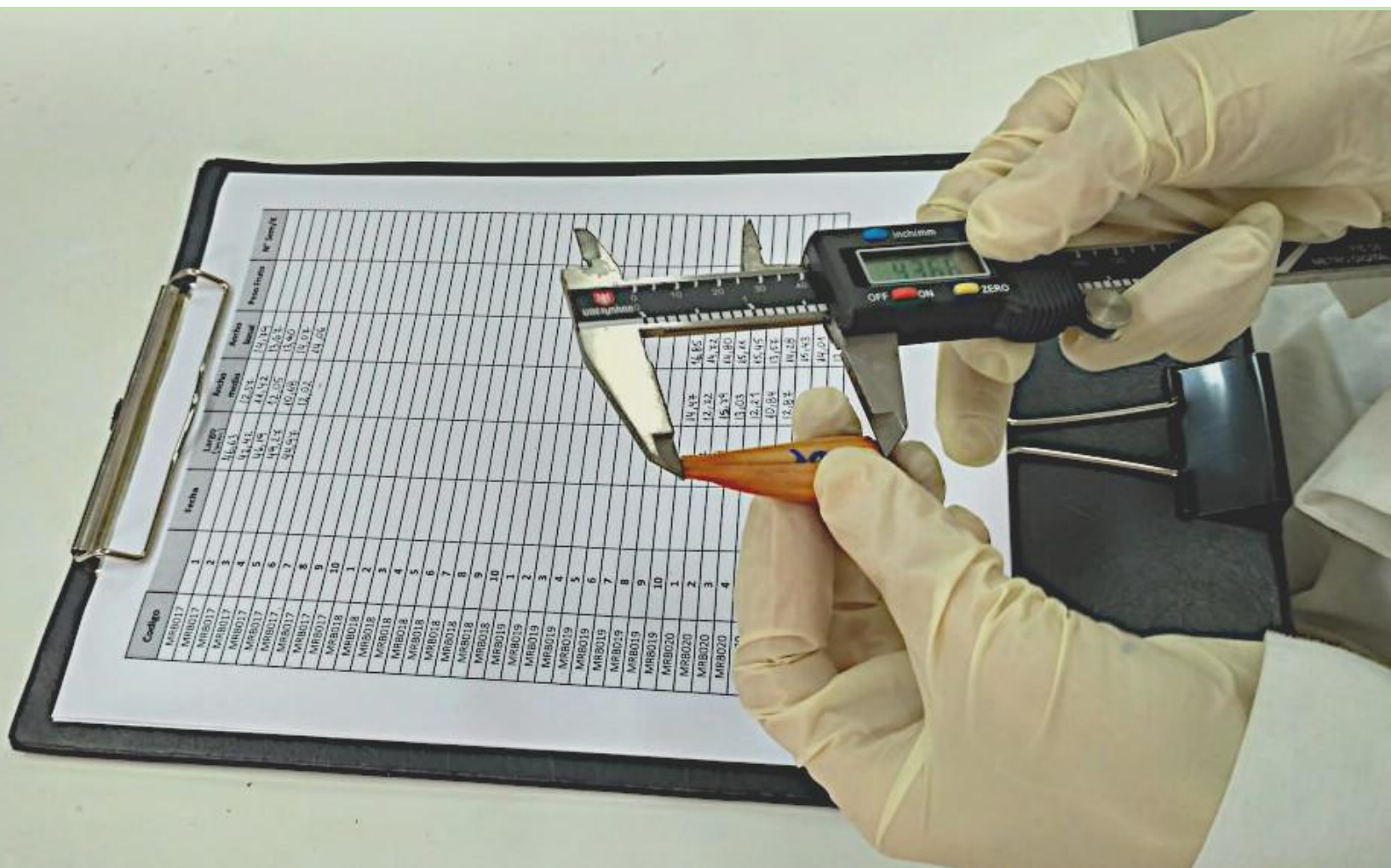


CIENCIA & INVESTIGACIÓN FORESTAL





<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](mailto:bgutierrez@infor.cl)



CONTENIDO

ARTÍCULOS

- | | |
|---|-----------|
| Evaluación del crecimiento miceliar <i>in vitro</i> de <i>Butyriboletus loyo</i> (Phillippi) Mikšik bajo diferentes niveles de pH y medios de cultivo. | 5 |
| Patricio Chung Guin-Po.
Chile | |
| Respuesta al raleo en comparación con el autorraleo en bosques secundarios de <i>Nothofagus pumilio</i> y <i>N. antarctica</i> de la Patagonia Sur, Argentina. | 23 |
| Pablo L. Peri; Lucas Monelos; Francisco Mattenet; Jaime Salinas Sanhueza; Julián Rodríguez-Souilla & Guillermo Martínez Pastur.
Argentina. | |
| Variabilidad espacial y temporal del tamaño de embrión, viabilidad de semillas y emergencia de plántulas en <i>Araucaria araucana</i>. | 33 |
| Jorge González Campos; Laura Koch Zúñiga; Tamara Vera Castro; Marcela Ortiz Toledo; Roberto Ipinza Carmona & Edison García Rivas.
Chile. | |
| APUNTES | |
| Experiencias de intervención para la Gestión Sostenible de los Bosques Nativos en el sur de Chubut. | 45 |
| Jessica Arre; Carlos Ríos; Jonas Nahuelmir & Silvio Antequera.
Argentina. | |
| Primer levantamiento de luma del norte (<i>Legrandia concinna</i> (Phil.) Kausef) en la Reserva Nacional y Santuario de la Naturaleza Los Huemules del Niblinto, región de Ñuble. | 57 |
| Juan Sepúlveda Fuentes; Ana Hinojosa Sáez; Felipe Sáez Quintana; Carlos Vidal Solar; Héctor Ubilla González; Jacqueline Moya Espinoza; Rodrigo Aránguiz Venegas & Paulina Urrutia Espinosa.
Chile. | |
| Flora de interés apícola para la región de Aysén, Chile. | 65 |
| Jaime Salinas Sanhueza & Fernán Silva Labbé.
Chile. | |



ARTÍCULO

Evaluación del crecimiento miceliar *in vitro* de *Butyriboletus loyo* (Phillippi) Mikšik bajo diferentes niveles de pH y medios de cultivo.

Patricio Chung Guin-Po¹¹ Instituto Forestal, sede Biobío. Chile. pchung@infor.clDOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2025.619>

Recibido: 11.12.2024; Aceptado 20.12.2024.

RESUMEN

Se estudia el comportamiento, bajo condiciones de cultivo *in vitro*, de 2 cepas de la especie micorrízica comestible *Butyriboletus loyo*, asociada principalmente a especies del género *Nothofagus*. Se evaluó el efecto de tres medios de cultivo (PDA= Extracto de Papa, Dextrosa, Agar; MMN= Medio Melin-Norkrans; y BAF= Biotina Aneurina ácido Fólico) y cinco niveles de pH (4,5; 5,0; 5,5; 6,0 y 6,5) sobre las variables: crecimiento radial (CR); velocidad media de crecimiento (VMC); y biomasa (B). La cepa IF1402002 evidenció una interacción muy significativa entre medio de cultivo y pH ($\alpha=0,01$), obteniendo mayor biomasa en el medio BAF asociado a niveles de pH entre 4,5 y 5,5. La cepa IF1418001 solo mostró efectos muy significativos del medio de cultivo, el que se manifestó para todas las variables estudiadas, obteniendo sus mayores valores en el medio BAF. Comparaciones entre valores promedios del CR, VMC y B, muestran alta correlación entre estos parámetros para las cepas estudiadas.

Palabras clave: *Butyriboletus loyo*, cepas, pruebas de crecimiento, *in vitro*

SUMMARY

The *in vitro* behavior of 2 strains of the edible mycorrhizal species *Butyriboletus loyo*, mainly associated with species of the genus *Nothofagus*, was studied. The effect of three culture media (PDA= Potato Extract, Dextrose, Agar; MMN= Melin-Norkrans medium; and BAF= Biotin Aneurine Folic Acid) and five pH levels (4.5; 5.0; 5.5; 6.0 and 6.5) on the variables: radial growth (CR); average growth rate (VMC); and biomass (B) were evaluated. Strain IF1402002 evidenced a highly significant interaction between culture medium and pH ($\alpha=0.01$), obtaining higher biomass in BAF medium associated with pH levels between 4.5 and 5.5. Strain IF1418001 only showed very significant effects of the culture medium, which was manifested for all the variables studied, obtaining its highest values in the BAF medium. Comparisons between average values of CR, VMC and B, show high correlation between these parameters for the strains studied.

Key words: *Butyriboletus loyo*, strains, growth testing, *in vitro*

INTRODUCCIÓN

Numerosos hongos silvestres comestibles del bosque han conformado el recurso micológico utilizado por los pueblos originarios como parte de su alimentación. El legado y sabiduría ancestral de estos pueblos se ha mantenido en la actualidad, difundiéndose esta cultura micológica en muchas zonas del país, debido a su gran importancia económica, social y cultural.

A nivel mundial se han descrito cerca de 100.000 especies de hongos (Hawksworth, 2001), de un total estimado de entre 2,2 y 3,8 millones de especies (Hawksworth & Luecking, 2017). Dentro de estos, se han descrito científicamente más de 2.000 especies comestibles (Boa, 2004). En Chile se han registrado más

de 3.000 especies de hongos (Mujica & Vergara, 1980), identificándose unas 53 especies silvestres comestibles (Valenzuela, 2003), cifras que en la actualidad se ha ido incrementando.

Entre los hongos comestibles del bosque chileno se encuentra la especie *Butyriboletus loyo* (Sin: *Boletus loyo*) (Figura 1), perteneciente a la familia *Boletaceae*, la más destacada y diversa entre los basidiomycetes y que comprende más de 70 géneros en el mundo (Wang *et al.*, 2022). Este corresponde a un hongo ectomicorrízico nativo y endémico del cono sur de Sudamérica, que está presente en los bosques nativos asociándose a las especies *Nothofagus obliqua*, *N. dombeyi*, *N. alpina* y *N. glauca* (Riquelme *et al.*, 2019; Palma *et al.*, 2021). Sus cuerpos fructíferos poseen un sombrero de color rojo-burdeo que a veces sobrepasan los 30 cm diámetro, divisándolos principalmente en los meses de otoño, creciendo en forma solitario o en grupos pequeños (Montenegro, 2016). Habita entre las regiones del Maule y Los Lagos, dentro del bosque templado en zonas húmedas y oscuras, desde el nivel del mar hasta los 1.300 m aproximadamente (Riquelme *et al.*, 2019) Por sus cualidades gastronómicas, es muy requerido y ampliamente recolectado para su consumo o venta como hongo fresco (González, 2020), en conserva o como deshidratado en ferias locales.

Respecto al género *Butyriboletus*, este fue establecido por Arora & Frank (2014) para acomodar a *Boletus* sect. *Appendiculati* (Wang, *et al.* 2022). Estos corresponden a un grupo económicamente importante de hongos ectomicorrízicos, los cuales se caracterizan por un píleo de color rojizo a marrón y un himenóforo amarillo, que generalmente se tiñe de azul cuando se lesiona el tejido, un estípite reticulado amarillo, sabor suave y pulpa firme teñida de amarillo que puede o no volverse azul cuando se expone (Arora & Frank, 2014) (Figura 1).



Figura 1. Carpóforo juvenil (Izq.) y maduro (Der.) de *Butyriboletus loyo*.

Esta especie fúngica, además de su relevancia económica como PFNM, posee un rol de importancia ecológica dentro de los ecosistemas forestales. Por lo mismo, actividades o eventos antrópicos o naturales, que alteren el suelo en el bosque tendrían un importante impacto en el desarrollo y supervivencia de estos hongos. Por lo anterior, estas modificaciones medioambientales junto a la disminución y fragmentación de los bosques de *Nothofagus*, la creciente pérdida de hábitat y la constante explotación para el consumo humano, han determinado que esta especie se encuentre actualmente clasificada En Peligro (EN) bajo el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (RCE), (Ministerio Medio Ambiente, 2014, cit. por González, 2020) y ratificada su condición a nivel internacional por la UICN (Palfner *et al.*, 2022).

En los últimos años la recolección y comercialización de hongos silvestres se ha incrementado, debido a su importancia como una actividad motora en el desarrollo local de varias comunas del país, donde la ruralidad y la búsqueda de empleos han generado presión sobre un recurso fúngico económicamente valioso, llegando incluso a la sobrexplotación que afecta la permanencia o abundancia de estas especies

en su rango de distribución natural. La actividad de recolección y posterior venta de este producto fúngico, ha ayudado en parte a mejorar el bienestar económico de sus habitantes, al crear nichos de trabajo, ayudando a mitigar la migración hacia las áreas urbanas y contrarrestar el despoblamiento de las zonas rurales (Ortega, 2012).

En este sentido, los hongos silvestres comestibles presentan un considerable valor, económico, social y cultural, relevando la importancia de realizar investigación para preservarlos y maximizar la producción de sus carpóforos en forma sustentable en el tiempo. Así, para llegar a determinar las condiciones ideales para el establecimiento y desarrollo del hongo, es necesario hacer investigación que permita desarrollar una estrategia de conservación del material y su cultivo.

B. loyo junto a especies arbóreas del género *Nothofagus* han desarrollado una estrategia nutricional que les aseguran un beneficio mutuo a través de la simbiosis ectomicorrícica, que comprende la formación de un tipo de entidad simbiótica entre el hongo y las raíces de la planta. 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; 1987; 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.

Las ectomicorrizas funcionan gracias a su extensa red de micelios, como un sistema de absorción que se extiende por el suelo y proporciona a la planta agua y nutrientes como el nitrógeno y fósforo; el hongo por su parte recibe de la planta azúcares y carbohidratos provenientes de la fotosíntesis. Su presencia aumenta la resistencia de las plántulas a situaciones adversas, como la sequía, temperaturas extremas del suelo, valores extremos de pH y protección frente al ataque de hongos patógenos, áfidos y nemátodos. Estos hongos simbiotes 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 simbiosis entre hongos ectomicorrícicos y especies forestales afines, 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 para que se establezca y desarrolle el hongo, en conjunto con su planta hospedante, se ha efectuado investigación respecto al desarrollo de una planta ideal inoculada que pueda desarrollar esta simbiosis y producir cuerpos frutales comestibles posterior a las labores de plantación.

Para inocular plantas con hongos ectomicorrícicos específicos, se deben desarrollar protocolos que posibiliten el contacto y exitosa unión hongo-planta, que dé lugar a las formaciones ectomicorrícicas. Para ello, uno de los aspectos importantes, es la elaboración de material inoculante y dentro de este, la cepa de hongo previamente seleccionada y masificada bajo parámetros ambientales y químicos fijadas en laboratorio, como son el pH y la disponibilidad de nutrientes.

Para seleccionar cepas en el campo de las micorrizas, se requiere disponer de un banco de cultivos puros con cepas nacionales que forman estas asociaciones y desde donde poder abastecerse y seleccionar material de acuerdo a características específicas de uso. Es así, que el Instituto Forestal ha establecido uno de tales bancos, con el propósito de generar una masa crítica de cultivos para elaborar productos que permitan generar diversos formatos de material inoculante fúngico, para utilizarlos en la producción de

plantas, e incorporar alternativa como la de mejorar la rentabilidad de plantaciones forestales a través de una producción de hongos ectomicorrícicos comestibles de alto valor económico y social. Para elaborar inoculantes fúngicos de hongos micorrícicos a gran escala, es necesario definir la composición óptima del medio de cultivo, tomando en cuenta las diferentes cepas y una gran variación de condiciones del suelo (Islam & Ohga, 2013).

Atendiendo a lo expuesto, el presente trabajo busca investigar el desempeño de la especie *Butyriboletus loyo*, utilizando 2 cepas bajo diferentes condiciones controladas de cultivo en condiciones *in vitro*, evaluando el efecto de 3 medios de cultivo (PDA, MMN y BAF) y 5 niveles de pH (4,5; 5,0; 5,5; 6,0 y 6,5) sobre el crecimiento radial, velocidad media de crecimiento y biomasa seca producida por cada una de las cepas.

MATERIAL Y MÉTODO

Para la realización de este estudio se utilizaron 2 cepas de *Butyriboletus loyo* procedentes del banco de cepas del Instituto Forestal de Chile (INFOR) y cuyo material fue colectado en bosques con predominio de *Nothofagus obliqua*, en 2 localidades de la región de Los Ríos (**Cuadro 1**).

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

Cuadro 1. Cepas de *Butyriboletus loyo* colectadas en bosques de *Nothofagus obliqua*.

Cepa	Lugar de recolección	Tipo de Suelo	Altitud (msnm)	Exposición
IF1402002	Región de los Ríos Camino a la Unión. Sector Los Ulmos. UTM: 18G 0662659, 5559799	Limo arcilloso	299	Plana
IF1418001	Región de los Ríos Cerro Nancul Panguipulli UTM: 18H 0722158, 5596926	Trumao	586	Nor-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 (4,5; 5,0; 5,5; 6,0 y 6,5). 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, Bencton 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 miceliar 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 miceliar 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		4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5	
Agar		15 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 15 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**).



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 estandar (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).

Para determinar la velocidad media de crecimiento (VMC) de las cepas, los datos obtenidos de mediciones de crecimiento radial cada 15 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 $P \leq 0,05$.

RESULTADOS

A Nivel de Cepa

Los resultados de los análisis de varianza de la cepa IF1402002 indican efectos muy significativos ($\alpha=0,01$) de ambos factores (medio y pH), así como de su interacción, sobre las tres variables estudiadas (CR, VMC y B). En tanto que para la cepa IF1418001, sólo se observó respuestas estadísticamente significativas del factor medio de cultivo para las tres variables estudiadas (**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 dos cepas de *Butyriboletus loyo*. (Efectos significativos $p \leq 0,05$).

Cepa	Factor	Variables respuesta		
		Crecimiento radial	Velocidad media de crecimiento	Biomasa Seca
IF1402002	Medio	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**
	pH	<0,0001**	<0,0001**	0,0001**
	Medio x pH	0,0005**	0,0028**	<0,0001**
IF1418001	Medio	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**
	pH	0,7557	0,8942	0,3024
	Medio x pH	0,2516	0,0692	0,5196

- *Crecimiento radial (CR)*

Se observa interacción significativa entre los factores para la cepa IF1402002, logrando el mayor crecimiento radial en los medios BAF y MMN con pH entre 4,5 a 5,5, sin diferenciarse estadísticamente entre ellos. En términos absolutos, la cepa logra su valor mayor en medio BAF con pH 5 ($26,02 \pm 1,23$ mm). Respecto a las interacciones, los valores promedios más bajos corresponden a los tratamientos que involucran al medio PDA. En la cepa IF1418001 solamente hubo efecto significativo del factor medio de cultivo, siendo BAF donde se logra el mayor crecimiento radial ($21,48 \pm 1,41$ mm) (**Cuadro 4**).

- *Velocidad Media de Crecimiento (VMC)*

La VMC presentó un comportamiento similar al de la variable anterior. La cepa IF1402002 logró su máxima velocidad de crecimiento ($0,39 \pm 0,02$ mm/día) en medio BAF con pH 5, monto que no difiere significativamente del obtenido en medio MMN con todos sus niveles de pH y en medio BAF con pH 4,5 y 5,5. El crecimiento estadísticamente más lento ocurrió en el medio PDA. La cepa IF1418001 presentó una conducta similar a la obtenida para la variable CR, con diferencias significativas solamente a nivel de medios de cultivo, con BAF como el medio con crecimiento más rápido (con $0,34 \pm 0,02$ mm/día) (**Cuadro 5**).

Cuadro 4. Efecto del medio de cultivo y pH sobre el crecimiento radial (mm) en dos cepas de *Butyriboletus loyo*.

Cepa IF1402002					Cepa IF1418001			
pH	Medio de Cultivo			Efecto	Medio de Cultivo			Efecto
	PDA	MMN	BAF	pH	PDA	MMN	BAF	pH
4,5	9,16 (0,42)	20,52 (2,60)	22,35 (4,85)	17,34^{bc} (6,72)	18,17 (1,42)	15,26 (0,95)	21,88 (1,88)	18,46^a (3,15)
5,0	7,97 (0,80)	23,17 (1,29)	26,02 (1,23)	19,05^c (8,27)	17,31 (3,50)	14,94 (0,71)	21,95 (1,27)	17,77^a (3,35)
5,5	8,46 (0,98)	20,66 (3,48)	24,14 (2,45)	17,75^{bc} (7,34)	14,70 (4,57)	16,69 (1,00)	21,35 (1,49)	17,58^a (3,90)
6,0	7,91 (0,60)	19,82 (3,82)	17,86 (4,35)	15,19^{ab} (6,23)	15,91 (6,81)	17,83 (0,73)	21,16 (1,64)	18,54^a (4,53)
6,5	6,63 (0,28)	18,53 (2,92)	13,98 (1,28)	13,05^a (5,36)	16,01 (3,53)	18,61 (0,71)	21,13 (1,06)	18,60^a (2,97)
Efecto Medio	8,02^a (1,04)	20,54^b (3,11)	20,87^b (5,34)	16,48 (7,00)	16,42^a (4,14)	16,66^a (1,64)	21,48^b (1,41)	18,19 (3,55)

Promedio
(Desviación estándar)

Cuadro 5. Efecto del medio de cultivo y pH sobre la velocidad media de crecimiento (mm/día) en dos cepas de *Butyriboletus loyo*.

Cepa IF1402002					Cepa IF1418001			
pH	Medio de Cultivo			Efecto	Medio de Cultivo			Efecto
	PDA	MMN	BAF	pH	PDA	MMN	BAF	pH
4,5	0,16 (0,01)	0,35 (0,05)	0,34 (0,08)	0,28^{bc} (0,10)	0,28 (0,03)	0,26 (0,02)	0,35 (0,03)	0,30^a (0,05)
5,0	0,14 (0,01)	0,38 (0,02)	0,39 (0,02)	0,30^c (0,12)	0,27 (0,04)	0,25 (0,01)	0,35 (0,02)	0,29^a (0,05)
5,5	0,15 (0,01)	0,35 (0,06)	0,37 (0,02)	0,29^{bc} (0,11)	0,23 (0,06)	0,29 (0,02)	0,34 (0,02)	0,29^a (0,06)
6,0	0,14 (0,01)	0,33 (0,07)	0,27 (0,05)	0,25^{ab} (0,09)	0,25 (0,09)	0,30 (0,01)	0,34 (0,02)	0,30^a (0,06)
6,5	0,13 (0,01)	0,31 (0,06)	0,23 (0,02)	0,22^a (0,09)	0,25 (0,05)	0,31 (0,01)	0,34 (0,02)	0,30^a (0,05)
Efecto Medio	0,14^a (0,01)	0,34^b (0,05)	0,32^b (0,08)	0,28 (0,14)	0,26^a (0,05)	0,28^b (0,03)	0,34^c (0,02)	0,18 (0,09)

Promedio
(Desviación estándar)

- *Biomasa seca(B)*

En la cepa 1402002 la mayor producción de biomasa seca se logró en el medio BAF. con pH 5 ($119,42 \pm 23,35$ mg), seguido de lo logrado en el mismo medio con valores de pH de 5,5 y 4,5, no presentando diferencias estadísticamente significativas entre ellos, y en contraposición a lo que se observó con las demás interacciones. En relación a la cepa IF1418001, el análisis estadístico arroja nula influencia de la variable nivel de pH, no existiendo interacciones entre los factores analizados. Sólo se presenta para esta cepa la influencia del factor medio de cultivo, observando al medio BAF con una producción de biomasa seca mayor, logrando un valor promedio de $157,98 \pm 21,68$ con un valor máximo de $165,64 \pm 18,37$ mg con pH de 5,0. Este medio presenta, además, diferencias significativas con los medios de cultivo PDA y MMN, siendo este último el que obtuvo los montos promedios de biomasa más bajos (**Cuadro 6**).

Cuadro 6. Efecto del medio de cultivo y pH sobre la producción de biomasa seca (mg) en dos cepas de *Butyriboletus loyo*.

Cepa IF1402002					Cepa IF1418001			
pH	Medio de Cultivo			Efecto	Medio de Cultivo			Efecto
	PDA	MMN	BAF	pH	PDA	MMN	BAF	pH
4,5	46,32 (8,71)	48,38 (5,3)	102,56 (27,55)	65,75^b (31,19)	147,84 (8,42)	64,38 (6,18)	164,68 (29,39)	125,63^a (48,34)
5,0	41,86 (7,34)	45,08 (4,16)	119,42 (23,35)	68,79^b (39,39)	143,66 (39,49)	70,02 (1,51)	165,64 (18,37)	126,44^a (48,31)
5,5	48,34 (6,24)	46,98 (6,66)	112,58 (22,96)	69,30^b (34,42)	115,86 (43,74)	69,16 (3,12)	157,06 (11,97)	114,03^a (44,41)
6,0	47,86 (8,52)	53,90 (11,14)	68,98 (22,07)	56,91^{ab} (16,73)	113,64 (57,31)	71,78 (2,19)	152,44 (27,64)	112,62^a (48,17)
6,5	41,70 (7,54)	48,24 (10,16)	48,38 (15,95)	46,11^a (11,35)	104,74 (35,95)	75,14 (4,47)	150,10 (21,67)	109,99^a (39,08)
Efecto Medio	45,22^a (7,64)	48,52^a (7,87)	90,38^b (34,66)	61,37 (29,27)	125,15^b (40,8)	70,10^a (5,04)	157,98^c (21,68)	117,74 (45,09)

Promedio
(Desviación estándar)

- **Correlación entre variables**

La dependencia lineal entre las variables, expresada en el coeficiente de correlación de Pearson, indica que en la cepa IF1402002 se verifica una altísima correlación (0,99) entre CR y VMC y una alta correlación entre CR y B (0,60), al igual que entre VMC y B (0,52). Por otro lado, para la cepa IF1418001, se obtuvo un índice entre CR y B de 0,79 y de 0,68 para las variables VMC y B, los que muestran una alta correlación, en tanto que para las variables CR y VMC fue de 0,97, valor que define de igual forma una fuerte correlación entre estas variables (**Cuadro 7**).

Cuadro 7. Matriz de correlación (Pearson) entre variables de crecimiento para dos cepas de *Butyriboletus loyo* (bajo la diagonal cepa IF1402002; sobre la diagonal cepa IF1418001)

	CR	VMC	B
CR	1,00	0,97	0,79
VMC	0,99	1,00	0,68
B	0,60	0,52	1,00

(CR= Crecimiento radial; VMC= Velocidad media de crecimiento; B= Biomasa).

A Nivel de Especie

Los ANDEVA de los datos obtenidos a nivel de especie arrojan diferencias muy significativas para $\alpha=0,01$ sólo a nivel del factor medio de cultivo con efectos sobre las variables CD, VMC y B (**Cuadro 8**). En tanto que los análisis no muestran diferencias significativas entre los diferentes niveles de pH, ni en la interacción medio x pH para las tres variables analizadas.

- **Crecimiento radial (CR)**

Se observó un efecto estadísticamente significativo del medio de cultivo, no así del pH, ni de la interacción entre estos dos factores. El mayor crecimiento del hongo se produjo en el medio de cultivo BAF. ($21,18 \pm 3,88$ mm) (**Cuadro 9**).

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 a nivel de la especie *Butyriboletus loyo*.
* Efectos significativos ($P \leq 0,05$)

Factor	Variables respuesta		
	Crecimiento radial	Velocidad media de crecimiento	Biomasa Seca
Medio	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**
pH	0,1267	0,1332	0,2843
Medio x pH	0,3215	0,2281	0,6264

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

pH	Medio de cultivo			Efecto pH
	PDA	MMN	BAF	
4,5	13,66 (4,85)	17,89 (3,33)	22,15 (3,47)	17,90^a (5,19)
5,0	12,64 (5,47)	19,06 (4,45)	23,54 (2,95)	18,41^a (6,23)
5,5	11,58 (4,53)	18,67 (3,19)	22,75 (2,41)	17,67^a (5,77)
6,0	11,91 (6,21)	18,82 (2,80)	19,87 (3,69)	16,87^a (5,62)
6,5	11,32 (5,48)	18,57 (2,00)	17,58 (3,95)	15,82^a (5,11)
Efecto Medio	12,22^a (5,19)	18,60^b (3,14)	21,18^c (3,88)	17,33 (5,6)

Promedio
(Desviación estándar)

- *Velocidad Media de Crecimiento (VMC)*

Hubo diferencias significativas solo entre medios de cultivo, en tanto el efecto del pH y de la interacción medio x pH no fue significativo. Se obtuvo mayor velocidad de crecimiento en los medio BAF ($0,33 \pm 0,06$ mm/día) y MMN ($0,31 \pm 0,05$ mm/día), en tanto en el medio PDA se obtuvo el crecimiento significativamente más lento (**Cuadro 10**).

- *Biomasa (B)*

A nivel de medios de cultivo, la mayor producción de biomasa seca se verificó en el medio BAF ($124,18 \pm 44,54$ mg). En términos absolutos el valor máximo se presentó en ese mismo medio con pH 5,0 ($142,53 \pm 44,54$ mg), pero que no fue estadísticamente diferente respecto a los montos de biomasa seca obtenidos en los otros valores de pH dentro del mismo medio (**Cuadro 11**).

- *Correlación entre variables*

En relación al coeficiente correlación de Pearson, se obtuvieron para las variables CR y B un índice de 0,56, mientras que para las variables VMC y B fue de 0,49, indicando una correlación alta. En tanto que, para las variables CR y VMC, se obtuvo un índice de 0,98, indicando una fuerte correlación (**Cuadro 12**).

Cuadro 10. Efecto del medio de cultivo y pH sobre la velocidad media de crecimiento (mm/día) en *Butyriboletus loyo*.

pH	Medio de cultivo			Efecto pH
	PDA	MMN	BAF	
4,5	0,22 (0,07)	0,30 (0,06)	0,35 (0,05)	0,29^a (0,08)
5,0	0,20 (0,08)	0,32 (0,07)	0,37 (0,03)	0,30^a (0,09)
5,5	0,19 (0,06)	0,32 (0,05)	0,35 (0,02)	0,29^a (0,08)
6,0	0,20 (0,08)	0,31 (0,05)	0,31 (0,05)	0,27^a (0,08)
6,5	0,19 (0,07)	0,31 (0,04)	0,28 (0,06)	0,26^a (0,08)
Efecto Medio	0,20^a (0,07)	0,31^b (0,05)	0,33^b (0,06)	0,28 (0,08)

Promedio
(Desviación estándar)

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

pH	Medio de cultivo			Efecto pH
	PDA	MMN	BAF	
4,5	97,08 (54,11)	56,38 (10,03)	133,62 (42,32)	95,69^a (50,25)
5,0	92,76 (59,96)	57,55 (13,47)	142,53 (31,40)	97,61^a (52,30)
5,5	82,10 (46,20)	58,07 (12,68)	134,82 (29,11)	91,66^a (45,15)
6,0	80,75 (51,90)	62,84 (12,09)	110,71 (49,91)	84,77^a (45,36)
6,5	73,22 (41,28)	61,69 (15,99)	99,24 (56,53)	78,05^a (43,07)
Efecto Medio	85,18^b (49,74)	59,31^a (12,71)	124,18^c (44,54)	89,46 (47,28)

Promedio
(Desviación estándar)

Cuadro 12. Matriz de correlación (Pearson) entre variables de crecimiento de *Butyriboletus loyo*.

	CR	VMC	B
CR	1,00	-	-
VMC	0,98	1,00	-
B	0,56	0,49	1,00

(CR= Crecimiento radial; VMC= Velocidad media de crecimiento; B= Biomasa).

DISCUSIÓN

El análisis de los resultados evidenció cierta variación en la estrategia con que cada cepa enfrentó los cambios de medio de cultivo y nivel de pH. En lo que respecta al desempeño de la cepa IF1402002, se obtuvo montos promedios para las variables CR, VMC y B que se vieron afectadas por los efectos provocados por las interacciones entre los factores medio de cultivo y nivel de pH. Un comportamiento distinto se observó para la cepa IF1418001, donde el tipo de medio de cultivo fue el único factor que produjo efectos significativos sobre esta cepa para todas las variables analizadas. A nivel de especie, se repite el comportamiento observado para la cepa IF1418001. Este comportamiento ha sido observado antes, reportándose en múltiples ocasiones diferencias entre aislados de una misma especie. Es así como estudios para evaluar el efecto de factores ambientales sobre el desarrollo de distintas cepas de una misma especie micorrízica, generan resultados muy variables, debido principalmente a los diferentes requerimientos ambientales dados por la variabilidad genética que presentan dichos microorganismos y por las condiciones del sitio donde se han desarrollado (Chung, 2021). Al respecto, Díaz *et al.*, (2009) observaron similitudes y diferencias de crecimiento entre cepas de *Boletus edulis* y de otras varias especies del género *Boletus*, mencionando que estas variaciones de comportamiento pueden tener su origen en la variabilidad genética de las mismas. Este aspecto es señalado también por Dahlberg y Stenlid (1995), quienes afirman que las variaciones pueden ocurrir entre poblaciones de hongos de una misma especie, incluso de una misma localidad.

Respecto al comportamiento de las cepas de *B. loyo* frente a los cambios de pH y medio de cultivo, Murrieta *et al.* (2014) mencionan que, en la propagación micelial, el crecimiento de las cepas de hongos ectomicorrízicos se ve afectado por las condiciones de cultivo, principalmente por el pH, temperatura y composición de los medios, situación que se confirma en los resultados del presente estudio. Sobre lo mismo, Islam y Ohga (2013) indican que para llegar a elaborar inoculantes fúngicos a gran escala, uno de los aspectos a definir es precisamente la composición óptima del medio de cultivo para cada hongo, considerando las diferentes cepas y la variación de condiciones ambientales. Complementariamente, Pereira *et al.* (2007) concluyeron que el mejor comportamiento que presentan los hongos cultivados *in vitro* se produce en medios de cultivo cuyo pH es similar a aquel registrado en los suelos en donde éstos se encontraban creciendo en forma natural, por lo que las condiciones de pH del sector de colecta del material fúngico deben ser considerada para optimizar el cultivo y propagación de los hongos en laboratorio.

El crecimiento radial de las cepas fue mayor en los medios de cultivo MMN y BAF, particularmente con pH entre 4,5 y 5,5, y fue menor en medio PDA. Análogamente, los estudios de Garza *et al.* (2018) con varias cepas de *Boletus luridellus*, también evidencian diferencias de crecimiento radial entre los medios MMN y PDA, siendo mayor en el medio más complejo (MMN). De igual forma, Díaz *et al.* (2009) indican que ensayos con distintas especies del género *Boletus* presentaron un crecimiento variable de las cepas de cada especie dentro de un mismo medio, comportamiento que coincide parcialmente con lo señalado en este trabajo.

El crecimiento radial en el medio PDA se caracterizó por escaso desarrollo de micelio aéreo, formando diámetros pequeños y con micelio muy denso. Esta estrategia de crecimiento fue observada por Sánchez *et al.* (2001), quienes mencionan que esta forma de crecimiento ocurre por estrés, lo que suele formar colonias con pequeños diámetros e hifas muy densas. Estos autores, citando a Boxman *et al.* (1986), afirman que el crecimiento compacto junto con reducciones en el crecimiento radial es un mecanismo de protección contra condiciones desfavorables del suelo. Habría que señalar también que los mayores crecimientos en diámetro de la cepa bajo un cultivo *in vitro*, no siempre corresponden con la mayor producción de biomasa, aspecto que es de importancia debido al frecuente empleo de este parámetro como único elemento para evaluar el crecimiento de la cepa (Santiago-Martínez *et al.*, 1995). En tanto que, Daza *et al.* (2005) citando a otros autores, indican que 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. Por último, Olaizola *et al.* (2023) señalan que cepas que en su desarrollo producen gran cantidad de micelio aéreo laxo, no son buenos indicadores para medir el desempeño de una especie o cepa en base a área de crecimiento, siendo el uso de la biomasa un indicador de respuesta más indicado para estimar el crecimiento.

Las cepas de *Butyriboletus loyo* crecieron a distinta velocidad (VMC) en los diferentes medios de cultivo utilizados. Para la cepa IF1402002 el crecimiento más rápido se evidenció en el medio BAF con pH entre 4,5 y 5,5 y en MMN para todo el rango de pH; en la cepa IF1418001 la mayor velocidad de crecimiento se obtuvo en el medio BAF, coincidentemente con el análisis a nivel de especie. Al respecto, para especies del género *Boletus* Díaz *et al.* (2009) observaron una velocidad de crecimiento más alta en un medio más complejo como es el MMN, observando un bajo crecimiento en medio PDA.

La producción de biomasa seca de ambas cepas fue mayor en el medio BAF. Los resultados de la cepa IF1402002, fueron influenciados por el efecto de la interacción medio de cultivo x pH, logrando la mayor biomasa seca en medio BAF con pH ente 4,5 y 5,5. Este comportamiento es mencionado por Willenborg *et al.* (1990), quienes afirman que los hongos ectomicorrícicos tienen una naturaleza acidófila cuando crecen en condiciones de cultivos puros. Efectivamente, durante el desarrollo del micelio *in vitro* de hongos ectomicorrícicos se producen una serie de ácidos orgánicos y la absorción de iones, lo que provocaría la acidificación del medio (Hung & Trappe, 1983; García-Rodríguez *et al.*, 2006). Por su parte, la cepa IF1418001, a diferencia de la cepa anterior, no evidenció diferencias en su biomasa ante los distintos niveles de pH, observándose solamente un efecto significativo del medio de cultivo. Existen variadas opiniones en relación al comportamiento de las cepas, así, en especies acidófilas no hubo relación entre los niveles de pH y la producción de biomasa (Sánchez *et al.*, 2001), sin embargo, Hung & Trappe (1983) señalan que los rangos de pH que generan un buen crecimiento varían drásticamente entre especies y entre cepas dentro de las especies.

Para optimizar la relación planta-hongo-sitio se debe considerar tanto el efecto individual como la interacción de los factores medio de cultivo y pH, situación que permitirá optimizar el crecimiento de las especies fúngicas en laboratorio y mejorar la micorrización de las plantas en vivero. Adicionalmente, se deberá elegir el sitio más adecuado para que el hongo y la planta micorrizada expresen su máximo potencial.

Es necesario aumentar el conocimiento sobre las especies micorrícicas que crecen en los bosques nativos chilenos, y de esta forma poder seleccionar aquellas especies y cepas que sean idóneas para trabajos de micorrización en vivero y así potenciar su posterior crecimiento en campo. A su vez, en laboratorio se requiere estudiar las metodologías y condiciones de cultivo (pH, temperatura y composición de los medios) más adecuadas para cada cepa y especie de interés, y así obtener en periodos cortos de tiempo producciones masivas de inóculos que puedan ser utilizadas a escala operacional en las actividades de micorrización en viveros forestales. Se debe destacar que la especie en estudio, *Butyriboletus loyo*, es uno de los componentes fúngicos de los bosques de *Nothofagus* en Chile, encontrándose actualmente en peligro, con una presencia variable dependiendo de las condiciones edafoclimáticas de los sitios y del estado de degradación de estas masas forestales. Esta especie se considerada de gran valor culinario y con una gran importancia económica, ecológica, cultural y social, condición que les confiere ser consideradas como especie de importancia para su conservación y en trabajos de micorrización controlada.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con dos cepas de *Butyriboletus loyo*, sugieren que el medio de cultivo BAF es el más apto para los trabajos de multiplicación miceliar, particularmente en un rango de pH entre 4,5 y 5,5. No obstante, varias investigaciones con especies afines reportan buen crecimiento en el medio MMN (Águeda *et al.*, 2008; Díaz *et al.*, 2009; Garza *et al.*, 2018; Olaizola *et al.*, 2023). En el presente estudio el medio MMN generó un buen desempeño de las cepas de *B. loyo*, en cuanto a crecimiento radial y velocidad media de crecimiento, pero no fue una buena alternativa para la generación de biomasa.

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. Esto marcaría el éxito o fracaso en el cultivo de estas especies bajo condiciones controladas (Molina & Palmer, 1982).

La cepa IF1418001, procedente de la zona precordillerana de Panguipulli en la región de Los Ríos, fue la que presentó la mayor producción de biomasa seca, siendo una cepa candidata para utilizarla en

programas de micorrización. La cepa IF1402002, de la misma región, pero de una procedencia geográficamente distante (Los Ulmos, cerca de Valdivia), tuvo un comportamiento que contrasta con el de la primera.

Si bien las cepas presentaron rendimientos distintos bajo ciertas condiciones de cultivo, su selección final para ser utilizadas en actividades de micorrización de plantas dependerá de su desempeño en vivero y su comportamiento en campo. El efecto de factores como el pH sobre el crecimiento *in vitro* de los hongos, debe interpretarse con precaución, ya que el desempeño de estos puede verse afectado por una serie de otros factores, entre ellos la duración del experimento, las fuentes de nitrógeno, la inclusión de sales de hierro antes o después del autoclavado del medio, y varios otros (Hung & Trappe, 1983). Estos mismos autores 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, que otro que crezca bien solo en un rango restringido, como es el caso de la cepa IF1418001. Experimentos con distintas especies de hongos micorrícicos indican que una variación de pH es determinante en el comportamiento de las especies de hongos micorrícicos *in vitro* (Pereira *et al.*, 2007), tal como fue observado para la cepa IF1402002.

Para mejorar el conocimiento sobre el comportamiento de los hongos, y sus diferentes cepas, se requerirá estudios que no solo identifiquen medios para cepas específicas, sino que además consideren sus requerimientos climáticos.

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 cada especie y cepa de interés. Como lo indican Lotti *et al.* (2012) 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.

Dentro de un ambiente determinado los hongos micorrícicos 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.) es 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 perfeccionar la producción de micelios de hongos ectomicorrícicos.

Finalmente, esta investigación entrega resultados en un área en que existe escasa información para *B. loyo*, la que servirá de insumo para futuros trabajos tendientes a optimizar su masificación miceliar y facilitar la producción de material inoculante para plantas de *Nothofagus*, aportándoles las bondades que le confiere la micorrización y posterior producción de hongos comestibles de valor.

REFERENCIAS

- Águeda, B., Parladé, J., Fernández, L., Cisneros, O., De Miguel, A., Modrego A., Martínez, F. & Pera, J. (2008). Mycorrhizal synthesis between *Boletus edulis* species complex and rockroses (*Cistus sp.*). *Mycorrhiza*, 18(8): 443-449. <https://doi.org/10.1007/s00572-008-0192-3>
- Arora, D. & Frank, F.L. (2014). Clarifying the butter Boletes, a new genus *Butyriboletus*, is established to accommodate *Boletus* sect. *Appendiculati*, and six new species are described. *Mycologia*, 106(3): 464-480. <https://doi.org/10.3852/13-052>
- Boa, E. (2004). Wild edible fungi. A global overview of their use and importance to people. Non-wood forest products 17. FAO, Roma, Italia. 147 p.

- Boxman, A., Sinke, R. & Roelofs, J. (1986).** Effects of NH₄⁺ on the growth and K⁺(⁸⁶Rb) uptake of various ectomycorrhizal fungi in pure culture. *Water, Air Soil Pollution*, N°. 31. Pp: 517-522. <https://doi.org/10.1007/BF00630870>
- 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. y 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
- 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>
- 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.
- Díaz, G., Flores, R. & Honrubia, M. (2009).** Descripción de cultivos miceliarios de Boletales neotropicales y europeos (*Boletus* grupo *edulis*, *Boletellus* y *Suillus*) y formación de primordios de *B. edulis* en cultivo puro. *Revista Mexicana de Micología*, N°30. Pp:1-7.
- Garza, F., García, J., Quiñones, M., Guevara, G., Valenzuela, R., Carrillo, A., Sánchez, L. et al. (2018).** *Boletus luridellus* (Murr.) Murril y *Quercus fusiformis* Small: cultivo, síntesis de micorrizas y producción de esporomas en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(50): 361-378. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.238>.
- García-Rodríguez, J.L., Pérez-Moreno, J., Aldrete, A., Cetina-Alcalá, V. & Vaquera-Huerta, H. (2006).** Caracterización del hongo silvestre ectomicorrízico *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Cooke et Couch en cultivo y en simbiosis con eucalipto y pino. *Agrociencia*, N°40. Pp: 665-676.
- González, C. (2020).** Estimación de la distribución potencial actual de las especies de hongos silvestres comestibles (*Butyriboletus loyo*, *Ramaria* sp., *Cyttaria espinosae* y *Grifolia garga*) en la región de Los Ríos, con énfasis en la comuna de Panguipulli. Memoria de Título para optar al título de geógrafa. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Escuela de Pregrado, Carrera de Geografía. 67 p.
- Hawksworth, D. & Luecking, R. (2017).** Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. *Microbiol Spectr.*, 5(4). FUNK-0052-2016. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.FUNK-0052-2016>
- Hawksworth, D. (2001).** The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research*, N°105. Pp: 1422-1432. <https://doi.org/10.1017/S0953756201004725>
- 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>
- 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. Berlin 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.

- Islam, F. & Ohga, S. (2013).** Effects of media formulation on the growth and morphology of ectomycorrhizae and their association with host plant. *ISRN Agronomy*. Vol. 2013, Article ID 317903, 12 pages. Hindawi Publishing Corporation. <https://doi.org/10.1155/2013/317903>
- 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.
- 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.
- Montenegro, I. (2016).** Caracterización del sistema de recolección de hongos silvestres comestibles de la organización de mujeres campesinas "Domo Peuma", Comuna de Paillaco, Región de Los Ríos. Memoria de título para optar al título profesional de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Escuela de Pregrado. Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. 151 p. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/151005>
- 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
- Mujica, F. & Vergara, C. (1980).** *Flora Fungosa Chilena*. Segunda Edición revisada y actualizada por Oehrens, E. Universidad de Chile, Facultad de Agronomía. Ciencias Agrícolas N° 5, Editorial Universitaria. Santiago, Chile, 308 p.
- Murrieta-Hernández, D.M., Noa-Carrazana, J.C., Mata-Rosas, M., Pineda-López, M., Zulueta-Rodríguez, R. & Flores-Estévez, N. (2014).** Efecto del medio de cultivo en el desarrollo de *Suillus granulatus* (L.) Roussel y *S. brevipes* (Pk.) Kuntze. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 20(1): 101-107. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2013.06.021>
- Olaizola, J., Santamaría, O. & Diez, J. (2023).** *In Vitro* growth of nine edible ectomycorrhizal fungi under a range of pH conditions. *Bioagro*, 35(2): 159-166. <https://doi.org/10.51372/bioagro352.8>
- Ortega, (2012).** Análisis de factores influyentes en la gestión del recurso micológico. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid, Escuela Universitaria de Ingeniería Agraria de Soria, Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales. 108 p.
- Palfner, G., Casanova, A., Salazar, V., Riquelme, A. & Santelices, R. (2022).** Hongos no liquenizados: Diversidad, funciones, conservación y usos. En: San Martín, J. (Ed). *Los bosques relictos del ruil: Ecología, biodiversidad, conservación y restauración*. ISBN N°78-956-410-577-2.
- Palma, J., Claramunt, V., Molina, E., Montenegro, I. & Chung, P. (2021).** Manual para la recolección y manejo sustentable de hongos silvestres comestibles. El caso de loyo, changle, gargal y diweñe. *INFOR*. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/31353>
- Pereira, G., Herrera, J., Machuca, A. & Sánchez, M. (2007).** Efecto del pH sobre el crecimiento *in vitro* de hongos ectomicorrícicos recolectados de plantaciones de *Pinus radiata*. *Bosque*, N°28. Pp:215-219. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002007000300005>
- Riquelme, C., Dibán, M. & Salazar, V. (2019).** Revisión del género *Boletus* L. (*Boletales*, *Bacidiomycota*) en Chile. *Boletín Micológico*, 34(1): 28-42. <https://doi.org/10.22370/bolmicol.2019.34.1.1754>
- Sánchez, F., Honrubia, M. & Torres, P. (2001).** Effects of pH, water stress and temperature on *in vitro* culture of ectomycorrhizal fungi from Mediterranean forests. *Cryptogamie Mycologie*, N°22. Pp: 243-258. [https://doi.org/10.1016/S0181-1584\(01\)01076-4](https://doi.org/10.1016/S0181-1584(01)01076-4)
- 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. <https://dx.doi.org/10.33885/sf.1995.3.829>

- 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
- Sianard, F., Pangou, S. & Mountanda, A. (2010).** Influencia del pH en el desarrollo *in vitro* de cinco especies de hongos ectomicorrícicos. *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.
- 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>
- Trappe, J. (1987).** Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. In: Safir, G.R. (Ed). *Ecophysiology of VA mycorrhizal plants*. CRC Press, Boca Raton, FL, Pp: 5–25.
- Valenzuela, E. (2003).** Hongos comestibles silvestres colectados en la X Región de Chile. *Boletín Micológico*, N°18. Pp: 1-14. <https://doi.org/10.22370/bolmicol.2003.18.0.374>
- 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.
- Wang, Y., Tuo, Y-L., Wu, D-M., Gao, N., Zhang, Z-H, Rao, G., Wang, X-M. et al. (2022).** Exploring the relationships between four new species of Boletoid fungi from Northern China and their related species. *Journal Fungi*, 8, 218. <https://doi.org/10.3390/jof8030218>
- Willenborg, A., Schmitz, D. & Lelley, J. (1990).** Effects of environmental stress factors on ectomycorrhizal fungi *in vitro*. *Canadian Journal of Botany*, N°68. Pp:1741-1746. <https://doi.org/10.1139/b90-224>



ARTÍCULO

Respuesta al raleo en comparación con el autorraleo en bosques secundarios de *Nothofagus pumilio* y *N. antarctica* de la Patagonia Sur, Argentina.

Pablo L. Peri^{1,2,3}; Lucas Monelos²; Francisco Mattenet⁴; Jaime Salinas Sanhueza⁵; Julián Rodríguez-Souilla⁶ & Guillermo Martínez Pastur^{3,6}.

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), cc 332 (9400) Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina. E-mail: peri.pablo@inta.gob.ar.

²Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA), Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina.

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), CIT Santa Cruz, Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina.

⁴Asesor Privado, Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina

⁵Instituto Forestal (INFOR), Coyhaique, Chile.

⁶Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina.

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2025.623>

Recibido: 14.01.2025; Aceptado 03.03.2025.

RESUMEN

El raleo planificado en bosques secundarios puede reducir el tiempo necesario para obtener los productos deseados para la industria. En 2006 se establecieron parcelas de monitoreo a largo plazo en dos rodales de la misma edad de *Nothofagus pumilio* (12.550 árb/ha), y en rodales de *N. antarctica* establecidos en 2008 (4.050 árb/ha) en la provincia de Santa Cruz, Argentina, con el objetivo de cuantificar la respuesta a diferentes intensidades de raleo y compararla con la dinámica natural de autorraleo. Para *N. pumilio*, se probó 4 intensidades de raleo, dejando desde 2.350 árb/ha hasta 1.050 árb/ha y un control. En *N. antarctica* se evaluó durante 10 años un raleo moderado, dejando 1.550 árb/ha, y un control. El crecimiento en diámetro (DAP), área basal (AB) y volumen total sobre corteza (TOBV) de *N. pumilio* fue mayor para el tratamiento de intensidad moderada de raleo (0,40 cm/año, 1,40 m²/ha-año, y 10,11 m³/ha-año). Para *N. antarctica*, el DAP y la tasa de crecimiento del TOBV fue mayor para el tratamiento de intensidad de raleo moderada (0,27 cm/año, 3,41 m³/ha-año) en comparación con el rodal de control. El estudio de dinámica natural de rodales de *N. pumilio* reveló una mortalidad inducida por competencia a una tasa media de 441 árboles/ha-año, con una tasa media de crecimiento de 6,05 m³/ha-año. La importancia de las parcelas de largo plazo del presente trabajo es que proporcionarán datos esenciales para la planificación del manejo forestal en la Patagonia.

Palabras clave: dinámica de clases de copa, tasa de mortalidad, silvicultura.

SUMMARY

Planned thinning in secondary forests can reduce the time required to obtain the desired products for the industry. Long-term monitoring plots were established in two stands of the same age of *Nothofagus pumilio* (12,550 trees/ha), and in stands of *N. antarctica* established in 2008 (4,050 trees/ha) in the province of Santa Cruz, Argentina, with the objective of quantifying the response to different thinning intensities and comparing it with the natural dynamics of self-thinning. For *N. pumilio*, 4 thinning intensities were tested, ranging from 2,350 trees/ha to 1,050 trees/ha and a control. In *N. antarctica*, a moderate thinning was evaluated for 10 years, leaving 1,550 trees/ha, and a control. The growth in diameter (DBH), basal area (BA) and total over bark volume (TOBV) of *N. pumilio* was higher for the moderate thinning intensity treatment (0.40 cm/year, 1.40 m²/ha/year, and 10.11 m³/ha/year). For *N. antarctica*, DBH and TOBV growth rate was higher for the moderate thinning intensity treatment (0.27 cm/yr, 3.41 m³/ha/yr) compared to the control stand. The natural dynamics study of *N. pumilio* stands revealed competition-induced mortality at an average rate of 441 trees/ha/yr, with an average growth rate of 6.05 m³/ha/yr. The importance of the long-term plots of the present work is that they will provide essential data for forest management planning in Patagonia.

Key words: crown class dynamic, mortality rate, silviculture.

INTRODUCCION

Nothofagus pumilio (Poepp. et Endl.) Krasser (lenga) y *N. antarctica* (G. Forster) Oerst. (ñirre) son las especies arbóreas nativas más importantes de la Patagonia, y se extienden en Argentina desde las latitudes 37°00' a 52°30' Lat. S. En la provincia de Santa Cruz, el tipo de vegetación de bosque nativo representa 3.728 km² (1,5% del área total), donde los bosques puros de lenga cubren alrededor de 2.538 km² (1,0%) seguidos por los bosques puros de ñirre, que ocupan 1.000 km² (0,4%) (Peri *et al.*, 2024). Si bien los bosques de lenga son el principal recurso maderable para la industria del aserrío (Martínez Pastur *et al.*, 2000), los bosques de ñirre han sido utilizados como sistemas silvopastoriles, que combinan árboles con pastos o pastizales bajo pastoreo en una misma unidad de superficie, constituyéndose en una alternativa productiva económica, ecológica y social para la región (Peri *et al.*, 2016; Salinas, 2016).

En los últimos 120 años se han cosechado áreas importantes de estas especies, lo que ha permitido establecer con éxito la regeneración natural en la mayoría de los sitios (Peri *et al.*, 2002; 2013). La perturbación en grandes superficies del dosel superior de estos bosques ocurre principalmente como resultado de la caída de árboles (a pequeña escala) y, en menor medida, debido al daño por nieve o incendios asociados con actividades humanas. Esto da como resultado una regeneración abundante (p. ej., 100.000 plántulas por hectárea de menos de 1 m de altura, y de hasta 20 años de edad) seguida de un aclareo automático debido principalmente a la competencia ligera que resulta en una densidad final de 200 a 350 árboles por hectárea en etapas maduras (más de 180 años de edad) (Martínez Pastur *et al.*, 2001). Para los bosques de lenga, la propuesta silvicultural más común incluye el sistema de corta de protección con una rotación de 120 años, y un período de regeneración de 20 años. Esta propuesta imita la dinámica natural del bosque, asociada a los claros del dosel que proporcionan condiciones ecológicas satisfactorias para la regeneración de una nueva cohorte (Martínez Pastur *et al.*, 1999). El crecimiento de la regeneración puede verse afectado por el grado de apertura del dosel, que influye sobre la precipitación y la intensidad de la luz a nivel del sotobosque.

Para la producción de troncos para aserrado, el raleo planificado en rodales de bosque secundario puede reducir el tiempo requerido para obtener productos de una calidad deseada, concentrar el crecimiento del rodal en árboles seleccionados, aumentar la producción de madera al utilizar árboles que morirían en ausencia del raleo, y para el caso de los sistemas silvopastoriles, el raleo también mejora la producción de materia seca (MS) del sotobosque y, en consecuencia, aumenta la producción animal del sistema (Peri *et al.*, 2013; 2016; Martínez Pastur *et al.*, 2023, Rodríguez-Souilla *et al.*, 2023).

Previamente se han reportado esquemas de tratamientos intermedios y ensayos de raleo para lenga y ñirre (Schmidt *et al.*, 1995, Martínez Pastur *et al.*, 2001; 2018; 2023; Peri *et al.*, 2002; 2013; Salinas *et al.*, 2017; Salinas, 2021, Rodríguez-Souilla *et al.*, 2023). Sin embargo, es relevante medir e identificar los efectos positivos y/o negativos del raleo sobre la resistencia y resiliencia a nivel de rodal y de árbol individual a factores estresantes (p. ej. sequía, insectos, enfermedades y daños por viento), que se espera que aumenten en frecuencia y/o severidad debido al cambio global. En este contexto, existe evidencia sólida de que el raleo, particularmente el raleo intenso, reduce el impacto de la sequía y también el riesgo y la severidad de los incendios cuando se eliminan los restos de la cosecha (Millar *et al.*, 2007).

El objetivo del presente trabajo es evaluar el autorraleo ocurrido en rodales en dinámica natural, y el crecimiento de árboles de bosques secundarios de lenga y ñirre bajo diferentes regímenes de intensidad de raleos. Nuestra hipótesis es que la respuesta del crecimiento al raleo de lenga y ñirre en sitios secos ocurre en niveles intermedios al reducirse el estrés hídrico (mejores condiciones microambientales).

MATERIAL Y METODO

Área de Estudio

En 2006 se establecieron parcelas de raleo y dinámica natural de rodales a largo plazo en bosques secundarios y coetáneos de lenga en la provincia de Santa Cruz (51°34' Lat. S, 72° 01' Long. O), Argentina. Los bosques originales de 120 ha se establecieron principalmente después de una extensa tala rasa en

franjas durante 1940-1950. El rodal estudiado tiene un índice de sitio de 9,8 m a una edad base de 60 años ($IS_{60} = 9,8$ m). El paisaje está clasificado como templado frío y subhúmedo, con una temperatura media anual a largo plazo del aire de 4,5 °C, una precipitación anual de 488 mm/año y una evaporación potencial superior a 950 mm/año. Los suelos son de textura gruesa y clasificados como Molisoles. Con base en treinta muestras compuestas de suelo (0-30 cm de profundidad correspondiente a la distribución de raíces), los suelos se caracterizan por: pH 4,9, carbono orgánico 4,7%, nitrógeno 0,42%, fósforo disponible 132 mg/kg y textura franco-arenosa (USDA) con 47% de arena, 7% de arcilla y 46% de limo.

En el caso de los bosques de ñirre, las parcelas de dinámica natural de largo plazo y de raleo se establecieron en 2008, en un bosque secundario coetáneo (51°13' S, 72°15' O) establecido después de un incendio ocurrido en 1966-1967. El rodal tiene un índice de sitio de 6,5 m a una edad base de 50 años ($IS_{50} = 6,5$ m). La temperatura promedio del aire es de 5,4 °C, la precipitación anual de 422 mm/año y la evaporación potencial de 1.210 mm/año. Los suelos se clasificaron como Molisoles. Basado en treinta muestras de suelo compuestas, los suelos tienen: pH 4,8, carbono orgánico 3,2%, nitrógeno 0,32%, fósforo disponible 129 mg/kg y una textura franco-arenosa (USDA) con 50% arena, 20% arcilla y 30% limo.

Parcelas de Dinámicas de Rodales Naturales

En lenga se instalaron dos parcelas circulares de largo plazo de 100 m² en rodales homogéneos de 44 ±4 años de edad. Los rodales tenían una densidad inicial de 12.550 ± 600 árboles/ha, con un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 7,1 ± 3,2 cm. La mortalidad, el DAP y las clases de copa (dominante, codominante, intermedia, suprimida) se registraron anualmente para cada árbol durante 11 años (2006-2017). El volumen total con corteza (VTCC) para lenga se calculó utilizando una ecuación reportada por Peri (1995) para la misma área de estudio. Estas parcelas que representan rodales no manejados permiten evaluar la dinámica natural (proceso de autorraleo) del rodal.

Parcelas de Raleo

Las parcelas de raleo de lenga se ubicaron en rodales secundarios de edad uniforme (12.550 árboles/ha, edad 50 ± 5 años, DAP medio 7.2 cm). Sobre la densidad total, se seleccionó 800 árboles futuros (dominantes, de tallos rectos y de buena salud). El ensayo de raleo consistió de cuatro tratamientos: (i) intensidad de raleo baja dejando 2.350 árboles/ha; (ii) intensidad de raleo moderada, dejando 1.700 árboles/ha; (iii) intensidad de raleo severa, dejando 1.050 árboles/ha; y (iv) un tratamiento control bajo dinámica natural. El raleo eliminó los árboles dominantes y codominantes adyacentes para liberar los árboles futuros seleccionados. Cada tratamiento se replicó cinco veces asignado aleatoriamente en un diseño de parcelas divididas (las parcelas tienen un área de 1.500 m²), donde las parcelas principales fueron tres niveles diferentes de intensidades de raleo y el control.

Para el ñirre, las parcelas de raleo se ubicaron en rodales secundarios de edad uniforme (4.050 árboles/ha, edad 52 ± 6 años, DAP de 12,5 ± 3,2 cm). El ensayo de raleo consta de dos tratamientos: (i) intensidad de raleo moderada, dejando 1.550 árboles/ha; y (ii) un tratamiento testigo bajo dinámica natural de autorraleo.

El DAP se registró anualmente para cada árbol y se utilizó para estimar el VTCC con la ecuación local propuesta por Peri (1995) para lenga, y la ecuación estándar reportada por Lencinas *et al.*, (2002) para ñirre. La cobertura del dosel se estimó utilizando métodos de proyección vertical de las copas de los árboles. Para cuantificar la estabilidad de los árboles después del raleo, se contaron anualmente los árboles derribados por el viento.

Los análisis estadísticos se realizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) utilizando la prueba F con separación de medias mediante la prueba de Tukey con una probabilidad $p < 0,05$.

RESULTADOS y DISCUSION

Dinámica del Rodal Natural de Lengua

La densidad de rodales disminuyó de 12.550 árboles/ha en 2006 a 7.700 árboles/ha en 2017 (**Figura 1**). Esto determinó que la mortalidad inducida por competencia ocurrió a una tasa media de 441 árboles/ha-año. Los valores mínimos y máximos de mortalidad fueron 50 y 1.050 árboles/ha-año. La mortalidad se limitó a las clases de diámetro menores a 5 cm, correspondientes a clases de copa intermedia y suprimida. La mortalidad en las parcelas de dinámica de rodales naturales fue más baja que la reportados por *Peri et al. (2013)*, quienes indicaron que la mortalidad inducida por competencia promedió 680 árboles/ha-año, lo que representó el 3,5% de todos los árboles para el período de 10 años evaluado. En bosques secundarios de *N. pumilio* la principal causa de mortalidad, como especie tolerante a la semisombra (*Martínez Pastur et al., 2007*), es el proceso natural de autorrroleo debido principalmente a la competencia lumínica entre individuos (*Peri & Arce, 1998*). Sin embargo, la mortalidad encontrada en el presente trabajo fue mayor que la reportada por *Peri et al. (2002)* para rodales de *N. pumilio* de edad uniforme (18-22 árboles/ha-año) creciendo en una mejor calidad de sitio ($IS_{60} = 23,2$ m), pero de mayor edad (67 años) y con menor densidad inicial (2.382 ± 770 árboles/ha). Esta diferencia resalta cómo la mortalidad difiere con la edad del rodal y el índice de sitio.

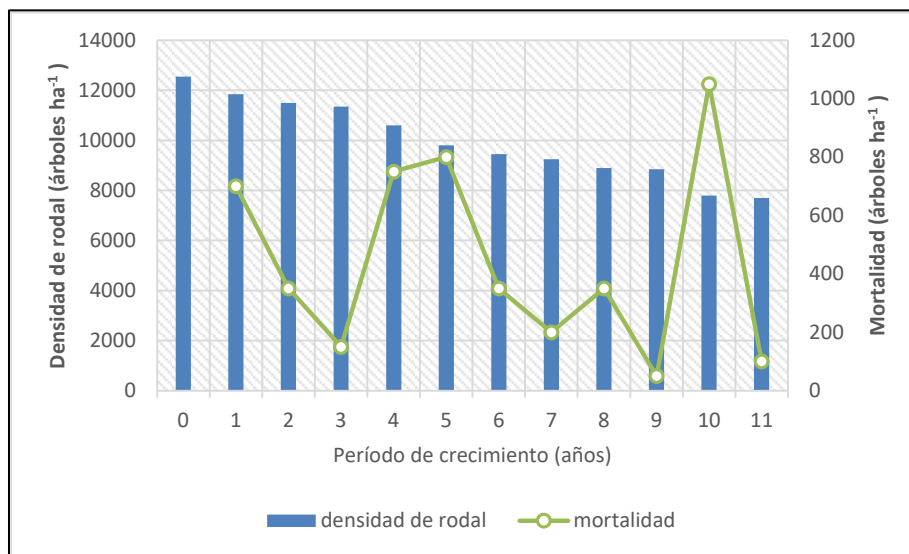


Figura 1. Dinámica de la densidad de rodal (barras) y mortalidad (líneas) en rodales naturales de lengua de edad intermedia (44 ± 4 años) en la provincia de Santa Cruz, Argentina.

En once años, el DAP aumentó de 7,1 a 9,5 cm, a una tasa de crecimiento promedio ponderada (por la proporción de clases de copa en el rodal) de 0,21 cm/año (**Figura 2**). Sin embargo, la tasa de crecimiento promedio mostró respuestas diferentes según las clases de copa. Así, la tasa de incremento del DAP varió: 0,45, 0,34, 0,21 y 0,15 cm/año para árboles dominantes, codominantes, intermedios y suprimidos, respectivamente.

El AB aumentó de 59,1 en 2006 a 64,2 m²/ha en 2017 a una tasa de crecimiento de 0,46 m²/ha-año (**Figura 2**). El incremento del VTCC varió de 0,6 a 9,4 m³/ha-año con un promedio de 6,05 m³/ha-año (**Figura 2**). Sin embargo, el 55% de esto se atribuyó solo al crecimiento de la clase de copa dominante (25% de los árboles). Según *Peri et al. (2013)* para la misma área, la tasa de crecimiento del rodal bajo dinámica natural (0,73 m²/ha-año en AB y 7,2 m³/ha-año en VTCC) determinó la importancia de la contribución de los árboles dominantes (por ej., el 57% del incremento del VTCC fue proporcionado solo por la clase de copa dominante).

Asimismo, el impacto de las clases de copa (principalmente árboles dominantes) sobre el crecimiento del DAP y el volumen de los bosques de lenga a lo largo de las condiciones ambientales también ha sido reportado previamente (Peri & Martínez Pastur, 1996; Martínez Pastur *et al.*, 2001).

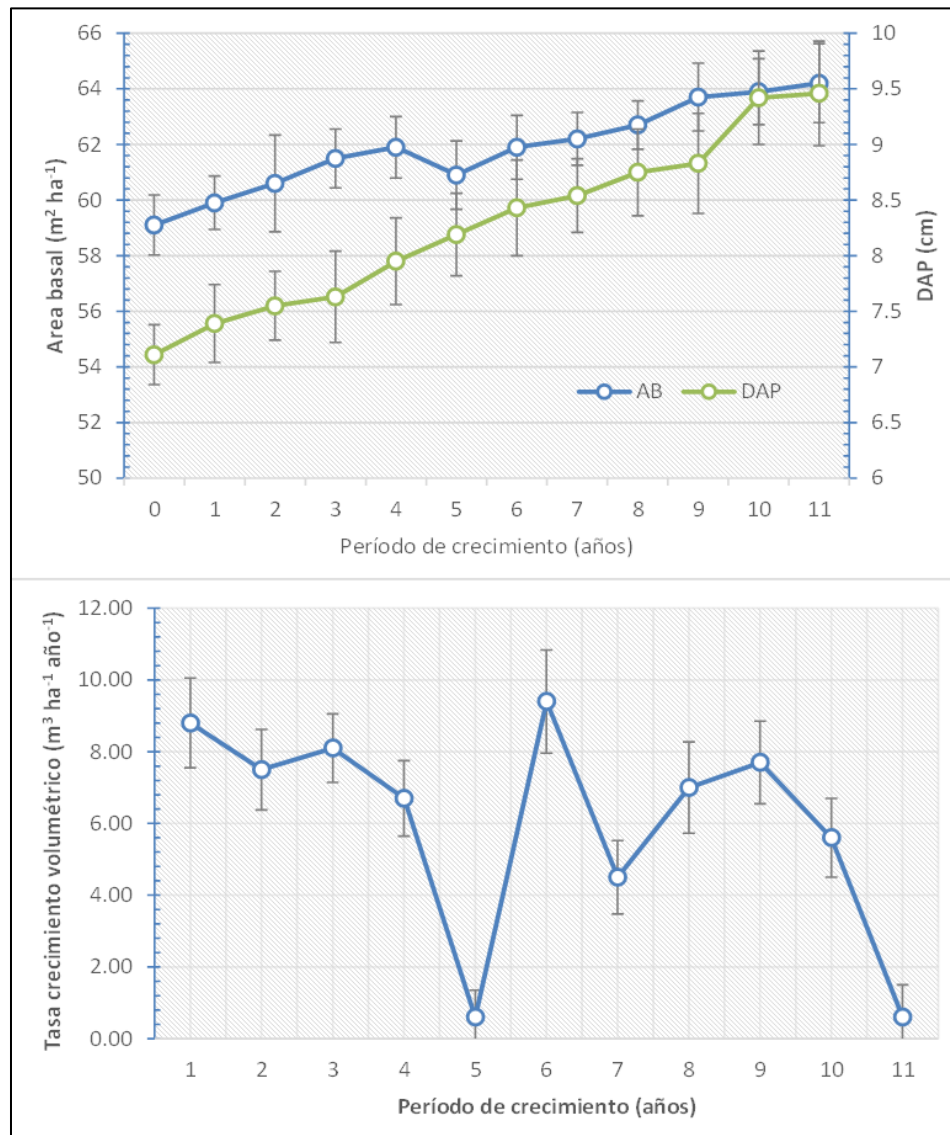


Figura 2. Área basal (AB), diámetro a la altura del pecho (DAP), y tasa de crecimiento de volumen total con corteza (VTCC) para un rodal de *Nothofagus pumilio* desarrollándose en a un índice de sitio de 9,8 m a una edad base de 60 años ($IS_{60}=9,8$ m), provincia de Santa Cruz, Argentina.

Tratamientos de Raleo en Rodales de Lenga

Los resultados de once años de este estudio indicaron que hubo diferencias significativas en la respuesta de crecimiento entre los tratamientos de raleo (**Cuadro 1**). El cambio en la tasa de crecimiento de DAP, AB y VTCC fue mayor para el tratamiento de intensidad de raleo moderada (**Cuadro 1**). Sin embargo, hubo una interacción entre los tratamientos de raleo a lo largo del tiempo (**Figura 3**), por ejemplo: la tasa de crecimiento de VTCC fue mayor para el raleo severo solo después de 7, 8 y 9 años respecto al control y los tratamientos

de baja intensidad, no obstante, la intensidad de raleo moderada mostró los valores más altos de tasa de crecimiento de VTCC durante los 11 años evaluados. Además, no hubo árboles derribados por el viento en todos los tratamientos de raleo durante el período analizado (2006-2017). *Peri et al. (2013)* evaluaron parcelas de raleo de lenga, donde la eliminación de dos, o de todos los competidores de cada árbol a conservar, aumentó el crecimiento en DAP, AB y VTCC en aproximadamente 27%, 31% y 39%, respectivamente, en comparación con el control. Estos incrementos de crecimiento fueron menores que los informados por *Peri et al. (2002)*, quienes estimaron un crecimiento del VTCC incrementado en 83% (raleo ligero) y 65% (raleo fuerte) respecto del control, para bosques de lenga (rodales de 67 años) creciendo en un sitio de alta calidad ($IS_{60} = 23,2$ m). También son menores a los reportados por *Martínez Pastur et al. (2001)* para rodales puros de lenga desarrollándose en calidad de sitio II-III (altura dominante de 22-26 m) con un crecimiento máximo de 12,7 m³/ha-año.

Cuadro 1. Tasa media de crecimiento en diámetro a la altura del pecho (DAP), área basal (AB), y volumen total con corteza (VTCC) en rodales de lenga durante un período de 11 años (2006-2017) para tres tratamientos de raleo (intensidad severa, moderada y baja) en comparación con un control en la provincia de Santa Cruz, Argentina.

	DAP (cm/año)	AB (m ² /ha-año)	VTCC (m ³ /ha-año)
Control	0,21 a	0,45 a	5,95 a
Intensidad raleo baja	0,29 b	1,29 c	7,1 ab
Intensidad raleo moderada	0,40 c	1,40 d	10,11 b
Intensidad raleo severa	0,42 c	0,97 b	6,2 ab

Las diferentes letras mostraron diferencias significativas mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

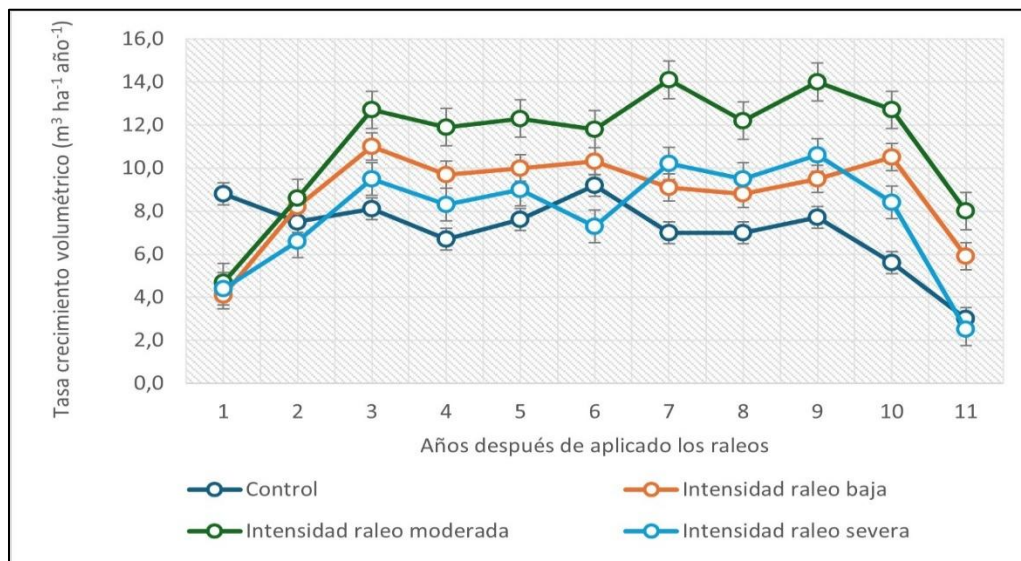


Figura 3. Tasa de crecimiento del volumen total con corteza (VTCC) durante un período de 11 años (2006-2017) para tres tratamientos de raleo (intensidades baja, moderada y severa) en comparación con un control en un rodal de lenga de edad intermedia (50 ± 5 años) en Santa Cruz, Argentina.

Tratamientos de Raleo en Rodales de Ñirre

Luego de diez años de evaluación, los resultados de los rodales de ñirre indicaron que hubo diferencias significativas en la respuesta de crecimiento entre el tratamiento de raleo y el control (**Cuadro 2**). El cambio

en la tasa de crecimiento del DAP y del VTCC fue mayor para el tratamiento de intensidad de raleo moderada en comparación con el control (**Cuadro 2**). Ivancich *et al.* (2014) destacaron que la tasa de crecimiento del DAP aumentó con la edad del árbol siguiendo una curva de forma sigmoidea, la calidad del sitio y las clases de copa de los árboles. En nuestro estudio, hubo una interacción entre el tratamiento de raleo y el control a lo largo del tiempo (**Figura 4**). Así, mientras que la tasa de crecimiento del VTCC fue mayor para el control hasta los 4 años de establecido el experimento, la intensidad de raleo moderada mostró los valores más altos de tasa de crecimiento del VTCC durante todo el período evaluado. Además, no hubo árboles derribados por el viento en todos los tratamientos de raleo durante el período analizado (2008-2018).

Cuadro 2. Valores de la tasa de crecimiento del diámetro a la altura del pecho (DAP), área basal (AB) y volumen total sobre corteza (VTCC) en rodales de ñirre durante un período de 10 años (2008-2018) para dos tratamientos de raleo (intensidad de raleo moderada y control) en Santa Cruz, Argentina.

Tratamiento	DAP (cm/año)	AB (m ² /ha-año)	VTCC (m ³ /ha-año)
Control	0,16 a	0,61 a	2,54 a
Raleo intensidad moderada	0,27 b	0,63 a	3,41 b

Las diferentes letras mostraron diferencias significativas mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

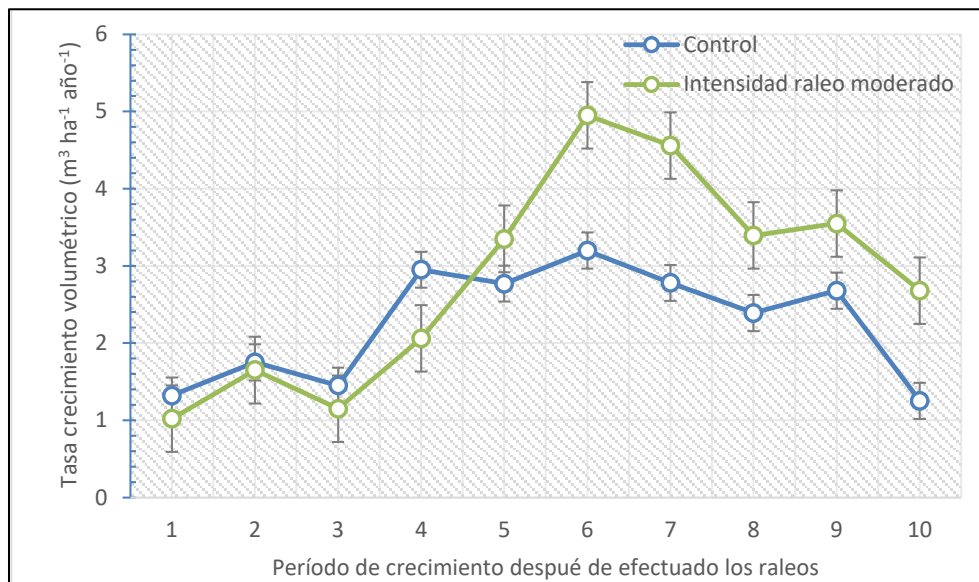


Figura 4. Tasa de crecimiento del volumen total de corteza (VTCC) del rodal de ñirre durante un período de 10 años (2008-2018) para una intensidad de raleo moderada y un control de rodal de ñirre en Santa Cruz, Argentina.

El Manejo de Bosque con Ganadería Integrada (MBGI) tiene como objetivo principal contribuir al uso sustentable de los bosques nativos como herramienta de desarrollo y de acuerdo a los criterios de sustentabilidad y estándares mínimos establecidos por la Ley Nacional N° 26.331 (Argentina). Propone siete lineamientos técnicos para cumplir con los objetivos y orientar los planes de manejo, siendo una estrategia ganar-ganar de manejo (Peri *et al.*, 2022a; 2022b). La información de nuestro estudio aporta información para la organización de actividades del MBGI que incluye un plan de manejo forestal en el que el esquema silvícola propuesto se basa en la dinámica del bosque natural.

CONCLUSIONES

Los resultados destacan la importancia de establecer parcelas permanentes que representen diferentes tratamientos de raleo a lo largo de un gradiente de calidad del sitio, con el fin de representar plenamente las respuestas de crecimiento potencial en los rodales de lenga y ñirre en Patagonia Austral. La importancia de las parcelas de largo plazo del presente trabajo radica en que proporcionarán datos esenciales para utilizar en el desarrollo de un futuro modelo informático para la planificación del manejo forestal en la Patagonia. Además, estas parcelas de largo plazo nos permiten determinar la viabilidad financiera de los tratamientos intermedios como los raleos y proporcionan una demostración en el campo de los efectos del manejo forestal.

REFERENCIAS

- Ivancich, H., Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., Cellini, J.M. & Peri, P.L. (2014). Proposals for *Nothofagus antarctica* diameter growth estimation: Simple vs. global models. *Journal of Forest Science*, 60(8): 307-317. <https://doi.org/10.17221/22/2014-JFS>
- Lencinas, M.V., Martínez Pastur, G., Cellini, J.M., Vukasovic, R., Peri, P.L. & Fernández, M.V. (2002). Incorporación de la altura dominante y clase de sitio a ecuaciones estándar de volumen para *Nothofagus antarctica* (Forster f.) Oersted. *Bosque*, 23(2): 5-17. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002002000200002>
- Martínez Pastur, G., Peri, P.L., Fernández, C., Staffieri, G. & Rodríguez, D. (1999). Desarrollo de la regeneración a lo largo del ciclo del manejo forestal de un bosque de *Nothofagus pumilio*: 1. Incidencia de la cobertura y el aprovechamiento. *Bosque*, 20 (2): 39-46. <https://doi.org/10.4206/bosque.1999.v20n2-04>
- Martínez Pastur, G., Cellini, J.M., Peri, P.L., Vukasovic, R. & Fernández, C. (2000). Timber production of *Nothofagus pumilio* forests by a shelterwood system in Tierra del Fuego (Argentina). *Forest Ecology and Management*, 134(1-3): 153-162. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00253-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00253-4)
- Martínez Pastur, G., Cellini, J.M., Lencinas, M.V., Vukasovic, R., Vicente, R., Bertolami, F. & Giunchi, J. (2001). Modificación del crecimiento y de la calidad de fustes en un raleo fuerte de un rodal en fase de crecimiento óptimo inicial de *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser. *Ecología Austral*, N° 11. Pp: 95-104.
- Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., Peri, P.L. & Arena, M. (2007). Photosynthetic plasticity of *Nothofagus pumilio* seedlings to light intensity and soil moisture. *Forest Ecology and Management*, N°243. Pp: 274-282. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.03.034>
- Martínez Pastur, G., Soler, R., Lencinas, M.V., Cellini, J.M. & Peri, P.L. (2018). Long-term monitoring of thinning for silvopastoral purposes in *Nothofagus antarctica* forests of Tierra del Fuego, Argentina. *Forest Systems*, 27(1): e01S. <https://doi.org/10.5424/fs/2018271-11928>
- Martínez Pastur, G., Rodríguez-Souilla, J., Lencinas, M.V., Cellini, J.M., Chaves, J.E., Aravena Acuña, M.C., Peri, P.L. & Roig, F.A. (2023). Microclimatic conditions restrict the radial growth of *Nothofagus antarctica* regeneration based on the type of forest environment in Tierra del Fuego. *Sustainability*, 15: e8687. <https://doi.org/10.3390/su15118687>
- Millar, C.I., Stephenson, N.L. & Stephens, S.L. (2007). Change and forests of the future: managing in the face of uncertainty. *Ecol. Appl.*, N°17. Pp: 2145–2151. <https://doi.org/10.1890/06-1715.1>
- Peri, P.L. (1995). Ecuaciones de volumen bruto, neto y de corteza para lenga (*Nothofagus pumilio*) en Ea. Stag-River, Santa Cruz. Publicación Técnica Forestal N° 5 Convenio UNPA-INTA-CAP. Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina. 14 p.
- Peri, P.L. & Martínez Pastur, G. (1996). Crecimiento diamétrico de *Nothofagus pumilio* para dos condiciones de copa en un sitio de calidad media de Santa Cruz (Argentina). *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 5(2): 201-212.
- Peri, P.L. & Arce, J. (1998). Estudio estructural de la regeneración avanzada de lenga (*Nothofagus pumilio*) en Patagonia Sur, Argentina. *In Actas Primer Congreso Latinoamericano de IUFRO*. Tema 3 (47): Manejo, Protección y Conservación de Bosques Naturales. Valdivia, Chile. 22-28 de noviembre.

- Peri, P.L., Martínez Pastur, G., Vukasovic, R., Díaz, B., Lencinas, M.V. & Cellini, J.M. (2002).** Thinning schedules to reduce risk of windthrow in *Nothofagus pumilio* forests of Patagonia, Argentina. *Bosque*, 23(2): 19-28. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002002000200003>
- Peri, P.L., Martínez Pastur, G. & Monelos, L. (2013).** Natural dynamics and thinning response of young lenga (*Nothofagus pumilio*) trees in secondary forests of Southern Patagonia. *Bosque*, 34(3): 273-279. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002013000300003>
- Peri, P.L., Bahamonde, H., Lencinas, M.V., Gargaglione, V., Soler, R., Ormaechea, S., & Martínez Pastur, G. (2016).** A review of silvopastoral systems in native forests of *Nothofagus antarctica* in southern Patagonia, Argentina. *Agroforestry Systems*, N° 90. Pp: 933-960. <https://doi.org/10.1007/s10457-016-9890-6>
- Peri, P.L., Mónaco, M., Navall, M., Colomb, H., Gómez Campero, G., Medina, A. & Rosales, V. (2022a).** Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI) en Argentina. *Revista del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA)* 261: 30-40.
- Peri, P.L., Rosas, Y.M., López, D.R., Lencinas, M.V., Cavallero, L. & Martínez Pastur, G. (2022b).** Conceptual framework to define management strategies for silvopastoral systems in native forests. *Ecología Austral*, N° 32. Pp: 749-766. <https://doi.org/10.25260/EA.22.32.2.1.1872>
- Peri, P.L., Gaitán, J., Díaz, B., Almonacid, L., Morales, C., Ferrer, F., Lasagno, R., Rodríguez-Souilla, J. & Martínez Pastur, G. (2024).** Vegetation type mapping in Southern Patagonia and its relationship with ecosystem services, soil carbon stock, and biodiversity. *Sustainability*, 16: e2025. <https://doi.org/10.3390/su16052025>
- Rodríguez-Souilla, J., Cellini, J.M., Lencinas, M.V., Paredes, D., Chaves, J.E., Roig, F.A., Peri, P.L. & Martínez Pastur, G. (2023).** Radial growth response to long-term thinning strategies in *Nothofagus pumilio* forests of Tierra del Fuego. *Bosque*, 44(1): 241-254. <https://doi.org/10.4067/s0717-92002023000100241>
- Salinas S.J. (2016).** Experiencia de manejo silvopastoral en dos renovales coetáneos de *Nothofagus antarctica* (G. Forst.) Oerst. (Ñire) en la región de Aysén, Chile. *Ciencia & Investigación Forestal*, 22(1): 37-50. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2016.449>
- Salinas, J., Peri, P.L., Hepp, C. & Acuña, B. (2017).** Sistemas Silvopastorales en Bosques de Ñirre (*Nothofagus antarctica* (G. Forst.) Oerst.) de la Región de Aysén. Instituto Forestal, Chile. Documento de Divulgación N° 43. 60 p.
- Salinas, J. (2021).** Ganadería Integrada al manejo de los bosques de Ñirre de Aysén: Buenas prácticas para compatibilizar la producción y la conservación del bosque. Instituto Forestal, Chile. Documento de Divulgación N° 53. 24 p. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/30459>
- Schmidt, H., Caldentey, J. & Donoso, S. (1995).** Informe: Investigación sobre el manejo de la lenga, XII Región. Universidad de Chile-CONAF. Santiago, Chile. 40 p.



ARTÍCULO

Variabilidad espacial y temporal del tamaño de embrión, viabilidad de semillas y emergencia de plántulas en *Araucaria araucana*.

Jorge González Campos¹; Laura Koch Zúñiga¹; Tamara Vera Castro¹; Marcela Ortiz Toledo¹; Roberto Ipinza Carmona² & Edison García Rivas¹.

¹ Instituto Forestal, sede Biobío. Concepción, Chile. jgonzalez@infor.cl

² Instituto Forestal, sede Los Ríos. Valdivia, Chile

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2025.624>

Recibido: 30.9.2024; Aceptado 25.03.2025.

RESUMEN

La *Araucaria araucana* es una conífera nativa de los bosques templados de Chile y Argentina, catalogada como "En Peligro" por la IUCN debido a la reducción de sus poblaciones. Este estudio evaluó la viabilidad de semillas de distintas localidades utilizando la prueba bioquímica de tetrazolio y la comparó con datos de emergencia en vivero, determinando que, para estimar la emergencia a partir de la viabilidad, es necesario aplicar un factor de corrección de aproximadamente 12% a los seis meses. Además, se evaluó la pérdida de viabilidad en una procedencia tras distintos periodos de almacenamiento (3, 6 y 9 meses), observándose una disminución significativa después de 9 meses, con una reducción del 72% respecto al 100% inicial. Los resultados subrayan la importancia de sembrar las semillas en el corto plazo tras la cosecha y validan el uso del tetrazolio como herramienta útil para estimar viabilidad, aunque requiere ajustes para su aplicación en esta especie. Estos hallazgos tienen implicancias directas para el manejo y conservación de *A. araucana*.

Palabras clave: *Araucaria araucana*, viabilidad seminal, conservación *ex situ*, almacenamiento de semillas, morfología embrionaria, semillas recalcitrantes.

SUMMARY

Araucaria araucana is a conifer native to the temperate forests of Chile and Argentina, currently classified as "Endangered" by the IUCN due to population declines. This study evaluated seed viability from different localities using the biochemical tetrazolium test and compared the results with nursery emergence data. It was determined that, to estimate emergence based on viability, a correction factor of approximately 12% is needed after six months. Additionally, viability loss was assessed in one seed source after different storage periods (3, 6, and 9 months), revealing a significant decline after 9 months, with a 72% reduction compared to the initial 100% at harvest. The results highlight the importance of sowing *A. araucana* seeds shortly after collection and support the use of the tetrazolium test as a useful tool for estimating viability, although its application requires adjustment for this species. These findings have direct implications for the management and conservation of *A. araucana*.

Keywords: *Araucaria araucana*, seed viability, *ex situ* conservation, seed storage, embryo morphology, recalcitrant seeds.

INTRODUCCIÓN

El Pehuén o *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch es una de las coníferas nativas más longevas de los bosques templados de Chile y Argentina, reconocida por su incuestionable valor cultural, social y ecológico. Esta especie posee una distribución disyuntiva, con dos poblaciones localizadas en la Cordillera de la Costa y otras en la Cordillera de los Andes, abarcando un rango que va desde los 37° 20'S hasta los 40° 20'S (Bekessy *et al.*, 2004).

Históricamente, las poblaciones de *araucaria* cubrían alrededor de 504.000 ha en Chile, pero hacia finales del siglo XX esta cifra se redujo a aproximadamente 254.000 ha (Lara *et al.*, 1999). En 2020 la superficie

de bosques del tipo forestal Araucaria se estimó en 252.217 ha, según el Catastro Vegetacional de la Corporación Nacional Forestal (CONAF, 2021), con mayor concentración en la Región de La Araucanía, seguida de la Región del Biobío y en menor medida en la Región de Los Ríos.

En términos de conservación, la *A. araucana* enfrenta serios desafíos. A nivel nacional, según el Reglamento de Clasificación de Especies del Ministerio del Medio Ambiente de Chile, la especie está categorizada como "En Peligro" para las poblaciones de la Cordillera de Nahuelbuta y como "Vulnerable" para aquellas en la Cordillera de Los Andes. Internacionalmente, también ha sido clasificada como "En Peligro" por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) y enlistada en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

Comprender la biología reproductiva de una especie es una herramienta efectiva para apoyar su conservación. En el caso de la *A. araucana*, su ciclo de formación completa, desde la fertilización hasta la madurez del cono, dura aproximadamente 16 a 18 meses. Los estróbilos masculinos comienzan a aparecer entre agosto y septiembre, mientras que los femeninos se observan a partir de noviembre (Troncoso, 2015). Este extenso período de desarrollo determina que, al momento de la cosecha de frutos se puedan encontrar en el mismo árbol tanto conos maduros como otros en desarrollo (Montaldo, 1974 citado por Taha *et al.*, 2011). Las condiciones climáticas y las características del suelo influyen en este proceso. Factores como la disponibilidad de agua, la temperatura y la fertilidad del suelo pueden modificar el éxito reproductivo y la regeneración natural de la especie (Joswig *et al.*, 2021).

Las semillas de araucaria, conocidas comúnmente como "piñones", son comestibles y representan un elemento vital tanto para la ecología local como para la cultura de las comunidades indígenas de la región. Esta comprensión detallada de su ciclo reproductivo es crucial para establecer estrategias de manejo y conservación que aseguren la supervivencia y prosperidad de esta especie emblemática de los bosques templados de Chile y Argentina.

Para estimar la capacidad germinativa en semillas, los ensayos en condiciones controladas pueden realizarse tanto en laboratorio como vivero, siendo ambas metodologías válidas técnicamente. La Asociación Internacional de Pruebas de Semillas o ISTA (www.seedtest.org) ha establecido normas para ajustar estas pruebas a cada especie. Sin embargo, estas normas no abarcan de manera adecuada a todas las especies leñosas (Barone *et al.*, 2016).

El tiempo necesario para completar estas pruebas en vivero puede ser prolongado, llegando a los 35 días o más para algunas especies (Silva *et al.*, 2016; Serrato *et al.*, 2019). Esto puede resultar en un consumo excesivo de tiempo y en un retraso en la obtención de los resultados finales, lo que representa un problema en situaciones en que se requiere sembrar de manera inmediata debido a restricciones de tiempo, costos y fundamentalmente por la condición de recalitrantes de las semillas de araucaria, cuyo almacenamiento no resulta recomendado por la pérdida de viabilidad que reduce su capacidad germinativa, sugiriéndose su siembra y viverización en el corto plazo postcosecha (León-Lobos *et al.*, 2014).

Por otra parte, la prueba bioquímica indirecta utilizando Tetrazolio (2,3,5-trifeniltetrazolio) se presenta como una alternativa útil, tanto para semillas con y sin latencia (Flemion & Poole, 1948, cit. por Baskin & Baskin, 2014). Esta prueba permite estimar la viabilidad de las semillas cuando deben ser sembradas poco después de la cosecha (RNGR 1995; León-Lobos *et al.*, 2014; Baskin & Baskin, 2014), siendo una herramienta para el monitoreo de bancos de semillas.

El principio bioquímico es la formación de un rojo carmín claro sobre los tejidos, resultante de la reducción del 2,3,5-trifenil tetrazolio al 1,3,5-trifenilformazán (Baskin & Baskin, 2014). Una semilla viable debe mostrar una coloración roja o rosada en todos los tejidos cuya viabilidad es necesaria para el normal desarrollo de las plántulas, tal coloración indica que el tejido es viable (ISTA, 2024). No obstante, la metodología de prueba del tetrazolio debe estandarizarse para las semillas de cada especie, principalmente debido a las diferencias en su morfología y composición química (Oliveira *et al.*, 2014).

Los objetivos del presente artículo son:

- (i) Caracterizar morfológicamente embriones de distintas localidades e identificar variaciones espaciales en los parámetros entre macrozonas.
- (ii) Evaluar la viabilidad y germinación de las semillas de distintas localidades, determinando patrones espaciales y diferencias significativas en estos parámetros.
- (iii) Estimar la variación temporal de la viabilidad de lotes de semillas de *Araucaria araucana* provenientes de distintas localidades;

MATERIAL Y MÉTODO

Material Vegetal

Se utilizaron semillas de *A. araucana* de 458 progenies provenientes de su distribución natural, obtenidas en una campaña de colecta efectuada en el verano-otoño del año 2018 en el marco del proyecto Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos (SIMEF) promovido por el Ministerio de Agricultura y ejecutado colaborativamente por el Instituto Forestal (INFOR), la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). Un lote adicional de semillas provenientes de Lonquimay, en la región de la Araucanía, fue provisto por el proyecto FIBN 011/2018 a principios de abril 2022. Todas las semillas fueron almacenadas en cámara de frío a 4°C hasta su análisis. Para la evaluación de viabilidad mediante la prueba de tetrazolio, se seleccionó una muestra de 10 semillas por árbol colectado en cada localidad. Todas las evaluaciones se realizaron en el Laboratorio de Semillas del Instituto Forestal en Concepción.

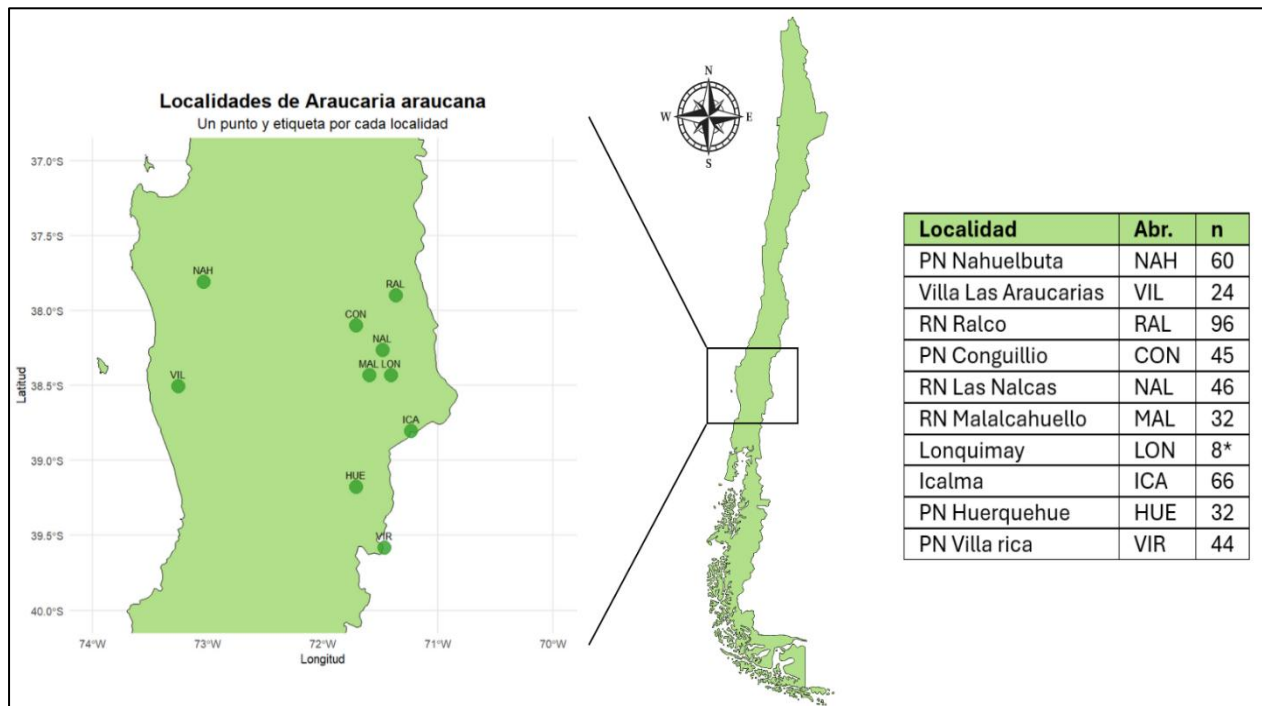


Figura 1: Localidades de *Araucaria araucana*. Cada punto en el mapa representa una localidad de muestreo, con su respectiva etiqueta y el número de árboles (n) muestreados en cada ubicación. (*) Un lote de esta familia fue utilizado para estudio temporal. (Elaboración propia).

Acondicionamiento de Muestras para Análisis de Viabilidad

Previo al análisis de viabilidad, las muestras se dejaron embebidas en agua destilada estéril, refrigeradas a 4°C por 48 horas, con el objeto de ablandar las semillas y aumentar la actividad de la enzima hidrogenasa, que cataliza la conversión del tetrazolio en formazán, reacción que permite evaluar la actividad respiratoria de la semilla y, por lo tanto, su viabilidad.

Al aumentar la actividad de la hidrogenasa, se facilita la conversión del tetrazolio y se obtienen resultados más precisos en la evaluación de la viabilidad de las semillas. Posterior al remojo, a cada semilla se le extrajo su embrión intacto separando el tejido nutritivo (megagametofito), esta actividad se realizó manualmente usando un bisturí N° 11, cuidando de no dañar mecánicamente el embrión para no interferir con la viabilidad interna, embriones dañados en el proceso de rescate no fueron considerados en el análisis (**Figura 2**). El largo y ancho del embrión fue determinado mediante un pie de metro, previo a ser embebidos en agua.



Figura 2: Procedimiento de rescate manual de embriones a partir de semillas de *Araucaria araucana* remojadas en agua destilada por 48 horas. (Elaboración propia).

Solución de Tetrazolio

Para la preparación de la solución de tetrazolio se pesó 0,1 g de cloruro de Tetrazolio en polvo (Marca Merck, N° 1083800010) utilizando una balanza analítica Marca Intelligent (Weighing Technology), Modelo AS220/C/2, precisión 0,01 g, el polvo fue disuelto en 100 mL de una solución tampón fosfato, la cual fue preparada a partir de:

- Solución 1: 9,078 g de KH_2PO_4 /1000 mL de agua destilada/desionizada.
- Solución 2: 9,472 g de Na_2HPO_4 /1000mL de agua destilada/desionizada.

Los embriones fueron embebidos en la solución de Tetrazolio (Tz) hasta cubrirlos por completo, luego puestos en un horno de secado (Marca Memmert, Modelo 600) a 30°C por 18 horas. Tras este tiempo, se realizó un conteo de embriones y un registro fotográfico. Cada embrión fue examinado y clasificado como viable o no viable utilizando una escala cualitativa (**Cuadro 1**), adaptada de un estudio para *Araucaria angustifolia* efectuado por Oliveira *et al.* (2014). Los resultados se expresaron como porcentaje promedio de viabilidad estimada de las réplicas.

Cuadro 1. Categorías de semillas/embriones de *Araucaria araucana* obtenidas mediante la prueba de Tetrazolio.

Embriones viables	Embriones No viables
-Embrión de color rosado y tejidos con apariencia normal y firme.	-Más del 50% de los cotiledones descoloridos o intensamente rojos, afectando o no la región de inserción con el eje embrionario;
-Menos del 50% de los cotiledones descoloridos o intensamente rojos, sin afectar la región de unión al eje embrionario. Otras regiones con color rosado y tejidos firmes.	-Embrión completamente descolorido o intensamente rojo.

(Fuente: Adaptado de Oliveira *et al.*, 2014)

Análisis de Datos

Para la caracterización morfológica de los embriones, se les midió el ancho y largo utilizando un pie de metro digital. Las diferencias significativas entre localidades fueron determinadas mediante la prueba de Kruskal-Wallis, dado que los datos no cumplían con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. Posteriormente, se realizaron comparaciones múltiples mediante la prueba *post hoc* de Dunn, aplicando una corrección de Bonferroni para ajustar los valores p , esto dado la heterogeneidad en los tamaños los grupos.

La viabilidad espacial entre localidades fue comparada utilizando la prueba de Kruskal-Wallis, con comparaciones múltiples mediante la prueba *post hoc* de Dunn y corrección de Bonferroni. Este análisis se llevó a cabo utilizando todas las semillas disponibles por localidad. Adicionalmente, las diferencias relativas entre la viabilidad estimada por tetrazolio y la emergencia observada en vivero se analizaron calculando la *diferencia porcentual relativa* (RPD, *por sus siglas en inglés*) para cada localidad. Los datos de emergencia de los lotes fueron obtenidos durante la etapa de viverización del Proyecto SIMEF y publicados previamente por Gutiérrez (2021).

Para la estimación de la viabilidad temporal, se trabajó con un total de 100 embriones x 4 réplicas x 4 periodo de almacenamiento para un lote proveniente de Lonquimay. Los periodos correspondieron intervalos de tres meses: abril (cosecha) - julio - octubre y diciembre. Previo a los análisis de comparación de medias, se realizó una transformación angular a los porcentajes de embriones viables antes de llevar a cabo el análisis de varianza de medidas repetidas. Posteriormente, se evaluaron las diferencias entre los tiempos de almacenamiento mediante el ANOVA, seguido de comparaciones *post hoc* para identificar diferencias específicas entre los periodos.

La correlación entre los parámetros morfológicos de los embriones y su viabilidad fue determinada utilizando el coeficiente de Pearson.

RESULTADOS

Morfología de Embriones por Localidad

La tendencia de los parámetros morfológicos, largo y ancho de los embriones de *A. araucana*, muestra una variación gradual a lo largo de la latitud, revelando diferencias significativas entre las localidades estudiadas (**Figura 3**). En la macrozona Andes, se observa una variación clinal, evidenciando un aumento en el largo de los embriones, a medida que aumenta la latitud. Por el contrario, al comparar las dos localidades costeras el largo y ancho disminuyeron al aumentar la latitud.

La correlación entre los parámetros morfológicos y la viabilidad muestra una tendencia negativa con el tamaño ($r = -0,41$) y ancho del embrión ($r = -0,43$), indicando que semillas más grandes y anchas tienden

a ser menos viables. El tamaño y ancho del embrión presentan una fuerte correlación (0,85), reflejando su interdependencia estructural.

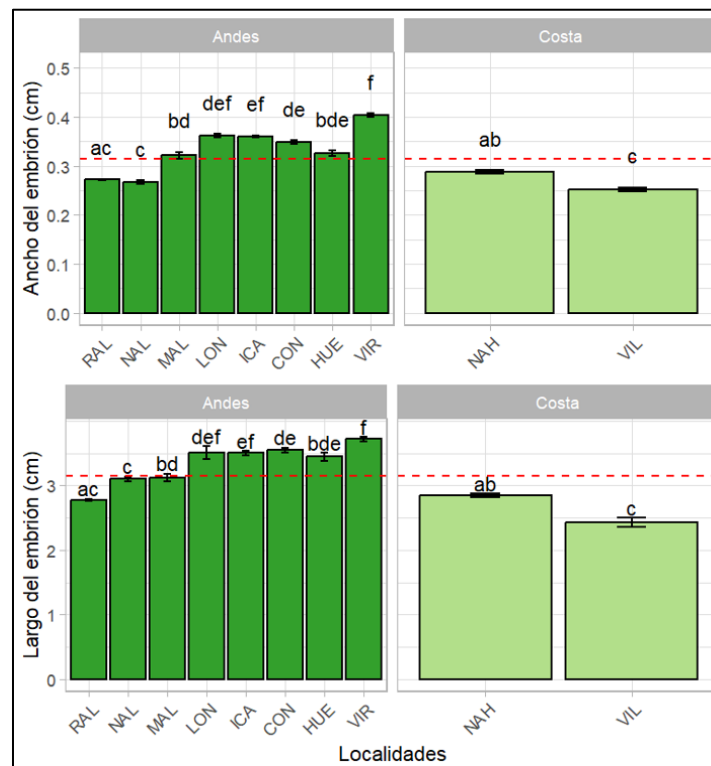


Figura 3. Diferencias en los parámetros morfológicos del embrión entre localidades de *Araucaria araucana* mediante la prueba de Kruskal-Wallis. Las letras distintas indican diferencias significativas según análisis *post hoc* mediante la Prueba de Dunn de comparaciones múltiples ajustadas con el método de Bonferroni ($\alpha = 0.05$). La línea roja discontinua representa el promedio general.

Variabilidad Espacial de Viabilidad y Emergencia

En el **Cuadro 2**, se presenta un análisis comparativo entre los parámetros de viabilidad estimada por tetrazolio y la emergencia observada en vivero (Gutiérrez, 2021). A 3 meses desde la siembra, el promedio de la diferencia relativa entre estos parámetros es de 26,7%, es decir existe una sobreestimación de la emergencia respecto a la viabilidad inicial. Los valores más altos de RPD fueron observados en las localidades de ICA (44,44%) y CON (34,15%). Mientras que los valores más bajo se mostraron en las MAL (10,74%) y NAL (11,26%), respectivamente.

A 6 meses desde la siembra, la diferencia promedio relativa disminuyó a casi a la mitad, alcanzando los 12,24%, evidenciando una asociación mayor. En este caso, la localidad que mostró mayor discrepancia fue VIR, con 41,34%. En contraste, ICA (0,16%) y LON (2,64%) presentaron valores mínimos, evidenciando una alta coherencia entre la viabilidad estimada y la germinación final.

Existen diferencias espaciales significativas en la viabilidad de las muestras, con VIL mostrando el mayor porcentaje de viabilidad ($0,88 \pm 0,06$). En contraste, VIR tuvo la menor viabilidad ($0,60 \pm 0,14$). En cuanto a la emergencia de plántulas, los resultados a los 3 meses muestran que ICA tiene la menor emergencia ($0,49 \pm 0,14$), mientras que VIL y NAH tienen una emergencia superior al 0,6. A los 6 meses, la tendencia se mantiene con ICA y VIR mostrando los peores resultados.

Cuadro 2. Comparación de la viabilidad estimada mediante tetrazolio y la emergencia observada en vivero en *Araucaria araucana*. Se incluye el RPD (Diferencia relativa de porcentaje) entre la viabilidad estimada y la emergencia observada. Las diferencias significativas entre localidades fueron evaluadas mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, seguida de comparaciones múltiples post hoc con la prueba de Dunn ($\alpha = 0.05$). Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.

Localidad	Viabilidad Tetrazolio (%)	Emergencia Vivero 3 meses (%)	RPD (%)	Emergencia Vivero 6 meses (%)	RPD (%)
PN Nahuelbuta	0,77 ± 0,09 ^c	0,64 ± 0,07 ^{cd}	18,44	0,78 ± 0,08 ^{ab}	0,94
Villa Las Araucarias	0,88 ± 0,08 ^{de}	0,70 ± 0,16 ^e	22,78	0,77 ± 0,17 ^{bc}	12,10
PN Ralco	0,87 ± 0,05 ^d	0,63 ± 0,15 ^{cde}	32,00	0,79 ± 0,14 ^{bc}	8,43
RN Las Nalcas	0,75 ± 0,13 ^{bc}	0,67 ± 0,10 ^{de}	11,26	0,85 ± 0,09 ^d	14,67
RN Malalcahuello	0,89 ± 0,04 ^e	0,59 ± 0,14 ^{bc}	40,54	0,77 ± 0,11 ^{ab}	13,16
Lonquimay	0,80 ± 0,05 ^{cd}	0,65 ± 0,15 ^{cde}	20,69	0,82 ± 0,10 ^{bcd}	2,64
Icalma	0,77 ± 0,08 ^{bc}	0,49 ± 0,14 ^a	44,44	0,77 ± 0,10 ^{ab}	0,16
PN Conguillío	0,72 ± 0,13 ^b	0,51 ± 0,16 ^{ab}	34,15	0,85 ± 0,08 ^d	18,27
PN Huerquehue	0,76 ± 0,09 ^{bc}	0,56 ± 0,13 ^{bc}	30,30	0,84 ± 0,08 ^{cd}	10,74
PN Villarrica	0,60 ± 0,14 ^a	0,53 ± 0,14 ^{ab}	12,38	0,85 ± 0,07 ^{cd}	41,34
Promedio	0,78 ± 0,12	0,59 ± 0,13	26,70	0,81 ± 0,11	12,24

Variabilidad Temporal de la Viabilidad

La viabilidad promedio de las semillas, estimada mediante prueba de tetrazolio, fue del 100% al momento de la cosecha (abril). Tres meses después se registró una leve disminución al 98,3%, y seis meses después alcanzó un 89%. Finalmente, a los 9 meses mostró una reducción acentuada con respecto al periodo inicial, alcanzado solo un 28% (**Figura 4**).

El ANOVA de medias repetidas reveló que durante los primeros 6 meses de almacenamiento en frío (4°C) posterior a la cosecha, no hubo una pérdida significativa de viabilidad ($p > 0,05$). En contraste, al llegar a los 9 meses la reducción de viabilidad es abrupta, presentando una diferencia significativa con respecto a la cosecha ($p < 0,05$), reflejando una marcada pérdida de calidad en las semillas almacenadas.

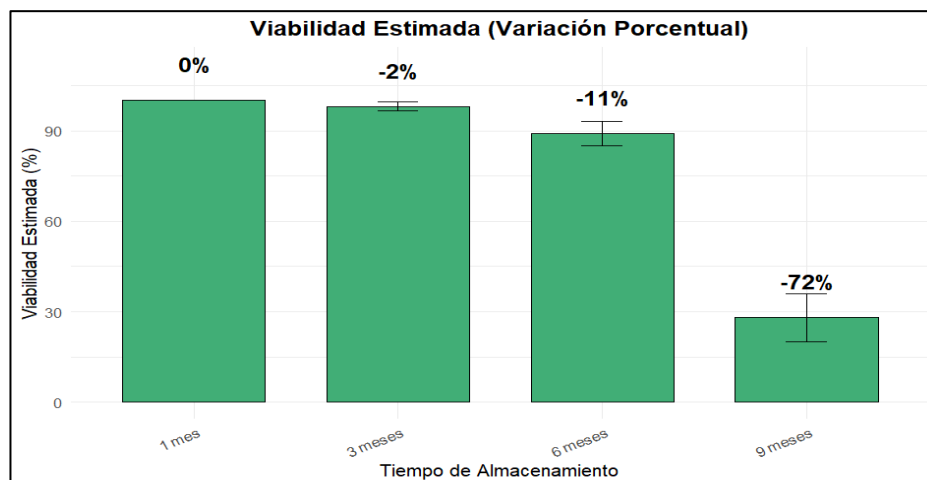


Figura 4. Viabilidad promedio (%) de semillas de *Araucaria araucana* durante distintos periodos de almacenamiento (Cosecha, 3 meses, 6 meses y 9 meses). Los puntos negros representan los promedios estimados, mientras que las barras sombreadas indican intervalos de confianza al 95%.



Figura 5: Pérdida de viabilidad de las semillas de *Araucaria araucana* con el tiempo, reflejada en la disminución de la tinción con tetrazolio al 5%. Tinción de embriones inmediatamente después de la cosecha (arriba); y tinción de embriones después de seis meses almacenados en cámara de frío a 4°C.

DISCUSIÓN

Los embriones cigóticos de *A. araucana* han sido estudiados con fines de propagación de la especie. Jerez (2000) usó embriones cigóticos para la germinación directa en cultivo *in vitro* y Riffo (2024) empleó embriones cigóticos inmaduros en protocolos de embriogénesis somática. No obstante, existe escasa información disponible sobre caracterización morfológica de embriones cigóticos del género *Araucaria*. Haines (1983) realizó un trabajo en algunas especies, reportando rangos de longitud de embriones en *Araucaria cunninghamii* (0,7–1,1 cm), *A. heterophylla* (1–1,3 mm), *A. bidwillii* (3,2–4,1 cm), *A. hunsteinii* (1,5–1,9 cm) y *A. angustifolia* (3 cm). Comparando con los resultados obtenidos en el presente estudio, los embriones de *A. araucana* se sitúan en un rango de 2,5 – 3,5 cm, siendo comparables con *A. angustifolia* y *A. bidwillii*. Un mayor tamaño también implica una mayor sensibilidad a la desecación en el género, requiriendo un contenido de humedad específico (25 - 40%) para mantener su capacidad germinativa (Tompsett, 1984). En este estudio, se confirma una correlación inversa moderada entre el tamaño de los embriones y su viabilidad.

En relación a los parámetros morfológicos de largo y ancho del embrión, se observó que las dos localidades de la Costa (NAH y VIL) y la localidad de RAL, en la distribución norte de Los Andes, tienden a formar un grupo con semillas más pequeñas. Esto es de esperar, dado que estas son las poblaciones más afectadas por el cambio climático según un modelamiento bioclimático en el marco del proyecto SIMEF (Santibáñez y Santibáñez 2018; Ipinza y Müller-Using 2021). Si bien, estos resultados permiten comparar poblaciones, futuros estudios donde se modelen estos rasgos deberían analizar estos grupos por separado para evitar interpretaciones erróneas.

La viabilidad estimada mediante tetrazolio presentó diferencias significativas entre las localidades, con una media de $78 \pm 12\%$ (**Cuadro 2**). Sin embargo, estas diferencias no siguen un patrón geográfico claro. La decoloración observada en los cotiledones planteó dudas respecto a si eran verdaderamente inviábiles, o si la presencia del tejido nutritivo dificultaba la difusión de la solución de tetrazolio. *Silva et al. (2016)* explican que, la estructura del endoesperma puede influir en la interpretación de los resultados, cuando el endoesperma es muy denso dificulta la difusión del tetrazolio, lo que puede resultar en áreas sin coloración aparentando tejido muerto. Por otro lado, un endoesperma menos denso permite una coloración excesiva que podría confundirse con signos de deterioro. Asimismo, la concentración de la solución de tetrazolio también influye significativamente en la coloración, para las especies del género *Araucaria* se han usado soluciones entre 0,1-0,5% (*Oliveira et al., 2014; Shibata & Coelho, 2016; Silva et al. 2016*).

La viabilidad estimada mediante tetrazolio tiende a sobrestimar la emergencia real en vivero (*Gutiérrez, 2021*). Esto debido a que, si bien el tetrazolio mide la viabilidad fisiológica de los tejidos, la emergencia esta influenciada por factores externos como las condiciones ambientales y prácticas de manejo en el vivero. El RPD promedio entre la viabilidad y la emergencia fue de 26% y 12% a los 3 y 6 meses, respectivamente. Indicando una discrepancia significativa entre ambos métodos. Este resultado es esperable, en etapas tempranas de viverización, debido a que la emergencia es un parámetro visible para el viverista, aun así, considerando la forma de germinar de *A. araucana* es posible que la semilla haya germinado sin que el brote haya emergido, lo que puede subestimar la emergencia observada. Aunque la prueba de tetrazolio es destructiva, su ventaja es que entrega resultados más certeros que una prueba de corte y flotación (*León-lobos et al., 2014*), y requiere menos tiempo que los métodos estándar propuestos por la ISTA (*Oliveira et al., 2014*). Para usarla como indicador de viabilidad y proyectar la emergencia, se debe considerar este factor de corrección.

La viabilidad de *A. araucana* alcanza su límite, antes de una disminución significativa, tras 180 días de almacenamiento, como se observó en este estudio. No obstante, esto también dependerá del estado de madurez de la semilla, contenido de humedad y tipo almacenamiento. Trabajos previos indican que las semillas de *A. araucana* se mantienen viables entre 90 y 120 días después de lograr la maduración, perdiendo rápidamente su poder germinativo (*Barret, 1958 cit. por Zavala, 2018*). En *A. angustifolia* se reporta una viabilidad óptima entre 120-180 días, en semillas recolectadas en etapas tempranas de maduración y mantenidas entre 5-8°C (*García & Madeiros, 2015; Shibata & Coelho, 2016*). El almacenamiento en cámaras de frío (5°C), presentan la mayor efectividad para mantener la viabilidad y capacidad germinativa, mientras que a temperaturas bajo 0°C o bien temperatura ambiente, resultan inadecuados (*García & Madeiros, 2015*).

Para esta especie es esencial garantizar una adecuada ventilación de sus semillas durante el almacenamiento, por el contrario, empacar estas semillas en grandes volúmenes compactos puede ocasionar problemas como asfixia, daño fisiológico, proliferación de hongos y sobrecalentamiento, lo que resultaría en una rápida pérdida de su viabilidad (*Troncoso, 2015*).

CONCLUSIONES

Se confirma que la viabilidad de las semillas de *Araucaria araucana*, estimada mediante la prueba de tetrazolio, disminuye significativamente después de 9 meses de almacenamiento en cámara de frío (4°C). Se mantiene una viabilidad de 64% hasta 180 días posterior de la cosecha. Sin embargo, el descenso progresivo en la viabilidad entre los 6 y 9 meses subraya la necesidad de utilizar las semillas dentro de un periodo limitado tras la cosecha para maximizar su potencial germinativo.

La viabilidad estimada por tetrazolio y la emergencia real en vivero presentan discrepancias, destacando la importancia de considerar factores adicionales, como las condiciones del sustrato y las prácticas de manejo, al proyectar el éxito de germinación en campo. De requerir una aproximación rápida de la emergencia mediante estimación de la viabilidad como indicador, aplicar un factor de corrección de aproximadamente 12% a los 6 meses.

Las implicaciones prácticas de este estudio para la conservación y restauración de poblaciones de *A. araucana*, recomiendan el uso inmediato de semillas frescas y almacenamiento controlado en frío, bordando los 5°C, como estrategias clave para programas de reforestación y manejo de germoplasma.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al investigador Sr. Roberto Ipinza por la valiosa colaboración en su conocimiento y la facilitación del material del proyecto "SIMEF: Migración Asistida de *Araucaria araucana*". También agradecemos a los investigadores Oscar Larraín y Edison García por su aporte de material en el marco del proyecto FIBN 011/2018 "Métodos y cuotas de recolección de semillas de *Araucaria araucana* para cautelar el equilibrio ecosistémico de esta especie en su área de distribución".

REFERENCIAS

- Barone, J., Duarte, E. & Luna, C. (2016).** Determinación de la eficacia de métodos de evaluación de calidad de semillas de especies forestales nativas de la Selva Atlántica. *Quebracho (Santiago del Estero)*, 24(2): 70-71.
- Baskin, CC. & Baskin, JM. (2014).** *Seeds: ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination*. 2da Edición. Editorial Elsevier.
- Bekessy, S., Lara, A., González, M., Cortez, M., Gallo, L., Premoli, A., Newton, A. & Izquierdo, F. (2004).** Variación en *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch. En: Donoso, C., Premoli, A., Gallo, L. & Ipinza, R. (Eds). Variación intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Editorial Universitaria. Santiago. Pp: 215-231.
- CONAF. (2021).** Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile al año 2020. Departamento de monitoreo de ecosistemas forestales. Santiago. Chile 76 p. En: <https://sit.conaf.cl/> (Consulta: 2 octubre, 2024).
- García, C., & Medeiros, CM. (2015).** Establishment of post-harvest early-developmental categories for viability maintenance of *Araucaria angustifolia* seeds. *Acta Botanica Brasílica*, 29(4): 524–531. <https://doi.org/10.1590/0102-33062015abb0061>
- Gutiérrez, B. (2021).** Análisis de la emergencia de plántulas durante la viverización de una colección de semillas de 418 familias de *Araucaria araucana*. En: Ipinza, R & Müller-Using, S (Eds). Migración asistida de *Araucaria araucana*. Santiago de Chile, FAO y MINAGRI. <https://doi.org/10.4060/cb2901es>.
- Haines, RJ. (1983).** Embryo development and anatomy in *Araucaria* Juss. *Australian Journal of Botany*, 31(2): 125–140. <https://doi.org/10.1071/BT9830125>
- ISTA (International Seed Testing Association). (2024).** International Rules for Seed Testing 2024.
- Ipinza, R. y Müller-Using, S. (2021).** Migración asistida de *Araucaria araucana*. Santiago de Chile, FAO y MINAGRI. <https://doi.org/10.4060/cb2901es>
- Jerez, J. (2000).** Propagación de *Araucaria araucana* (Mol) C. Koch mediante cultivo in vitro de embriones maduros aislados. Tesis de pregrado para obtener el grado de Ingeniero Forestal. Universidad de Concepción.
- Joswig, JS., Wirth, C., Schuman, MC., Kattge, J., Reu, B., Wright, IJ., Sippel, SD. et al. (2021).** Climatic and soil factors explain the two-dimensional spectrum of global plant trait variation. *Nature Ecology & Evolution*, 5(12): 36-50. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01616-8>
- Lara, A., Solari, M. E., Rutherford, P., Thiers, O., Trecaman, R., Prieto R., & Montory, C. (1999).** *Cobertura de la vegetación original de la ecorregión de los bosques valdivianos en Chile hacia 1950*. Informe Técnico. Proyecto FB 49-J WWF/ Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- León-Lobos, P., Sandoval, A.C., Bolados, G., Rosas, M., Stark, D. & Gold, K. (2014).** Manual de recolección y procesamiento de semillas de especies forestales. Boletín INIA N° 280. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi. La Serena, Chile. 96 p.

- Oliveira, L.M.D., Gomes, J.P., Souza, G.K., Nicoletti, M.F., Liz, T.O.D., & Pikart, T.G. (2014).** Metodología alternativa para o teste de tetrazólio em sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. Floresta e Ambiente, N° 21. Pp: 468-474. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.064413>
- Riffo, D.C. (2024).** Caracterización e inducción de embriogénesis somática en *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch.: especie en peligro (EN). Tesis de Magíster, Universidad de Concepción]. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Chile.
- RNGR. (1995).** Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. Volumen 6: Propagación de Plantas. Capítulo 2. Reforestation, Nurseries, & Genetic Resources. En: <https://rngr.net/publications/publicaciones-en-espanol> (Consulta: 5 marzo, 2023)
- Santibáñez, F. & Santibáñez, P. (2018)** Evaluación de las forzantes bioclimáticas en la sustentabilidad de las comunidades de Araucarias en Chile Hacia una estrategia de conservación del patrimonio natural frente a la amenaza del cambio climático Infodep Santiago, agosto de 2018
- Serrato, F., Serra Negra, E. & Panobianco, M. (2019).** Tetrazolium test for *Pinus taeda*: preparation, staining, and seed viability classes. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, v.54, e01088, 2019. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.01088>
- Shibata, M. & Coelho, C.M. (2016).** Early harvest increases post-harvest physiological quality of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) seeds. Revista de Biología Tropical, 64(2): 885–896. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v64i2.19254>
- Silva, B.A., Nogueira, J.L., Vieira, E.S. & Panobianco, M. (2016).** Critérios para condução do teste de tetrazólio em sementes de araucária. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 51(1): 61–68. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000100008>
- Taha, E., Casanova, G., Navarro, R & Fundación para la Innovación Agraria (FIA). (2011).** Resultados y lecciones en producción, técnicas de postcosecha y desarrollo de productos a partir del Piñón: proyecto de Innovación en Región del Biobío y Región de La Araucanía. Diversificación. FIA.
- Tompsett, P.B. (1984).** Desiccation studies in relation to the storage of Araucaria seed. Annals of Applied Biology, 105(3): 581–586. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1984.tb03073.x>
- Troncoso, A. (2015).** Evaluación del proceso de germinación de la especie *Araucaria araucana* (Mol.) Koch. proveniente del sitio prioritario de conservación de Villa Las Araucarias, Región de La Araucanía. Memoria para optar al Título de Ingeniero en Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Zavala, H.J. (2018).** Análisis de la producción, germinación y viabilidad de semillas de *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch, para tres años de fructificación y tres localidades de la comuna de Lonquimay, Región de la Araucanía. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza Universidad de Chile. Santiago.



APUNTE

Experiencias de intervención para la Gestión Sostenible de los Bosques Nativos en el sur de Chubut, Argentina.

Jessica Arre*¹; Carlos Ríos¹; Jonas Nahuelmir² & Silvio Antequera¹.

¹Dirección General de Programas y Proyectos, Secretaría de Bosques de Chubut; Esquel (9200), Chubut, Argentina. E-mail: tecnica2.bosquesch@gmail.com

²Delegación Forestal Río Senguer; Secretaría de Bosques, Alto Río Senguer (9033), Chubut, Argentina.

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2025.622>

Recibido: 05.03.2025; Aceptado 14.03.2025.

RESUMEN

Actualmente, la leña es el principal producto forestal que se extrae de los bosques nativos de Chubut, siendo la lenga (*Nothofagus pumilio*) la especie más utilizada en el sur de la provincia.

La situación ambiental de los sistemas productivos tradicionales presenta distintos niveles de degradación, causada principalmente por sobrepastoreo, explotación leñera e incendios forestales. A esto se suma la complejidad administrativa y la escasez de personal técnico en terreno, condiciones que contribuyeron a la adopción de prácticas no sustentables. Frente a este escenario, se abordaron estrategias con el objetivo de ordenar las extracciones, recuperar áreas degradadas y brindar asesoramiento a productores/as del lugar, con una planificación a escala de paisaje. Las acciones incluyen acuerdos interinstitucionales para la elaboración de diagnósticos y definición de intervenciones, provisión de asistencia técnica, capacitaciones de interés comunitario e instalación de ensayos para proteger y promover la regeneración forestal.

Se efectuaron evaluaciones para estimar recursos forrajeros, volumen de leña disponible e indicadores ambientales; talleres/capacitaciones en uso y mantenimiento de motosierra, ordenamiento territorial de los bosques nativos y viverización de especies forestales; y ensayos silviculturales.

A la fecha, más del 80% de los predios con bosque fueron evaluados, reciben asistencia técnica y acompañamiento institucional, y en más del 50% se están implementando cierres para protección de renovales. Asimismo, se está elaborando un mapa de aptitudes de sitio para extracción de leña, que se prevé será una herramienta útil para técnicos y productores locales. En próximas etapas, se abordarán temas como la prevención de incendios y se evaluarán estrategias para incluir productores que aún no participan de la cadena productiva formal.

Palabras clave: leña, asistencia técnica, planificación a escala de paisaje

SUMMARY

Currently, firewood is the primary forest product extracted from native forests in Chubut, with lenga (*Nothofagus pumilio*) being the most widely used species in the southern part of the province.

The environmental situation of traditional production systems in the area presents various levels of degradation, caused mainly by overgrazing, timber exploitation, and wildfires. This is compounded by administrative complexity and a shortage of technical field personnel, which have contributed to the adoption of unsustainable practices.

In response to this scenario, strategies have been implemented to regulate extractions, recover degraded areas, and provide advice to local producers. Planning is conducted at a landscape scale, as the problems tend to be similar within a common geographical framework. Actions include inter-institutional agreements for the development of diagnoses and the definition of interventions, provision of technical assistance, community-interest training, and the installation of trials to protect and promote forest regeneration.

To date, surveys have been carried out to estimate forage resources, available firewood volume, and environmental indicators; workshops/training on chainsaw use and maintenance, territorial management of native forests, and forest species nursery production; and silvicultural trials.

Currently, over 80% of the properties with forest in the area have been surveyed and receive technical assistance and institutional support, and in more than 50% pilot practices are being implemented to protect young trees. Additionally, a site suitability map for firewood extraction is being developed, which is expected to be a useful tool for local technicians and producers.

In future stages, topics such as fire prevention will be addressed, and strategies will be evaluated for the inclusion of producers who do not yet participate in the formal production chain.

Key words: firewood, technical assistance, landscape-scale planning

INTRODUCCIÓN

La provincia de Chubut alberga una superficie boscosa de aproximadamente 1.000.000 de hectáreas, que se extiende a lo largo de la cordillera de los Andes, desde los 42°S hasta los 46°S de latitud, distribuidos en un gradiente de precipitación decreciente de oeste a este.

En la zona sur de la provincia dominan los bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*), a menudo acompañados por el ñirre (*N. antarctica*). Estos ecosistemas cumplen un rol crucial en la protección de las cabeceras de cuenca, previniendo la erosión de suelos y mitigando el impacto de las avalanchas (Bava, 1999). A su importancia en las funciones ambientales se suma su reconocido valor económico para las poblaciones locales. Históricamente, estas masas forestales han sido un recurso significativo en la producción maderera. El departamento Río Senguer fue uno de los grandes proveedores de materia prima de lenga para aserraderos locales y de madera procesada para la región (carpinterías, construcción, etc.) Esta zona supo albergar hasta varios aserraderos de gran relevancia, de los cuales sólo dos se encuentran en actividad actualmente, a una escala muy reducida. Si bien la industria maderera ha disminuido significativamente, los bosques continúan siendo parte integral de la vida de las comunidades que los aprovechan principalmente para la obtención de leña. Esta práctica, arraigada en la cultura local, ha evolucionado para convertirse en el principal uso forestal actual.

Paralelamente, los pobladores han aprovechado de manera tradicional estos ecosistemas para la ganadería (tanto ovina como bovina), trasladando su ganado a los lengales durante el verano y utilizando los bosques bajos de ñirre y los pastizales de los valles como sitios de invernada (Rusch & Thompson, 2014). El sistema de producción se basa en el pastoreo del pastizal natural, con escasa adopción de otras tecnologías.

Situación Ambiental de los Bosques Nativos del Área de Estudio

La situación ambiental de los ecosistemas de la zona presenta distintos niveles de degradación, causada principalmente por inadecuados manejos ganaderos y leñateros y la ocurrencia de incendios forestales. A esto se suma la complejidad administrativa y la escasez de personal técnico en terreno, lo que ha contribuido a la adopción de prácticas no sustentables.

La zona ha sido afectada por varios incendios, siendo el de mayor envergadura el ocurrido en la temporada 1998-1999, sobre la margen Norte del lago Fontana. Este afectó más de 5.000 hectáreas de bosques nativos y, a la fecha, no presenta una recuperación del ambiente original, evidenciándose una importante degradación de los suelos, sobre todo en los sectores utilizados para la ganadería y el aprovechamiento leñatero.

En general, en el área de incumbencia del proyecto, se observa que el sobrepastoreo por parte del ganado bovino y ovino y la explotación desmedida del recurso leñoso muerto, sin medidas directas de protección de los suelos y restauración del bosque, repercuten en la resiliencia de las masas forestales, con consecuencias a largo plazo para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Frente a este escenario,

se abordaron estrategias con el propósito de ordenar las extracciones, recuperar áreas degradadas y brindar asesoramiento a productores/as del lugar.

El objetivo del presente trabajo es compartir las experiencias y los resultados obtenidos de las intervenciones llevadas a cabo hasta el momento, para la gestión sostenible de los bosques nativos en el sur de Chubut, que promueven prácticas de manejo sostenible y destacan el valor de la colaboración entre actores clave.

ANTECEDENTES

La gestión sostenible de los bosques, según la FAO, implica acciones que abarcan desde la protección de los ecosistemas forestales y sus funciones, hasta medidas para mejorar la producción de bienes y servicios que contribuyan al desarrollo de las comunidades. El manejo adecuado de los bosques nativos es crucial para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), acordados por los estados miembros de la Naciones Unidas en la Agenda 2030.

La provincia de Chubut cuenta con aproximadamente un millón de hectáreas de bosque nativo, ordenado en tres categorías de conservación, según lo dispuesto por la Ley N°26.331. Estas categorías determinan distintos grados de protección basados en criterios de sustentabilidad. Los bosques productivos de la provincia se encuentran en su mayoría bajo la categoría II (uso sustentable), abarcando una superficie de 600.000 hectáreas. En estas áreas se promueve el manejo sustentable, el que está basado en cuatro principios básicos definidos en la Ley XVII N°92: "1. La productividad de bienes y servicios comercializables se mantiene o se incrementa; 2. El bienestar de las comunidades asociadas se mantiene o incrementa; 3. La integridad de los ecosistemas y los servicios ambientales derivados se mantienen; 4. El marco legal, político e institucional conduce al manejo sustentable del recurso".

En la zona de estudio la mayor parte de los bosques nativos presentes se encuentran en grandes predios (más de 800 ha), compuestos principalmente por lenga (80%) y, en menor proporción, ñirre (20%). En cuanto al uso de la tierra, predomina la actividad ganadera (ovina y bovina) y la explotación maderera de especies nativas, ya que las forestaciones son escasas ([Secretaría de Bosques de Chubut, 2022](#)).

Las principales especies forestales que se encuentran en este lugar, la lenga y el ñirre, son las especies del género *Nothofagus* con mayor extensión de los bosques andino-patagónicos. Estos árboles pueden formar bosques mixtos o bien predominar una sola de las especies. Los bosques de ñirre suelen encontrarse en lugares bajos y húmedos y los de lenga, al ser más tolerantes al frío, ascienden hasta cerca de 1.800 msnm ([Cabrera, 1976](#)).

Actividades Productivas y sus Impactos

Si bien históricamente el área de estudio fue proveedora de materia prima para aserraderos y carpinterías regionales, en la actualidad la principal intervención forestal es la extracción de leña, limitándose casi exclusivamente al aprovechamiento de material muerto tanto en pie como en el suelo. La tecnología para la realización de las tareas es básica, utilizándose únicamente herramientas como la motosierra y el hacha para el trozado de la leña. No existe una medida estandarizada de largo del leño, ni uniformidad en la disposición del material producido y acopiado.

En sitios degradados por incendios o sobrepastoreo, el aprovechamiento leñatero desmedido contribuye aún más al deterioro del ambiente. Un ejemplo claro es el caso del incendio ocurrido en la temporada 1998-1999 sobre la margen Norte del Lago Fontana, el cual a la fecha no ha recuperado su cobertura vegetal original. Esto es debido a múltiples factores que actúan en conjunto. La escasez de árboles semilleros que abarquen la superficie afectada, la acción constante de los vientos provenientes del Oeste y la exposición Norte de las laderas, sumados al manejo inadecuado de las cargas ganaderas y la extracción desmedida de material leñoso muerto, contribuyeron al deterioro de la cobertura del suelo, impidiendo su recuperación.

En relación al manejo ganadero, es común observar que la carga de animales que pastorean en los bosques de la zona sea mayor a la que pueden soportar, evidenciándose en el ramoneo de los renovales y en el deterioro de los mallines que no alcanzan a recuperar su máximo de pasturas.

La articulación entre los diferentes actores permitirá promover prácticas sustentables y consensuadas a nivel predial y de paisaje, que aseguren la conservación de los bienes naturales y el bienestar de las comunidades locales.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de Estudio

El área de estudio se ubica en el SO de la provincia de Chubut, en el Departamento Río Senguer, abarcando los bosques nativos que se extienden desde los 44°28' a los 45°59' de latitud Sur y entre los 70°19' y los 71°49' de longitud Oeste (**Figura 1**).

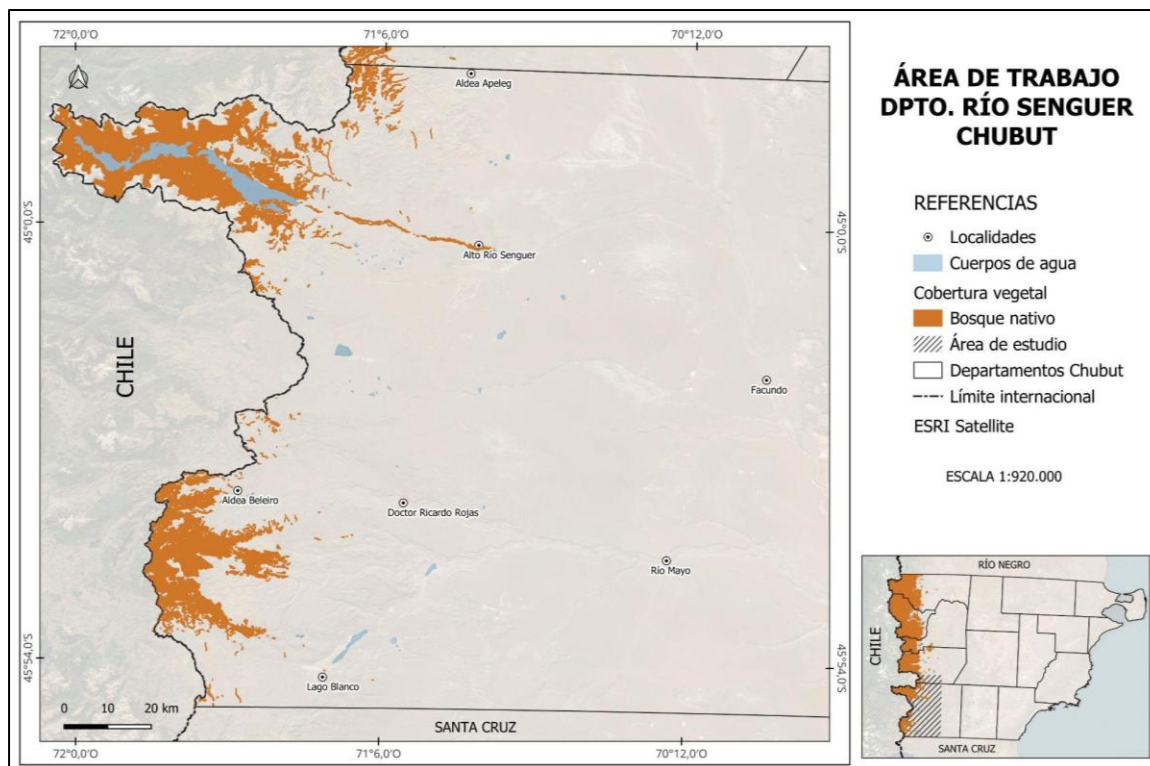


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Esta área se sitúa dentro de la cuenca del Río Senguer, conformada por cinco subcuencas: Arroyo Genoa, Arroyo Apeleg, Río Mayo, Lagos Musters-Colhué Huapi y Río Senguerr.

En el extremo Oeste de la zona de estudio se encuentra la cordillera de los Andes, la cual se extiende en dirección N-S, con alturas que apenas superan los 2.000 msnm. Hacia el Este se encuentra el sistema de los Patagónides, que presentan la misma orientación, aunque con formas un poco más bajas y redondeadas (Valladares, 2004).

El clima en la zona se corresponde, según clasificación de Köppen, con los tipos árido y frío. En la región los vientos presentan valores medios mensuales de 30 km/h en primavera-verano y ráfagas de hasta 100 km/h. La temperatura media anual no supera los 8 °C, siendo frecuentes las nevadas invernales y las heladas que se extienden a lo largo de casi todo el año. La amplitud térmica varía en el sentido O-E, alcanzando su máximo en la zona más oriental (Valladares, 2004).

La producción tradicional en los campos de la región es la ganadera, tanto ovina como bovina. El sistema de producción se basa en el pastoreo del pastizal natural, con escasa adopción de otras tecnologías. Los establecimientos se dividen generalmente en campos de veranada, ubicados habitualmente en bosques de lenga, y campos de invernada, que se utilizan en forma alternada.

La principal intervención forestal hoy en día es la extracción de leña, limitándose casi exclusivamente al aprovechamiento de material muerto tanto en pie como en el suelo.

Conformación del Equipo de Trabajo

En junio de 2022 se llevó a cabo en la localidad de Río Senguer la primera reunión, con el fin de poner en consideración el proyecto preliminar para la generación de pautas de manejo del bosque nativo, en el área de influencia de la Delegación Forestal Río Senguer. Participaron de la misma los jefes comunales de las localidades de Lago Blanco, Ricardo Rojas, Río Senguer y Río Mayo, la Subsecretaria de Desarrollo Social, técnicos del INTA (Río Mayo y Esquel), una técnica del CIEMEP, un paratécnico del SENASA Senguer y técnicos y directivos de la Secretaría de Bosques. En esta instancia se logró conformar un grupo de técnicos que llevaron adelante los relevamientos a terreno.

En el mes de septiembre de 2022 se realizaron reuniones con titulares de predios, motosierristas y transportistas de la zona de Río Senguer y Aldea Beleiro, con el propósito de presentar el proyecto y abordar en forma conjunta los problemas socioambientales de las distintas prácticas relacionadas al bosque que se realizan en el lugar. Durante el encuentro se mencionaron problemáticas como los incendios forestales, las invasiones de especies de fauna exótica, las plagas de insectos y la complejidad en los trámites administrativos, como las principales a ser tratadas. Se planteó la necesidad de contar tanto con herramientas teóricas (capacitaciones) como materiales, para el abordaje de las mismas, haciendo hincapié en la presencia indispensable de la institución en terreno.

Relevamiento de Datos

En primer lugar, se identificaron los titulares que habitualmente presentan solicitudes de aprovechamiento forestal en la zona. Previo a los relevamientos a terreno, se realizaron reuniones con estos productores para presentar la propuesta, abordar inquietudes y demandas y solicitar la autorización de ingreso a los predios. En gabinete se confeccionó un mapa con los establecimientos a ser relevados y se determinó una clasificación preliminar a nivel de paisaje con herramientas de SIG, en base al tipo de bosque, uso y estado actual y red de caminos vigente y potencial.

En el mes de enero de 2023, se comenzó con el establecimiento de transectos a lo largo del área de estudio, distribuidos de acuerdo a la proporción de especies forestales presentes (19 en bosque de lenga, 10 en bosque de ñirre y 2 en bosque mixto), donde se recopilaron datos dasométricos, de cobertura arbórea y de regeneración, de sotobosque y del tipo e intensidad de erosión observada. Además, se instalaron jaulas de corte de pastura para estimar el recurso forrajero y se realizó la estimación de la Calidad del Bosque de Ribera, mediante el Índice QBRp, en tres puntos de control del río Mayo (correspondientes a tres predios) siguiendo la versión adaptada del índice QBR propuesta por Kutschker *et al.* (2009).

En febrero de 2024 se inició la confección de cierres para la protección de renovales (lenga y/o ñirre) de la herbivoría (ganado y liebre), proponiendo dos modelos de clausuras: uno elaborado con alambre romboidal (n°14), de 1,5 metros de alto por 10 metros de largo y postes de eucalipto impregnado; y el otro construido con material leñoso muerto en el suelo y no aprovechable, presente en las inmediaciones del bosque elegido. Los cierres presentados intentan imitar la dinámica de parches propia de los bosques de *Nothofagus* de la zona, concentrando la protección en grupos de renovales (Bava & Rechene, 2004),

especialmente sobre aquellos ejemplares que presentan signos de herbivoría y ven comprometido su desarrollo futuro. La propuesta incluye el mantenimiento de los mismos hasta que la regeneración haya alcanzado la altura de escape al diente de ganado (entre 1,3 y 1,5 m de altura) y se considere de esta manera instalada (López Bernal *et al.*, 2003; Echeverría *et al.*, 2014).

Análisis de los Datos

Para el cálculo de volumen de leña disponible, en esta primera etapa se trabajó solo con los datos obtenidos sobre existencias de material muerto (en pie y en suelo). Para determinar las áreas reales con aptitud para el aprovechamiento de leña de árboles en estado muerto en base a la información obtenida, y con un horizonte de 5 años, se realizó un Análisis Multicriterio (AMC). Los criterios elegidos para realizar la zonificación fueron: la distancia a caminos, la pendiente (desnivel), el tipo de bosque (ñirre/lenga), la distancia a cursos/espejos de agua y el OTBN. Respecto a estos dos últimos, se dejaron fuera de la zonificación aquellas superficies que se encontraran dentro de la categoría I (Conservación) y las que se hallaran a menos de 50 m de distancia de cursos y/o espejos de agua. En base a los criterios elegidos se llevó a cabo, mediante un análisis geoespacial en QGIS, una sectorización para la extracción de leña, clasificando los sitios en 6 aptitudes para el aprovechamiento: Óptima lenga; Media lenga; Óptima ñirre; Media ñirre; Quemado y No apto.

En la próxima etapa se trabajará en la confección de un mapa de aptitud forestal general de la zona que incluya, además, áreas de aprovechamiento de bosque para madera, con un horizonte a 10 años.

Para la estimación de indicadores se utilizaron la mayoría de los datos relevados en los transectos, evaluando los estrictamente ambientales de los 23 propuestos (ambientales, productivos, y socioeconómicos) en el “Manual de indicadores para monitoreo de planes prediales de Manejo de Bosque con Ganadería Integrada - MBGI Región Patagónica” (Peri *et al.*, 2021) utilizado como referencia, ya que no existe uno de similares características para el bosque de lenga.

En relación a las clausuras de renovales, se registraron las especies vegetales presentes dentro de cada una. La determinación se realizó principalmente en terreno y para la corroboración de los nombres científicos se utilizó la Actualización del Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Zuloaga *et al.*, 2019). Asimismo, se tomaron al menos dos alturas de las especies forestales presentes (lenga y/o ñirre) y sus respectivos diámetros, y se calculó visualmente el porcentaje de cobertura total del suelo.

RESULTADOS

Clasificación de Sitios para Extracción de Leña

Como se mencionó anteriormente, en esta primera etapa sólo se trabajó con volúmenes de leña correspondientes a individuos muertos, tanto en pie como en el suelo. Para cada clase de aptitud de aprovechamiento de leña se obtuvo los valores de volumen por hectárea indicados en el **Cuadro 1**.

Cuadro 1. Clasificación de aptitudes para el aprovechamiento de leña.

Aptitud para aprovechamiento de leña	Volumen (m ³ /ha)
1. Óptima lenga	25,58
2. Media lenga	34,22
3. Óptima ñirre	19,61
4. Media ñirre	19,61
5. No apto	0,00
6. Quemado	101,85

A continuación, se presentan los mapas preliminares elaborados dividiendo en dos sectores a la zona de estudio: Río Senguer y Aldea Beleiro (**Figuras 2 y 3**).

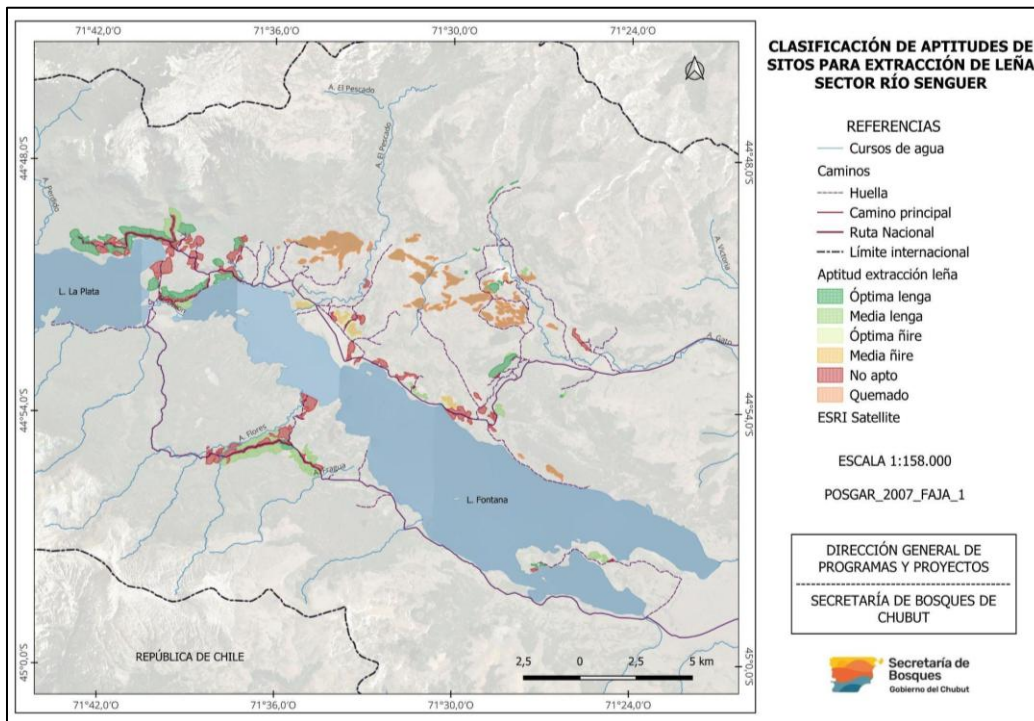


Figura 2. Clasificación de aptitudes de sitio para la extracción de leña, en la zona de Río Senguer.

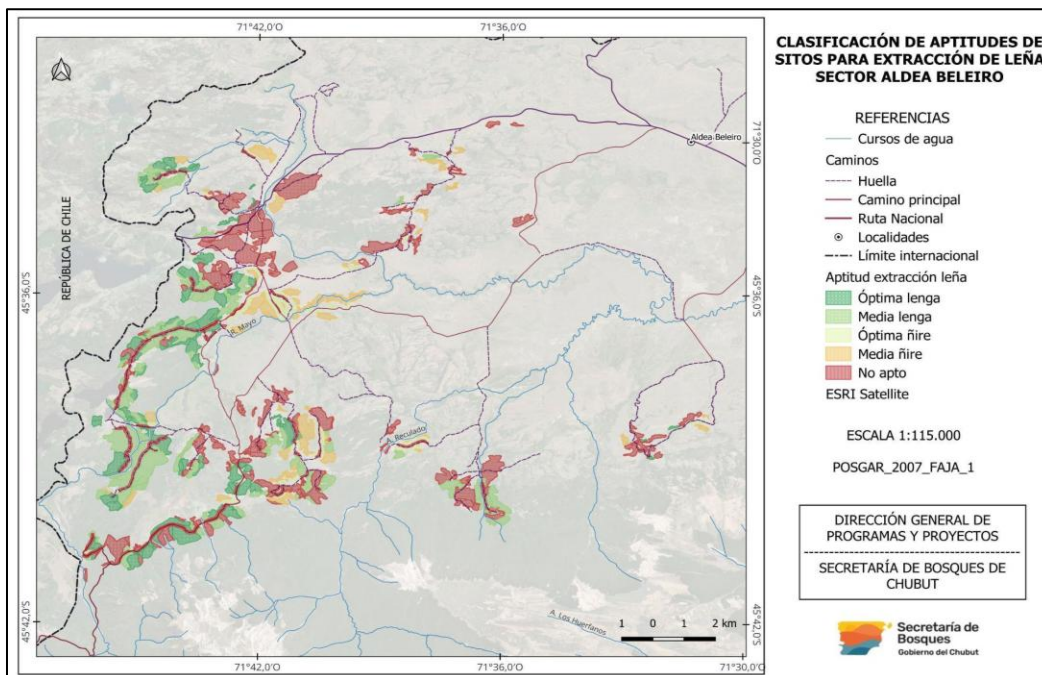


Figura 3. Clasificación de aptitudes de sitio para la extracción de leña, en la zona de Aldea Beleiro.

Indicadores Ambientales

El análisis de los indicadores fue realizado por la Dra. Pamela Quinteros del CIEMEP, quien trabajó en la confección del Manual de indicadores para monitoreo de planes prediales de MBGI. Se evaluaron 7 indicadores ambientales: regeneración de especies arbóreas, diversidad de plantas vasculares, cobertura de especies invasoras e indicadores de degradación; cobertura del suelo y estratos inferiores del sotobosque, complejidad estructural de la vegetación, erosión del suelo, y calidad de hábitat y provisión de agua (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Indicadores ambientales evaluados en el estudio.

Indicador	Verificador	Interpretación y valoración
1. Regeneración de especies arbóreas	i) Densidad y calidad de regeneración inicial (altura <1,6 m) - Resiliencia a largo plazo. ii) Densidad de regeneración avanzada, lograda y establecida (DAP <10 cm y alturas >1,6 m) - Resiliencia a mediano y corto plazo	i) Muy buena (la densidad permitirá alcanzar la estructura objetivo). ii) Escasa (los bosques necesitan acciones que permitan garantizar su continuidad en el tiempo)
2. Diversidad de plantas vasculares	Índice de similitud de Sorensen y de diversidad de Shannon	Los valores de Riqueza y Diversidad fueron buenos, aunque en promedio mayores en bosques de ñirre que en bosques de lenga, esto se condice con lo esperado según las características de ambos ecosistemas.
3. Cobertura de especies invasoras e indicadores de degradación	Cobertura (%) de especies invasoras como indicadores de degradación	La frecuencia de especies invasoras fue mayor en los bosques de ñirre que en los de lenga, siendo el indicador “muy severo” en los primeros y “moderado a severo” en los últimos.
4. Cobertura del suelo y estratos inferiores del sotobosque	Porcentaje (%) cobertura vegetal, hojarasca, residuos leñosos y suelo desnudo	Lenga: “Buena” (2-15% suelo desnudo, 10-20% residuos leñosos, 30-40% hojarasca, o 30-60% herbáceas o 10-20% arbustivas) Ñirre: “Pobre” (15-30% suelo desnudo, 5-10% residuos leñosos, 20-30% hojarasca, o 60-80% herbáceas o <10% arbustivas)
5. Complejidad estructural de la vegetación	Índices de heterogeneidad horizontal (IHHV) y vertical (IHVV) de la vegetación, cobertura por estratos	La complejidad estructural presenta una heterogeneidad media, tanto para bosques de ñirre como de lenga.
6. Erosión del suelo	Signos de erosión hídrica y eólica	La erosión del suelo fue de escasa a moderada tanto para bosques de ñirre como de lenga Se realizó únicamente sobre el Río Mayo.
7. Calidad de hábitat y provisión de agua	Estabilidad y protección vegetal de la ribera en tramo de río o arroyo de 100 m de largo. Índice QBRp	-Sitio 1 (nacientes, bosque alto): ligeramente perturbado -Sitio 2 (sector ñirre): inicio de alteración importante -Sitio 3 (ecotono, inicio pastizal de estepa): calidad pobre de ribera

Talleres / Capacitaciones

En abril de 2023, los talleres de consulta sobre la actualización del Ordenamiento Territorial del Bosque Nativo (OTBN) en Río Senguer y Aldea Beleiro reunieron a cerca de 40 participantes, entre productores,

leñateros, docentes y estudiantes. Estos encuentros permitieron socializar los mapas de la zona y generar un enriquecedor debate sobre los usos propuestos del territorio. La participación activa de la comunidad enriqueció significativamente el proceso, aportando valiosa información sobre sitios de relevancia histórica, especies animales y vegetales amenazadas y otros aspectos clave.

Posteriormente, en noviembre, la capacitación en "Uso seguro y mantenimiento de motosierras", demandada por la comunidad, convocó a 32 participantes de distintas localidades de la zona. La combinación de conocimientos sobre la temática de los técnicos del INTA y la experiencia de un reconocido profesional del CIEFAP en dinámica del bosque de lenga, brindó a los asistentes herramientas prácticas y teóricas de relevancia en lo referido al manejo forestal.

En marzo del corriente año, se llevó a cabo en la localidad de Aldea Beleiro una capacitación en cosecha de semillas y viverización. Se trabajó en reconocimiento de las especies nativas e introducidas que se encuentran en la zona y finalizado el curso se recorrió el vivero de la comuna que actualmente se encuentra sin uso, para evaluar la posibilidad de reactivación del mismo.

Ensayos Piloto para la Protección de Renovales

Hasta el momento se instalaron un total de 9 protecciones de alambre y 12 de palos, en 12 predios de la zona de Río Senguer, Aldea Beleiro y Lago Blanco. La superficie de los cierres de alambre en todos los casos fue de 6,25 m² y de entre 30 y 180 m² y hasta una altura como mínimo de 1 metro, en el caso de los de palos. La forma del cierre fue circular, para los elaborados con apilado de troncos y ramas, y cuadrado para las clausuras de alambre. La confección, llevada a cabo entre 4 personas, demandó entre 30 minutos y una hora de trabajo para los realizados con desechos forestales y entre 2 y 4 horas para los de alambre, dependiendo de las condiciones del terreno. Cabe mencionar que, durante la instalación de las clausuras se contó con el acompañamiento de los titulares o encargados, en 10 de los 12 establecimientos visitados. En algunos casos, éstos colaboraron en la confección de los cierres, lo que agilizó la tarea.

En relación al registro de especies dentro de los cierres, se contabilizaron un total de 41 especies vegetales, de las cuales el 85% presentan estatus nativo.

Pasado el primer año de instalación de las clausuras, se evaluará su resistencia ante las condiciones climáticas y la embestida de animales y la eficacia de las mismas ante el ramoneo del ganado y la liebre.

Posteriormente, se procederá a la remediación de alturas de los renovales y al registro de vegetación presente, a fin de constatar un cambio en la composición de especies. Para el año 2025 se prevé la realización de ensayos de aprovechamiento de leña para el cálculo de costo y rinde por hectárea, seleccionando los sitios a ser intervenidos en base a los resultados obtenidos del inventario. En algunos predios seleccionados, se llevarán a cabo marcaciones de ejemplares vivos con el fin de expandir la superficie de claros con regeneración ya instalada y se crearán algunos para propiciar la instalación de nuevos renovales.

Por otra parte, en conjunto con técnicos de INTA y en acuerdo con los productores, se contempla la selección de dos establecimientos para efectuar ensayos de mejoramiento de mallines, a través del enriquecimiento de pasturas en sectores degradados, con el fin de quitar presión sobre el bosque.

Se continuará con las clausuras de renovales (principalmente en grupos) de lenga y ñirre, al diente de ganado y liebre, en sitios degradados, promoviendo gradualmente su implementación como obra compensatoria a los cupos de leña otorgados. El objetivo es contar con al menos una clausura demostrativa de palos por establecimiento que habitualmente se encuentre bajo aprovechamiento leñatero.

Asimismo, se procurará brindar las capacitaciones demandadas por los pobladores de la zona, en temáticas de su interés como la prevención de incendios y ataque inicial (a cargo del Servicio Provincial de Manejo del Fuego), y en control de especies de fauna exótica invasoras, en conjunto con la Dirección de Fauna y Flora de Chubut, las cuales quedaron pendientes de dictado.

Finalmente, se continuará brindando asistencia técnica a las localidades de la zona con las que se viene trabajando y se incluirá a aquellas que así lo requieran.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La dinámica de los bosques nativos del sur de Chubut revela una compleja interacción entre factores naturales y antrópicos. La industria maderera, históricamente importante, ha cedido espacio al aprovechamiento leñatero, actividad arraigada en las prácticas culturales locales. Sin embargo, esta actividad, combinada con la ganadería extensiva y la ocurrencia de incendios forestales sin medidas posteriores directas de protección de los suelos, ha desencadenado un proceso de degradación ambiental, en algunos casos muy severo.

La implementación de estrategias de manejo sostenible, es fundamental para la conservación de estos ecosistemas. La participación activa de los productores locales en las propuestas de manejo y en los procesos de implementación son aspectos clave para garantizar la viabilidad a largo plazo de estas iniciativas.

Es importante destacar que los desafíos a abordar demandan la adopción de enfoques integrales y adaptables a las condiciones locales, como por ejemplo la complejidad que presenta la coexistencia de múltiples usos del suelo (ganadería, extracción de leña, turismo) y la diversidad de actores involucrados. Todo esto, además, en un contexto de cambio climático en el cual el aumento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos, como sequías e incendios, pueden agudizar los problemas existentes y comprometer la persistencia de los ecosistemas boscosos.

La gestión sostenible de los bosques nativos requiere de una labor conjunta entre diferentes actores, incluyendo productores, técnicos y gobiernos. A largo plazo, el éxito de las iniciativas dependerá de la capacidad de construir alianzas sólidas y de promover la valoración y cuidado de los recursos naturales. Este trabajo pretende hacer énfasis en este punto. Por un lado, mediante la implicación de los productores en todas las etapas del proyecto y por otro, mediante la articulación interinstitucional, a través de la colaboración entre diferentes instituciones (INTA, CIEMEP, Secretaría de Bosques, municipios) lo que permite abordar la complejidad de los problemas y aprovechar las diversas capacidades de cada actor.

Se destaca entre las acciones realizadas las capacitaciones y talleres, los cuales han sido una herramienta clave para fortalecer las competencias de los productores y técnicos locales, promoviendo la adopción de prácticas de manejo sustentable. La exitosa convocatoria y la gran satisfacción expresada por los participantes demuestran la pertinencia de este tipo de iniciativas y la importancia de responder a las necesidades específicas de los pobladores.

El trabajo a futuro involucra distintos aspectos a ser tenidos en cuenta. En primer lugar, es importante establecer un sistema de monitoreo a largo plazo para evaluar la efectividad de las intervenciones y ajustar las estrategias de manejo según sea necesario. Por otra parte, se deben fortalecer las capacidades institucionales para garantizar la implementación efectiva de las políticas forestales, así como desarrollar herramientas y tecnologías adaptadas a las condiciones locales.

Asimismo, se deberá trabajar en explorar alternativas para diversificar la oferta de productos forestales, generando nuevas oportunidades de empleo y desarrollo regional.

Para garantizar la integridad de los ecosistemas, es crucial adoptar un enfoque que considere el paisaje en su conjunto. Esto implica promover prácticas de manejo que reduzcan la presión sobre los bosques, como la regulación de la carga ganadera, la implementación de planes de manejo forestal y la restauración de áreas degradadas. Es fundamental integrar la gestión forestal con otras actividades productivas, como la agricultura, la ganadería y el turismo, a fin de fortalecer la resiliencia de los ambientes boscosos y garantizar la provisión de bienes y servicios para las comunidades.

En conclusión, la conservación de los bosques nativos requiere de un esfuerzo conjunto de diferentes actores, incluyendo gobiernos, técnicos y comunidad en general. Al implementar prácticas de manejo sustentable, promoviendo la participación comunitaria, es posible conciliar la conservación de estos ecosistemas con el desarrollo socioeconómico de la región.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a César Chuaipil, Andrés Barrientos, Cristian Huisca, Axel Von Müller, Teresa López Burgos, Pamela Quinteros y Luciana Farrán, por la valiosa ayuda brindada en terreno y en gabinete. También a los/las productores/as y comunidad en general de las localidades de Río Senguer, Aldea Beleiro, Ricardo Rojas y Lago Blanco por su colaboración e interés en las propuestas realizadas.

REFERENCIAS

- Bava, J.O. (1999).** Los bosques de lenga en Argentina. En: Donoso Zegers, C. (Ed.), Lara Aguilar, A. (Ed.) (1999). Silvicultura de los bosques nativos de Chile. Santiago, Chile: Editorial Universitaria. Cáp. 9. Pp: 273-296.
- Bava, J.O. & Rechene, D.C. (2004).** Dinámica de la regeneración de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl) Krasser) como base para la aplicación de sistemas silvícolas. En: Arturi, M.F., Frangi, J.L.; Goya, J.F. (Eds.). Ecología y Manejo de los Bosques de Argentina. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata: La Plata, Argentina. Pp: 1-22.
- Cabrera, A.L. (1976).** Regiones Fitogeográficas Argentinas. En: Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería, tomo 2, fascículo 1 (2da ed., p. 42). Ed. ACME.
- Echeverría, D., Von Müller, A., Hansen, N. & Bava, J. (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>
- Kutschker, A., Brand, C. & Miserendino, M. L. (2009).** Evaluación de la calidad de los bosques de ribera en ríos del NO del Chubut sometidos a distintos usos de la tierra. *Ecología Austral*, N°19. Pp: 19-34.
- López Bernal, P.M.; Bava, J.O. & Antequera, S.H. (2003).** Regeneración en un bosque de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp et Endl.) Krasser) sometido a un manejo de selección en grupos. *Bosque*, 24(2): 13-21. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002003000200002>
- Peri, P.L., Rusch, V., Von Müller, A., Varela, S., Quinteros, P. & Martínez Pastur, G. (2021).** Manual de indicadores para monitoreo de planes prediales de Manejo de Bosque con Ganadería Integrada - MBGI Región Patagónica. Pablo Luis Peri Editor. 166 pp.
- Rusch, V. & Thompson, J. (2014).** Manejo de bosques de lenga *Nothofagus pumilio* en el noroeste de la Patagonia. Estudio de caso. En: Toma de decisiones estructuradas para el manejo adaptativo de recursos naturales y problemas ambientales en ecosistemas productivos: conceptos, metodologías y estudios de casos en Argentina. 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Ediciones INTA. Cap. 6. Pp: 109-128.
- Secretaría de Bosques de Chubut. (2022).** Plan estratégico del bosque nativo de la provincia de Chubut. Anexo II. Análisis por cuenca forestal. 190 p.
- Valladares, A. (2004).** Cuenca de los ríos Senguer y Chico. Cuenca N° 66. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/66.pdf>
- Zuloaga, F.O., Belgrano, M.J., & Zanotti, C.A. (2019).** Actualización del Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur. *Darwiniana*, Nueva Serie, 7(2): 208–278. <https://doi.org/10.14522/darwiniana.2019.72.861>



APUNTE

Primer levantamiento de luma del norte (*Legrandia concinna* (Phil.) Kausef) en la Reserva Nacional y Santuario de la Naturaleza Los Huemules del Niblinto, Región de Ñuble, Chile.

Juan Sepúlveda Fuentes¹; Ana Hinojosa Sáez²; Felipe Sáez Quintana³; Carlos Vidal Solar⁴; Héctor Ubilla González⁵; Jacqueline Moya Espinoza⁶; Rodrigo Aránguiz Venegas⁶ & Paulina Urrutia Espinosa⁷.

¹Guardaparque Administrador de la Reserva Nacional Los Huemules del Niblinto. CONAF Ñuble, Chile. juan.sepulveda@conaf.cl

²Encargada de la Sección Conservación Diversidad Biológica, Departamento Áreas Silvestres Protegidas. CONAF Ñuble, Chile.

³Profesional especialista técnico de la ENCCRV Departamento de Bosques y Cambio Climático. CONAF Ñuble, Chile.

⁴Asistente, Departamento Áreas Silvestres Protegidas. CONAF Ñuble, Chile.

⁵Guardaparque, Reserva Nacional Los Huemules del Niblinto. CONAF Ñuble, Chile

⁶Alumno en práctica, Departamento Áreas Silvestres Protegidas. CONAF Ñuble, Chile.

⁷Profesional apoyo de la ENCCRV Departamento de Bosques y Cambio Climático. CONAF Ñuble, Chile.

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2025.620>

Recibido: 07.01.2025; Aceptado 03.03.2025.

RESUMEN

La luma del norte (*Legrandia concinna*), es una mirtácea endémica de Chile, presente en las regiones de Maule y Ñuble y cuyo estado de conservación se clasifica en la categoría “En Peligro” (EN). En el presente trabajo se expone el levantamiento de una nueva población no conocida a la fecha, de *L. concinna* en la Reserva Nacional y Santuario Los Huemules del Niblinto, constituyendo un registro relevante en atención a sus problemas de conservación y muy escasa presencia en las Áreas Protegidas del Estado.

Tras dos campañas de terreno (2023 y 2024) se contabilizó 35 puntos de presencia de la especie, y se levantaron seis parcelas de monitoreo. Se registró un promedio 531 individuos de luma por hectárea, alcanzando en el rodal de intervención (5 ha) al menos 2.600 nuevos individuos, para un total general de más de 3.000 ejemplares. Finalmente, de acuerdo con los parámetros establecidos por la UICN, se estimó un área de ocupación de 17.96 ha y una extensión de la presencia de 49,5 ha.

Palabras clave: *Legrandia concinna*, Huemules del Niblinto, flora amenazada, nueva población.

SUMMARY

Legrandia concinna (luma del norte), is a *Myrtaceae* species endemic to Chile, present in the regions of Maule and Ñuble and whose conservation status is classified in the category “Endangered” (EN). This paper presents the survey of a new population of *L. concinna*, unknown to date, in the National Reserve and Sanctuary Los Huemules del Niblinto, constituting a relevant record in view of its conservation problems and very scarce presence in State Protected Areas.

After two field campaigns (2023 and 2024), 35 points of presence of the species were counted, and six monitoring plots were established. An average of 531 luma individuals per hectare was recorded, reaching at least 2,600 new individuals in the intervention stand (5 ha), for an overall total of more than 3,000 specimens. Finally, according to the parameters established by the IUCN, an area of occupancy of 17.96 ha and an extent of presence of 49.5 ha were estimated.

Key words: *Legrandia concinna*, Huemules del Niblinto, endangered flora, new population.

INTRODUCCIÓN

La luma del norte (*Legrandia concinna* (Phil.) Kausel) es una especie arbórea endémica de Chile, de tamaño relativamente pequeño, que alcanza los 8 metros de altura, siendo capaz de crecer también como arbusto, alcanzando en algunos casos entre dos a cinco metros de altura. Es la mirtácea más amenazada de Chile y la única representante en el mundo del género monotípico *Legrandia*. Como especie, la luma del norte mantiene características primitivas dentro de la familia *Myrtaceae* (Caro-Lagos *et al.*, 2018). La corteza se desprenden delgadas láminas irregulares de color rojo-anaranjado revelando parches blancos. El tronco llega a medir unos 40 cm de diámetro (Hechenleitner *et al.*, 2005). Sus frutos son unas bayas globosas, generalmente con una semilla de gran tamaño en su interior, sin embargo, es posible encontrar hasta cinco semillas por fruto (Hechenleitner *et al.*, 2005). La semilla se disemina por la gravedad o a través de los cursos de agua que frecuentemente se encuentran cercanos a las poblaciones de la especie, no obstante, en terreno solo se ha evidenciado la regeneración a través de tocones, o desde las raíces, y no desde semillas, por lo que forman generalmente rodales puros, con individuos cercanos entre sí (Martínez *et al.*, 2006).

Actualmente, según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) del Ministerio de Medio Ambiente (MMA), esta especie se encuentra en categoría de conservación “En Peligro” (EN)B1ab(iii)+2ab(iii)¹ según Decreto Supremo N°51 del 2008 (Muñoz & Serra, 2006). En el país, se encuentra distribuida de manera fragmentada en la precordillera andina, desde los 400 a los 1.000 metros de altitud, en ambientes boscosos, húmedos de quebradas, cerca de cuerpos de agua, como cauces o pequeñas lagunas.

La especie posee una extensión de la presencia menor de 5.000 km² y un área de ocupación menor de 500 km², con una severa fragmentación del hábitat. Dicha área se estima en menos de 75 hectáreas, distribuidas en cinco localidades, en las provincias de Curicó y Linares, región del Maule y en la provincia de Punilla, región de Ñuble. El número de árboles maduros es menor a 1.000 individuos (Hechenleitner *et al.*, 2005).

En relación a la presencia de luma del norte en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado, solo se le registra en la Reserva Nacional Radal Siete Tazas en la región del Maule (Caro-Lagos *et al.*, 2018), correspondiendo a una subpoblación de ejemplares que abarcan una superficie estimada de 200 m² con individuos maduros y en regeneración. Sin embargo, en la región de Ñuble hay antecedentes aportados por guardaparques sobre la presencia de *L. concinna* en la Reserva Nacional y Santuario de la Naturaleza Los Huemules del Niblinto. Se trata de una población nueva, que hasta antes de esta publicación no había sido objeto de levantamientos o conteo de sus ejemplares.

PROSPECCIÓN

Se realizaron dos campañas de prospección (febrero de 2023 y abril de 2024) en terrenos de la Reserva Nacional y Santuario de la Naturaleza Los Huemules del Niblinto. En primera instancia, profesionales de CONAF prospectaron sitios con presencia de *L. concinna* conocidos por guardaparques, y posteriormente recorrieron los alrededores de estos sitios, en búsqueda de nuevos ejemplares. En forma complementaria, se realizaron parcelas de monitoreo como se detalla a continuación.

Levantamiento de Información Mediante Identificación de Puntos de Presencia.

La prospección de los puntos de presencia se realizó inicialmente con colaboración de los guardaparques de la reserva, quienes realizaron campañas de revisión en sectores con características ecológica afines al hábitat de la luma del norte (cercanos a cursos de agua y con alta cobertura vegetal), para identificar la posible existencia de individuos de la especie. Cada punto consideró la identificación de la presencia de

¹Debido a que la especie posee una extensión de la presencia menor de 5.000 km² y un área de ocupación menor de 500 km², con una severa fragmentación del hábitat, sospechándose de una disminución en la calidad de su hábitat producto de plantaciones comerciales, aumento de la frecuencia de incendios y ramoneo por ganando.



Figura 2. Levantamiento de una de las parcelas en sector de *L. concinna* en la Reserva Nacional y Santuario de La Naturaleza Los Huemules del Niblinto, Región de Ñuble.



Figura 3. Frutos como evidencia de regeneración de *L. concinna* en la Reserva Nacional y Santuario de La Naturaleza Los Huemules del Niblinto, Región de Ñuble.

Análisis Espacial de las Poblaciones en Términos de Área de Ocupación y Extensión de la Presencia

La información obtenida en terreno fue procesada en gabinete con el sistema de información geográfico (SIG) en el software Qgis 3.16, cuantificando el área de ocupación de la especie mediante fotointerpretación de la estructura de la vegetación (color y forma de las copas de los árboles) del sector el Hoyo de la Reserva Nacional y particularmente de la quebrada que contiene la mayor población de individuos de luma, permitiendo definir un polígono con similares características para extrapolar los resultados de las parcelas de inventario. Se destaca que la quebrada mencionada presentaba características similares de humedad y exposición, incluso presentando individuos de luma en sus zonas limítrofes, lo cual permitió validar la superficie del polígono definido.

La extensión de la presencia de *L. concinna* para la reserva, se estimó mediante el método "Alpha hull" de polígonos mínimos convexos en SIG. Esta técnica se utiliza para hacer definiciones del área de ocupación y para evaluar tendencias del hábitat utilizado por una especie, además es una herramienta importante para los procesos de evaluación de los estados de conservación de especies en peligro de extinción.

Posteriormente, en gabinete se analizaron los datos procesados de SIG, elaborándose una base de datos Excel que luego fue usada para calcular el área de ocupación y la extensión de la presencia.

RESULTADOS

En las campañas de prospección se identificó un total de 35 puntos de presencia recorriendo el sendero interpretativo de la reserva hasta llegar al sector Locomóvil; el primer ejemplar se registró a 1 km de la guardería y el último a 2 km del primero.

Los individuos de *L. concinna* presentaron en su mayoría una altura aproximada de 2,5 m y un diámetro del orden de 6 cm. En los lugares donde se realizaron las parcelas y posicionaron los puntos de presencia, se observó un bosque en formación del tipo RORACO en fase de latizal bajo, con abundante vegetación nativa distribuida en diferentes estratos. El hábitat presentaba una riqueza florística dominada por arrayán (*Luma apiculata*), coihue (*Nothofagus dombeyi*), raulí (*N. alpina*), avellano (*Gevuina avellana*). Mientras que, en menor abundancia, se observó olivillo (*Aextoxicon punctatum*), luma del norte (*L. concinna*), y canelo (*Drimys winteri*), eventualmente se encontró individuos de mañío (*Podocarpus saligna*) y palo santo (*Dasyphyllum excelsum*). En cuanto a la regeneración, los muestreos realizados en las parcelas indican que la especie con mayor regeneración corresponde a *D. excelsum*, con una altura promedio de 20 cm, le sigue *G. avellana* cuya altura promedio dominante oscila entre los 30 y 40 cm.

La distribución de la población de *L. concinna* es continua a lo largo del fragmento del bosque, por lo que el área de ocupación se extrapolaron a todo el rodal cercano, abarcando 17,96 ha (**Figura 4**), con una población de más de 660 individuos maduros. Por su parte, la medición de la extensión de la presencia, calculada por la unión de los puntos más extremos de los ejemplares registrados para la población, arrojó una superficie de 49,5 ha (**Figura 5**).

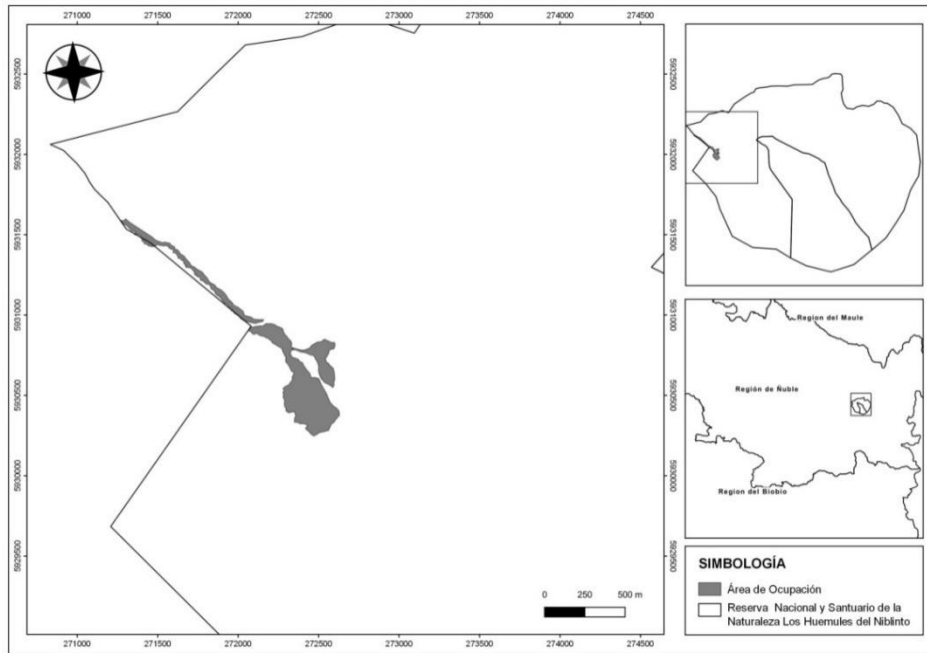


Figura 4. Área de ocupación de *L. concinna* en la Reserva Nacional y Santuario de la Naturaleza Los Huemules del Niblinto.

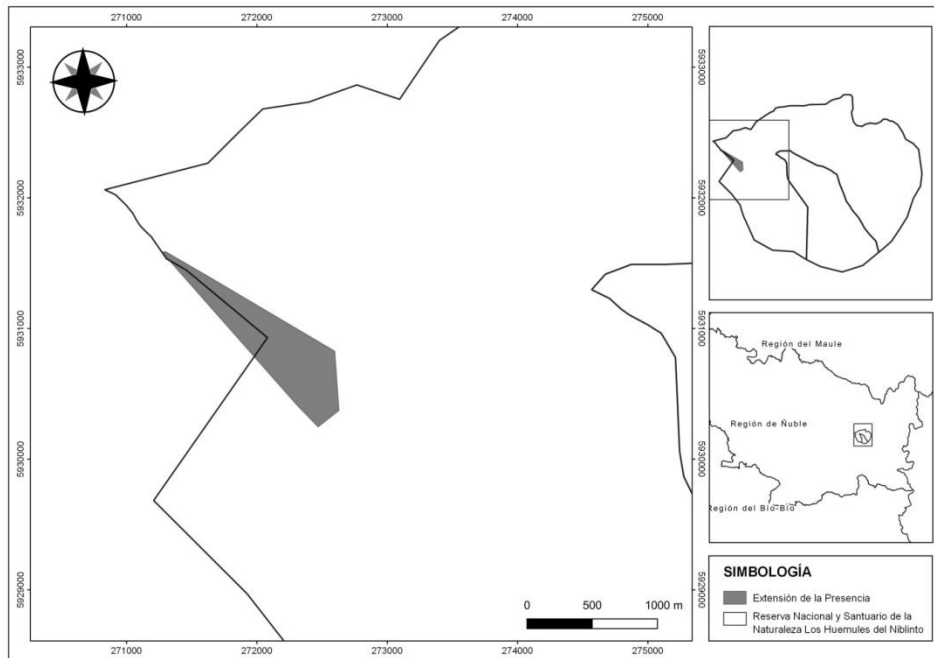


Figura 5. Extensión de la presencia de *L. concinna* en la Reserva Nacional y Santuario de la Naturaleza Los Huemules del Niblinto.

Por otra parte, la información levantada desde las parcelas de monitoreo indica que, en promedio, en el área de ocupación se encuentra un total de 531 individuos de *L. concinna* por hectárea. Así, considerando

que el rodal donde se realizaron estas parcelas tiene una extensión de 5 ha, se pueden encontrar al menos otros 2.600 individuos maduros de luma del norte. En definitiva, con estos ejemplares más los estimados a partir de los puntos de presencia, se puede informar que la población presente en la Reserva y Santuario Huemules del Niblinto totalizaría más de 3.000 individuos adultos *L. concinna*.

Es importante mencionar que la población de luma del norte ubicada en la Reserva Nacional y Santuario de la Naturaleza Los Huemules del Niblinto, sería la única población de esta especie en la región de Ñuble inserta en un área protegida, y la segunda a nivel nacional, considerando la población ubicada en Parque Nacional Radal Siete Tazas, región del Maule. Esta última es bastante más pequeña, abarcando sólo 200 metros en distancia lineal entre los ejemplares más lejanos.

Por último, cabe destacar que, en el presente trabajo se identificó un ejemplar particular de más de 10 m de altura y un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 36 cm, que podría ser uno de los más grandes del país, y que genera una abundante regeneración por semillas.

RECOMENDACIÓN FINAL

Es necesario continuar con el monitoreo de esta población y con la búsqueda de más ejemplares, para dilucidar si se trata de una población aislada o no, ya que, a la fecha, solo se tienen antecedentes de ejemplares ubicados a una distancia lineal de más de 4,5 km, al interior de predios de propiedad de Forestal Arauco.

REFERENCIAS

- Caro-Lagos, J., Reyes, A., Ramírez, B., Medel, D. & Vergara, J. (2018).** Primer registro de luma del norte *Legrandia concinna* al interior de un área silvestre protegida de Chile. Boletín Biodiversidata, N° 7. Noviembre 2018. Pp: 132-135.
- Hechenleitner, P., Gardner, M., Thomas, P., Echeverría, C., Escobar, B., Brownless, P. & Martínez C. (2005).** Plantas amenazadas del centro-sur de Chile. Distribución, conservación y propagación. Universidad Austral de Chile y Real Jardín Botánico de Edimburgo. Valdivia, Chile. 188 p.
- Martínez, C., Hechenleitner, P., Gardner, M., Donoso, C. & Escobar, B. (2006).** *Legrandia concinna* (Phil.) Kausel. Luma, luma del norte, luma blanca. Familia: *Myrtaceae*. En: Donoso, C. (Ed). Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología. Marisa Cuneo Ediciones. Valdivia, Chile. Pp: 325-332.
- Muñoz, M. & Serra, M. (2006).** Documento de trabajo. Estado de conservación de las plantas en Chile. MNHN-CONAMA. Santiago, Chile. En: http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/Anexo_tercer_proceso/plantas/Legrandia_concinna_FINAL.pdf



APUNTE

Flora de interés apícola para la región de Aysén, Chile.Jaime Salinas Sanhueza¹ & Fernán Silva Labbé².¹Instituto Forestal (INFOR), Coyhaique, Chile. jsalinas@infor.cl²Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) región de Aysén, Coyhaique, Chile.DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2025.625>

Recibido: 14.03.2025; Aceptado 27.03.2025.

RESUMEN

El rubro apícola de Chile lo constituyen cerca de 11.583 personas y 1.533.405 colmenas, que generan diferentes productos como; miel, cera, jalea real, polen, propóleos y servicios de polinización, siendo la miel el producto de mayor importancia por su cantidad y aporte económico. Hoy en día existe una positiva apreciación y valoración de los beneficios de la apicultura para la agricultura familia campesina (AFC). Para que la actividad productiva sea provechosa es necesario conjugar factores como; las competencias y conocimientos técnicos de los apicultores (capacitación), la capacidad productiva de las familias de abejas (genética) y el medio ambiente físico donde estén insertas las colmenas (oferta floral). Conocer las especies vegetales con propiedades melíferas reviste un importante desafío para profesionales del área forestal que trabajan asesorando a los apicultores, como ejemplo, solo en la anterior temporada la producción de miel originada del bosque nativo fue exportada en un 90% a mercados de la Unión Europea y EEUU, constituyéndose en el principal producto pecuario primario exportado por Chile. En la región de Aysén la actividad apícola es una actividad económica emergente, constituida por 142 apicultores y 2.137 colmenas. Los conocimientos en flora apícola son escasos, por ello, el presente trabajo busca generar conocimiento sobre las principales especies vegetales de uso apícola presentes en las diferentes ecorregiones de Aysén.

Palabras clave: ecorregiones, Patagonia, flora melífera.**SUMMARY**

The beekeeping sector in Chile is made up of about 11,583 people and 1,533,405 hives, who generate different products such as; honey, wax, royal jelly, pollen, propolis and pollination services. Honey being the most important product of the hive due to its quantity and economic contribution. Nowadays, there is a positive appreciation and greater appreciation regarding the benefits of beekeeping for peasant family agriculture (AFC). For productive activity to be profitable, it is necessary to combine factors such as; the skills and technical knowledge of beekeepers (training), the productive capacity of bee families (genetics) and the physical environment where the hives are located (floral supply). Knowing the plant species with honey properties is an important challenge for professionals in the forestry area who work advising beekeepers. As an example, only in the previous season, 90% of honey production from the native forest was exported to markets in the European Union and the United States, becoming the main primary livestock product exported by Chile. In the Aysén region, beekeeping is an emerging economic activity, made up of 142 beekeepers and 2,137 hives. Knowledge of beekeeping flora is scarce; therefore, this work seeks to generate knowledge about the main plant species for beekeeping use present in the different ecoregions of Aysén.

Key words: ecoregions, Patagonia, honey flora.**INTRODUCCIÓN**

Las abejas melíferas (*Apis mellifera*) son conocidas principalmente por los productos que se puede obtener de sus colmenas, como la miel, el polen, la jalea real y la apitoxina, entre otros (Crane, 1990). En Chile, el sector apícola genera productos y servicios como: miel, apitoxinas, cera, jalea real, polen, propóleos y servicios de polinización. Sin embargo, la miel sigue siendo el producto de la colmena de mayor importancia por su cantidad y aporte económico cuantificado en Chile. La actividad melífera nacional enfrenta una

considerable pérdida de competitividad, consecuencia de una importante reducción de su producción, debido a causas conjugadas que incluyen desde años de sequía, hasta procesos históricos de deforestación y cambios de uso de suelos forestales a agropecuarios (Molina *et al.*, 2016). Según datos del VII Censo Agropecuario del año 2007, en Chile existen alrededor de 10 mil explotaciones (predios) que administran más de 454 mil colmenas (Molina *et al.*, 2016), conformando una variada gama de productos apícolas como cadena productiva. La producción de miel, originada en parte en especies melíferas del bosque nativo chileno, es exportada en cerca de un 90% a los mercados de la Unión Europea y Estados Unidos, constituyéndose en el principal producto pecuario primario exportado por Chile (Molina *et al.*, 2016).

De acuerdo con SAG (2024), la apicultura en la región de Aysén es una actividad económica emergente, constituida por 142 apicultores y 2.137 colmenas, una cifra muy menor en comparación con otras regiones del país. En esta región la actividad apícola se concentra en la ecorregión templada intermedia y en los microclimas de la Cuenca del Lago General Carrera, abarcando una superficie aproximada de 500.000 ha cuya vegetación dominante la conforman praderas perennes y bosque nativo denso. Dentro del universo de apicultores de la región de Aysén (Silva-Labbé, 2011), se observa cierto equilibrio de género, con un 51% de participación masculina y un 49% de participación femenina. El conocimiento de la flora de importancia apícola es fundamental para la conducción racional del apiario, ya que constituye el recurso con que cuentan las abejas para alimentarse y producir. La flora que se clasifica como melífera debe ser abundante en un radio de 2 km del colmenar, debiéndose reconocer las especies y sus estados fenológicos, de manera que la abundancia de flores se produzca en forma escalonada a lo largo de la temporada.

La flora es la que define la alternativa productiva (miel, cera, polen, jalea real, propóleos, núcleos, paquetes y reinas), y pone límites a la producción, dependiendo de ella las características del producto, permitiendo establecer pautas de manejo de las colmenas (ej. alimentación suplementaria, incentivo, nucleado, etc.) que optimicen el aprovechamiento de los recursos. Así mismo, brinda información para determinar la estrategia de manejo del apiario en general, e incluso, del campo en que se encuentra ubicado el colmenar (ej. conveniencia y momento de la trashumancia).

En general las especies vegetales melíferas se pueden dividir en tres grupos, las que proveen néctar, las que aportan polen y aquellas en las que la abeja puede extraer ambos recursos. También existen otros elementos que pueden aportar las plantas como son los aceites esenciales, ceras, resinas y mielatos. El néctar puede tener cantidades variables de azúcares (sacarosa, fructosa, glucosa y otros), dependiendo de la especie vegetal, originando mieles de distintas características, también contiene aminoácidos, enzimas y minerales. Ninguna flor tiene tanto néctar como para que la abeja colme su melario² en una sola visita, en consecuencia, debe recorrer varias flores y con ello se produce el acarreo de polen de una flor a otra. El polen es la única fuente de proteínas para la colmena, por lo que es fundamental en el momento de alimentar a las crías y en la postura de la reina, este posee vitaminas del complejo B, K y E, minerales (P, K, Mg, Ca, Na, Fe) y oligoelementos, al igual que el néctar, su composición química va a depender de la especie vegetal que provenga. La recolección de uno u otro recurso depende de las necesidades específicas de la colonia en cada estado de su evolución (ej. En época abundante de crías, la recolección de polen es intensa).

Las condiciones de Aysén, como sus ambientes libres de pesticidas, contaminantes y transgénicos, libre de la enfermedad *Loque americana*, el apoyo del Estado a los apicultores, favorecen el potencial de crecimiento del rubro apícola. Sin embargo, existe un gran desconocimiento sobre las características de sus mieles (de climas fríos), zonificación del territorio, manejo apícola, genética adecuada, manejo sanitario, caracterización de los apicultores y especies de flora melífera. En relación a lo anterior, el presente estudio busca caracterizar la flora melífera de la región de Aysén, con el fin de entregar información que dinamice el sector apícola regional.

² El melario, también conocido como buche melario, es un órgano de las abejas que se encarga de almacenar y transportar alimentos y agua.

ANTECEDENTES

Apicultura en la Patagonia Occidental

En la última década el rubro apícola de la región de Aysén ha experimentado un crecimiento importante, de la mano de la calidad de sus mieles, un ambiente de producción que no considera pesticidas y la incorporación de la innovación tecnológica en sus productos. La apicultura patagónica constituye un enorme desafío debido a condiciones climáticas muy adversas para esta actividad. La búsqueda de alternativas productivas, pensando en una producción, con buena aceptación en el mercado y el aprovechamiento de ventajas comparativas como la imagen patagónica y la exigua contaminación ambiental sugiere realizar investigación para evaluar la factibilidad de la producción melífera en esta región (Molina *et al.*, 2016). Existen experiencias en la zona patagónica de Argentina, que revelan que la actividad melífera sería factible de desarrollarse en estas zonas frías, siempre que se optimicen las actividades del proceso productivo.

Aún existe bastante desconocimiento entre los apicultores regionales sobre los procesos superadores del manejo apícola, en esta zona donde las abejas permanecen alrededor de cinco meses encerradas en la colmena debido al frío, y donde el tiempo de producción en verano es muy breve. Prácticas como el recambio de reinas, selección de genética adecuada para climas fríos, manejo sanitario, alimentación suplementaria y de estímulo, entre otras, son generalmente desconocidas por la mayoría de los apicultores regionales.

Los apiarios regionales se encuentran distribuidos principalmente en cuatro zonas territoriales: la primera corresponde a la *zona norte* donde participan localidades como Las Juntas y Puerto Cisnes. La segunda corresponde a la *zona centro* donde participan los sectores rurales cercanos a Coyhaique, Mañihuales y Puerto Aysén. La tercera es la *zona centro-sur* caracterizado por las localidades cercanas a la cuenca del Lago General Carrera, entre ellas destacan Chile Chico, Puerto Río Ibáñez, Guadal, Murta. Finalmente, la *zona sur* en la localidad de Cochrane (Figura 1).

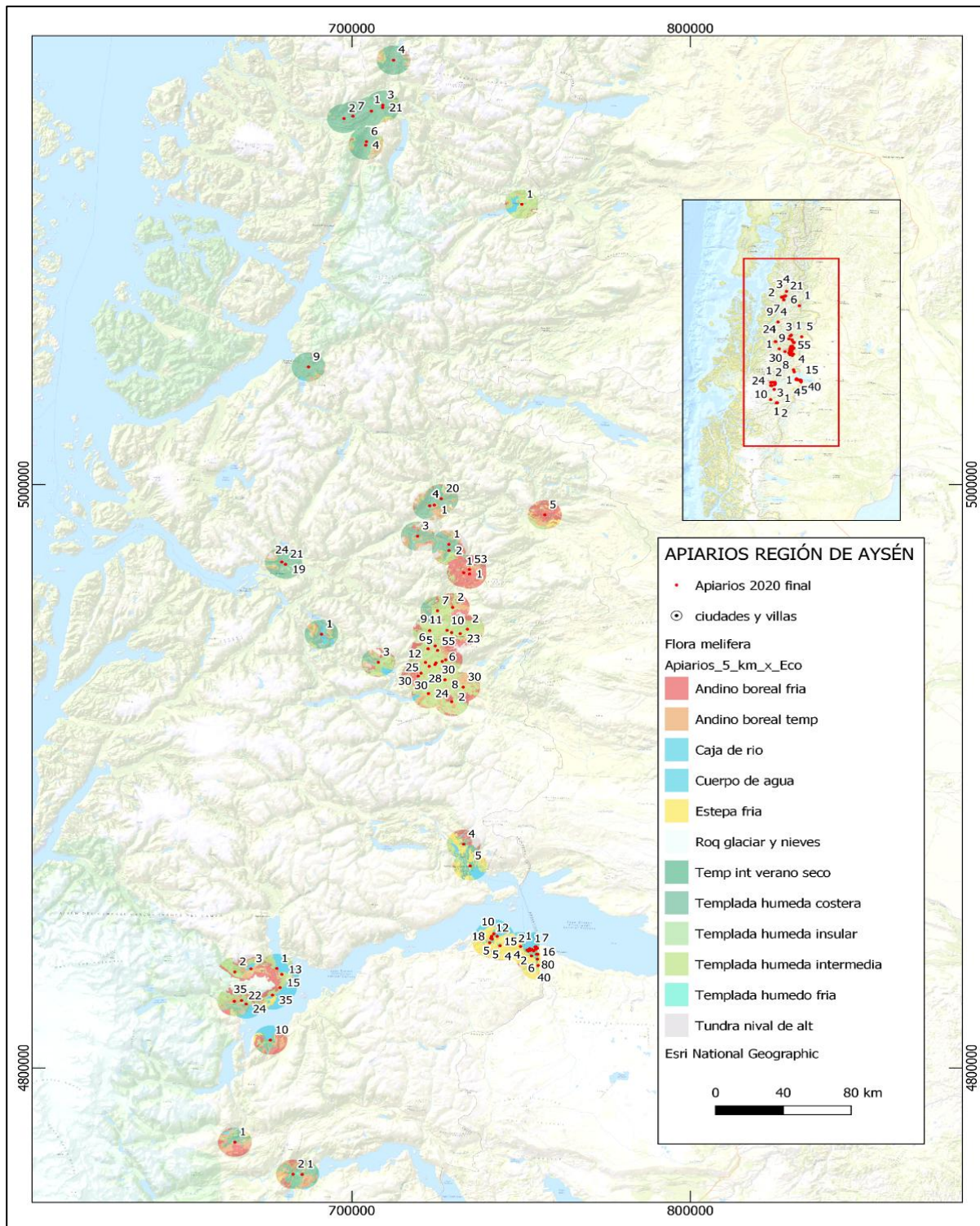
Según Molina *et al.* (2016) por razones climáticas, pareciera que la temporada de trabajo de las abejas es relativamente corta en la región patagónica, esto podría presentar una serie de ventajas comparativas, entre ellas:

- Las colonias invernan en forma efectiva, lo que disminuye el consumo de miel y se produce un corte en el desarrollo de las colmenas durante el invierno.
- Ocurre una sucesión de floraciones desde mediados de agosto hasta entrado el otoño que facilitan la evolución de la abeja y permiten cosechas escalonadas a lo largo de la primavera y el verano.
- A diferencia de otras regiones productivas, los apicultores no utilizan indiscriminadamente productos químicos (acaricidas, antibióticos, etc.). Por lo tanto, las colmenas generan una resistencia natural contra las diversas enfermedades y paralelamente los productos apícolas prácticamente no presentan contaminaciones.

Los factores climáticos juegan un rol relevante para la actividad apícola, existen países con condiciones climáticas similares a las patagónicas, donde se han realizado ciertas adaptaciones, ejemplo de ello es el caso de Finlandia, donde se ha desarrollado una apicultura urbana, que permite la inclusión de un sector más joven en esta actividad (Molina *et al.*, 2016).

A diferencia de otras zonas apícolas, la ubicación de los apiarios gana importancia en los climas fríos. Se recomienda ubicar las colmenas a pleno sol, ya que, en las colmenas ubicadas debajo de árboles, se ha observado que las abejas tardan en salir a pecorear y suelen ser más defensivas; también son más propensas a tener problemas de humedad. Por otra parte, existen colmenas especialmente diseñadas para estos climas. Están fabricadas en poliestireno expandido (PSE) extra endurecido, de grado alimentario, con una densidad superior a los 100 Kg/m³. Gracias a su materialidad, destacan por su resistencia, ligereza y tienen una vida útil de muchos años. Han sido desarrolladas en Finlandia por Paradise Honey y este sistema ha sido probado bajo las exigentes condiciones climáticas (ej. Siberia) a las que está expuesta la apicultura finlandesa. Los inviernos árticos, con temperaturas inferiores a -35°C, y los calurosos veranos,

con marcas térmicas que superan los 30°C, la hacen una colmena muy resistente a las diferentes condiciones ambientales y meteorológicas que se puedan presentar en todos los climas (Molina *et al.*, 2016).



(Fuente. Elaboración propia sobre clasificación de Silva, 2014)

Figura 1. Distribución de apiarios asociados a las Ecorregiones de Aysén.

Superficie de Pecoreo de los Apiarios

Para estimar la superficie de pecoreo en la región de Aysén (**Figura 2**) se usó los apiarios georreferenciados declarados al SAG el año 2020 y se calculó un buffer de 5 km de radio a su alrededor, considerando que la superficie de pecoreo más común llega a 3 km, pero que se le debe sumar la movilidad de las colmenas por parte del apicultor o errores de georreferenciación, los que no necesariamente coinciden con la ubicación de las colmenas. A esta capa se sobrepuso el Mapa de Ecorregiones (Silva, 2014) y se calculó la superficie cubierta por cada ecorregión en la suma de anillos de áreas buffer.

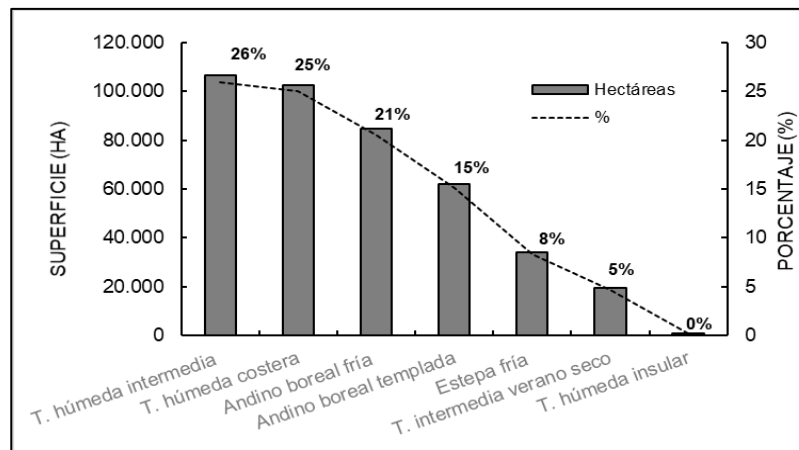


Figura 2. Superficie afecta a pecoreo en las Ecorregiones de la región de Aysén, relacionadas a un área de influencia de 5 km de los colmenares (T= Templada).

Considerando la clasificación de la **Figura 2**, se estimó una superficie total de pecoreo asociada a los apiarios de la región de Aysén de 410.171 ha. Las tres ecorregiones que presentaron las mayores superficies de pecoreo fueron la *Templada húmeda intermedia*, *Templada húmeda costera*, *Andino boreal fría* las que representan el 26, 25 y 21% respectivamente. Mientras que la ecorregión *Templada insular* presentó solo 1.010 ha, siendo la de menor superficie de todas.

Flora Melífera

De las especies determinadas en las mieles por el estudio SAG-FUNDA (2007), más del 60 % son nativas y casi todas de hábito arbóreo y del bosque siempre verde. Destacan también las especies introducidas de los géneros *Trifolium* y *Brassica*.

Entre las especies melíferas nativas más citadas se encuentran el tino (*Weinmannia trichosperma*), maqui (*Aristotelia chilensis*), luma (*Amomyrtus luma*), todos los *Berberis*, chaura (*Gaultheria spp.*) y el maitén (*Maytenus boaria*) (**Cuadro 1**). Lo anterior da cuenta que, para una buena oferta de alimento, las abejas necesitan de flora arbórea y arbustiva además de un clima templado con una estación invernal corta.

Dentro de las asteráceas destacan los cardos por su aptitud para producción de miel, algunas especies del género *Cirsium* son malezas invasoras no deseables. Navarrete *et al.* (2016) destaca los géneros *Crepis* e *Hypochoeris* en análisis polínico y fitoquímico de mieles del Biobío, sin embargo, no hay referencias de importancia de asteráceas de la Patagonia. El *Taraxacum* no sería importante para la alimentación de las abejas (Loper & Cohen, 1987) debido a la pobre capacidad de crianza reportada del polen de diente de león, lo que parece ser el resultado de una deficiencia de multi aminoácidos.

Entre las brásicas destacan el nabo, el rábano, y la rutabaga por ser buena fuente de polen. En cuanto a las *Fabáceas* existen excelentes fuentes de polen y néctar como la alfalfa, la lotera, las arvejas, el chocho,

el haba, la hualputra, el meliloto y los tréboles. Dentro de las fabáceas nativas hay que destacar la arvejilla (*Vicia nigricans*) y las especies del género *Adesmia*. Casi todas las hierbas medicinales de la familia de las *Lamiáceas* son una importante fuente de polen y néctar como las mentas y hierbabuena, el orégano, el marrubio, la lavanda, el poleo, la salvia y el tomillo (**Cuadro 1**).

En cuanto a la distribución de las especies melíferas en las ecorregiones de la región de Aysén, esta se sintetiza en los gráficos de la **Figura 4**.

Especie	Familia	Nombre común	Meses floración												Proporciona*:				[5]	[6]	Fuentes					
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	[1]	[2]	[3]	[4]								
<i>Melilotus indica</i> (L.) All.	Fabaceae	Meliloto medicinal	x	x	x	x									x		1	1							49	
<i>Melilotus albus</i> Dsr.	Fabaceae	Trébol dulce#	x	x	x	x	x								x											49
<i>Adesmia boronioides</i> Hook.f.	Fabaceae	Parámela	x	x										x	x	x		3								43
<i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link	Fabaceae	Retamo#	x											x	x	x		3			****					s.i.
<i>Trifolium dubium</i> Sibth.	Fabaceae	Trebillo	x													x	2	2								43
<i>Trifolium repens</i> L.	Fabaceae	Trébol blanco	x	x	x												1	1								43
<i>Trifolium pratense</i> L.	Fabaceae	Trébol rosado	x													x	1	1								43
<i>Vicia nigricans</i> Hook. & Arn.	Fabaceae	Vicia												x	x	x										2, 28, 46
<i>Vicia sativa</i> L.	Fabaceae	Vicia	x																							s.i.
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér. ex Aiton	Geraniaceae	Alfilerillo	x		x									x	x	x	x					***				11
<i>Geranium magellanicum</i> Hook.f.	Geraniaceae	Core-core	x	x	x										x	x	nd									1, 27, 15
<i>Geranium core-core</i> Steud.	Geraniaceae	Core-core	x	x	x										x	x	nd	5			**					1, 27, 15
<i>Geranium sessiliflorum</i> Cav.	Geraniaceae	Geranio	x												x	x	5				**					2, 11, 15
<i>Geranium core-core</i> Steud.	Geraniaceae	Geranio	x												x	x	5				**					2, 11, 15
<i>Mitriaria coccinea</i> Cav.	Gesneriaceae	Botelita	x	x											x	x										9
<i>Sisyrinchium</i> spp	Iridaceae	Ñuño	x																							7
<i>Satureja hortensis</i> L.	Lamiaceae	Chascudo			x	x												1								43
<i>Mentha</i> spp	Lamiaceae	Hierba buena	x	x	x												nd	1								20
<i>Prunella vulgaris</i> L.	Lamiaceae	Hierba mora	x	x												x	x									43
<i>Lavandula</i> spp	Lamiaceae	Lavanda	x	x	x												x	nd								11
<i>Marrubium vulgare</i> L.	Lamiaceae	Marrubio													x	x	x	1								14, 15
<i>Origanum mejorana</i> L.	Lamiaceae	Mejorana			x	x											nd	1								23
<i>Origanum vulgare</i> L.	Lamiaceae	Orégano			x	x																				43
<i>Mentha pulegium</i> L.	Lamiaceae	Poleo	x	x	x												nd	1								43
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Lamiaceae	Romero														x	x	1	1							23
<i>Salvia officinalis</i> L.	Lamiaceae	Salvia	x														x	nd								11
<i>Thymus vulgaris</i> L.	Lamiaceae	Tomillo														x	x	nd								11
<i>Amomyrtus luma</i> (Mol.) Legr. et Kaus	Myrtaceae	Luma	x													x	x	nd	nd							28, 43
<i>Luma apiculata</i> (DC) Burret	Myrtaceae	Luma	x	x	x	x											x	nd	nd			*****				20, 30
<i>Myrceugenia planipes</i> (Hook. & Arn.) O. Berg	Myrtaceae	Luma blanca, picha	x															nd				***				40
<i>Myrceugenia exucca</i> (DC) O. Berg.	Myrtaceae	Patagua, pitra	x	x	x	x											nd	nd				****				9
<i>Nothofagus dombeyi</i> (Mirb.) Oerst.	Nothofagaceae	Coihue de Chiloé	x													x	x		nd							28
<i>Nothofagus betuloides</i> (Mirb.) Oerst.	Nothofagaceae	Coihue de Magallanes	x														x	x		nd	nd					28, 30
<i>Nothofagus pumilio</i> (Poepp. Y Endl.) Krasser	Nothofagaceae	Lenga	x													x	x		nd							30
<i>Nothofagus antarctica</i> (G. Forst.) Oerst.	Nothofagaceae	Ñirre														x	x		nd			*				28
<i>Oenothera affinis</i> Camb.	Onagraceae	Hierba San José	x	x	x	x											x	x								11

Especie	Familia	Nombre común	Meses floración												Proporciona*:				[5]	[6]	Fuentes					
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	[1]	[2]	[3]	[4]								
<i>Papaver rhoeas</i> L.	Papaveraceae	Amapola	x	x	x	x									x	x		nd								14
<i>Plantago australis</i> Lam.	Plantaginaceae	Llantén austral	x	x											x	x		nd								17
<i>Plantago major</i> L.	Plantaginaceae	Llantén, siete venas													x	x		nd								17
<i>Plantago lanceolata</i> L.	Plantaginaceae	Siete venas													x	x		nd								17
<i>Zea mays</i> L.	Poaceae	Maíz	x															nd								31
<i>Polygonum persicaria</i> L.	Polygonaceae	Duraznillo		x	x																					25
<i>Fallopia japonica</i> (Houtt.) Ronse Decraene.	Polygonaceae	Falopia, bambú japonés		x	x																					8
<i>Rumex crispus</i> L.	Polygonaceae	Romaza															x	nd								11
<i>Rumex acetosella</i> L.	Polygonaceae	Vinagrillo															x	nd								14
<i>Discaria chacaya</i> D. Don (Tortosa),	Rhamnaceae	Chacai, espinó blanco												x	x	x								*****	x	28, 46
<i>Colletia hystrix</i> Closs (sin C. spinosa)	Rhamnaceae	Crucero	x	x	x	x																		*****	x	s.i
<i>Prunus & Pyrus spp</i>	Rosaceae	Carozos y pomáceas												x	x		nd	nd								s.i
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	Rosaceae	Espino albar,												x	x	x										s.i
<i>Rubus idaeus</i> L.	Rosaceae	Mosqueta													x	x										10
<i>Rosa rubiginosa</i> L.	Rosaceae	Mosqueta#	x												x	x										s.i.
<i>Rubus costrictus</i> Lefèvre y PJMüll.	Rosaceae	Murra													x	x										6
<i>Anagallis arvensis</i> L.	Scrophulariaceae	Anagallis											x	x	x											34
<i>Buddleja davidii</i> Franch.	Scrophulariaceae	Butterfly bush	x	x	x	x											x									4
<i>Buddleja globosa</i> Hope	Scrophulariaceae	Matico												x	x	x							*****			14
<i>Veronica anagallis aquatica</i> L.	Scrophulariaceae	Verónica	x	x	x	x	x								x	x										14
<i>Drimys winteri</i> J.R.Forst. & G.Forst.	Winteraceae	Canelo	x											x	x	x	x									30

* Corresponde a la fuente de los productos del apiario y su escala de importancia de 1 a 5 de menor a mayor participación, nd corresponde a presencia no determinada: [1] Néctar; [2] Polen; [3] Mielato; [4] Propóleo; [5] Ranking (R) de pecoreo (escala 1- 5 de menor a mayor uso de pecoreo y representado con asteriscos de * a *****), [6] Miel monofloral; [7] Fuentes. #Especie exótica introducida invasora.

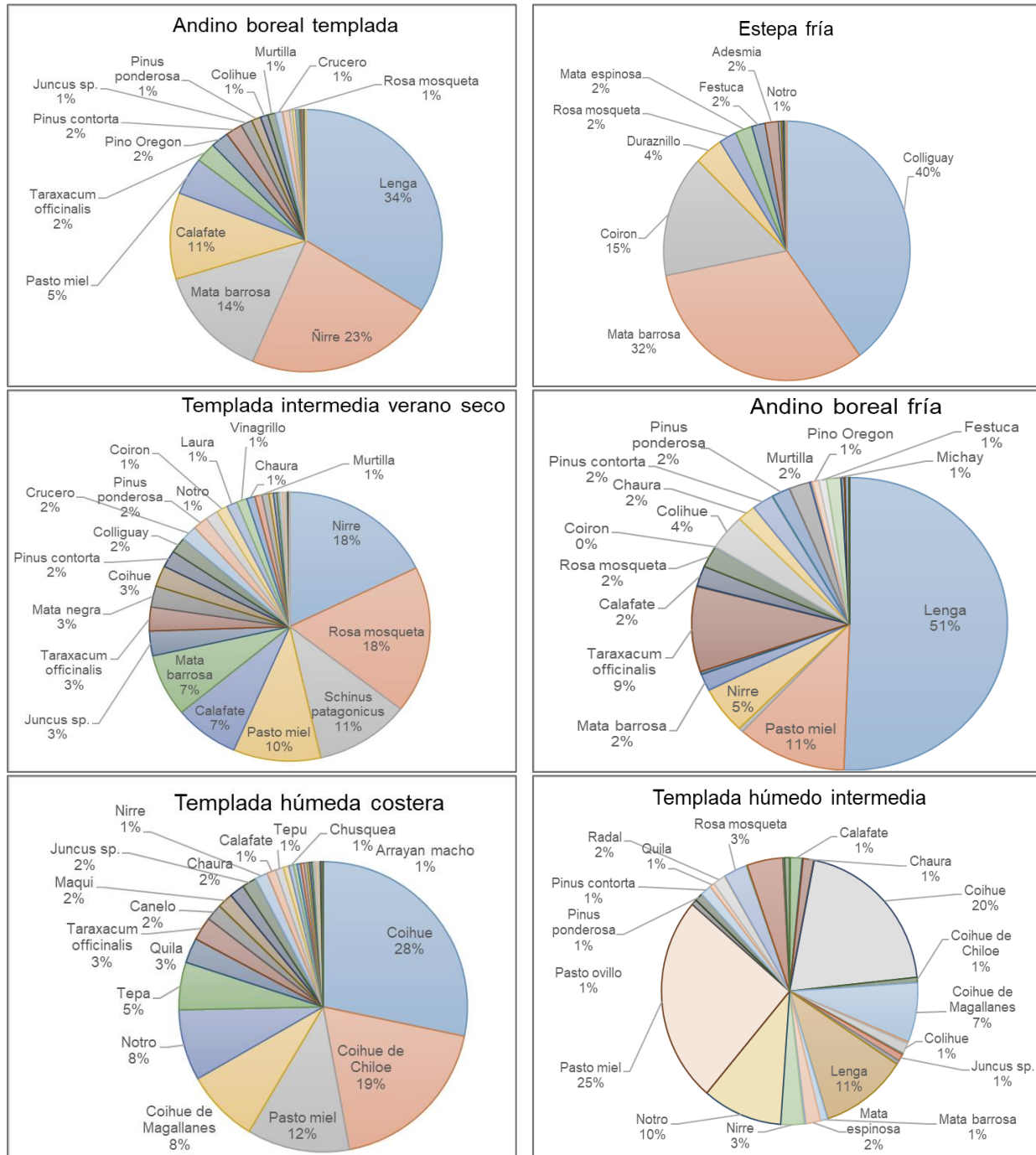


Figura 4. Participación de especies melíferas por localidad, en mieles de la Región de Aysén en base al Catastro del Bosque Nativo.

Factores Ambientales que Afectan a la Apicultura

El actual escenario de cambio climático genera un duro impacto en los ecosistemas y afecta a la viabilidad de los organismos vivos (Flores *et al.*, 2019). En esta coyuntura, la abeja melífera juega un papel crucial en la conservación del medio ambiente, ya que poliniza una miríada de especies de plantas silvestres y un gran número de cultivos que son vitales para los seres humanos (Potts *et al.*, 2010). Sin embargo, la abeja

melífera se está viendo afectada actualmente por graves amenazas como son el cambio climático (sequías, anomalías climáticas), los incendios forestales y el cambio de uso de los suelos (limpías de matorral, drenaje de humedales, parcelaciones de bosques, etc.). En el **Cuadro 2** se presentan algunos factores que inciden sobre la actividad apícola.

Cuadro 2. Factores ambientales que afectan a la apicultura.

Factor	Variable	Tipo y grado de afección para la apicultura
Humedad atmosférica (óptimo es 40%)	%HR alta >80%	El néctar es de peor calidad, por menor concentración de azúcares.
	%HR baja <40%	El desecamiento de las flores impide que la abeja libe.
Temperatura	T° de pecoreo: óptima 12 a 25 °C	Con T° > 25°C la evapotranspiración supera la cantidad de agua absorbida por las raíces y provoca cierre de los nectarios. Con T° < 12°C las plantas detienen sus funciones fisiológicas.
Viento	Intensidad Alto > 24 km/h	El viento intenso puede secar los nectarios rápidamente. (Hennessy <i>et al.</i> , 2020)
Luminosidad	Alta óptimo 500 – 600 nm	Mayor nivel de fotosíntesis, un aumento en la producción de azúcares.
Suelos	Fósforo y Potasio	Influencia del fósforo y del potasio en la síntesis de los azúcares.
Agua del suelo	% Humedad en el suelo	Influye en la cantidad de néctar producido. Si el agua es escasa, la planta la utilizará para su supervivencia.

(Fuente: elaboración propia)

Otros factores ambientales son positivos para las abejas, como la abundancia de agua fresca, alimentación y refugio que inciden en la presencia de animales de caza, avifauna-biodiversidad y actividades al aire libre. Por el contrario, la compactación del suelo y los pesticidas deben evitarse o mantenerse fuera del área de pecoreo.

- *Conducta de pecoreo*

Se dice normalmente que una obrera tarda 21 días en nacer, pasa 21 días en el interior de la colmena y luego como pecoreadora vive otros 21 días. El “pecoreo” o “forrajeo” es la actividad en la cual la abeja sale a recolectar polen, néctar, mielatos (secreción azucarada de algunos insectos) y agua.

La distancia de pecoreo varía entre algunos metros y varios kilómetros, en función de la riqueza del recurso, el gasto energético y el estado del tiempo (velocidad del viento, temperatura, etc.).

La caída de la floración puede ser una causa de inactividad de las abejas, aun en clima adecuado y con colmenas con excelente sanidad y una buena población de abejas. La colmena tarda aproximadamente cuarenta días en producir un cambio en las pecoreadoras, según la entrada de néctar que incentiva la postura de la reina. Sin embargo, las abejas poseen un margen para la respuesta: adelantan o retrasan la edad de las nodrizas que salen a pecorear.

- *Capacidad de atracción de la flora*

Las especies apícolas pueden variar en abundancia clasificándose en abundantes, comunes o raras. El uso que las abejas hacen de estas especies (fidelidad) puede variar desde uso ocasional, intermitente (unos años si y otros años no), hasta un uso constante todos los años.

Según el momento en que se produce la floración, el estado de evolución de la colmena y el recurso que aporta, la floración de las especies apícolas puede ser clasificada como muy oportuna, oportuna o indiferente.

Estructuras o actividades como drenajes, cercos, caminos, limpiezas influyen en la productividad apícola, pudiendo destruir recursos melíferos originales o reducir superficies cultivadas. Por su parte, las vías de acceso a fuentes de recursos apícolas, facilita la trashumancia y el traslado de la producción.

Los nectarios son los órganos que secretan néctar y se ubican en diversos lugares de la planta. Pueden ser florales (por ejemplo, en estambres, pétalos, sépalos, ovario), o extra florales (por ejemplo, en el peciolo). La producción de néctar varía por la influencia de los factores genéticos y climáticos y las condiciones del suelo.

Productos de la Apicultura

Es posible encontrar ocho productos apícolas diferentes; miel, cera, polen, jalea real, propóleos, núcleos, paquetes y reinas. De ellos, la miel es el producto de mayor importancia por el volumen y valor nutritivo. A continuación, se describen los tres de mayor nivel de producción.

- *Propóleo*

Se recolecta solamente en días calurosos; las abejas recolectoras de propóleos son poco numerosas en cada colonia y se mantienen fieles a esta tarea. El propóleo es un compuesto resinoso, procesado a partir de exudados vegetales mezclado con saliva de las abejas para evitar la contaminación bacteriana, sellar y proteger la colmena. La composición química del propóleo incluye aldehídos, ésteres, aminoácidos, flavononas, cetonas y glucósidos. El ácido cinámico, la crisina y el éster etílico son los componentes característicos del propóleo. Se han informado propiedades inhibitorias contra bacterias y el herpes genital, con resultados superiores al remedio comercial (Montenegro *et al.*, 2004).

- *Polen*

Es la única fuente de proteínas para la colmena. Posee vitaminas del complejo B, K y E, minerales (P, K, Mg, Ca, Na, Fe) y oligoelementos, siendo fundamental para alimentar a las crías. Al igual que el néctar, su composición química va a depender de la especie vegetal de la que provenga. Las proteínas varían del 4 al 40 %. Las reservas del grano de polen pueden estar constituidas por almidón o lípidos. Si tiene la posibilidad de elegir, la abeja opta por estos últimos (los lípidos); si no, utiliza el recurso que esté disponible. La recolección de uno u otro recurso depende de las necesidades de la colonia en cada momento de su evolución (por ejemplo, en época de mucha cría, la recolección de polen es intensa).

- *Miel*

Se define como "el producto alimenticio azucarado, íntegro (ni alterado ni adulterado) producido por las abejas melíferas a partir del néctar de las flores y de las secreciones procedentes de partes vivas de las plantas o que se encuentran sobre ellas, que las abejas liban, transforman y combinan con sustancias específicas propias y almacenan y dejan madurar en los panales de las colmenas".

Por su origen botánico, las mieles pueden proceder de un medio monofloral o multifloral. La mielada procede de secreciones producidas por las flores de las plantas o de los pulgones que se encuentran sobre ellas. Así se distinguen la miel de flores y la miel de mielato. Desde el punto de vista de la presentación y proceso de obtención, se habla de miel en panal, decantada o escurrida, centrifugada, prensada y cremosa. Si atendemos al destino de la miel, la misma puede ser para el consumo directo y para uso industrial (industria farmacéutica y pastelería). No obstante, las mieles tienen escasas diferencias cualitativas en su composición (azúcares, agua, vitaminas, nitrógeno, minerales, enzimas, ácidos orgánicos y sustancias aromáticas), existen diferentes mieles que tienen unas características diferenciadas debidas principalmente a su procedencia y elaboración y ello ha dado lugar a que surjan las denominaciones de origen (Quero, 2004).

CONCLUSIONES

La producción de miel en Chile, especialmente en la región de Aysén, es un importante sector pecuario que se podría exportar en su mayoría a la Unión Europea y Estados Unidos. Sin embargo, la apicultura en Aysén se encuentra en una etapa temprana de desarrollo, con un número reducido de apicultores y colmenas en comparación con otras regiones del país.

La actividad apícola se concentra en la ecorregión templada intermedia y en los microclimas de la Cuenca del Lago General Carrera, que abarcan una superficie aproximada de 500.000 hectáreas con praderas perennes y bosque nativo denso.

El conocimiento de la flora melífera es fundamental para el manejo adecuado de las colmenas, ya que proporciona el recurso alimenticio necesario para las abejas y su producción. La flora melífera debe ser abundante en un radio de 2 km alrededor del apiario, y se deben reconocer las especies y sus estados fenológicos para asegurar una abundancia de flores escalonada a lo largo de la temporada. La flora influye en la producción y características de los productos apícolas, y también establece pautas de manejo de las colmenas, como la alimentación suplementaria y el momento de la trashumancia.

Las especies vegetales melíferas se dividen en tres grupos: aquellas que proveen néctar, las que aportan polen y las que proporcionan ambos recursos. Además de néctar y polen, las plantas pueden ofrecer aceites esenciales, ceras, resinas y mielatos. El néctar varía en contenido de azúcares y también contiene aminoácidos, enzimas y minerales. El polen es una fuente importante de proteínas para la colmena y contiene vitaminas y minerales. La recolección de néctar y polen depende de las necesidades de la colonia en cada etapa de su desarrollo.

Si bien Aysén presenta condiciones favorables para el desarrollo apícola con certificación orgánica, por la ausencia de pesticidas y transgénicos, así como el apoyo estatal a los apicultores, todavía existen desafíos importantes; entre ellos se encuentran el desconocimiento sobre las características de las mieles de climas fríos, la falta de zonificación del territorio disponible para la apicultura, el adecuado manejo apícola, la genética, el manejo sanitario, el manejo agroecológico, las especies de flora melífera y la fenología de dichas especies.

También existe un desafío para caracterizar nutricional y organolépticamente las diferentes mieles en base a su origen floral y/o monofloral, así también pudiesen caracterizarse productos apícolas diversos a base de polen e incluso de mieles ricas en mielatos específicos con principios activos medicinales (si los hubiere).

REFERENCIAS

- ¹ Alvarado-Avila, L., Moguel-Ordoñez, Y., García-Figueroa, C., Ramírez-Ramírez, F. & Arechavaleta-Velasco, M. (2022). Presencia de alcaloides pirrolizidínicos en miel y los efectos de su consumo en humanos y abejas. Revisión. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 13(3): 787-802. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i3.6004>.
- ² Birtchnell, M.J. & Gibson, M. (2008). Flowering Ecology of Honey-Producing Flora in South-East Australia. RIRDC Publication No. 08/098.
- ³ Cabrera, M., Andrada, A. & Gallez, L. (2013). Floración de especies con potencial apícola en el bosque nativo Formoseño, Distrito Chaqueño Oriental (Argentina). Bol. Soc. Arg. de Botánica. 48(3-4): 477-491. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v48.n3-4.7554>
- ⁴ Chen, G. (2014). Inflorescence scent, color, and nectar properties of "butterfly bush" (*Buddleja davidii*) in its native range. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2014.02.003>
- ⁵ Crane, E. (1990). Bees and beekeeping: science, practice and world resources. Heinemann Newnes, Oxford.
- ⁶ Consorcio de Desarrollo Tecnológico Apícola. (2020). FIC - Desarrollo apícola regional: potencial melífero y su vinculación con el incremento productivo frutícola. 205 p. En: <https://corporacionlosrios.cl/index.php/proyectos->

regionales/924-fic-desarrollo-apicola-regional-potencial-melifero-y-su-vinculacion-con-el-incremento-productivo-fruticola

- ⁷ **Couve, V. (2012).** Análisis florístico y melisopalinológico de una pradera alto-andina de farellones, región Metropolitana. Memoria de título Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago. 46 p.
- ⁸ **Cynthia & Alan Riach, (2012).** Bee-friendly Gardening. En: <https://www.scottishbeekeepers.org.uk>.
- ⁹ **Díaz, C. (2003).** Determinación del origen floral y caracterización física y química de mieles de abeja (*Apis mellifera* L.) etiquetadas como miel de ulmo (*Eucryphia cordifolia* Cav.). Tesis Ingeniero Agrónomo Universidad Austral de Chile. Valdivia. 97 p.
- ¹⁰ **Escuredo, O., Seijo, M.C. & Fernández-González, M. (2011).** Descriptive analysis of Rubus honey from the north-west of Spain. International Journal of Food Science & Technology, N° 46. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02753.x>
- ¹¹ **Fagundez, G. (2011).** Estudio de los recursos nectaríferos utilizados por *Apis mellifera* L en diferentes ecosistemas del Departamento Diamante (Entre Ríos, Argentina). 311 p.
- ¹² **Fagundez, G.A., Reinoso, P.D. & Aceñolaza, P.G. (2016).** Caracterización y fenología de especies de interés apícola en el departamento Diamante (Entre Ríos, Argentina) apícola en el SISOS NE. Bol. Soc. Argentina. Bot., 51 (2): 243-267. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v51.n2.14837>
- ¹³ **Ferrari, C.A., Corrao, H.R. & Bessone, J.F. (2011).** La Apicultura Argentina y sus regiones. Una visión panorámica / Carlos Alberto.; coordinado por Ramiro Otero y Jorge A Collía. - 1a ed. - Buenos Aires: Consejo Federal de Inversiones, 2011. 200 p. In Apicultura. I. Ferrari, Carlos Alberto II. Otero, Ramiro, coord. III. Collía, Jorge A, coord.
- ¹⁴ **Forcone, A. & Kutschker, A. (2006).** Floración de las especies de interés apícola en el noreste del Chubut, Argentina. Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat., 8(2): 151-157. <https://doi.org/10.22179/REVMACN.8.314>
- ¹⁵ **Forcone, A. (2003).** Floración y utilización de la flora apícola en el valle interior del río Chubut (Patagonia Argentina). Bol. Soc. Argent. Bot., (3-4): 301-310.
- ¹⁶ **Forcone, A. & Muñoz, M. (2009).** Floración de las especies de interés apícola en el noroeste de Santa Cruz, Argentina. Bol. Soc. Argent. Bot., 44(3-4): 393-403.
- ¹⁷ **Forcone, A. & Tellería, M.C. (2000).** Caracterización palinológica de las mieles de la llanura del río Senguer. Darwiniana, 38(3-4): 267-271.
- ¹⁸ **Flores, J.M. Sergio Gil-Lebrero, Victoria Gámiz, María I. Rodríguez, Manuel A. Ortiz, Francisco J. Quiles. (2019).** Effect of the climate change on honey bee colonies in a temperate Mediterranean zone assessed through remote hive weight monitoring system in conjunction with exhaustive colonies assessment. Science of The Total Environment, Vol. 653. Pp: 1111-1119. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.004>
- ¹⁹ **Grimau, L., Gómez, M., Figueroa, R., Pizarro, N., Núñez, G & Montenegro, G. (2014).** The importance of weeds as melliferous flora in central Chile. Environmental and Ecology. Cien. Inv. Agr., 41(3): 387-394. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202014000300011>
- ²⁰ **GORE Los Ríos. (2014).** Diagnóstico “Plan Apícola Los Ríos” “Plan de Mejoramiento de la Productividad y Competitividad Apícola”. Consorcio de Desarrollo Tecnológico Apícola - API Los Ríos y Universidad Austral de Chile. 126 p.
- ²¹ **Hennessy, G., Harris, C., Eaton, C., Wright, P., Jackson, E., Goulson, D. & Ratnieks, F. (2020).** Gone with the wind: effects of wind on honey bee visit rate and foraging behaviour. Animal Behaviour, Vol. 161. Pp: 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2019.12.018>
- ²² **INFOR. (2018).** Especies forestales melíferas. Programa FNDR: Transferencia flora melífera para mejorar el negocio apícola del Biobío. Instituto Forestal. Concepción, Chile. 64 p.
- ²³ **Kazafy, A. Taha, Reda, A. Taha & Saad, N. AL-Kahtani. (2019).** Nectar and pollen sources for honeybees in Kafrelsheikh province of northern Egypt. Saudi Journal of Biological Sciences, 26(5): 890-896.

<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.12.010>

- ⁴⁷ Liolios, V., Tananaki, C., Dimou, M., Kanelis, D., Goras, G., Karazafiris, E. & Thrasylvoulou, A. (2015). Clasificación del polen de las plantas de abejas según su contribución proteica a las abejas melíferas, *Journal of Apicultural Research*, 54:5, 582-592. <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1173353>
- ²⁴ Loper, G.M. & Cohen, A.C. (1987). Amino Acid Content of Dandelion Pollen, a Honey Bee (*Hymenoptera: Apidae*) Nutritional Evaluation. *Journal of Economic Entomology*, 80(1): 14–17. <https://doi.org/10.1093/jee/80.1.14>
- ²⁵ Lovell, J. (1926). Honey plants of North America. The A. I. Root Company. 408 p. <https://www.honey-plants.com/library/honeyplantsofnorthamerica/>
- ²⁶ Martínez, E., Benavides, J. & Jurado – Gámez, H. (2015). Evaluación del proceso productivo apícola basado en la caracterización etológica de la abeja (*Apis mellifera*). *Veterinaria y Zootecnia* 9(1): 1-15. <https://doi.org/10.17151/vetzo.2015.9.1.4>
- ²⁷ Martínez, E., Benavides, J. & Jurado – Gámez, H. (2016). Identificación de flora y análisis nutricional de miel de abeja para la producción apícola. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 14(1): 37-44. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)37-44](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)37-44)
- ²⁸ Massaccesi, C.A. (2002). Apicultura en la Patagonia Andina. Lago Puelo. 63 p.
- ²⁹ Miranda, M., Razeto, C. & Herve, M. (2009). Estudio de estimación de recursos vegetacionales nativos de interés apícola de Chile. *Fundación Chile*. 124 p.
- ³⁰ Molina, M.P., Soto, H., Gutiérrez, B., González, J., Koch, L., Ipinza, R., Rojas, P. & Chung, P. (2016). Huertos melíferos con especies forestales nativas una alternativa para apoyar a la agricultura familiar campesina y mejorar el negocio apícola. *Ciencia e Investigación Forestal*, 22(3): 53-72. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2016.460>
- ³¹ Montenegro, G. (2016). Manual Apícola INDAP – UC. 115 p.
- ³² Montenegro, G., Mujica, A.M., Peña, R.C., Gómez, M., Serey, I. & Timmermann, B.N. (2004). Patrón de Similitud y Origen Botánico del Propóleo Chileno. *Phyton* (Buenos Aires), N° 73. Pp: 145-154. En: <http://ref.scielo.org/vvgtm9> (Consulta. Julio, 2023).
- ³³ Naab, O. & Tamame, M.A. (2007). Flora apícola primaveral en la Región del Monte de la Provincia de la Pampa (Argentina). *Bol. Soc. Arg. de Botánica*, 42 (3-4): 251-259.
- ³⁴ Navarrete, C., Muñoz-Olivera, G., Wells, G., Becerra, J., Alarcón, J. & Finot, V. (2016). Espectro polínico y análisis fisicoquímico de mieles de la Región del Biobío, Chile. *Gayana Bot.*, 73(2): 268-282. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432016000200268>
- ³⁵ Nappc & Pollinatot Partnership. (2020). Selecting Plants for Pollinators. A Regional Guide for Farmers, Land Managers, and Gardener in the Ecological Region of the Adirondack - New England Mixed Forest - Coniferous Forest Alpine Meadow Province Including the states of: Maine, New Hampshire, Vermont, New York, Massachusetts, Connecticut a nappc and Pollinator Partnership. Adirondack - New England Mixed Forest - Coniferous Forest - Alpine Meadow Province. 24 p.
- ³⁶ Ortiz Reyes, L.Y., Quiroz-García, D.L., Arreguin-Sánchez, M.L. & Fernández-Nava, R. (2022). Origen botánico y caracterización fisicoquímica de la miel de meliponinos (*Apidae: Meliponini*) de Teocelo, Veracruz, México. *Polibotánica* [online], N°54. Pp:153-170. <https://doi.org/10.18387/polibotánica.54.10>
- ³⁷ Peña, R.C. (2008). Propolis standardization: a chemical and biological review. *Cien. Inv. Agr.*, 35(1):17-26.
- ³⁸ Potts, S.G., Biesmeijer, J.C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O. & Kunin, W.E. (2010). Disminución de los polinizadores a nivel mundial: tendencias, impactos y factores impulsores. *Tendencias Ecol. Evol.*, N°25. Pp: 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- ³⁹ Quero, A. (2004). Las abejas y la apicultura. Universidad de Oviedo. 214 p.
- ⁴² Rasic, S., Stefanic, E. & Stefanic, I. (2009). Plants for Bees, *Journal of Apicultural Research*, 48:4, 298-299.

<https://doi.org/10.3896/IBRA.1.48.4.12>

- ⁴⁰ **Riveros, M. & Smith-Ramirez, C. (1995).** Patrones de floración y fructificación en bosques del sur de Chile. En: Ecología de los bosques nativos. Editorial Universitaria. Santiago. Pp: 235 – 248.
- ^{s/n} **SAG. (2024).** Boletín apícola N° 9. Mayo, 2024. SAG, División de Protección Pecuaria. 12 p.
- ⁴¹ **SAG-GORE-FUNDA. (2007).** Catastro de la producción apícola regional para diferenciación. Proyecto FNDR. Código BIP N° 30037267. Gobierno Regional de Aysén. Unidad Técnica: Ejecutor: Corporación FUNDESA.
- ⁴³ **Silva-Labbé, F. (2011).** Flora Apícola. In Flora agropecuaria de Aysén. Servicio Agrícola y Ganadero. 511 p.
- ⁴⁴ **Silva, L.M. & Restrepo, S. (2012).** Flora apícola: determinación de la oferta floral apícola como mecanismo para optimizar producción, diferenciar productos de la colmena y mejorar la competitividad. Bogotá, Instituto Humboldt. 28 p.
- ⁴⁵ **Silva, L.M. (2014).** Actualización del Estudio de las Ecorregiones de Aysén. Una aproximación sobre la base del Catastro del Bosque nativo y la Clasificación Climática de Köppen. 24 p.
- ⁴⁶ **Tamame, M.A. (2011).** Estudio de composición, disponibilidad y calidad de recursos apícolas del Noroeste de la Pampa, Provincia Fitogeográfica del Monte (República Argentina). Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo Universidad Nacional de la Plata. 137 p.
- ⁴⁸ **Velandia, M., Restrepo, S., Cubillos, P., Aponte, A. & Silva, L.M. (2012).** Catálogo fotográfico de especies de flora apícola en los departamentos de Cauca, Huila y Bolívar. Bogotá, Instituto Humboldt. 86 p.
- ⁴⁹ **Warzecha, D., Diekotter, T., Wolters, V. & Jauker, F. (2018).** Attractiveness of wildflower mixtures for wild bees and hoverflies depends on some key plant species. *Insect Conservation and Diversity* (2018) 11, 32–41. <https://doi.org/10.1111/icad.12264>

CIENCIA & INVESTIGACIÓN FORESTAL

