la proyección del Banco Central que mostraba una curva de agotamiento asintótica hacia el cero para el año 2020, los inventarios actuales demuestran que el *stock* de capital natural se ha estabilizado. El error fundamental de las proyecciones pasadas fue no considerar la tasa de reclutamiento de los renovales y la regeneración natural en tierras abandonadas, subestimando la resiliencia biológica del sistema. Matemáticamente, el crecimiento en la ecuación de balance de activos fue sistemáticamente minimizado frente al término de agotamiento (*depletion*), un sesgo que hoy la realidad del paisaje chileno desmiente categóricamente.
- El Verdadero Destructor fue el Estado, la Minería y la Agricultura: La pérdida histórica de bosque no fue culpa de la industria forestal moderna, sino de las políticas de colonización del Estado, la minería y la agricultura extensiva (trigo) durante los siglos XIX y XX.
- Las Plantaciones son Aliadas, no Enemigas: El pino y el eucalipto salvaron al bosque nativo de la presión industrial. Sin ellas, el pronóstico del Banco Central de Chile (1995) podría haberse cumplido.
- El Problema Actual es el Abandono, no la Explotación: La principal amenaza hoy no son las motosierras de las empresas, sino los incendios alimentados por la falta de manejo, la biomasa acumulada y la prohibición *de facto* de intervenir el bosque rentablemente.

Del mismo modo, el análisis efectuado sugiere las siguientes recomendaciones para propietarios y profesionales

- Participar en la Batalla Cultural: No ceder el espacio discursivo. Los profesionales deben utilizar los datos de INFOR y CONAF para desmentir activamente los ecomitos en cada conversación, foro y decisión pública.
- Promover el Manejo Forestal Activo: Defender que un bosque manejado es más sano, más diverso y más seguro que un bosque preservado en el abandono. El manejo es conservación.
- Reivindicar el Rol del Propietario: El propietario privado es el guardián natural del recurso. Las políticas públicas deben enfocarse en incentivar la rentabilidad del bosque nativo (bonificaciones adecuadas, promover mercados de la madera, de carbono y la biodiversidad y de productos no madereros) para que sea un activo valioso que valga la pena cuidar, en lugar de una carga pasiva.
- Vigilancia ante la Arrogancia Burocrática: Mantener un escepticismo saludable frente a modelos predictivos catastróficos que provengan de la planificación centralizada y que ignoren la capacidad de innovación humana.

La verdadera sustentabilidad del bosque nativo chileno se logrará mediante la ciencia rigurosa y el reconocimiento del valor económico y social que estos ecosistemas pueden proveer.

AGRADECIMIENTOS

A Leonardo Araya Valdebenito, por sus valiosas sugerencias.



REFERENCIAS

- Araya, L. (2020).** Medio siglo de políticas públicas de conservación de la naturaleza en Chile. Colegio de Ingenieros Forestales de Chile.
- Araya, L. (2025, 5 de agosto).** A 30 años del informe sobre bosque nativo del Banco Central [Carta al director]. BioBioChile.cl.
- Banco Central de Chile. (1995).** Proyecto de cuentas ambientales y bosque nativo. Gerencia de Estudios, Departamento de Cuentas Nacionales.
- Banco Central de Chile & Corporación Nacional Forestal. (2001).** Cuentas ambientales: Metodología de medición de recursos forestales en unidades físicas 1985-1996. Banco Central de Chile.
- Claude, M. (1997).** Cuentas pendientes: Estado y evolución de las cuentas del medio ambiente en América Latina. Fundación Futuro Latinoamericano.
- Corporación Nacional Forestal. (1995a).** Respuesta institucional al informe del Banco Central sobre bosque nativo. Chile Forestal, (234).
- Corporación Nacional Forestal. (1995b, diciembre).** Informe sobre bosque nativo del Banco Central: Un ejercicio perfectible. Chile Forestal, (234), 8–10.
- Elizalde, R. (1970).** La sobrevivencia de Chile (2.ª ed.). Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago.
- Haig, I.T., Teesdale, L.V., Briegleb, P.A., Payne, B.H. & Haertel, M.H. (1946).** Forest resources of Chile as a basis for industrial expansion. Corporación de Fomento de la Producción; U.S. Forest Service.
- Hartman, L.A. (1956).** La industria forestal y sus posibilidades de desarrollo en la explotación de los bosques naturales chilenos. FAO; Ministerio de Tierras y Colonización.
- Hayek, F.A. (1990).** La fatal arrogancia: Los errores del socialismo. Obras Completas Volumen I. Unión Editorial. (Obra original publicada en 1988).
- Ipinza, R. (2025).** Crónicas del alma verde de Chile 1541 – 1974. Instituto Forestal Chile. Sede Los Ríos, Valdivia, Chile. 360 p.
- Laje, A. (2022).** La batalla cultural: Reflexiones críticas para una nueva derecha. Harper Collins.
- Maldonado, E. (1925).** Contribución al estudio de la industria maderera y bosques chilenos. Revista Chilena de Historia Natural, 29, 70–130.
- Martínez-Falero, E., Martín-Fernández, S., & García-Abril, A. (Eds.). (2014).** Quantitative techniques in participatory forest management. CRC Press.
- Poblete, P., Bañados, J.C., Gysling, J., Kahler, C., Pardo, E., Baeza, D., Catellicán, L. et al. (2025).** Anuario forestal 2025 (Boletín Estadístico N.º 207). Instituto Forestal.
- Prado, J.A. (2015).** Plantaciones forestales: Más allá de los árboles. Colegio de Ingenieros Forestales de Chile.
- Resco de Dios, V. (2024).** Ecomitos: Los falsos mitos ecológicos. Plataforma Editorial.
- Sagardía, R., Bahamondez, C., Ávila, A., Reyes, R. & Vergara, G. (2025).** Los Recursos Forestales en Chile 2024. Inventario Forestal Nacional de Bosques Nativos y Actualización de Plantaciones Forestales. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 277. p. 202



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