

# CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL



**INSTITUTO FORESTAL  
CHILE**





**VOLUMEN 26 N° 3**

**CIENCIA E  
INVESTIGACION  
FORESTAL**

**Diciembre 2020**

**INSTITUTO FORESTAL  
CHILE**



**CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL** es una revista científica, arbitrada, periódica y seriada del Instituto Forestal de Chile que es publicada en abril, agosto y diciembre de cada año.

Director	Fernando Raga	INFOR	Chile
Editor	Santiago Barros	INFOR - IUFRO	Chile
Consejo Editor	Santiago Barros	INFOR - IUFRO	Chile
	Braulio Gutiérrez	INFOR	Chile
	Juan Carlos Pinilla	INFOR - IUFRO	Chile
	Marlene González	INFOR - IUFRO	Chile
Comité Editor	Mónica Gabay	MAYDS - IUFRO	Argentina
	Leonardo Gallo	INTA	Argentina
	José Bava	CIEFAP	Argentina
	Heinrich Schmutzenhofer		Austria
	Marcos Drumond	EMBRAPA	Brasil
	Sebastiao Machado	UFPR	Brasil
	Sergio Donoso	UCH	Chile
	José Antonio Prado	CONAF	Chile
	Glenn Galloway	CATIE	Costa Rica
	Carla Cárdenas	MA - IUFRO	Ecuador
	Isabel Cañelas	INIA - IUFRO	España
	Ignacio Díaz Maroto	USC	España
	Markku Kanninen	CIFOR	Indonesia
	Concepción Luján	UACH	México
	Oscar Aguirre	UANL	México
	Margarida Tomé	UTL - IUFRO	Portugal
Zohra Bennadji	INIA - IUFRO	Uruguay	
Florencia Montagnini	UYALE - IUFRO	USA	
John Parrotta	USDAFS - IUFRO	USA	
Oswaldo Encinas	ULA - IUFRO	Venezuela	

**Dirección** Instituto Forestal  
 Sucre 2397 - Casilla 3085. Santiago. Chile  
 Fono 56 223667115  
 E-Mail [sbarros@infor.cl](mailto:sbarros@infor.cl)  
[www.infor.cl/index.php/revista-cifor](http://www.infor.cl/index.php/revista-cifor)

La Revista no se responsabiliza por los conceptos, afirmaciones u opiniones vertidas por los autores de las contribuciones publicadas, estas no reflejan necesariamente la posición de INFOR en las distintas materias.

Se autoriza la reproducción parcial del contenido de esta publicación siempre que se cite como fuente Ciencia e Investigación Forestal, INFOR, Chile



# TREINTA AÑOS DE MANEJO DE RENOVALES DE ROBLE UN ANÁLISIS DE SU RESPUESTA EN CRECIMIENTO Y ESTRUCTURA

Pilquinao, Bernardo<sup>1</sup>; Martin, Marjorie<sup>1</sup>; Müller-Using, Sabine<sup>1</sup>; Rojas, Yasna<sup>1</sup>;  
Villalobos, Enrique<sup>1</sup>; Guiñez, Rodrigo<sup>1</sup> y Barrientos, Marco<sup>1</sup>.

## RESUMEN

Los renovales de roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) del sur de Chile se distribuyen preferentemente en sitios de buena calidad y presentan en general buena accesibilidad. Muchos de estos renovales han sido intervenidos mediante programas de incentivos para el manejo sustentable, con el objetivo de incrementar el valor de estos. No obstante, se desconoce si finalmente este objetivo se cumplió, y si realmente existió alguna respuesta favorable a las intervenciones (raleos) que estos rodales han tenido en el transcurso de su rotación.

El presente estudio se orientó a evaluar estos aspectos, y para esto se planteó como objetivo caracterizar la composición, calidad y sanidad a los renovales de roble, que han sido sujetos a uno o más raleos comerciales, con énfasis en la participación de los árboles futuro y evaluar la relación entre la respuesta al raleo y la oportunidad de intervención de los rodales.

El estudio se desarrolló en veinte rodales ubicados entre las regiones de La Araucanía y Los Ríos, los cuales tuvieron la última intervención, al menos en los últimos 10 años, mediante un criterio comercial. Los rodales se distribuyeron aproximadamente entre los 39°07'53" y los 40°11'57" de Latitud Sur y los 72°51'46" y 72°00'37" de Longitud Oeste y a una altitud entre los 80 y 720 msnm.

En cada uno de los rodales se estableció un conglomerado compuesto por tres parcelas circulares de 500 m<sup>2</sup>. Se midieron las variables de estado de los árboles individuales (especie, DAP, altura total, altura comienzo de copa, diámetro de copas, estado sanitario, identificación de árboles futuro, entre otros). Se determinó el crecimiento de los rodales a través de la extracción de tarugos de diez individuos pertenecientes al estrato superior de cada rodal.

Los resultados determinaron que, en promedio, los rodales mantienen 160 árboles futuro. Según el diagrama de manejo de densidad para la especie, esta cantidad de árboles formarían la fase final de la rotación, cuando se considera una cosecha con 40-45 cm de diámetro. Las tasas máximas de crecimiento corriente (ICA) del presente estudio varió entre 0,82 a 1,06 cm/año. En tanto, el crecimiento promedio (IMA) para todos los rodales estuvo entre los 0,41 y 0,71 cm/año.

En general, los rodales muestreados respondieron a las intervenciones realizadas. Los crecimientos corrientes máximos se presentaron alrededor de los 12 años, en los distintos rodales medidos y los IMA máximos bordean los 20 años. Ello permite establecer este rango como el óptimo para realizar las primeras intervenciones en renovales de roble. Una intervención temprana, a pesar de no ser atractiva desde el punto de la extracción de volumen maderero e ingreso económico, sin duda determinará una mejor tasa de crecimiento futura del rodal.

**Palabras clave:** Renovales de roble, Raleos, Crecimiento, Manejo silvícola.

---

<sup>1</sup> Investigadores Instituto Forestal, Sede Los Ríos. Valdivia Chile. bpilquinao@infor.cl

## SUMMARY

Second growth forests of roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) in southern Chile are mainly distributed in good quality sites and generally have good accessibility. Many of these second growth forests have been intervened through incentive programs for sustainable management, with the aim of increasing the value of sustainable management. However, the results of these interventions are still unknown, and whether there was any favorable response to the interventions (thinning) that these stands have had in the course of their rotation.

The aim of this study was to assess these aspects. The main objective was to characterize the composition, quality and health condition of stands, with one or more commercial thinnings. Evaluating the participation of future trees and assessing the relationship between the thinning response and the opportunity for intervention.

The study included twenty stands located between the Regions of La Araucanía and Los Ríos, which had the last intervention, at least in the last 10 years, under a commercial criterion. The stands were distributed approximately between 39-07'53" and 40-11'57" South and 72-51'46" and 72-00'37" West and at an altitude between 80 and 720 masl. On each of the stands, a cluster composed of three nested circular plots of 500 m<sup>2</sup> was established. Individual tree state variables (species, DAP, total height, crown height, crown diameter, tree health status, future tree identification, among others) were measured. The growth of the stands was determined through the extraction of cores from ten individuals belonging to the upper stratum of each stand.

The results found that, on average, stands maintain 160 future or selected trees. According to the density management diagram for the species, this number of trees would form the final phase of rotation, when considered a harvest at 40-45 cm in diameter. The diameter maximum rates of current annual increment (CAI) of this study were between 0.82 and 1.06 cm/year. Meanwhile, average growth or mean annual increment (MAI) for all stands was between 0.41 and 0.71 cm/year. In general, the sampled stands did respond to the interventions. It was found that maximum current growths were around the age of 12, at different measured stands and, maximum MAI is around 20 years. This makes it possible to further establish this range as optimal for performing the first interventions in roble's second growth forests. Early intervention, despite not being attractive from the point of timber volume extraction and economic income, will certainly determine a better future growth rate of the stand.

**Keywords:** Roble, Second growth forest, Thinning, Growth, Forest management.



## INTRODUCCIÓN

La especie roble (*Nothofagus obliqua*) se caracteriza por la alta calidad de su madera en términos estructurales y visuales (Juacida *et al.*, 2000). A pesar de ello y de la gran superficie de 1,5 millones de hectáreas que cubren los bosques secundarios de esta especie (CONAF, 2017), en la actualidad solo ocupan un pequeño nicho en el mercado de la madera en Chile (INFOR, 2018). Los bosques de roble se distribuyen mayormente en sitios de buena calidad y presentan en general buena accesibilidad (Müller-Using *et al.*, 2012). Forman parte del Tipo Forestal Roble-Raulí-Coigüe, el cual se considera dentro de los bosques que son foco de las metas de manejo con fines madereros, propuestas por la Política Forestal, donde se espera que al año 2035, un millón de hectáreas de bosques nativos sean incorporadas al manejo forestal sustentable con fines de producción de bienes de alto valor.

En apoyo de este desafío, el Estado chileno cuenta con programas de incentivo al manejo de bosque nativo, como un instrumento para incrementar el valor de estos (Ley N° 20.283). Estos programas son la continuidad de un proyecto de cooperación internacional iniciado en el año 1998 (Decreto 1722), el cual implementó en Chile un programa de manejo de renovales a través de raleos, generalmente por lo alto y concentrado en la promoción de árboles futuro (FAO 2016). La mayoría de estos bosques que hoy se encuentran entre los 40 y 80 años de edad (Grosse y Quiróz, 1999), han sido intervenidos a través de estos programas de manejo sustentable.

Los datos de ensayos silvícolas son sin duda fundamento importante de cualquier política forestal, dado que entregan el potencial de crecimiento de los bosques y las técnicas como alcanzarlos. No obstante, existe la posibilidad de que, en un contexto de manejo comercial, se generen desviaciones de estas situaciones controladas y que el impacto de los programas de incentivo en la calidad de los bosques también sea distinto a lo esperado. Por ejemplo, parte importante de los bosques de segundo crecimiento no han sido intervenidos tempranamente a través de raleos o podas y presentan limitaciones de calidad (Gezan *et al.*, 2007) y, por su edad más avanzada, ya se encuentran fuera de su fase de crecimiento óptimo, que para roble se da en un rango de edad de 15 años (Grosse *et al.*, 2007).

Para aportar antecedentes a esta hipótesis, el presente estudio evalúa como han reaccionado los rodales de propietarios privados, los cuales han sido intervenidos al menos en los últimos 10 años, en un contexto de manejo comercial de bosque en la región de Los Ríos y el sur de la región de la Araucanía.

## OBJETIVO

El objetivo principal es caracterizar la composición, calidad y sanidad a los renovales de roble, que han sido sujetos a uno o más raleos comerciales, con énfasis en la participación de los árboles futuro y evaluar la relación entre la respuesta al raleo y la oportunidad de intervención de los rodales.

## MÉTODODOLOGÍA

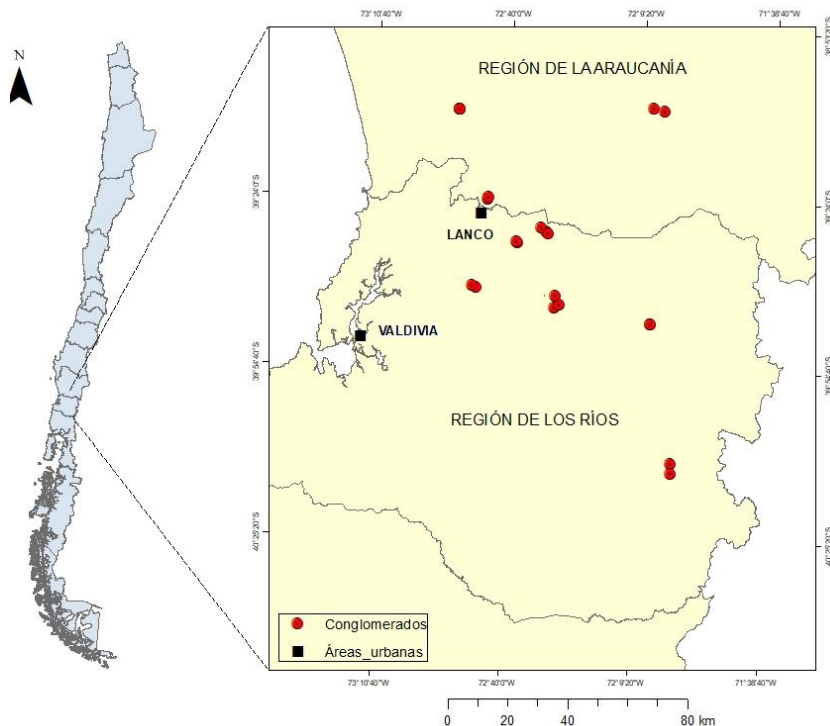
### Área de estudio

El área de estudio se encuentra localizada en la Depresión Intermedia y Precordillera de los Andes de la región de Los Ríos y el sur de la región de La Araucanía (Provincia de Cautín), aproximadamente entre los 39°07'53" y los 40°11'57" de Latitud Sur y los 72°51'46" y 72°00'37" de

Longitud Oeste y a una altitud entre los 80 y 720 msnm. El área presenta un clima templado lluvioso (Veblen *et al.*, 1981), caracterizado por temperaturas moderadas y altas precipitaciones anuales que oscilan entre los 1.500 y 3.000 mm. Los suelos se caracterizan por su origen de cenizas volcánicas recientes, comúnmente llamados trumaos, caracterizados por ser profundos y de buen drenaje (Peralta, 1976). Todas estas características determinan una zona de buen crecimiento para roble (Donoso *et al.*, 1993).

### Selección y Medición de Unidades de Muestreo

En base a la información proporcionada por propietarios y administradores de bosque nativo, se seleccionaron 20 rodales dominados por roble (Figura N° 1). Estos rodales debían presentar una estructura de renoval y haber sido intervenidos mediante raleos entre 5 y 10 años atrás.



**Figura N° 1**  
**MAPA DE UBICACIÓN DE LOS RODALES**

En cada uno de los rodales se estableció un conglomerado compuesto por tres parcelas circulares de 500 m<sup>2</sup> cada una y distribuidas de acuerdo al procedimiento descrito por Martín *et al.*,

(2009). Las variables más importantes registradas fueron especie, DAP, altura total, altura comienzo de copa, diámetro de copas y estado sanitario. Además, en cada parcela se identificaron los árboles futuro, de acuerdo a las características de sanidad y forma, espaciamiento homogéneo, área de copa y cantidad de trozas madereras a obtener.

El estado sanitario de los individuos muestreados en los rodales, se evaluó a través de tres categorías:

- *Sano*: Sin daño o enfermedad aparente.
- *Enfermo*: El árbol tiene síntomas asociados a problemas prolongados en el tiempo, como ataque de insectos, bacterias u hongos.
- *Dañado*: Tiene una connotación temporal más corta que la enfermedad. Ejemplo: ápices quemados a causa de las heladas, árboles quebrados por el efecto del viento, tallos comidos por roedores, otros.

El crecimiento de los árboles está relacionado con el tamaño de las copas. Una forma de evaluar esto es a través de la clase de copa según su posición sociológica en el rodal. Es por ello que se analizó la frecuencia de las clases de copa según la metodología del Inventario Forestal Nacional (Martin *et al.*, 2009) en cada uno de los rodales. Así, se tienen las siguientes clases de copa.

- *Dominantes*: Árboles cuyas copas se desarrollan por sobre el nivel general de las copas de los demás árboles del rodal y reciben luz del sol completa desde arriba y parcialmente desde los lados.
- *Codominantes*: Árboles cuyas copas se encuentran al nivel general de las copas del dosel. Las copas reciben luz completa desde arriba, pero escasa luz penetra desde los costados.
- *Intermedios*: Estos son árboles más bajos en altura que los dominantes y codominantes. Reciben poca luz directa desde arriba y nada desde sus costados.
- *Suprimidos*: Las copas de estos árboles se encuentran completamente bajo el nivel general del dosel y no reciben luz directa desde ninguna dirección.

La información dasométrica fue incorporada a una base de datos (SQL SERVER 2014), a partir de la cual se obtuvieron los principales parámetros de rodal como número de árboles por hectárea (árboles/ha), área basal ( $m^2/ha$ ), volumen ( $m^3ssc/ha$ ), diámetro medio cuadrático (DMC en cm) y altura media (m).

Los individuos muestreados se clasificaron también respecto a la forma que presenta el fuste, la cual depende de factores como la especie, el sitio, el manejo realizado y la densidad del rodal. De este modo se tienen las siguientes categorías: recto, bifurcado, inclinado, curvado, torcido y multifustal.

Respecto de los árboles futuro, estos tienen que reunir las siguientes características: recto, sano, buena calidad, con potencial maderero y pertenecer al dosel superior.

## Evaluación del Crecimiento

Para el análisis del crecimiento, se tomó una muestra a 10 árboles de roble por rodal. Los árboles seleccionados debían presentar características de árbol futuro (en el caso de no contar con suficientes muestras con estas características, se seleccionaron algunos individuos del dosel intermedio). De cada árbol se extrajeron dos tarugos a la altura del DAP, en direcciones norte-sur y este-oeste y fueron montados usando técnicas estándar para su pulido y medición con el fin de determinar el incremento anual y la edad.

Se asignó el año a cada ancho del anillo y se determinó la edad de cada individuo muestreado, considerando el año 2018 como último anillo completo. En total se procesaron tarugos provenientes de 194 árboles, descartándose aquellos individuos a los que, por problemas de daño del tarugo, no se pudieron medir.

Dado que no se conoce todo el historial de manejo de los rodales, se recurrió a métodos utilizados en estudios de la dinámica forestal y disturbios (Abrams *et al.*, 2001; Black and Abrams, 2003; Lorimer and Frelich, 1989; Trotsiuk *et al.*, 2018), a fin de reconstruir intervenciones pasadas.

Los posibles disturbios a nivel de dosel se analizaron mediante el método propuesto por Nowacki and Abrams (1997) y utilizando el criterio del crecimiento radial promedio. Esta técnica utiliza como medio de evaluación el cambio relativo del crecimiento en radio observado antes y después de un determinado año. Para el análisis de las respuestas temporales se tomó como referencia un promedio móvil del crecimiento de 5 años antes de las intervenciones y 5 años posterior a las intervenciones. Para ello se utilizó la siguiente expresión:

$$GC = [(M2-M1)/M1]$$

Donde:

GC: Tasa de cambio en el crecimiento

M1: Crecimiento medio de los cinco años precedentes

M2: Crecimiento medio de los cinco subsiguientes

Un umbral mínimo de liberación se considera moderado con un 25% (tasa de 0,25) de cambio en el crecimiento y una liberación mayor para un valor sobre >50% (tasa de 0,5) del cambio en crecimiento. Para considerar que un cierto rodal fue sometido a algún tipo de raleo, se asumió que al menos 3 de los diez árboles (o 2 en caso de los seis) aumentarían sus tasas en los mismos años.

Este método tiene como ventaja que es de amplia aplicación, aún en muestras pequeñas y no requiere información de la autoecología de la especie. Tiene la desventaja de que puede identificar falsas liberaciones o no identificar las correctas (Black and Abrams, 2003; Fraver and White, 2005). No obstante, y dado que en este trabajo se representan mayoritariamente árboles dominantes, se considera que la muestra evita estas falsas liberaciones.

Para el análisis se utilizó el programa estadístico R, específicamente el paquete TRADER (Altman *et al.*, 2014). Además, a partir de los anchos de anillos se calcularon los incrementos medios e incrementos corrientes anuales en diámetro de los árboles dominantes de los rodales. El incremento anual corriente (ICA) corresponde al crecimiento de un individuo en el periodo de un año y el incremento medio anual (IMA) corresponde al valor del DAP alcanzado hasta una edad determinada dividido por esa edad.

La edad de culminación biológica del crecimiento se produce en el punto en que se cruzan las curvas del ICA y del IMA (Drake *et al.*, 2003) y para la producción de trozas es el momento de máximo crecimiento. Cuando se opta por productos de mayor valor, los raleos se debiesen efectuar en la fase de crecimiento juvenil (Assmann, 1970), que es más cercano al descenso de la curva del ICA, así lo más importante es el crecimiento del árbol individual y no necesariamente la producción de la masa (Lavery, 1986).

## RESULTADOS

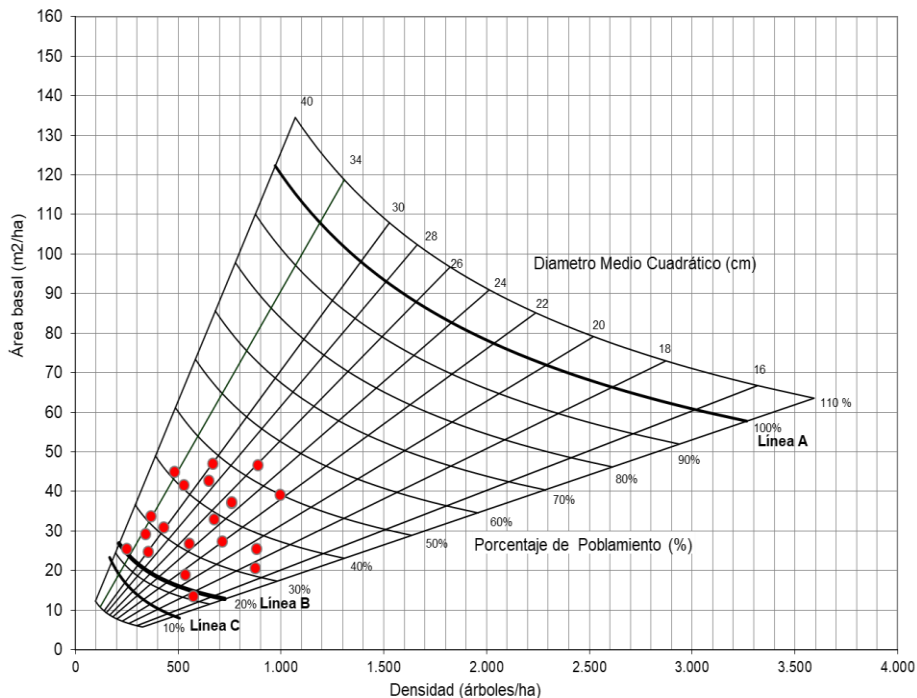
### Características de los Rodales

En el Cuadro N° 1 se muestra la caracterización de los rodales muestreados. El rango de edad media de los rodales abarca entre 34 y 71 años, encontrándose un 70 % de rodales sobre los 60 años. De acuerdo a los valores de DMC, el 40% de los rodales muestreados se encuentran en un estado de desarrollo de fustal joven, el 45% corresponden a latizal alto y el 15% a latizal bajo (CONAF, 2018). El rango volumétrico de los rodales es altamente variable, abarcando entre los 150 y 700 m<sup>3</sup>ssc/ha. Según estos datos el IMA calculado se encuentra entre 4,8 y 9,9 m<sup>3</sup>/ha/año, solo dos rodales salen de este rango con valores menores de 2,3 y 2,8 m<sup>3</sup>/ha/año.

**Cuadro N° 1**  
**PARÁMETROS DE RODAL DE LOS RODALES MUESTREADOS**

Rodal	Comuna	AB (m <sup>2</sup> /ha)	Densidad (arb/ha)	Volumen (m <sup>3</sup> ssc/ha)	DMC (cm)	Edad (años)	IMA volumen (m <sup>3</sup> /ha/año)
Alaska 1	Máfil	30,9	427	404,6	30,4	60	6,7
Alaska 2	Máfil	19,1	533	185,3	21,4	66	2,8
Arquihue 1	Futrono	39,2	993	372,3	22,5	63	5,9
Arquihue 2	Futrono	37,4	760	461,8	25,1	68	6,8
Curirruca 1	Lanco	37,2	760	378,5	25,1	70	5,4
Curirruca 2	Lanco	46,7	887	543,7	27,5	71	7,7
Curirruca 3	Lanco	13,5	573	159,5	17,2	69	2,3
Don Cristóbal	Villarrica	45,0	480	644,7	34,8	68	9,5
El Dorado	Villarrica	41,7	527	454,1	32,2	70	6,5
Miraflores1	Lanco	20,7	873	193,2	17,4	34	5,7
Miraflores2	Lanco	25,6	880	308,6	19,3	50	6,2
Nueva Etruria 1	Pitrufulquen	29,2	340	322,7	33,3	67	4,8
Nueva Etruria 2	Pitrufulquen	25,6	247	358,8	36,6	65	5,5
Porvenir 1	Loncoche	26,9	553	243,8	25,8	51	4,8
Porvenir 2	Loncoche	33,1	673	359,0	25,4	42	8,5
Puñir 1	Panguipulli	27,5	713	317,8	23,0	42	7,6
Puñir 2	Panguipulli	24,7	353	301,8	30,4	46	6,6
Santa Olga	Panguipulli	42,8	647	491,0	29,2	63	7,8
Trafun 1	Panguipulli	47,0	667	702,6	31,1	71	9,9
Trafun 2	Panguipulli	33,8	367	465,0	35,1	65	7,2

Al incorporar los parámetros de rodal al Diagrama de Manejo de Densidad desarrollado por INFOR (Müller-Using *et al.*, 2012), se observa que más del 90% de los rodales se encuentran ubicados sobre la línea de cierre de copas (Línea B), y bajo los 55% de densidad relativa (Figura N° 2).



**Figura N° 2**  
**DENSIDAD RELATIVA DE LOS RODALES DE ROBLE**

En el diagrama de densidad se visualizan los distintos estados de desarrollo de los rodales muestreados. Si esto expresa también el estado de desarrollo de los robles, o es resultado de una estructura irregular por la mezcla con especies siempreverdes, se puede observar en el Cuadro N° 2. Aquí se clasificaron los rodales en dos grupos de acuerdo a su DMC y respectivo estado de desarrollo según CONAF (2018). Así, 12 rodales se encuentran en estado de latizal bajo y alto, y 8 rodales en estado de fustal joven.

Respecto a la participación de la especie roble, se registraron cuatro rodales que estaban clasificados como latizal al incluir las especies acompañantes. No obstante, al considerar solo los robles, estos rodales cambian a un estado de desarrollo de fustal. Considerando exclusivamente a los robles y su incremento medio en DAP, se registran diferencias importantes en el incremento medio entre latizales y fustales.

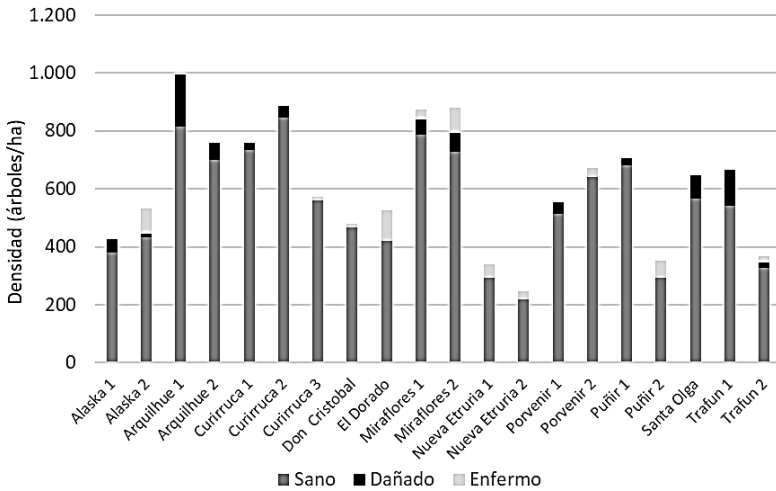
Los parámetros que permiten aumentar el valor maderero de un rodal y que se pretende mejorar a través de raleos, son principalmente la sanidad, la forma, el crecimiento de los árboles futuro y la regulación de la mezcla (Grosse y Villalobos 2009), la cual en este caso es lograr o mantener una participación alta de roble.

Lo anterior hace pensar que, para efectos de la planificación silvícola, los parámetros de rodal y principalmente el DMC debiera estar enfocado solo en los robles como especie principal, sin considerar las especies acompañantes, debido a que por ser de menor diámetro tienden a reducir los valores de DMC.

**Cuadro N° 2**  
**VALORES DE DMC DE ROBLE VERSUS DMC DE OTRAS ESPECIES**

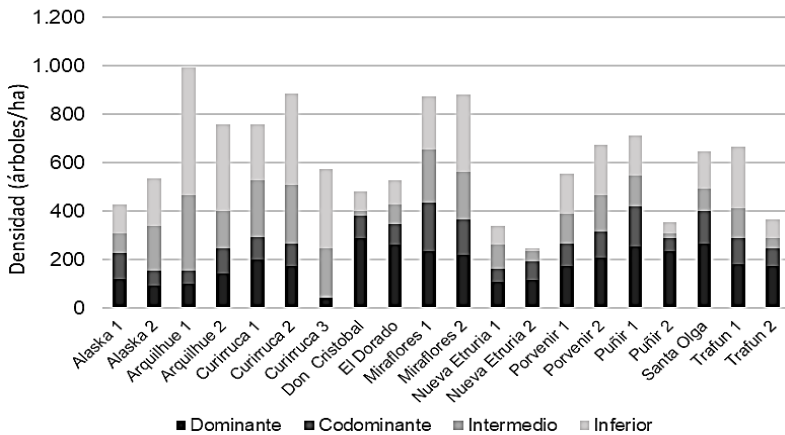
Estado de desarrollo	Rodal	DMC rodal (cm)	DMC robles (cm)	DAP Medio robles (cm)	IMA DAP (cm/año)
Latizal	Miraflores 1	17,4	17,8	16,6	0,5
	Curirruca 1	25,1	32,9	32,7	0,5
	Curirruca 2	27,5	37,1	25,9	0,4
	Arquihue 1	22,5	28,2	29,0	0,6
	Arquihue 2	25,1	28,8	23,9	0,6
	Porvenir 1	25,8	29,3	19,6	0,3
	Puñir 1	23,0	24,2	19,1	0,4
	Alaska 2	21,4	22,2	15,2	0,2
	Miraflores 2	19,3	21,0	35,8	0,6
	Curirruca 3	17,2	18,2	36,9	0,5
	Porvenir 2	25,4	31,3	30,8	0,4
	Santa Olga	29,2	31,5	29,8	0,5
Fustal	Alaska 1	30,4	35,8	37,3	0,5
	Trafún 1	31,1	37,7	34,3	0,5
	Trafun 2	35,1	35,0	35,7	0,5
	El Dorado	32,2	35,5	36,6	0,5
	Don Cristobal	34,8	37,7	30,9	0,7
	Puñir 2	30,4	30,7	30,2	0,7
	Nueva Etruria 1	33,3	39,7	38,4	0,6
	Nueva Etruria 2	36,6	38,1	37,3	0,6

Respecto de su sanidad, los rodales mantienen un porcentaje superior al 80% de los individuos sin problemas sanitarios. Del total de rodales muestreados, 8 no tienen problemas sanitarios y los 12 rodales restantes tienen un porcentaje menor al 20% de individuos enfermos (Figura N° 3).



**Figura N° 3**  
**ESTADO SANITARIO DE LOS RODALES MUESTREADOS**

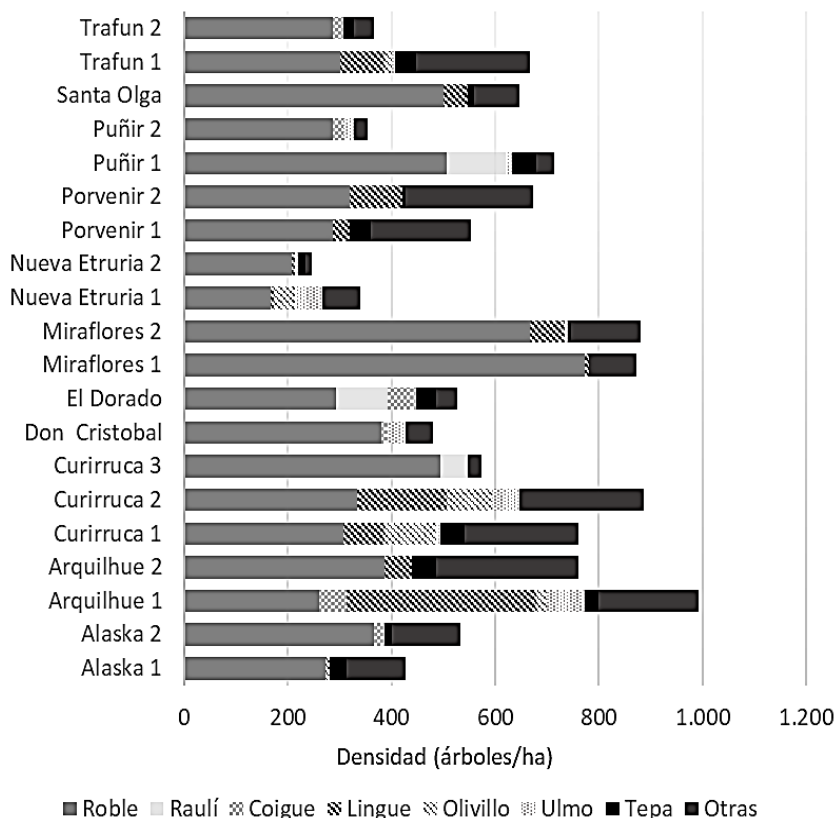
Un 10% de los rodales muestreados (2 rodales) registraron más de un 50% de participación de individuos dominantes. En tanto, el 50% de los rodales (10 rodales) registraron solo un 30% de participación de los individuos dominantes en el rodal. (Figura N° 4). En general, en la mayoría de los rodales se observa una estructura estratificada que da cuenta de la evolución de la sucesión natural de los rodales y los efectos de los raleos.



**Figura N° 4**  
**CLASE DE COPA DE LOS INDIVIDUOS MUESTREADOS**



En la mayoría de los rodales, roble es la especie principal, pero todos los rodales tienen participación de otras especies. Como ya se mostró en el Cuadro N° 2, las especies secundarias en algunos casos se encuentran en un estrato inferior. Esto es reforzado por el hecho de que en promedio el 90% de las clases de copa dominante y codominante corresponden a individuos de roble (Figura N° 5).

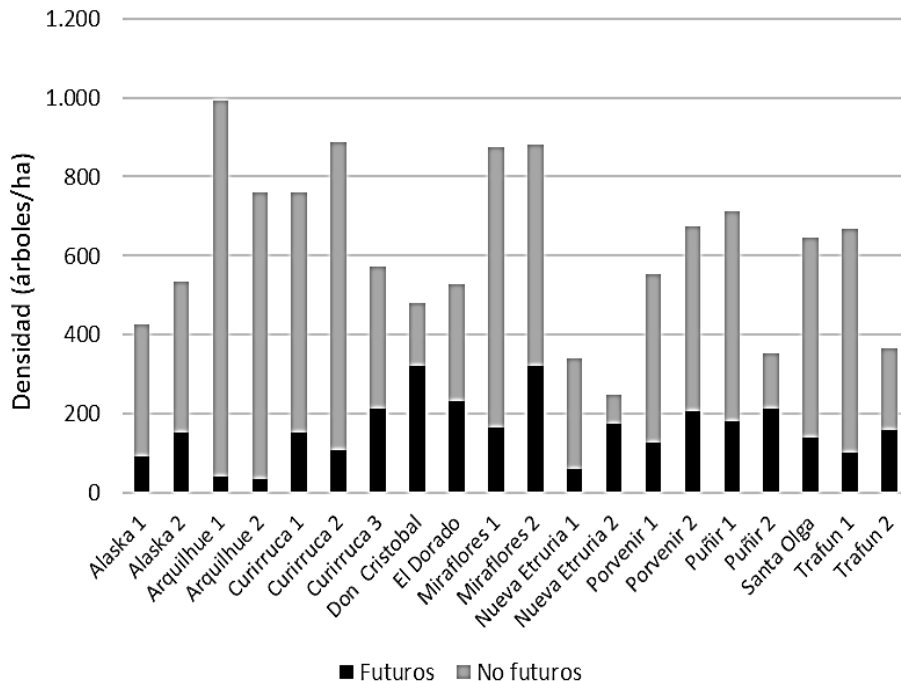


**Figura N° 5**  
**COMPOSICIÓN DE ESPECIES DE LOS RODALES DE ROBLE MUESTREADOS**

La calidad del rodal y su futuro valor se puede representar en la cantidad de árboles que cumplieron los requisitos de un árbol futuro. La cantidad de árboles futuro fue bastante variable para cada rodal (Figura N° 6). Así, tres rodales presentaron más del 60% de los individuos con características de árboles futuro, lo cual refleja el efecto positivo de los raleos y el buen manejo silvícola. En tanto, el 60% de los rodales (12 rodales) registraron una participación inferior al 30% de los individuos con características de árbol futuro.

Cabe destacar, que dos rodales registraron un importante número de árboles futuro, con más de 300 árboles/ha, lo cual fue muy superior al promedio registrado por los otros rodales correspondiente a 142 árboles/ha.

No obstante, esto último, da cuenta de un porcentaje importante del 70% de los rodales que mantienen menos de 200 árboles futuro a nivel de hectárea. En este sentido, el manejo silvícola de los rodales muestreados está orientado a la liberación de estos árboles futuro, con el fin de concentrar en ellos el crecimiento y el volumen de madera aserrable al final de la rotación.



**Figura N° 6**  
**ÁRBOLES FUTURO O CON POTENCIAL MADERERO**

Para definir la cantidad de árboles futuro necesarios para llegar a la cosecha con una ocupación de sitio completa, con árboles de buena calidad y maximizar así la producción de madera de valor, se puede usar el Diagrama de Manejo de Densidad de roble (Müller-Using *et al.*, 2012).

Dado que el diámetro que se espera alcanzar en los rodales estudiados es de 40-45 cm, el número de árboles requeridos según esta herramienta es de alrededor de 200 individuos por hectárea. Este número disminuiría al aumentar el diámetro meta, asunto que amerita un análisis económico que trasciende esta publicación.

En el Cuadro N° 3 se muestra en qué medida aportan los árboles futuro a los principales parámetros del rodal separados en estructura de latizales y fustales.

**Cuadro N° 3  
PARÁMETROS DASOMÉTRICOS DE RODAL DE LOS ARBOLES FUTURO**

Estado Desarrollo	Rodal	DAP medio (cm)	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	Área basal (%)	Densidad (arb/ha)	DMC (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	Volumen del total (%)	IMA DAP (cm/año)	IMA volumen (m <sup>3</sup> /ha/año)
Latizal	Miraflores 1	23,8	7,8	38%	167	24,1	80,2	42	0,7	2,4
	Curirruca 1	38,6	18,2	49%	153	39,1	222,4	59	0,6	3,2
	Curirruca 2	46,7	18,8	40%	107	47,5	266,1	49	0,7	3,7
	Arquihue 1	45,9	7,3	19%	40	46,2	100,7	27	0,7	1,6
	Arquihue 2	39,5	12,8	34%	100	40,4	192,7	42	0,6	2,8
	Porvenir 1	34,8	11,7	43%	127	35,1	130,9	54	0,7	2,6
	Puñir 1	29,2	12,0	44%	180	29,5	143,7	45	0,7	3,4
	Curirruca 3	19,3	9,0	67%	213	23,1	126,8	79	0,3	1,8
	Alaska 2	24,7	8,1	42%	153	25,8	81,2	44	0,4	1,2
	Miraflores 2	24,8	16,4	64%	320	25,3	219,6	71	0,5	4,4
Porvenir 2	31,9	17,2	52%	207	32,6	220,6	61	0,8	5,3	
Fustal	Alaska 1	34,9	14,3	46%	140	35,4	197,0	49	0,6	3,3
	Trafún 1	41,8	13,9	30%	100	42,5	265,3	38	0,6	3,7
	Trafun 2	39,0	18,4	54%	160	39,8	279,3	60	0,6	4,3
	El Dorado	36,3	23,9	57%	233	36,9	280,4	62	0,5	4,0
	Don Cristobal	37,1	36,7	82%	320	38,1	554,5	86	0,5	8,2
	Puñir 2	31,5	17,2	70%	213	32,0	219,6	73	0,7	4,8
	Santa Olga	37,0	15,2	36%	140	37,9	193,4	39	0,6	3,1
	Nueva Etruria 1	43,0	13,0	45%	90	43,2	182,5	57	0,6	2,7
	Nueva Etruria 2	38,6	21,0	82%	173	39,3	313,3	87	0,6	4,8

El cuadro anterior muestra que el aporte de los árboles futuro al área basal y al volumen del rodal, oscila alrededor del 50%, siendo menor en los latizales que en los fustales. En los rodales con menos de 100 árboles futuro, estos en ningún caso sobrepasan una participación en el área basal y volumen que supere el 50%, encontrándose algunos muy por debajo.

### Análisis de Crecimiento

El 70% de los árboles muestreados para análisis de crecimiento, mantenía un diámetro entre 25 y 45 cm. El 87% correspondió a árboles del dosel dominante, 10 % a codominantes y un 3 % al dosel intermedio.

A su vez y de acuerdo a la clasificación visual de forma del fuste, el 79% presentó forma recta, 10% torcidos, 6% curvados y el resto inclinados o bifurcados. Predominó una copa simétrica y solo un 30% de los casos correspondió a copas asimétricas.

Finalmente, un 70% de la muestra correspondió a lo calificado como árbol futuro.

Los rodales presentaron una edad promedio de 53 años. El crecimiento promedio (IMA) para todos los rodales estuvo entre los 0,41 y 0,71 cm/año, no registrándose una relación entre la edad y el crecimiento anual (Cuadro N° 4).

**Cuadro N° 4**  
**PARÁMETROS DE DAP, EDAD Y CRECIMIENTO DE LOS INDIVIDUOS DE ROBLE MUESTREADOS**

Rodal	Rango DAP (cm)	DAP Medio (cm)	Rango Edad (años)	Promedio Edad (años)	Rango IMA (cm)	IMA Medio (cm/año)
Alaska 1	29,9 - 49,5	36,2	53 - 64	60	0,31 - 0,74	0,54
Trafun 1	34,3 - 60,5	48,5	62 - 75	71	0,44 - 0,69	0,60
Miraflores 1	19 - 31,3	22,2	29 - 38	34	0,45 - 0,78	0,58
Curirruca 1	32,8 - 51,8	41,0	55 - 74	70	0,42 - 0,84	0,57
Curirruca 2	35,1 - 70,9	50,2	49 - 75	71	0,43 - 0,85	0,63
Arquihue 1	31,7 - 66,1	45,9	37 - 67	63	0,40 - 0,92	0,71
Arquihue 2	29 - 49,3	37,3	35 - 72	68	0,36 - 0,93	0,66
Porvenir 1	24,2 - 35,3	30,1	47 - 55	51	0,37 - 0,62	0,51
Puñir 1	25,8 - 37,5	30,7	37 - 46	42	0,49 - 0,74	0,60
Alaska 2	19,5 - 40	29,8	23 - 70	66	0,39 - 0,68	0,56
Trafun 2	32,2 - 52,4	38,9	50 - 69	65	0,48 - 0,68	0,54
Miraflores 2	23,7 - 33,5	29,0	45 - 54	50	0,38 - 0,60	0,49
Curirruca 3	37,8 - 52,7	45,0	66 - 73	69	0,45 - 0,68	0,58
El Dorado	23 - 40,7	30,2	64 - 74	70	0,29 - 0,62	0,41
Don Cristobal	21,8 - 45,1	34,9	57- 72	68	0,33 - 0,58	0,47
Porvenir 2	30,7 - 39,9	34,1	38 - 46	42	0,44 - 0,86	0,65
Puñir 2	19,3 - 35,9	28,1	36 - 50	46	0,54 - 0,85	0,65
Santa Olga	24,2 - 52,2	38,4	49 - 67	63	0,31 - 0,80	0,53
Nueva Etruria 1	16,4 - 51,2	34,6	49 - 71	67	0,30 - 0,70	0,48
Nueva Etruria 2	22,2 - 50,9	37,8	58 - 69	65	0,33 - 0,65	0,51

### Respuesta a Intervenciones

De acuerdo a los resultados obtenidos, todos los rodales presentaron árboles que superaron el 25% en su tasa de cambio en el crecimiento (GC). Al menos diez rodales tenían entre 5 o 6 árboles en el mismo período que superaron el 25% de GC, lo cual indica que efectivamente a

nivel de rodal hubo una respuesta favorable al raleo. Las tasas de cambio que superaron el 50% fueron muy poco frecuentes y no hubo casos en que más de un árbol la presentara en un mismo período. Usando este método se detectaron en la mayoría de los casos entre 2 y 3 intervenciones durante el periodo de crecimiento.

Al analizar los resultados a nivel de rodales, se determinó que las primeras intervenciones se realizaron entre los 15 y 46 años de edad, registrándose tasas de crecimiento radial promedio (GC) que variaron entre los 0,27 y 1,48. A nivel de crecimiento en DAP esto se traduce en incrementos de entre 0,22 y 0,59 cm (Cuadro N° 5).

Los análisis muestran que el 45% de los rodales fueron intervenidos después de los 30 años de edad, mientras que solo el 15% de los rodales fueron intervenidos a temprana edad (antes de 20 años)

**Cuadro N° 5**  
**VALORES AGREGADOS DE CRECIMIENTO Y PROBABILIDAD DE INTERVENCIÓN A NIVEL DE RODALES**

Rodal	Primera Intervención			Segunda Intervención			Tercera Intervención			Cuarta Intervención		
	GC	Edad (años)	Crec. DAP (cm)	GC	Edad (años)	Crec. DAP (cm)	GC	Edad (años)	Crec. DAP (cm)	GC	Edad (años)	Crec. DAP (cm)
Alaska 1	0,50	37	0,29	0,81	44	0,19	0,57	48	0,16			
Trafun 1	1,48	20	0,58	0,65	23	0,73	0,33	50	0,60	0,50	57,00	0,35
Miraflores 1	0,46	15	0,46	0,40	24	0,39						
Curirruca 1	0,68	40	0,42									
Curirruca 2	0,43	46	0,40	0,44	59	0,39						
Arquihue 1	1,41	30	0,48									
Arquihue 2	0,44	36	0,49									
Porvenir 1	0,71	18	0,41	0,51	28	0,43	0,73	43	0,31			
Puñir 1	0,55	29	0,46	0,38	21	0,52						
Alaska 2	1,19	27	0,40	0,39	35	0,58	0,41	43	0,48			
Trafun 2	0,39	38	0,59	0,53	50	0,32						
Miraflores 2	0,35	26	0,39									
Curirruca 3	1,04	46	0,34	0,36	36	0,31	0,46	61	0,40			
El Dorado	0,27	36	0,33	0,59	56	0,24						
Don Cristobal	0,47	30	0,39	0,45	45	0,33	0,42	55	0,30			
Porvenir 2	0,50	17	0,59	0,32	32	0,51						
Puñir2	0,39	28	0,40	0,49	32	0,36						
Santa Olga	0,33	23	0,38	0,34	29	0,48	0,34	46	0,23			
Nueva Etruria 1	1,21	28	0,22	1,44	31	0,28	0,37	52	0,33			
Nueva Etruria 2	0,34	20	0,55	0,34	35	0,42	0,46	53	0,35	0,51	56,00	0,36

GC: Tasa del cambio en crecimiento radial

Edad: Edad estimada al momento de la intervención

Crec. DAP(cm): Crecimiento en DAP a la edad de la intervención

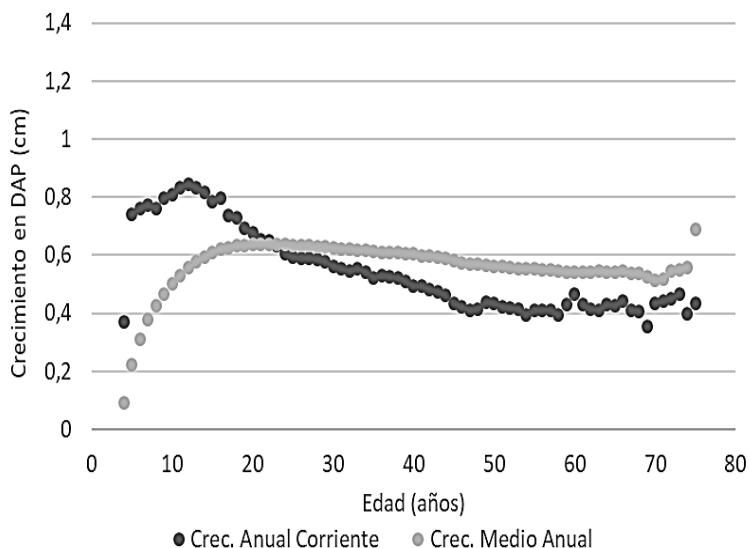
Una segunda intervención se realizó a 16 rodales, los cuales tenían edades que variaron entre 21 y 59 años. Las tasas de crecimiento radial de los rodales estuvieron entre los 0,32 y 1,44, y los crecimientos en DAP producto de esta segunda intervención, varió entre 0,19 cm y 0,73 cm.

Solo 9 rodales fueron intervenidos en una tercera oportunidad y esto sucedió entre los 43 y 61 años de edad. Las tasas de crecimiento radial promedio variaron entre los 0,33 y 0,73, mientras que el crecimiento en DAP estuvo en el orden de los 0,16 y 0,6 cm.

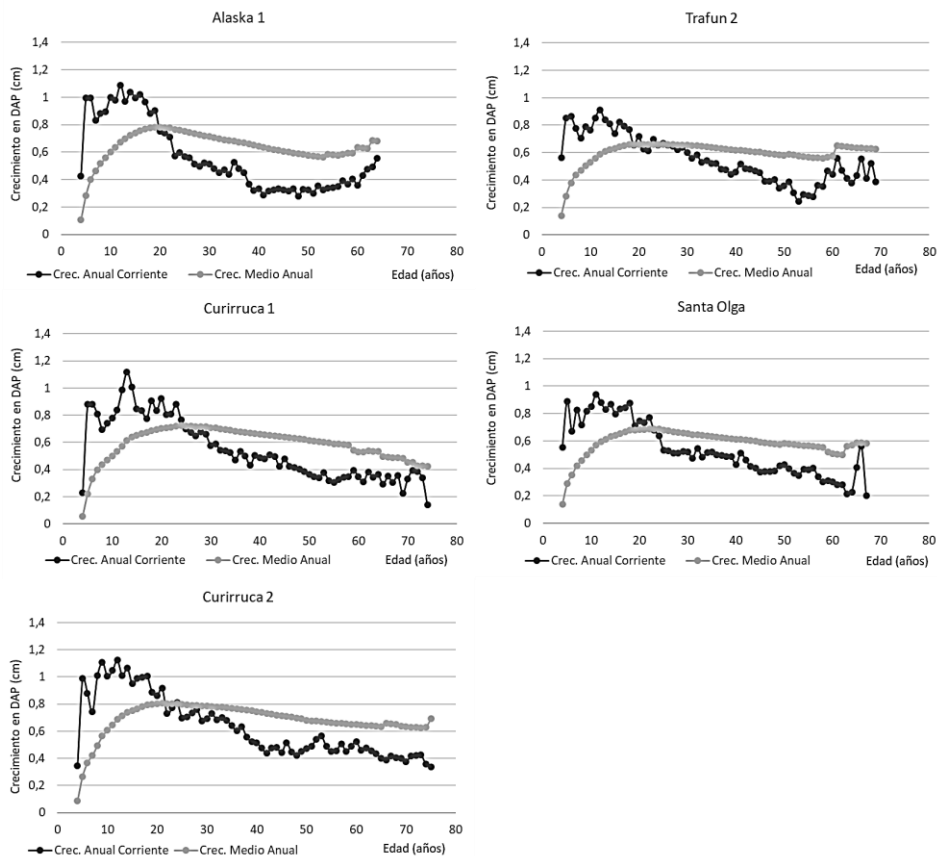
Dos rodales fueron intervenidos por cuarta vez, ambos a una edad cercana, correspondiente a 56 y 57 años, con similares tasa promedio de 0,50 y 0,51, y con crecimientos en DAP de 0,35 y 0,36 cm. Ambos rodales tienen un estimado de 20 años en su primera intervención alrededor de 30 años en la segunda y 50 años en la tercera.

La oportunidad del raleo corresponde matemáticamente al punto donde el ICA es máximo (maximizar volumen individual) y antes de que la curva comience a decrecer, lo que de acuerdo a la Figura N° 7 sucede a los 12 años y donde el crecimiento es de 0,85 cm. O también al momento donde el crecimiento medio anual supere al crecimiento corriente (maximizar volumen del rodal), aproximadamente a los 24 años con una IMA de 0,63 cm.

Si bien la Figura N° 7 representa una situación generalizada de los rodales, en la Figura N° 8, se presentan las curvas de crecimiento para un conjunto de rodales en donde se reflejan las condiciones particulares de cada uno.

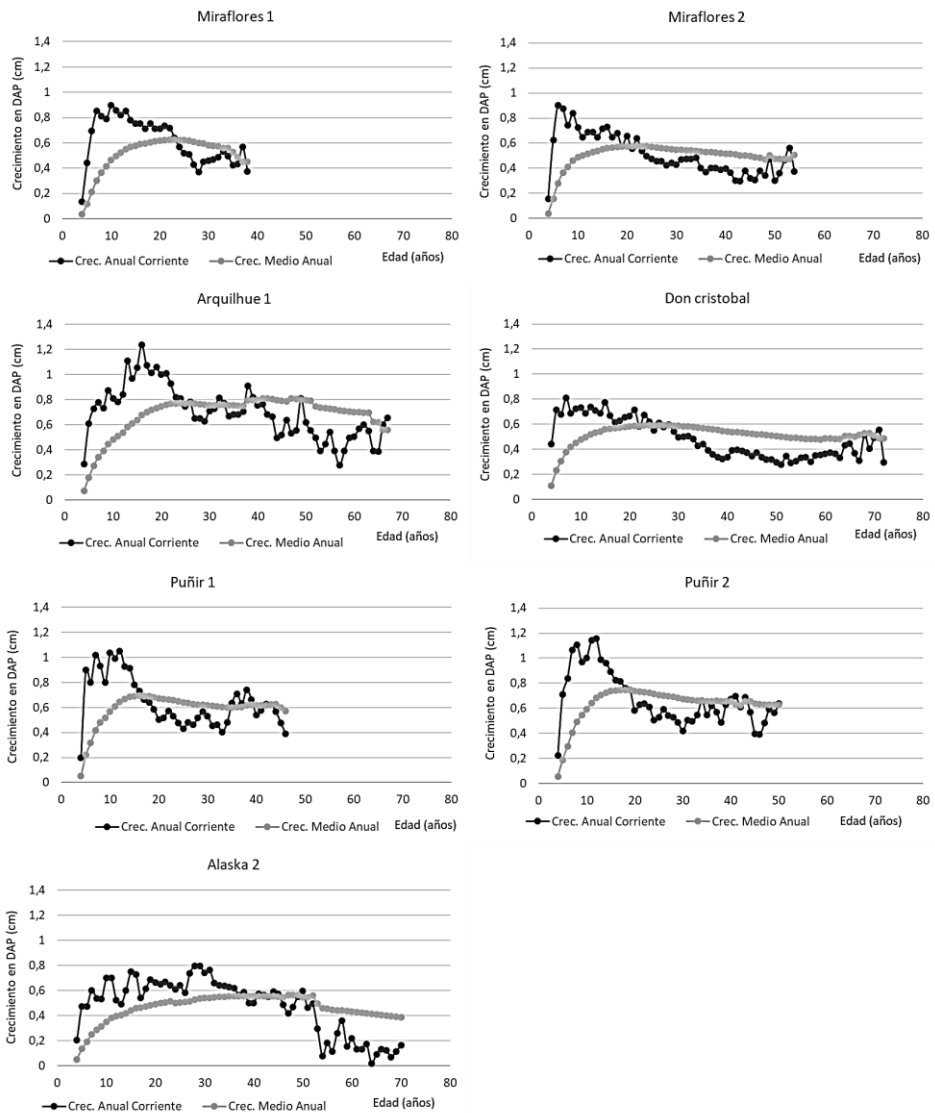


**Figura N° 7**  
**CURVAS DE INCREMENTO CORRIENTE ANUAL (ICA) E INCREMENTO MEDIO ANUAL (IMA)**



**Figura N° 8**  
**CRECIMIENTOS CORRIENTES Y MEDIOS PARA RODALES DE RESPUESTA BAJA A LAS INTERVENCIONES**

Al observar la curva de ICA de los rodales se pueden ver saltos como el del rodal Santa Olga cerca de los 65 años, o del rodal Trafun 2 alrededor de los 60 años, pero que no superan el IMA. A partir de esto, se puede deducir que la oportunidad o la intensidad de la liberación de competencia no fueron las adecuadas. En este grupo la edad en que se alcanza el máximo ICA en promedio es a los 12 años, con 1,02 cm, y el IMA máximo a los 21 años, con 0,73 cm. Si se observa la edad estimada de la primera intervención, todos estos rodales han comenzado a ralearse después de los 37 años, a excepción del rodal Santa Olga, que fue intervenido a una edad estimada de 22 años. La Figura N° 9 presenta rodales que retrasaron el cruce de curvas y la mayoría mantuvo un crecimiento cercano al IMA, y en algunos casos superior.

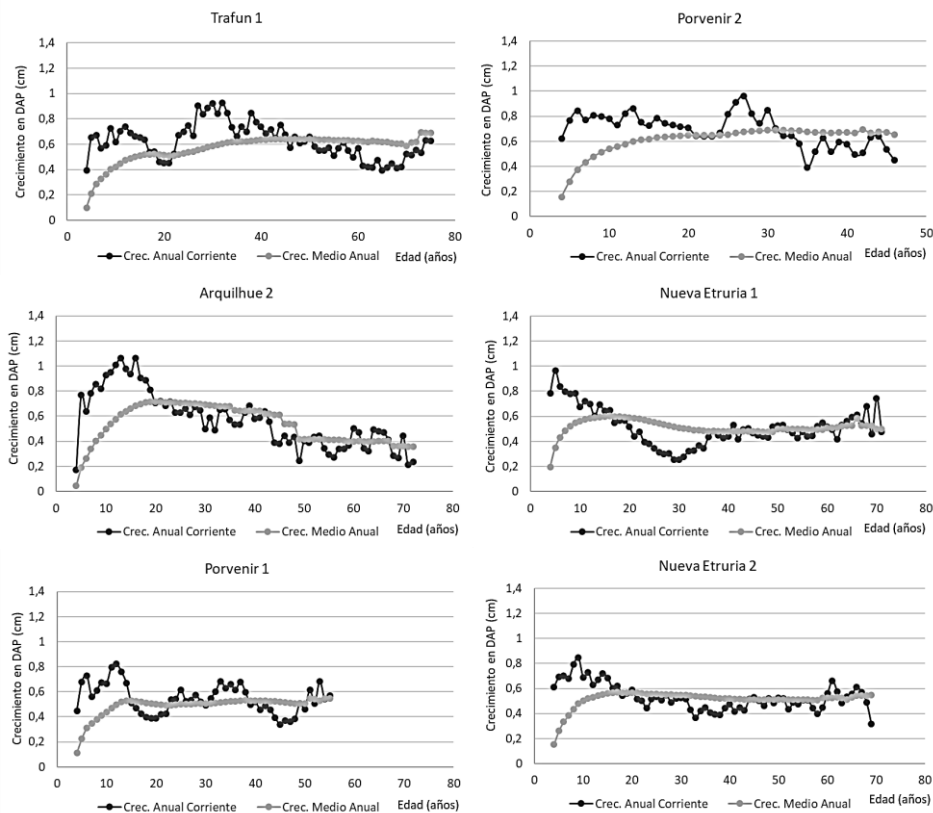


**Figura N° 9**  
**CRECIMIENTOS CORRIENTES Y MEDIOS PARA RODALES DE RESPUESTA INTERMEDIA A LAS INTERVENCIONES**



En estos rodales el ICA máximo se produce en promedio alrededor de los 14 años, con un valor medio de 0,94 cm. El IMA se produce cerca de los 24 años con valores de 0,65 cm. El ICA supera al IMA nuevamente cerca de los 40 años con un valor promedio de 0,71 cm. El ICA del rodal Don Cristobal supera a los 71 años el IMA. En este grupo la edad de la primera intervención se estimó entre los 26 y 30 años (salvo el rodal Miraflores 1). Es decir, un poco antes que el grupo anterior.

En la Figura N° 10 se aprecian los casos que reflejan mejores resultados de las intervenciones al mantener su crecimiento ICA por sobre el IMA en varios períodos y ambos cercanos en su tendencia.



**Figura N° 10**  
**CRECIMIENTOS CORRIENTES Y MEDIOS PARA RODALES CON MEJOR RESPUESTA A LAS**  
**INTERVENCIONES**

Los ICA máximos se producen en forma temprana alrededor de los 12 años y su valor alcanza 0,84 cm con un IMA de 0,54 cm. A diferencia de los grupos anteriores, en estos rodales es posible observar los aumentos de los ICA, producto de la liberación de la competencia. De este grupo, los rodales Trafun 1 y Porvenir 1 presentan las primeras intervenciones entre los 17 y 20 años de edad, es decir, corresponden a los que han sido intervenidos en forma más temprana.

## DISCUSIÓN

Los renovales de roble, al ser formaciones secundarias y pioneras, generalmente surgidas de forma espontánea tras fuertes disturbios o también tras el abandono de tierras agrícolas y ganaderas, constituyen naturalmente una fase corta en la sucesión natural del bosque (Donoso 1993).

Es por ello, que es frecuente encontrar situaciones de bosque de roble, donde la sucesión ya ha avanzado y se ha establecido un segundo estrato de especies semitolerantes y tolerantes. Si bien esto presenta oportunidades para la silvicultura, estas no son objeto de este estudio, que está enfocado en el análisis del crecimiento de esta primera generación de robles y en algunos casos en mezcla con raulí.

Por ser una especie pionera, roble culmina su crecimiento corriente tempranamente, entre los 10 y 15 años. Así lo indica este estudio y también lo han comprobado otros estudios relacionados (Donoso, 1993; Attis *et al.*, 2018). De esta forma, la capacidad de respuesta al raleo en roble es muy buena si se realiza a temprana edad (Donoso, 1993).

Según estos autores, rodales jóvenes en los cuales se mantiene baja la competencia entre individuos a través de raleos, mantienen incrementos corrientes anuales en diámetro de alrededor de 0,8 cm. Mientras que a una avanzada edad el potencial de crecimiento disminuye. Según el modelo de crecimiento propuesto por Attis *et al.* (2018) para los bosques de roble-raulí y coigüe en los alrededores del Lago Lacar en Argentina, roble a una edad de 50 años, alcanza solo un 80% del crecimiento máximo, y a los 100 años cerca de 50%.

Gran parte de los renovales de esta especie actualmente se encuentran en un rango entre 50 y 90 años de edad, por lo que es relevante conocer en detalle su comportamiento ante el manejo.

El presente estudio ha mostrado que, en rodales bajo manejo es posible mantener un nivel de crecimiento óptimo para los árboles dominantes, también a una avanzada edad. Las tasas máximas de crecimiento corriente del presente estudio varían entre 0,82 a 1,06 cm, muy similar a los simulados por Attis *et al.* (2018).

Las tasas que se producen en respuesta a los últimos raleos, van desde 0,5 a 0,68 cm, o sea entre un 47% y un 83% del crecimiento máximo, para edades entre 53 y 74 años. El rodal de más edad, 74 años, alcanza todavía un 68% de su crecimiento máximo.

Cabe señalar que, si bien la primera intervención depende del estado del bosque y de las condiciones de mercado, dado que lo que se extrae del bosque puede no tener valor comercial o de un valor muy bajo para costear la operación, desde el punto de vista del producto futuro, esta primera intervención marcará las tasas de crecimiento futuras.

Desde el punto de vista biológico, los rodales se deben ralear antes de que surjan serias situaciones de competencia entre los árboles si se desea que los incrementos comerciales

umenten (Drake *et al.*, 2003). Los raleos se llevan a cabo cuando se puede justificar que una aplicación aumentaría el crecimiento en volumen o los retornos económicos (Daniel *et al.*, 1982).

De gran relevancia en relación al valor y a la efectividad de los raleos es también la cantidad de árboles de calidad con los cuales el rodal alcanza su meta de diámetro. Roble es una especie que tiene una alta capacidad de poda natural y se caracteriza por fustes rectos y cilíndricos, ambos criterios importantes para la calidad de la madera.

Sin embargo, y debido al uso tradicional del floreo (Vásquez-Grandón., 2018), es frecuente que los árboles de mejor calidad y crecimiento sean cosechados tempranamente, para generar un flujo de ingreso desde el bosque.

Los rodales que han sido sujetos a este tipo de uso pueden tener escasez de árboles de calidad para una satisfactoria producción maderera. Eso mismo puede acontecer en rodales con alta presencia de ganado, donde el efecto del ramoneo y pisoteo puede conducir a una alteración de la mezcla de especies y daños en los individuos.

Otro elemento desvalorizador y que puede llevar a una escasez de árboles futuro, es el ataque del *Cerambycidae* barrenador *Holopterus chilensis*. Cabrera (1997) muestra la alta vulnerabilidad de rodales puros de roble ante este insecto y el ataque prevalente de los árboles dominantes y codominantes, sobre todo en la parte baja del fuste, afecta en forma significativa la calidad maderera y la productividad del rodal, al ser en las primeras trozas en donde se acumula el mayor valor del árbol.

La cantidad de árboles futuro es un aspecto restrictivo que determina el potencial de madera de calidad de un rodal. Ello, considerando que es necesario mantener alrededor de 200 árboles futuro a nivel de hectárea para hacer un uso eficiente del espacio hasta el final de la rotación (un diámetro meta de 40 cm), en circunstancias que este estudio determinó que solo el 30% de los rodales muestreados cumplieron con esa condición.

En rodales donde se encontró una cantidad suficiente de árboles futuro, un indicador para la efectividad con la cual los raleos han promovido el crecimiento de estos, es el indicador de Zachara (2014). Este indicador compara el diámetro medio de los árboles futuro con el diámetro medio de los 100 árboles más gruesos.

Aplicando este indicador a los rodales del presente estudio (Cuadro N° 6) se muestra que en general, los árboles futuro tienen índices superiores a 0,7, lo que de acuerdo a Zachara (2014) da cuenta de la reacción positiva de estos árboles a los raleos.

Sin embargo, se tiene que considerar que algunos rodales analizados, contaban con números bajos de árboles que cumplieran los requerimientos de calidad de un árbol futuro, a veces menos de 100 árboles/ha. Esto, eventualmente podría generar una sobreestimación en el indicador usado, fundamentalmente en aquellos valores superiores a 1 o muy cercanos a 1. Esto reafirma que la calidad es un factor clave al momento de evaluar el efecto del raleo.

Otro indicador para el efecto positivo de los raleos analizados es que el incremento medio anual (IMA) de los árboles futuro, es mayor que el de los robles en general.

**Cuadro N° 6**  
**COEFICIENTE DE DOMINANCIA DE ÁRBOLES FUTURO**  
**RESPECTO A LOS 100 ÁRBOLES MÁS GRUESOS**

<b>Nombre</b>	<b>DAP medio arboles futuro (cm)</b>	<b>DAP medio 100 árboles más gruesos (cm)</b>	<b>Índice</b>
Alaska 1	34,9	44,1	0,79
Trafún 1	41,8	50,4	0,83
Miraflores 1	23,8	28,1	0,85
Curirruca 1	38,6	42,9	0,90
Curirruca 2	46,7	52,1	0,90
Arquihue 1	45,9	40,5	1,13
Arquihue 2	39,5	44,7	0,88
Porvenir 1	34,8	37,3	0,93
Puñir 1	29,2	33,0	0,88
Alaska 2	24,7	32,6	0,76
Trafun 2	39,1	44,9	0,87
Miraflores 2	24,8	32,8	0,76
Curirruca 3	19,3	29,7	0,65
El Dorado	36,3	43,3	0,84
Don Cristobal	37,1	48,4	0,77
Porvenir 2	31,9	38,5	0,83
Puñir 2	31,5	37,0	0,85
Santa Olga	37,0	43,9	0,84
Nueva Etruria 1	43,0	45,6	0,94
Nueva Etruria 2	38,6	43,5	0,89

## **CONCLUSIONES**

En general, la cantidad de árboles futuro que concentran el potencial maderero de los rodales es un aspecto a tener en consideración, puesto que solo el 30% de los rodales muestreados mantiene una cantidad de individuos futuro superior a 200 árboles/ha. Si se piensa en un diámetro de cosecha de 40-45 cm luego de una rotación para roble, entonces existiría un déficit de árboles futuro en la mayoría de estos rodales.

A partir de los resultados obtenidos resulta claro que los rodales seleccionados han respondido a las intervenciones realizadas. El método utilizado ha permitido aproximarse a los períodos de intervenciones pasadas y determinar la respuesta a las intervenciones. Tras el análisis

de los crecimientos corrientes y medios se destaca que los crecimientos corrientes máximos se presentan alrededor de los 12 años, en los distintos rodales medidos y los IMA máximos bordean los 20 años.

El análisis gráfico de las curvas de crecimiento permite diferenciar tres tipos de comportamientos. Aquellos cuyo crecimiento corriente se mantiene gran parte del desarrollo del rodal bajo el crecimiento medio, que además coinciden con aquellos que comenzaron más tardíamente las intervenciones, y que probablemente por oportunidad o posiblemente intensidad no logran revertir sus tasas de crecimiento. Un segundo grupo que muestra una tendencia a mantener ambos incrementos muy cercanos y demorar la disminución en su tasa. Este grupo coincide con aquellos rodales que se intervinieron más tempranamente que los anteriores. Un tercer grupo que a través del tiempo presenta mejores tasas de crecimiento y que son los rodales que primero se han intervenido.

Los resultados obtenidos demuestran la necesidad de iniciar las primeras intervenciones o raleos a partir de los 12 años y antes de los 20 años. Cuando los rodales son raleados tempranamente mantienen su potencial de crecimiento aun en las edades superiores. Se estima que, en los últimos raleos, un rodal puede alcanzar entre el 47% y un 83% de su crecimiento máximo para edades entre 53 y 74 años.

Una intervención temprana, a pesar de no ser atractiva desde el punto de la extracción de volumen maderero e ingreso económico, y quizás no logre cubrir los costos de la intervención, sin duda determinará una mejor tasa de crecimiento futura del rodal.

## REFERENCIAS

**Abrams, M. D.; Copenheaver, C. A.; Black, B. A. and Van de Gevel, S., 2001.** Dendroecology and climatic impacts for a relict, old-growth, bog forest in the Ridge and Valley Province of central Pennsylvania, USA. *Can. J. Bot.* 79: 58–69.

**Assmann, E., 1970.** The principles of forest yield study, Pergamon Press, Oxford.

**Attis, Beltran; Chauchard, H.; Dezzotti, L.; y Martinez Pastur, G., 2018.** Modelo de crecimiento diamétrico de *Nothofagus alpina* y su relación con el de *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus dombeyi* en los bosques naturales de la Patagonia argentina. *Bosque* 39(1): 107-117.

**Altman, J.; Fibich, P.; Dolezal, J. y Aakala, T., 2014.** TRADER: A package for tree ring analysis of disturbance events in R. *Dendrochronologia* 32, 107–112.

**Black, B. A. and Abrams, M. D., 2003.** Use of boundary-line growth patterns as a basis for dendroecological release criteria. *Ecol. Appl.* 13:1733–1749.

**Cabrera, P., 1997.** Impacto de *Holopterus chilensis* (Coleoptera: Cerambycidae) en renovales de *Nothofagus obliqua* en la provincia de Valdivia, Chile. *Revista Bosque* 18(1) 9-19.

**CONAF, 2017.** Sistema de Información Territorial (SIT). Corporación Nacional Forestal (CONAF). Ministerio de Agricultura. Consultado el 20 de abril 2020. Disponible en <http://sit.conaf.cl/>

**CONAF, 2018.** Consideraciones para la Formulación del Plan de Manejo Forestal de Bosque Nativo. Ley N° 20.283. Disponible en [https://www.conaf.cl/wp-content/uploads/2012/12/Consideraciones-formulacion-PMFBN\\_Version-Enero-2018.pdf](https://www.conaf.cl/wp-content/uploads/2012/12/Consideraciones-formulacion-PMFBN_Version-Enero-2018.pdf). Visitado en julio 22, 2020.

**Daniel, T.; Helms, J. A. y Backer, F. S., 1982.** Principios de silvicultura. McGraw-Hill. México. 492p.

- Donoso, C., 1993.** Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. 483 p
- Donoso, P.; Donoso, C. y Sandoval, V., 1993.** Proposición de zonas de crecimiento de renovales de Roble (*Nothofagus obliqua*) y Raulí (*Nothofagus alpina*) en su rango de distribución natural. Revista Bosque 14(2):37-49.
- Drake, F.; Acuna, E.; Salas, S., 2003.** Evaluación retrospectiva para determinar la oportunidad de raleo en un rodal de Pino Oregón de 24 años. Revista Bosque 24(2): 85-91.
- FAO, 2016.** Casos ejemplares de manejo forestal sostenible en Chile, Costa Rica, Guatemala y Uruguay. Santiago, Chile 246 p.
- Fraver, S. and White, A. S., 2005.** Identifying growth releases in dendrochronological studies of forest disturbance. Canadian Journal of Forest Research 35:1648-1656.
- Gezan, S.; Ortega, A y Andenmatten, E., 2007. Diagramas de manejo de densidad para renovales de roble, raulí y coigüe en Chile. Revista Bosque 28(2): 97-105.**
- Grosse, H. y Villalobos, E., 2009.** Silvicultura del Bosque nativo chileno – Función histórica y opciones futuras sobre la base de Manejo sustentable. Santiago 135 p.
- Grosse, H.; Larrain, O. y Mujica, R., 2007.** Valorización de los bosques de segundo crecimiento para los tipos forestales roble-raulí-coigüe y coigüe-raulí-tepa. Ciencia e Investigación Forestal 13(2): 371-384.
- Grosse, H. y Quiroz, I., 1999.** Silvicultura de los bosques de segundo crecimiento de roble, raulí y coigüe en la región centro-sur de Chile. p 95-125. Silvicultura de los bosques nativos de Chile. Editorial Universitaria. 421p.
- INFOR, 2018.** Bosque Nativo. Boletín N° 15. junio de 2018. 20 p.
- Juacida, R.; Siebert, H. y Torres, M., 2000.** Edad y durabilidad natural de renovales de *Nothofagus obliqua*. Revista Bosque 21(1): 73-7.
- Lavery, P. B., 1986.** Plantation forestry with *Pinus radiata*: review papers. Paper N° 12. School of Forestry, Univ. of Canterbury. Christchurch, New Zealand.
- Lorimer, C.G. y Frelich, L. E., 1989.** A Methodology for Estimating Canopy Disturbance Frequency and Intensity in Dense Temperate Forests. Can. J. For. Res. 19: 651–663.
- Martin, M.; Bahamóndez, C.; Quiróz, I.; Peña, O. y Barrientos, M., 2009.** Manual de operaciones en terreno. Inventario de los ecosistemas forestales. Ed. Bahamóndez, C. Instituto Forestal, Chile. Manual N°40. 139 p.
- Müller-Using, S.; Martín, M.; Müller-Using, B.; Grosse, H. y Mujica, R., 2012.** Estado actual y propuestas silvícolas para los renovales de *Nothofagus* en la zona centro sur de Chile. Reporte Técnico 190. INFOR.
- Nowacki, G. J. and Abrams, M. D., 1997.** Radial-growth averaging criteria for reconstructing disturbance histories from presettlement-origin oaks. Ecol. Monogr. 67: 225–249.
- Peralta, M., 1976.** Uso, clasificación y conservación de suelos. Santiago, Ministerio de Agricultura. Servicio Agrícola y Ganadero. 337 p.
- Trotsiuk, V.; Pederson, N.; Druckenbrode, D.; Orwig, D.; Bishop, D.; Barker-Plotkind, A.; Fraverh, S. and Martin-Benito, D., 2018.** Testing the efficacy of tree-ring methods for detecting past disturbances. Forest Ecology and Management 425: 59–67.
- Vásquez-Grandón, A.; Donoso, P. y Gerding, V., 2018.** Degradación de los bosques: Concepto, proceso y estado — Un ejemplo de aplicación en bosques adultos nativos de Chile. En: Silvicultura en bosques nativos: Experiencias en Silvicultura y restauración en Chile, Argentina y el oeste de Estados Unidos. Editores: P. Donoso, A. Promis, D. Soto. 176-196.

**Veblen, T. T.; Donoso, C.; Schlegel, F. M. and Escobar, B., 1981.** Forest dynamics in south-central Chile. *Journal of Biogeography* 8(3): 211-247.

**Zachara, T., 2014.** The influence of different thinning methods on dominance coefficients of future crop trees in even-aged Scots Pine stands. *Forest Research Papers* | Volume 75: Issue 1 DOI: <https://doi.org/10.2478/frp-2014-0004>





# DESEMPEÑO DE PROGENIES, PROCEDENCIAS Y REGIONES DE PROCEDENCIA DE ROBLE (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst)

Gutiérrez, Braulio<sup>2</sup>

## RESUMEN

Se analiza el efecto de las progenies, procedencias y regiones de procedencia sobre el desempeño en supervivencia, altura, diámetro, volumen, rectitud y bifurcaciones de fuste en un ensayo de procedencias y progenies de roble (*Nothofagus obliqua*) de 16 años de edad, establecido en San José de la Mariquina (39°33,167'S; 73°4,356'O), región de Los Ríos, Chile.

Se detecta escasa diferenciación entre procedencias y regiones de procedencias, y se discute sobre su posible causa. Se presentan los datos descriptivos del ensayo y se calcula la superioridad asociada al uso del material genético local y al de mejor desempeño. Se concluye que los mejores orígenes, y particularmente las mejores progenies, involucran una importante superioridad de volumen respecto a la media del ensayo. Sin embargo, no se observó coincidencia entre los materiales locales y los de mejor desempeño.

**Palabras clave:** *Nothofagus obliqua*, progenie, procedencia, crecimiento

## SUMMARY

The effect of progeny, provenance and provenance regions on performance in survival, height, diameter, volume, straightness and stem bifurcations was analyzed in a 16-year-old *Nothofagus obliqua* provenance and progeny trial. This trial was established in San José de la Mariquina (39° 33,167'S; 73° 4,356'W), Los Ríos region, Chile.

Little differentiation between provenances and provenance regions was detected, and its possible cause is discussed. The descriptive data of the trial are presented; the superiority associated with the use of local genetic material and those with the best performance is calculated. It is concluded that the best origins, and particularly the best progenies, involve an important volume superiority with respect to the test mean. However, no match was observed between local and best performing materials.

**Keywords:** *Nothofagus obliqua*, progenies, provenance, growth.

---

<sup>2</sup> Ingeniero Forestal. Instituto Forestal, Sede Bio Bio. bgutierr@infor.cl

## INTRODUCCIÓN

Los ensayos de procedencia-progenie de especies forestales combinan la evaluación del origen del material (procedencia, región de procedencia) con el desempeño de progenies de árboles individuales procedentes de tales orígenes.

En el ámbito del mejoramiento genético estos ensayos tienen una importancia capital: permiten evaluar la adaptabilidad de los materiales en un ambiente determinado; identificar el origen y material genético idóneo para plantación; generar información técnica (parámetros genéticos) para orientar las decisiones del programa de mejoramiento; determinar el valor genético de progenitores selectos en función del desempeño de sus progenies; generar información para establecer y depurar estructuras de producción de semilla mejorada; seleccionar hacia adelante los ejemplares que conformarán las siguientes generaciones de mejora; y orientar respecto a las ganancias genéticas posibles de obtener con el uso de los distintos materiales genéticos ensayados.

La evaluación de los ensayos de procedencia y progenie no solo permite determinar los mejores orígenes, sino que simultáneamente permite seleccionar los mejores individuos dentro de las mejores procedencias (León, 2014; Landa *et al.*, 2002).

Así, la primera aplicación práctica de estos ensayos es la de conocer el desempeño de los distintos materiales ensayados e identificar a los más apropiados para zonas equivalentes a aquella donde el ensayo está establecido. De esta forma, se cuenta con información objetiva que respalde las decisiones respecto al origen del material genético a utilizar para establecer una plantación. Tal aspecto se hace especialmente relevante en un contexto de cambio climático, donde se reconoce que la tradicional y prudente recomendación de preferir semilla de origen local, ha demostrado no ser siempre la opción idónea (Gutiérrez, 2019; Alía *et al.*, 2009).

En efecto, generalmente se considera que la semilla de origen o procedencia local tiene el mayor potencial adaptativo (Mijnsbrugge *et al.*, 2010; McKay *et al.*, 2005), sin embargo, la investigación genética indica que la distancia geográfica es un mal predictor de la diferenciación adaptativa. Esto significa que no hay distancia fija o regla de oro para determinar hasta dónde se pueden mover con éxito las plantas a partir del lugar de origen de sus semillas.

El concepto "local" queda mejor definido por la similitud climática y ambiental del material de origen en relación con el sitio de plantación a donde será transferido (Erikson y Halford, 2020). Por otra parte, existen situaciones en que orígenes foráneos pueden resultar más apropiados, especialmente cuando las poblaciones locales han perdido variabilidad genética y exhiben pérdidas de adaptabilidad que no garantizan su permanencia en el escenario climático proyectado a futuro (Jones y Monaco, 2007; Lowe, 2010).

Al respecto, en el presente documento se evalúa un ensayo de procedencias y progenies de roble, especie que junto a raulí y coigüe, posee un alto potencial productivo y cuyas tasas de crecimiento y propiedades de su madera concitan el mayor interés entre los árboles nativos por utilizarla en plantaciones (Donoso y Soto, 2010).

En efecto, los bosques de roble ha sido uno de los más cosechados en Chile, debido a la accesibilidad de sus bosques y fundamentalmente por el atractivo de su madera, que presenta valiosas propiedades mecánicas y durabilidad que admite diversos usos; adicionalmente roble destaca por una buena poda natural, lo que permite plantarlo a densidades iniciales no muy altas, obteniéndose así madera de mayor calidad (CONAF, 1998 cit por Gutiérrez, 2004).

El desarrollo de estas plantaciones mejorará en la medida que se utilicen adecuadas técnicas silvícolas y material genético idóneo procedente de los orígenes adecuados para cada sitio de plantación.

En tal sentido, el objetivo de la presente evaluación es conocer la variabilidad de desempeño en términos de supervivencia, altura, diámetro, volumen, rectitud y bifurcaciones del fuste de progenies de roble originarias de 19 procedencias clasificadas en 9 regiones de procedencia, con la finalidad de orientar a propietarios e instituciones interesadas en plantaciones comerciales o de restauración, respecto a los orígenes y materiales genéticos apropiados para mejorar perspectivas de rendimiento, perpetuación y regeneración de los árboles implantados.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Ensayo y Material Genético

Se analiza la evaluación a los 16 años de edad del ensayo de procedencias y progenies de roble Huillilemu. Este se ubica en el predio del mismo nombre, perteneciente a la Corporación Nacional Forestal, en la comuna de San José de la Mariquina, región de Los Ríos, (39°33,167'S; 73°4,356'O).

El ensayo se encuentra a una altitud de 23 msnm, en un área de clima templado lluvioso, clasificada dentro del subtipo clima de costa occidental con influencia mediterránea (García *et al.*, 2013). Las características climáticas del área se resumen en el Cuadro N° 1.

**Cuadro N° 1**  
**CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL ÁREA DE EMPLAZAMIENTO DEL ENSAYO DE**  
**PROCEDENCIAS Y PROGENIES DE ROBLE PUMILLAHUE**

Variable Climática	Valor
T° media estival	16,0°C
T° min y max estival	10,6°C; 23,0°C
T° media invernal	7,4°C
T° min y max invernal	4,0°C; 11,6°C
PP normal anual	1915 mm

(Fuente: MMA, 2016)

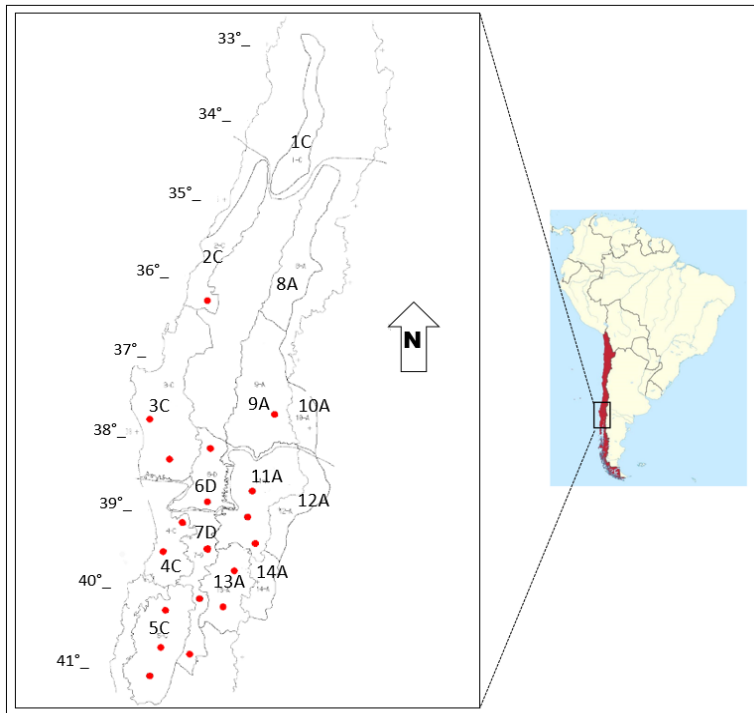
El material genético representado en el ensayo corresponde al obtenido en un muestreo genético realizado a fines de los 90, en el marco del proyecto FONDEF D96-I1052<sup>3</sup>, basado en la definición de regiones de procedencia efectuada por Vergara *et al.* (1998) para la distribución natural de roble.

<sup>3</sup> Proyecto D96 I-1052 "Mejoramiento Genético para Especies de *Nothofagus* de Interés Económico" ejecutado entre 1997 y 1999 por el Instituto Forestal y la Universidad Austral de Chile.

Esta clasificación contempló criterios climáticos, fitogeográficos, orográficos y topográficos, a partir de los cuales se definió 14 regiones de procedencia para roble (2 de ellas en territorio argentino), abarcando toda la distribución natural de la especie.

El ensayo considera 5 bloques completos al azar donde se prueban 92 progenies de roble, correspondientes a 21 procedencias o puntos de muestreo representativos de 9 de las zonas de procedencia definidas por Vergara *et al.* (1998), las que se representan en la Figura N° 1. Las progenies involucradas en este ensayo se representan en cada bloque por una parcela de un árbol.

Las progenies consideradas en la evaluación fueron aquellas que presentaban árboles vivos en al menos 4 de los 5 bloques del ensayo, estas corresponden a 85 progenies de 19 procedencias y 9 regiones de procedencia (Cuadro N° 2).



(Fuente: adaptado de Vergara *et al.*, 1998)

**Figura N° 1**  
**PUNTOS DE MUESTREO Y REGIONES DE PROCEDENCIAS REPRESENTADAS EN ENSAYO DE ROBLE**  
**HUILLILEMU**

**Cuadro N° 2**  
**MATERIAL GENÉTICO EVALUADO EN ENSAYO DE PROCEDENCIAS Y PROGENIES DE ROBLE**  
**HUILLEMU**

Región de Procedencia	Procedencia (Punto de Muestreo)	Latitud °S	Longitud °W	N° de Progenies	Códigos de Progenies (rango)
2-C	Quirihue	36° 17' 53"	72° 31' 54"	1	259
3-C	Pichipillahuén	38° 19' 47"	72° 02' 25"	5	398-403
	L. Lanalhue	37° 50' 50"	73° 20' 52"	2	378-382
4-C	Cuesta Lastarria	39° 22' 30"	72° 42' 21"	6	448-455
	Cruces <sup>(1)</sup>	39° 31' 32"	73° 04' 13"	7	476-485
5-C	Llanacura	40° 17' 45"	73° 26' 18"	5	517-525
	Río Negro	40° 47' 8"	73° 16' 26"	8	526-535
	Purranque	40° 52' 02"	73° 14' 09"	8	546-553
6-D	Victoria	38° 12' 14"	72° 10' 23"	5	390-394
	Quepe	38° 52' 2"	72° 30' 24"	7	426-435
7-D	Malalhue	39° 30' 55"	72° 32' 06"	5	466-475
	Futrón	40° 04' 53"	72° 20' 16"	4	509-515
	Rupanco	40° 49' 29"	72° 54' 5"	2	537-541
9-A	Ralco	37° 53' 11"	71° 35' 11"	2	367-370
11-A	Cunco	38° 52' 02"	71° 51' 11"	1	424
	L. Colico	39° 01' 14"	72° 0' 48"	7	437-445
	Curarrehue	39° 22' 53"	71° 32' 00"	4	456-461
13-A	Choshuenco	39° 50' 43"	72° 05' 49"	1	495
	Lilífen	40° 11' 08"	72° 15' 00"	3	496-505
Testigo	Mezcla de familias de roble			1	901

<sup>(1)</sup> La procedencia Cruces se considera local en el lugar de emplazamiento del ensayo.

## Variables y Evaluación

Se evaluó la existencia de diferencias de desempeño entre progenies, procedencia y regiones de procedencias.

Las variables independientes para evaluar el desempeño de los árboles individuales fueron supervivencia (SUP), altura total (ALT), diámetro a la altura del pecho (DAP), volumen (VOL), rectitud de fuste (RF) y Bifurcaciones (BIF).

La supervivencia (SUP) se calculó en porcentaje y consideró como base el total de plantas de todas las progenies establecidas inicialmente en el ensayo; para las variables restantes se consideró solo las progenies con árboles vivos en al menos 4 de los 5 bloques del ensayo.

La rectitud de fuste (RF) se evaluó con una escala cualitativa de cuatro niveles (Figura N° 2); las bifurcaciones (BIF) se estimaron como el porcentaje de árboles con fustes bifurcados en la altura comercial, respecto al número total de árboles en cada categoría de análisis (progenies, procedencias y regiones de procedencia); el volumen utilizado (VOL) corresponde al volumen sólido sin corteza, estimado con la función general desarrollada por Puente *et al.* (1981) para renovales de roble (Expresión 1).

El DAP corresponde al diámetro del fuste a 1,3 metros del suelo y la altura (ALT) es el valor total desde el suelo hasta el ápice del árbol.

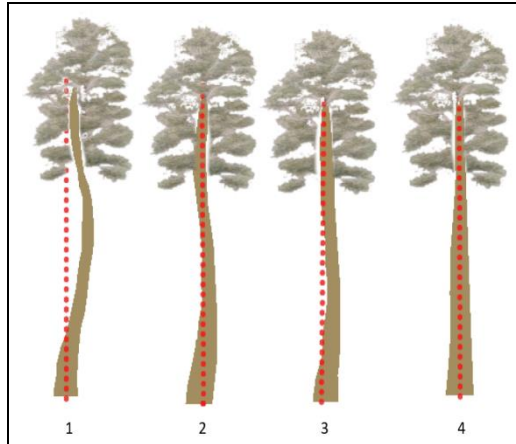
$$(1) \quad V = 0,05 + 0,00003151 * D^2 * H$$

Donde:

V: volumen sólido sin corteza [m<sup>3</sup>]

D: diámetro [cm]

H: altura [m]



**Figura N° 2**  
**ESCALA CUALITATIVA PARA EVALUACIÓN DE RECTITUD DE FUSTE**

Se calculó los parámetros medios y de dispersión del ensayo para cada variable evaluada (SUP, H, DAP, VOL, RF y BIF), y se efectuó análisis de varianza (ANOVA) para verificar la existencia de diferencias estadísticamente significativas para cada una de las variables a nivel progenies, procedencias y regiones de procedencia.

Los análisis de varianza se complementaron con la prueba de Tuckey para comparación múltiple de medias (alfa= 0,05), usando la diferencia mínima significativa (DMS) como criterio para decidir la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre medias.

Tanto en los ANDEVA como en las pruebas de Tuckey para cada variable independiente se usó como variables de clasificación a los bloques y a la posición del árbol en el ensayo, representada esta última por las coordenadas X e Y de las filas y columnas que definen su ubicación dentro del diseño del mismo.

Para efectos del análisis estadístico, las variables supervivencia y bifurcaciones, ambas expresadas en porcentaje, fueron previamente transformadas a unidades de Bliss, esta transformación conocida también como transformación angular o del arcoseno es especialmente apropiada para variables en porcentajes o proporciones (Sokal y Rohlf, 1980; Mead *et al.*, 2002).

Después del análisis, para efectos de presentación de resultados, los valores medios y las diferencias mínimas significativas fueron revertidos nuevamente a porcentajes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización del Ensayo

La caracterización general del ensayo, en término de promedio, desviación estándar y diferencias mínimas significativas para cada una de las variables evaluadas se resume en el Cuadro N° 3.

En la Figura N° 3 se resume las distribuciones de las variables a nivel de árboles individuales.

Cuadro N° 3

### CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL ENSAYO DE PROCEDENCIAS Y PROGENIES DE ROBLE HUILLILEMU

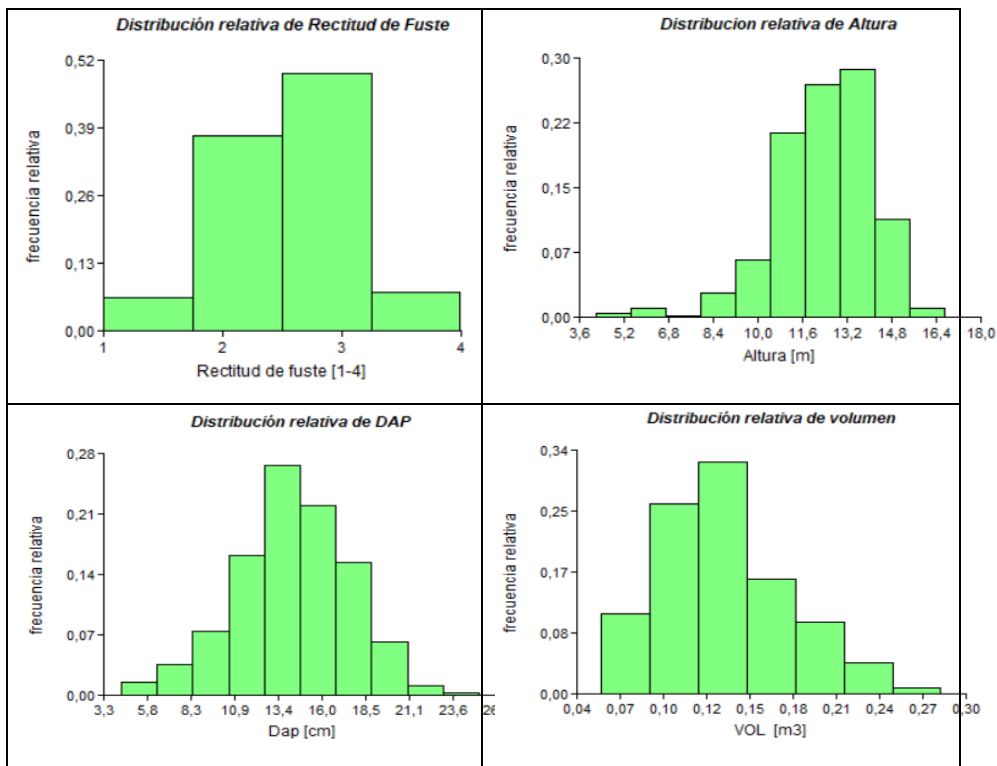
Descriptor	Variables					
	SUP [%]	ALT [m]	DAP [cm]	VOL [m <sup>3</sup> ]	RF [1-4]	BIF [%]
n	540	470	470	470	470	470
Promedio	90,52	12,37	14,25	0,14	2,57	14,95
Desviación Estándar	28,05	1,72	3,25	0,04	0,72	34,26
Valor mínimo	0	4,2	4,3	0,05	1	0
Valor máximo	100	16,7	25,1	0,38	4	100

Los resultados de los análisis estadísticos de varianza y pruebas de comparación múltiple de medias (Tuckey) no experimentaron cambios como consecuencia de usar, como variables de clasificación complementaria a los bloques, a las coordenadas de posición XY de los árboles en el ensayo.

El terreno del ensayo resulta suficientemente homogéneo de modo que tanto las columnas como las filas no tienen efectos significativos.

En teoría, considerar estas fuentes de variación adicional permite separar de mejor forma las sumas de cuadrados y disminuir el cuadrado medio residual, permitiendo mejorar la precisión de las dójimas asociadas a las principales fuentes de variación en análisis (progenies, procedencias, regiones de procedencia).

No obstante, en la práctica tal mejora no resultó significativa ni modificó las conclusiones de las pruebas efectuadas sin considerar las coordenadas XY.



**Figura N° 3**  
**DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA RELATIVA DE RECTITUD DE FUSTE, ALTURA, DAP Y VOLUMEN EN**  
**LOS ÁRBOLES DEL ENSAYO DE PROCEDENCIAS Y PROGENIES DE ROBLE HUILLILEMU**

En cuanto a las variables estudiadas, la supervivencia a los 16 años de las plantas de roble ensayadas en Huillilemu (90,52%), es alta y equivalente a la señalada por Donoso y Soto (2010) para plantaciones de solo siete años en la zona de Panguipulli (90,6%).

La rectitud de fuste (2,57), aun cuando no se dispone de datos referenciales en la misma especie para compararla, parece relativamente alta y resulta considerablemente mejor que la observada en plantaciones de coigüe de similar edad, las que alcanzan valores de 1,4 en el mismo sitio del ensayo evaluado en Huillilemu, y 1,7 en un ensayo establecido en Neltume (Gutiérrez, 2020).

En cuanto a la incidencia de bifurcaciones, en el ensayo de roble estas corresponden a menos del 15% de los individuos evaluados; como referencia, en una plantación de coigüe de similar edad en el mismo sitio, se determinó un porcentaje de individuos bifurcados que llega al 47,8% (Gutiérrez, 2017).



Respecto al crecimiento del ensayo, los valores medios de altura (12,37 m) y DAP (14,25 cm) registrados en Huillilemu, a los 16 años de edad, corresponden a incrementos medios anuales de 0,77 m/año en altura y 0,89 cm/año en diámetro. Estos valores resultan en general superiores a los señalados para otras plantaciones de roble, siendo mayor la diferencia en diámetro que en altura. Las diferencias se hacen más evidentes al contrastar el desempeño de las mejores progenies y procedencia de Huillilemu respecto a las plantaciones de comparación (Cuadro N° 4).

**Cuadro N° 4**  
**INCREMENTOS MEDIOS ANUALES DE ALTURA Y DIÁMETRO EN PLANTACIONE DE ROBLE Y EN ENSAYO HUILLILEMU**

IMA Altura [m/año]	IMA DAP [cm/año]	Observacion	Fuente
0,90	1,21	Huillilemu (Mejor Progenie)	Este trabajo
0,82	0,99	Huillilemu (Mejor Procedencia)	
0,81	0,95	Huillilemu (Mejor Reg de proc)	
<b>0,77</b>	<b>0,89</b>	<b>Huillilemu (Promedio)</b>	
0,70	0,69	Huillilemu (Peor Reg de proc)	
0,70	0,69	Huillilemu (Peor Procedencia)	
0,65	0,55	Huillilemu (Peor Progenie)	
0,50-0,62	0,40	Llanquihue	Vita, 1977
0,76	0,67	Llanquihue	Meneses <i>et al.</i> , 1991
0,73	0,79	Chiloé	Meneses <i>et al.</i> , 1991
0,50-0,51	0,50-0,70	Frutillar	Gutiérrez, 2004
0,63	0,69	Riñihue	Donoso <i>et al.</i> , 1995

A su vez, los crecimientos registrados en plantaciones resultan superiores a los obtenidos en renovales de bosques naturales de la especie (Steuer, 2008), apoyando así diversas declaraciones respecto a la potencialidad de roble y otros *Nothofagus* (raulí, coigüe), entre las especies nativas, para utilizarlos en el establecimiento de plantaciones comerciales.

En efecto, de acuerdo con la compilación efectuada por Löewe *et al.* (1997) el crecimiento diametral de roble en rodales naturales es muy variable (0,1 a 1,3 cm/año), siendo lo más frecuente valores entre 0,3 y 0,4 cm/año y considerándose como buen crecimiento a valores mayores a 0,5 cm/año (Castillo, 1992, cit. por Löewe *et al.*, 1997).

En términos de volumen, los árboles del ensayo totalizan un valor de 68,5 m<sup>3</sup>, lo que equivale a 154,5 m<sup>3</sup>/ha y a un crecimiento medio anual de 9,7 m<sup>3</sup>/ha/año. Según Gutiérrez (2004) para roble y raulí en general se esperan crecimientos en torno a 10m<sup>3</sup>/ha/año.

Löewe *et al.* (1998, cit por Steuer, 2008) aportan antecedentes sobre el crecimiento en renovales sin manejo, donde el crecimiento se estima en 7 m<sup>3</sup>/ha/año; mientras que en rodales raleados el incremento medio en volumen fue de entre 11 y 12 m<sup>3</sup>/ha/año.

Donoso *et al.* (1993 cit. por Gutiérrez, 2004) mencionan valores de entre 10 y 12 m<sup>3</sup>/ha/año para plantaciones mixtas con roble y raulí y crecimiento anual medio de 13m<sup>3</sup>/ha/año para plantaciones de roble puro.

Complementariamente, Grosse (1989, cit por Gutiérrez, 2004) menciona una tasa de incremento volumétrico de 10,3 m<sup>3</sup>/ha/año en renoval de roble de 30 años en la zona de Neltume.

### Variabilidad

En general el ensayo no evidencia una diferenciación considerable en el desempeño de roble de distintas progenies, procedencias y regiones de procedencia.

Si bien para algunas variables se detectan diferencias que poseen significación estadística, estas se producen entre las entidades de desempeño extremo (la mejor y la peor) en tanto que las intermedias tienden a ser estadísticamente homogéneas.

En los Cuadros N° 5 y N° 6 se resume los resultados a nivel de regiones de procedencia y procedencias, respectivamente, para todas las variables analizadas, en ellos se representa también la significancia estadística de las pruebas de comparación múltiple de medias.

Los resultados equivalentes a nivel de progenies, por la extensión del cuadro, se incluyen en el Anexo N°1.

**Cuadro N° 5**  
**RESULTADOS POR REGIÓN DE PROCEDENCIA**

REG PROC	N°	SUP [%]	n*	VOL [m <sup>3</sup> ]	ALT [m]	DAP [cm]	RF [1-4]	BIF [%]
7-D	55	94,5 a	52	0,15 a	12,95 a	15,20 a	2,70 a	13,55 a
6-D	68	98,5 a	67	0,15 a	12,46 a	14,75 ab	2,45 a	14,38 a
13-A	20	90,0 a	18	0,14 ab	12,71 a	13,95 abc	2,80 a	5,48 a
<b>4-C [LOCAL]</b>	75	93,3 a	70	0,14 ab	12,41 a	14,84 ab	2,65 a	22,18 a
11-A	65	96,9 a	61	0,14 ab	12,36 a	14,80 ab	2,38 a	16,46 a
5-C	135	91,9 a	124	0,13 ab	12,41 a	13,82 abc	2,56 a	14,61 a
<b>TESTIGO</b>	25	92,0 a	23	0,12 ab	11,92 a	13,46 abc	2,60 a	13,04 a
3-C	66	78,8 a	42	0,12 ab	11,65 a	13,12 abc	2,83 a	9,00 a
2-C	6	83,3 a	4	0,10 b	12,45 a	11,10 c	2,25 a	25,00 a
9-A	25	72,0 a	9	0,10 b	11,27 a	11,63 bc	2,24 a	10,92 a
<b>PROMEDIO</b>		<b>90,5</b>		<b>0,14</b>	<b>12,37</b>	<b>14,25</b>	<b>2,57</b>	<b>14,95</b>
DMS		23,541		0,047	1,786	3,369	0,742	36,632

Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas entre medias (Tuckey alfa=0,05)

\*N: Total de plantas iniciales en el ensayo

+: plantas evaluadas (aquellas de progenies con 4 o más plantas vivas)

**Cuadro N° 6  
RESULTADOS POR PROCEDENCIA**

PROCEDENCIA	N*	SUP [%]	N*	VOL [m³]	ALT [m]	DAP [cm]	RF [1-4]	BIF [%]
FUTRONO	20	90,0 ab	18	0,16 a	12,97 a	15,76 a	2,39 a	5,88 a
QUEPE	40	100,0 a	40	0,16 a	12,86 a	15,61 a	2,50 a	20,00 a
MALALHUE	25	96,0 ab	24	0,15 a	13,08 a	15,30 ab	2,97 a	16,59 a
CUESTA LASTARRIA	35	94,3 ab	33	0,15 a	12,86 a	15,03 ab	2,59 a	19,58 a
CURARREHUE	20	95,0 ab	19	0,15 a	12,52 a	15,36 ab	2,47 a	10,66 a
COLICO	40	100,0 a	38	0,14 a	12,33 a	14,45 ab	2,30 a	18,57 a
CHOSHUENCO	5	100,0 a	5	0,14 a	12,24 a	14,76 ab	2,80 a	0,00 a
<b>GRUCES [LOCAL]</b>	40	92,5 ab	37	0,14 a	12,00 a	14,66 ab	2,70 a	24,36 a
CUNCO	5	80,0 ab	4	0,14 a	11,95 a	15,53 a	2,75 a	25,00 a
LLIFÉN	15	86,7 ab	13	0,13 a	12,89 a	13,63 ab	2,80 a	7,56 a
PURRANQUE	40	95,0 ab	38	0,13 a	12,67 a	13,99 ab	2,55 a	20,88 a
RUPANCO	10	100,0 a	10	0,13 a	12,60 a	13,96 ab	2,60 a	20,00 a
RIO NEGRO	60	88,3 ab	53	0,13 a	12,34 a	13,83 ab	2,48 a	6,66 a
LLANCACURA	35	94,3 ab	33	0,13 a	12,21 a	13,58 ab	2,70 a	16,90 a
VICTORIA	28	96,4 ab	27	0,13 a	11,86 a	13,47 ab	2,38 a	6,18 a
LANALHUE	35	62,9 ab	12	0,13 a	11,69 a	13,22 ab	2,91 a	0,00 a
<b>TESTIGO</b>	25	92,0 ab	23	0,12 a	11,92 a	13,46 ab	2,60 a	13,00 a
PICHIPILLAHUEN	31	96,8 ab	30	0,12 a	11,63 a	13,08 ab	2,80 a	12,74 a
QUIRIHUE	6	83,3 ab	4	0,10 a	12,45 a	11,10 b	2,25 a	25,00 a
RALCO	15	80,0 ab	9	0,10 a	11,27 a	11,63 ab	2,24 a	10,91 a
RECINTO	5	60,0 b	No evaluada					
SANTA BÁRBARA	5	60,0 b	No evaluada					
<b>PROMEDIO</b>		<b>90,5</b>		<b>0,14</b>	<b>12,37</b>	<b>14,25</b>	<b>2,57</b>	<b>14,95</b>
DMS		39,401		0,062	2,33	4,402	0,968	50,903

Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas entre medias (Tuckey alfa=0,05)

\*N: Número total de plantas establecidas en el ensayo

+n: Número de plantas evaluadas (aquellas de progenies con 4 o más plantas vivas)

Particularmente las variables rectitud de fuste y porcentaje de bifurcaciones, aun cuando experimentan variabilidad, esta no es estadísticamente significativa a nivel de progenies, procedencias ni regiones de procedencia. Predominan individuos de categorías intermedias de rectitud (Figura N° 3), no obstante, existen individuos rectos y familias que en promedio alcanzan destacados valores medios de 3,25 y 3,4 en la escala de rectitud; a nivel de procedencias y regiones de procedencia los valores medios son todos inferiores a tres.

La falta de diferenciación entre progenies y orígenes es coincidente con la observada en la evaluación de un ensayo de coigüe de similar edad (Gutiérrez, 2017) donde si bien la calidad de los fustes resultó muy inferior a la de roble, tampoco se evidenció diferencias entre familias, procedencias ni zonas de procedencia. En el caso de coigüe se concluía y respaldaba que las características del fuste serían una característica intrínseca de la especie y que por lo mismo no varía significativamente entre sus distintos orígenes; presumiblemente en roble ocurriría una situación similar.

En cuanto a supervivencia se detectan diferencias significativas entre procedencias, no obstante, solo las dos procedencias de menor valor (Recinto y Santa Bárbara, 60% cada una) no forman parte del grupo que reúne a las procedencias de mejor desempeño (80 a 100%); tampoco presentaban suficientes plantas vivas para ser consideradas en el análisis de las demás variables. La misma situación se observa a nivel de progenies, donde exceptuando a la familia 380 de Lanahue, con el peor desempeño en supervivencia (20%), todas las restantes pueden conformar un mismo grupo homogéneo (Anexo 1). Entre regiones de procedencia no se evidencian diferencias para la variable supervivencia.

Respecto a las variables de crecimiento, la altura tiene un desarrollo muy homogéneo y no presenta diferencias de relevancia estadística entre los valores medios de progenies (11,0 a 14,4 m), procedencias (11,3 a 13,1 m) ni regiones de procedencia (11,3 a 13,0 m). Se observa una mayor diferenciación para el diámetro y, consecuentemente para el volumen, el cual está estrechamente relacionado con esta variable.

En términos de DAP y volumen destacan los mayores valores de las familias 509 y 433 de las procedencias Futrono y Quepe, en las regiones de procedencia de la depresión intermedia 7D y 6D, respectivamente. A nivel de procedencias, Futrono (7D), Quepe (6D) y Cunco (11A) presentan los mejores desarrollos en diámetro, no obstante, a este nivel las diferencias no resultan significativas para la variable volumen. Por último, con el mayor grado de agregación de la información, se observa que los mejores resultados en DAP corresponden a las regiones de procedencia 7D, 4C, 11A y 6D que cubren los tres estratos fisiográficos del país (depresión intermedia, costa y andes), aun así, en términos de volumen se destacan principalmente las regiones de procedencia 7D y 6D de la depresión intermedia.

El crecimiento de las mejores progenies, procedencias y regiones de procedencia, expresada como porcentaje de superioridad sobre el volumen promedio por árbol individual del ensayo, se resume en el Cuadro N° 7. En este se incorpora también el porcentaje de superioridad del las progenies y orígenes locales (progenies de la procedencia Cruces en la región de procedencia 4C).

**Cuadro N° 7**  
**SUPERIORIDAD DE LOS MEJORES MATERIALES Y DE LOS MATERIALES LOCALES RESPECTO AL CRECIMIENTO MEDIO EN VOLUMEN DE ROBLE EN ENSAYO PUMILLAHUE A LOS 16 AÑOS DE EDAD**

		<b>Volumen árbol individual [m<sup>3</sup>ssc]</b>	<b>Superioridad [%]</b>	<b>Volumen [m<sup>3</sup>/ha]</b>
Promedio ensayo		0,1364	0,00	154,5
Regiones de Procedencia	<i>Local (4C)</i>	0,1425	4,47	161,4
	Mejores (7D y 6D)	0,1485	8,87	168,2
Procedencias	<i>Local (Cruces)</i>	0,1385	1,54	156,9
	Mejores (Futrono y Quepe)	0,1577	15,62	178,6
Progenies	<i>Locales (476 a 485)</i>	0,1385	1,54	156,9
	Mejores (509 y 433)	0,2144	57,18	242,9

Del cuadro se destaca la progresión de superioridad asociada al uso de las mejores regiones de procedencia (8,87%), procedencias (15,62%) y progenies (57,18%). También resulta evidente que estos valores son muy superiores, en todos los niveles, que los obtenidos con el uso

de material local, el cual no sobrepasa de 1,5 a 4,5% de superioridad. Estos valores representan una estimación del diferencial de selección asociado a usar los mejores materiales genéticos identificados en el ensayo, y permiten estimar la ganancia genética esperada asociada al uso de los mismos ponderándolos por un factor entre 0 y 1 correspondiente a una estimación de la heredabilidad del volumen.

La escasa diferenciación entre procedencias y regiones de procedencia observada en el ensayo Pumillahue coincide con la situación observada en otros ensayos similares de *Nothofagus*; en prueba de procedencias y progenies de coigüe no se detectó diferencias de desempeño entre zonas de procedencia (Gutiérrez, 2020), así como tampoco en pruebas efectuadas con lenga (Mondino *et al.*, 2010).

Respecto a este fenómeno de escasa variabilidad entre zonas de procedencias y procedencias, Hasbún *et al.* (2014) establecen que en distribuciones extensas y relativamente continuas existe un elevado flujo génico que reduce la divergencia genética entre las poblaciones. Este efecto ha sido demostrado en estudios de variabilidad isoenzimática de coigüe, donde la variación genética se encuentra principalmente dentro de las poblaciones, mientras que entre poblaciones resulta muy bajo (Donoso *et al.*, 2004).

Adicionalmente, estudios con marcadores moleculares efectuados para otras especies de *Nothofagus* con extensas áreas de distribución concluyen la existencia de bajos niveles de diferenciación genética poblacional o entre localidades (Hasbún *et al.*, 2014). Posiblemente esta misma situación explica la escasa diferenciación observada en roble.

## CONCLUSIÓN

A los 16 años de edad el ensayo de procedencias y progenies de roble de Huillilemu presenta valores medios de crecimiento y supervivencia equiparables a los señalados en la bibliografía para otras plantaciones de la misma especie. Existe escasa diferenciación de desempeño entre procedencias y regiones de procedencias, siendo más evidente a nivel de progenies. Aun así, el uso de material genético de los mejores orígenes y particularmente de las mejores progenies, involucra una importante superioridad de volumen respecto a la media del ensayo. No obstante, no hay coincidencia entre los mejores materiales y los materiales locales, estos últimos evidencian una superioridad marginal y no se destacan en forma especialmente favorables entre los orígenes y progenies evaluados.

## REFERENCIAS

Alía, R.; García del Barrio, J.; Iglesias, S.; Mancha, J.; de Miguel, J.; Peragón, J.; Pérez, F. y Sánchez del Ron, D., 2009. Regiones de procedencia de especies forestales en España. CIFOR-INIA. Dpto. Sistemas y Recursos Forestales. Madrid, España. 363 p.

Donoso, C.; Premoli, A. y Donoso, P., 2004. Variación en *Nothofagus* siempreverdes sudamericanos. En: Donoso, C., Premoli, A.; Gallo, L. e Ipinza, R. (editores) Variación Intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. Capítulo 8, pp: 189-214.

Donoso, P.; Maureira, C.; Barría, P y Hernández, E. 1995. Desarrollo inicial de plantaciones de *Nothofagus* en la provincia de Valdivia. Cuartas Jornadas Forestales Patagónicas. San Martín de los Andes. 18 p.

Donoso, P. y Soto, D. 2010. Plantaciones con especies nativas en el centro-sur de Chile: experiencias, desafíos y oportunidades. Bosque Nativo N° 47, julio-octubre 2010, pp: 10-17.

- Erikson, V. and Halford, A., 2020.** Seed planning, sourcing and procurement. *Restoration Ecology* 28(s3):s216-s224.
- García, L.; Droppelmann, F. y Rivero, M., 2013.** Morfología y fenología floral de *Nothofagus alpina* (*Nothofagaceae*) en un huerto semillero clonal en la región de Los Ríos, Chile. En: *Bosque* 34(2):221-231.
- Gutiérrez, B., 2017.** Evaluación de crecimiento y forma de fuste de un ensayo de procedencias y progenies de coihue (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.) de 15 años de edad. *Ciencia e Investigación Forestal* 23(3): 31-42.
- Gutiérrez, B., 2019.** Regiones de procedencia: un ordenamiento de fuentes semilleras. *Ciencia e Investigación Forestal* 25(2):57-73
- Gutiérrez, B., 2020.** Influencia del origen de las semillas en el desempeño de coigüe (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.) en la costa y precordillera de la región de Los Ríos. *Ciencia e Investigación Forestal* 26(2):31-43.
- Gutierrez, N., 2004.** Evaluación de crecimiento y rendimiento volumétricos en ensayos de plantación de *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus alpina* al aplicar intervenciones silvícolas. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 69 p.
- Hasbún, R.; Ruiz, E.; Ríos, D.; Fuente, G y Alarcón, D., 2014.** Certificación genética del origen de materiales reproductivos de coigüe mediante herramientas moleculares y nichos ecológicos. Informe Final Proyecto FIBN-CONAF 068/2012. Universidad de Concepción, Concepción. Octubre 2014. 59 p.
- Jones, T. and Monaco, T. A., 2007.** Restoration Practitioner's Guide to the Restoration Gene Pool Concept. *Ecological Restoration* 25:1. March 2007 pp. 12-19.
- Landa, J.; Mendizábal, L. del C.; Ramírez, E.; y Méndez, M., 2002.** Establecimiento de tres ensayos de procedencia/progenie de *Pinus teocote* Schl. et Cham. En el estado de Veracruz. *Foresta Veracruzana* 4(2): 17–22.
- León, N., 2014.** Análisis de ensayos de procedencia-progenie de *Dipteryx panamensis* (Pittier) Record & Mell, en la Zona Norte y Sur de Costa Rica. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 78 p.
- Löwe, V.; Toral, M.; Mery, A.; Camelio, M.; López, C. y Urquieta, E., 1997.** Monografía de roble *Nothofagus obliqua*. Potencialidad de especies y sitios para una diversificación silvícola nacional. INFOR-CONAF-FIA. Santiago, Chile. 108p.
- Lowe, A J., 2010.** Composite provenancing of seed for restoration: progressing the 'local is best' paradigm for seed sourcing. *The State of Australia's Birds 2009: restoring woodland habitats for birds.* Compiled by David Paton and James O'Connor. Supplement to *Wingspan* 20(1) March.
- McKay, J. K.; Christian, C. E.; Harrison, S. and Rice, K. J., 2005.** How local is local?—a review of practical and conceptual issues in the genetics of restoration. *Restoration Ecology* 13:432–440.
- Mead, R.; Curnow, R. N. and Hasted, A. M., 2002.** *Statistical methods in agriculture and experimental biology.* 3ª ed., Ed. Chapman & Hall/CRC, 2002, Boca Raton, FL, 472 p.
- Meneses, M.; Paredes, G.; Núñez, P., 1991.** Opciones silviculturales para el manejo y utilización del bosque Siempreverde, Décima Región desde Río Bueno al sur. Informe de Convenio N° 184. Informe Final. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 103 p.
- Mijnsbrugge, K. V.; Bischoff, A; Smith, B. M., 2010.** A question of origin: where and how to collect seed for ecological restoration. *Basic and Applied Ecology* 11:300–311.
- MMA, 2016.** Elaboración de una base digital del clima comunal de Chile: línea base (1980-2010) y proyección al año 2050. Información para de Desarrollo Productivo Ltda. Informe Final. Santiago 16 de junio de 2016. 142 p.
- Mondino, V.; Tejera, L.; Pastorino, M. y Gallo, L., 2010.** Establecimiento en *Nothofagus pumilio*: efecto de

plantas nodrizas y procedencias. Poster. Estación Experimental Agroforestal Esquel, Centro Regional Patagonia Sur, INTA Argentina.

**Puente, M.; Peñaloza, R.; Donoso, C.; Paredes, R.; Núñez, P.; Morales, R; y Engdahl, O., 1981.** Estudio de raleos y otras técnicas para el manejo de renovales de Raulí y Roble. Instalación de ensayos de raleo. Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003. Documento de trabajo N°41. 47 p.

**Sokal, R. y Rohlf, F. J., 1980.** Introducción a la bioestadística. Edición española. Editorial Reverte s.a. Barcelona, España:

**Steuer, H., 2008.** Evaluación de Raleos en un Renoval de Raulí (*Nothofagus alpina* Poepp.et Endl.) y Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb) Oerst) en la Provincia de Malleco, IX Región. Trabajo de titulación para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile. 58 p.

**Vergara, R.; Ipinza, R.; Donoso, C. y Grosse, H., 1998.** Definición de zonas de procedencias de roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) y raulí (*Nothofagus alpina* (Poep. et Endl.) Oerst.). Estado de avance. En: Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, "El manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI". Valdivia, 22 al 28 de noviembre de 1998.

**Vita, A., 1977.** Crecimiento de algunas especies forestales en el Arboreto del Centro Experimental Frutillar. X Región. Boletín Técnico 47. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago. 16 p.

**ANEXO N° 1  
RESULTADOS POR PROGENIE**

PROG	N*	SUP [%]	N*	VOL [m <sup>3</sup> ]	ALT [m]	DAP [cm]	RF [1-4]	BIF [%]
509	5	100 a	5	0,22 a	13,96 a	19,3 a	2,2 a	20 a
433	5	100 a	5	0,2 ab	14,36 a	18,14 ab	2,8 a	40 a
473	5	100 a	5	0,18 abc	13,9 a	16,98 ab	3,4 a	40 a
461	5	100 a	5	0,18 abc	12,82 a	17,4 ab	2 a	20 a
496	5	80 ab	4	0,17 abc	14,35 a	15,88 abc	2,5 a	25 a
448	5	80 ab	4	0,17 abc	13,5 a	16,25 abc	2,5 a	25 a
<b>478 [LOCAL]</b>	5	100 a	5	0,17 abc	13,44 a	16,42 abc	2,6 a	20 a
438	5	100 a	5	0,17 abc	13,38 a	16,48 abc	2,2 a	20 a
427	5	100 a	5	0,17 abc	13,22 a	16,26 abc	2,4 a	20 a
426	5	100 a	5	0,17 abc	13,06 a	16,88 ab	2,6 a	0 a
553	5	100 a	5	0,16 abc	13,88 a	15,96 abc	3 a	0 a
445	5	100 a	5	0,16 abc	13,78 a	16,04 abc	2,4 a	0 a
541	5	100 a	5	0,16 abc	13,56 a	15,94 abc	2,6 a	20 a
546	5	80 ab	4	0,16 abc	13,5 a	15,73 abc	2,25 a	25 a
534	10	100 a	10	0,16 abc	13,2 a	16,2 abc	2,5 a	30 a
510	5	80 ab	4	0,16 abc	13,08 a	16,15 abc	3 a	0 a
394	8	100 a	8	0,16 abc	13,01 a	16,31 abc	2,26 a	10 a
475	5	100 a	5	0,16 abc	13 a	16,52 abc	2,8 a	40 a
521	5	100 a	5	0,16 abc	12,6 a	15,18 abc	2,4 a	20 a
428	10	100 a	10	0,15 abc	13,34 a	15,5 abc	2,6 a	20 a
449	10	100 a	10	0,15 abc	13,11 a	15,38 abc	2,8 a	30 a
430	5	100 a	5	0,15 abc	12,9 a	14,98 abc	2,8 a	40 a
466	5	100 a	5	0,15 abc	12,9 a	15,14 abc	2,6 a	0 a
522	5	80 ab	4	0,15 abc	12,35 a	15,78 abc	2 a	50 a
511	5	80 ab	4	0,15 abc	12,25 a	14,75 abc	2,75 a	0 a
<b>477 [LOCAL]</b>	5	80 ab	4	0,15 abc	12,13 a	16,2 abc	3,25 a	25 a
450	5	100 a	5	0,15 abc	12,1 a	15,64 abc	2,2 a	40 a
455	5	100 a	5	0,14 abc	13,3 a	14,56 abc	2,8 a	20 a
474	5	80 ab	4	0,14 abc	13,05 a	13,9 abc	2,75 a	0 a
458	5	100 a	5	0,14 abc	12,86 a	14,74 abc	2,6 a	0 a
517	10	90 a	9	0,14 abc	12,85 a	14,68 abc	2,91 a	20 a
528	5	80 ab	4	0,14 abc	12,58 a	15,05 abc	2,5 a	0 a
439	8	100 a	8	0,14 abc	12,38 a	14,9 abc	1,92 a	10 a
456	5	100 a	5	0,14 abc	12,28 a	14,98 abc	2,6 a	20 a
495	5	100 a	5	0,14 abc	12,24 a	14,76 abc	2,8 a	0 a
378	5	100 a	5	0,14 abc	12,18 a	14,4 abc	3 a	0 a
<b>484 [LOCAL]</b>	5	80 ab	4	0,14 abc	12,18 a	15,25 abc	2,75 a	50 a
<b>482 [LOCAL]</b>	5	100 a	5	0,14 abc	12,16 a	14,98 abc	2,4 a	20 a
424	5	80 ab	4	0,14 abc	11,95 a	15,53 abc	2,75 a	25 a
443	5	100 a	5	0,14 abc	11,92 a	14,52 abc	2,8 a	20 a



485 [LOCAL]	5	100 a	5	0,14 abc	11,62 a	14,46 abc	3 a	40 a
442	5	100 a	5	0,14 abc	11,4 a	14,38 abc	2 a	40 a
391	5	100 a	5	0,14 abc	11,38 a	14,2 abc	2,6 a	20 a
526	5	100 a	5	0,13 abc	13,2 a	13,58 abc	3,2 a	0 a
451	5	80 ab	4	0,13 abc	12,85 a	14,18 abc	3 a	0 a
471	5	100 a	5	0,13 abc	12,62 a	13,7 abc	3,2 a	0 a
547	5	100 a	5	0,13 abc	12,62 a	13,72 abc	2,6 a	20 a
552	5	100 a	5	0,13 abc	12,58 a	14,56 abc	3 a	20 a
454	5	100 a	5	0,13 abc	12,28 a	13,98 abc	2 a	0 a
440	5	100 a	5	0,13 abc	12,14 a	13,58 abc	2,4 a	0 a
548	5	100 a	5	0,13 abc	12,12 a	14,02 abc	2,6 a	40 a
457	5	80 ab	4	0,13 abc	11,98 a	14,08 abc	2,75 a	0 a
398	6	100 a	6	0,13 abc	11,93 a	13,88 abc	3,02 a	30 a
529	10	90 a	9	0,13 abc	11,72 a	13,77 abc	1,76 a	10 a
399	5	100 a	5	0,13 abc	11,4 a	12,8 abc	2,8 a	0 a
434	5	100 a	5	0,13 abc	11,08 a	13,94 abc	2 a	20 a
551	5	100 a	5	0,12 abc	12,88 a	12,88 abc	2,6 a	60 a
392	5	100 a	5	0,12 abc	12,62 a	12,52 abc	2,6 a	0 a
550	5	100 a	5	0,12 abc	12,52 a	13,26 abc	2,2 a	0 a
505	5	80 ab	4	0,12 abc	12,4 a	12,73 abc	3 a	0 a
504	5	100 a	5	0,12 abc	12,2 a	12,62 abc	2,8 a	0 a
532	10	100 a	10	0,12 abc	12,14 a	12,87 abc	2,7 a	0 a
479 [LOCAL]	5	100 a	5	0,12 abc	12,08 a	12,82 abc	2,8 a	20 a
535	5	80 ab	4	0,12 abc	11,95 a	12,83 abc	2,75 a	0 a
TESTIGO	25	92 a	23	0,12 abc	11,92 a	13,46 abc	2,6 a	13 a
401	5	80 ab	4	0,12 abc	11,78 a	12,98 abc	3 a	0 a
400	10	100 a	10	0,12 abc	11,6 a	13,11 abc	2,6 a	10 a
370	5	100 a	5	0,12 abc	11,58 a	13,96 abc	2,2 a	20 a
435	5	100 a	5	0,12 abc	11,56 a	13,7 abc	2,2 a	0 a
382	10	70 ab	7	0,12 abc	11,34 a	12,38 abc	2,85 a	0 a
476 [LOCAL]	10	90 a	9	0,12 abc	11,19 a	13,69 abc	2,43 a	0 a
515	5	100 a	5	0,11 abc	12,5 a	12,74 abc	1,8 a	0 a
533	5	80 ab	4	0,11 abc	12,28 a	12,53 abc	2,5 a	0 a
531	10	70 ab	7	0,11 abc	11,82 a	12,79 abc	2,32 a	10 a
524	5	100 a	5	0,11 bc	11,66 a	11,68 abc	2,6 a	0 a
403	5	100 a	5	0,11 bc	11,46 a	12,42 abc	2,8 a	20 a
390	5	100 a	5	0,11 bc	10,36 a	11,74 abc	2,2 a	0 a
259	5	80 ab	4	0,1 bc	12,45 a	11,1 bc	2,25 a	25 a
525	10	100 a	10	0,1 bc	11,68 a	11,85 abc	3 a	0 a
537	5	100 a	5	0,1 bc	11,64 a	11,98 abc	2,6 a	20 a
437	5	100 a	5	0,1 bc	11,28 a	10,96 bc	2,6 a	40 a
393	5	80 ab	4	0,1 bc	11,2 a	10,25 bc	2,25 a	0 a
549	5	80 ab	4	0,1 bc	10,98 a	11,68 abc	2 a	0 a
367	5	80 ab	4	0,08 c	10,98 a	8,75 c	2,25 a	0 a
254	1	100 a				No evaluada		
441	2	100 a				No evaluada		
318	5	60 ab				No evaluada		
360	5	60 ab				No evaluada		
373	5	60 ab				No evaluada		
381	5	60 ab				No evaluada		
383	5	60 ab				No evaluada		
386	5	60 ab				No evaluada		
380	5	20 b				No evaluada		
PROMEDIO		90,5		0,14	12,37	14,25	2,57	14,95
DMS		67,552		0,113	4,42	8,117	1,819	94,713

Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas entre medias (Tuckey  $\alpha=0,05$ )

\*N: Total de plantas iniciales en el ensayo

+n: plantas evaluadas (aquellas de progenies con 4 o más plantas vivas)



## ZONAS POTENCIALES PARA EL CULTIVO DE PINO PIÑONERO (*Pinus pinea* L.) EN CHILE

Avila, Alberto; Delard, Claudia y Loewe, Verónica<sup>4</sup>

### RESUMEN

*Pinus pinea* L. es una especie que ha sido ampliamente estudiada por INFOR porque además de producir madera, su valioso fruto comestible puede ser una alternativa para pequeños y medianos propietarios. Para promover su cultivo se determinaron zonas potenciales para su desarrollo; se utilizó información agroclimática, de suelos y requerimientos ecológicos de la especie, que fue procesada en un SIG.

Los resultados entregaron zonas aptas sin riego, clasificadas como: protección ambiental (1,9 millones de hectáreas), y de aptitud baja, media y alta para la producción de piñones. La superficie apta total para la producción frutal supera 6,5 millones de hectáreas; se modelaron también zonas potenciales considerando riego, donde la superficie apta se incrementó en 6,8% en relación a la sin riego. Estos antecedentes confirmaron la factibilidad de establecer la especie en una amplia área de Chile.

**Palabras clave:** Pino piñonero, Zonas potenciales, SIG, Piñones.

### SUMMARY

*Pinus pinea* L. has been widely studied by INFOR because besides wood production, its valued seed (Pine Nut) is an interesting productive alternative for small and medium landowners. In order to promote the cultivation of the species, zones where it might potentially grow were determined. It was used agro-climatic and soil information, and the ecological requirements of the species, which were processed in a GIS.

The obtained results delivered zones without irrigation, classified under four categories: environmental protection (1.9 million hectares), and low, medium and high fruit production. The suitable area for fruit production was over 6.5 million hectares. Potential zones were also modeled considering irrigation, where the suitable area increased 6.8 % in relation to the area without irrigation. The results confirmed the feasibility to establish the species in a wide area of Chile.

**Key words:** Stone Pine, Potential zones, GIS, Pine Nuts.

---

<sup>4</sup> Investigadores Instituto Forestal, Chile. aavila@infor.cl

## INTRODUCCIÓN

El pino piñonero (*Pinus pinea* L.) es originario de la cuenca del Mediterráneo. En su área de origen la especie coloniza y estabiliza suelos, y es importante por sus semillas comestibles. La cosecha de los conos de esta especie data del Paleolítico y su semilla es un importante producto en sus áreas de distribución natural (Prada *et al.*, 1997; Gil, 1999; Badal, 2001).

La especie fue introducida a Chile como ornamental y fue usada posteriormente en estabilización de dunas costeras, control de erosión y sombra para el ganado. Además, dadas las características de su madera y especialmente la producción de uno de los frutos secos de mayor valor en los mercados internacionales (INC, 2020), la especie presenta múltiples usos.

Considerando que esta especie puede ser establecida en suelos erosionados y con menor disponibilidad de agua, en comparación con frutales tradicionales, constituye un cultivo alternativo para pequeños y medianos propietarios que requieren de ingresos anuales como los obtenidos a partir de sus frutos.

Desde el año 2008 el Instituto Forestal ha desarrollado diversos proyectos de investigación para avanzar en modelos productivos para la producción de los piñones de esta especie, los que se complementan con la determinación de zonas potenciales para su uso en el país.

## METODOLOGÍA

Se estudiaron los requerimientos ecológicos de la especie y sobre la base de esta información se analizaron características de suelo y clima en una amplia zona del país comprendida entre las regiones de Coquimbo (29°10' Lat. S y 71°30' Long. O) y La Araucanía (39°24' Lat. S y 73°15' Long. O).

El trabajo se inició en un área piloto, las regiones de Bio Bio y Ñuble, desde la costa a la cordillera, entre los paralelos 36°01' y 38°28' S, para después, en base a esta experiencia, ampliar el trabajo a toda el área de estudio antes mencionada.

La información disponible corresponde a tres capas; una de temperaturas mínimas absolutas y medias anuales que contiene información mensual, una capa agroclimática (Cuadro N° 1) y una capa de información de suelos (Cuadro N° 2).

Todas las capas fueron procesadas en un Sistema de Información Geográfica (GISArcGis v9.3.1). Las capas corresponden a estudios regionales (1:500.000).

Para determinar los requerimientos ecológicos de la especie, se utilizó información de Loewe *et al.* (1998) y Mutke (2009), que incluye más de treinta parámetros obtenidos de estudios realizados en España.

Algunos parámetros fueron ajustados en base a información empírica obtenida de plantaciones establecidas en el país (Cuadro N° 3).

**Cuadro N° 1**  
**ATRIBUTOS DE LA CAPA DIGITAL AGROCLIMÁTICA**

<b>Atributo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>
HR_ANUAL	Humedad Relativa Anual	%
HR_OCT_MAR	Humedad Relativa Octubre - Marzo	%
PLH	Período Libre de Heladas	días
TOT_MSECOS <sup>5</sup>	Total Meses Secos	meses
PP_ANUAL	Precipitación Media Anual	mm
PP_OCT_MAR	Precipitación Octubre - Marzo	mm
PP_SEP_NOV	Precipitación Septiembre - Noviembre	mm
PP_DIC_FEB	Precipitación Diciembre - Febrero	mm
PP_SEP_FEB	Precipitación Septiembre - Febrero	mm
TOTAL_HELA	Total Heladas	días
SH_OCT_MAR	Sin Heladas Octubre - Marzo	días
TMED_ANUAL	Temperatura Media Anual	°C
TMIN_ANUAL	Temperatura Mínima Media Anual	°C

**Cuadro N° 2**  
**ATRIBUTOS DE LA CAPA DIGITAL DE SUELOS**

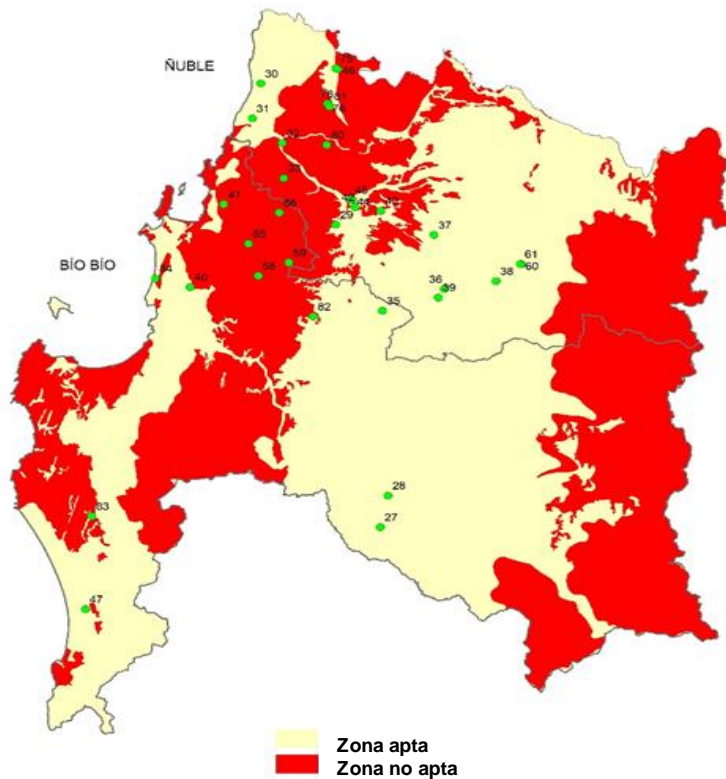
<b>Atributo</b>	<b>Descripción</b>
FIS	Fisiografía
TOP	Topografía
TEXTURA	Textura
DRE	Drenaje (bueno, moderado, malo)
PH1	pH H <sub>2</sub> O

**Cuadro N° 3**  
**REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS DEFINIDOS PARA PINO PIÑONERO**

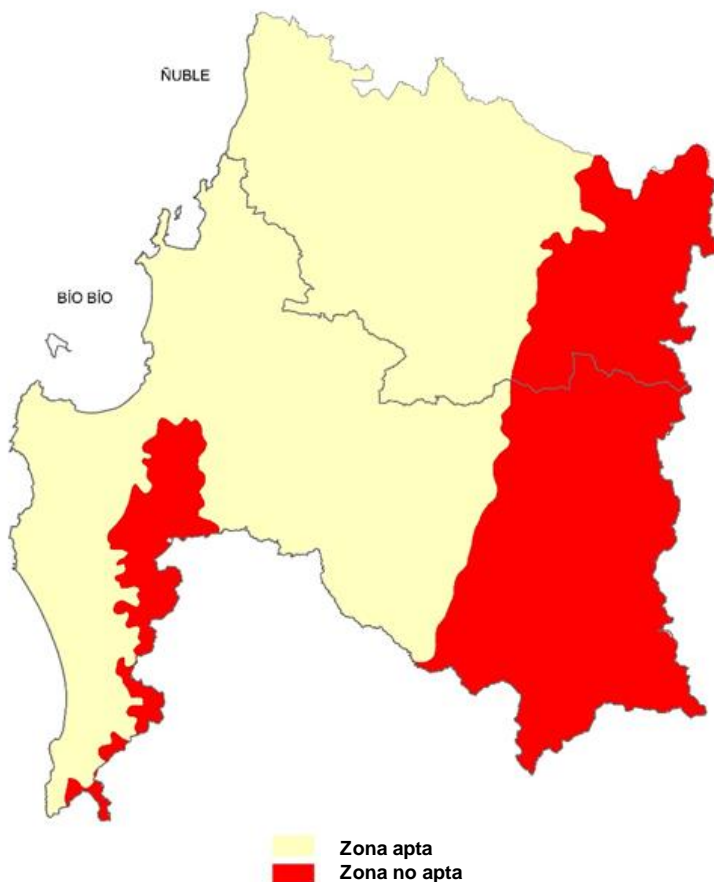
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Temperatura Media Anual	10,4-19,0 °C
Temperatura Mínima Absoluta	≥-12°C
Precipitación Anual	250-1.800 mm
Precipitación Primavera	95-356 mm
Precipitación Verano	12,1-198 mm
Meses Secos Anuales	Máximo 8

<sup>5</sup> Meses secos definidos por CORFO-UACH (1987)

Todos los parámetros fueron superpuestos (proceso de *overlay*) en el GIS y las zonas que coinciden con los requerimientos de la especie generaron un mapa preliminar de zonas adecuadas para pino piñonero en la región de Bio Bio (Figura N° 1). Paralelamente se creó una capa de puntos correspondientes a plantaciones de pino piñonero o árboles aislados de la especie prospectados en terreno, representados en color verde (Figura N° 1). Varios puntos cayeron dentro de zonas preliminarmente definidas como no adecuadas para la especie, razón por la que se efectuó una revisión de los parámetros, verificándose que la principal variable limitante era la textura de suelo clasificada como arcillosa. Dado que no había información más precisa sobre suelos en el país, se decidió no considerar esta variable, y se generó una nueva cartografía de zonas potenciales (Figura N°2).



**Figura N° 1**  
**MAPA PRELIMINAR DE ZONAS POTENCIALES PARA PINO PIÑONERO BASADO EN CARACTERÍSTICAS DE CLIMA Y SUELOS EN REGIONES DE ÑUBLE Y BIO BIO**

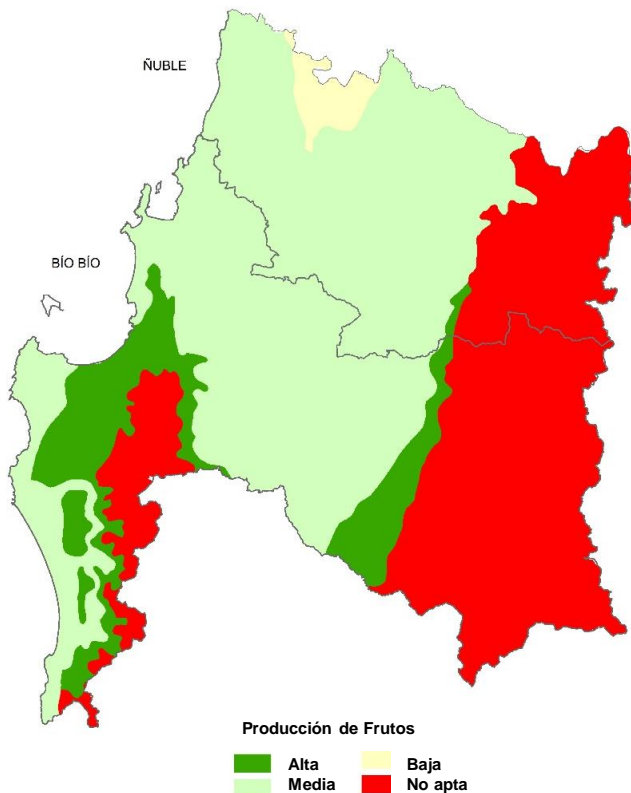


**Figura N° 2**  
**ZONAS POTENCIALES PARA PINO PIÑONERO BASADO EN CARACTERÍSTICAS DE CLIMA**  
**REGIONES DE ÑUBLE Y BIO BIO**

En base a Ruiz-Peinado *et al.* (2009) y Pérez *et al.* (2009), se establecieron clases de potencialidad dentro de las áreas adecuadas para la especie de acuerdo con parámetros de precipitaciones y de protección ambiental, definiendo zonas de baja, mediana y alta producción de frutos (Cuadro N° 4). Estos parámetros fueron modelados con GIS y se obtuvo una nueva cartografía para las regiones de Ñuble y Bio Bio (Figura N° 3).

**Cuadro N° 4**  
**PARÁMETROS Y CATEGORÍAS DE ZONAS POTENCIALES PARA PINO PIÑONERO**

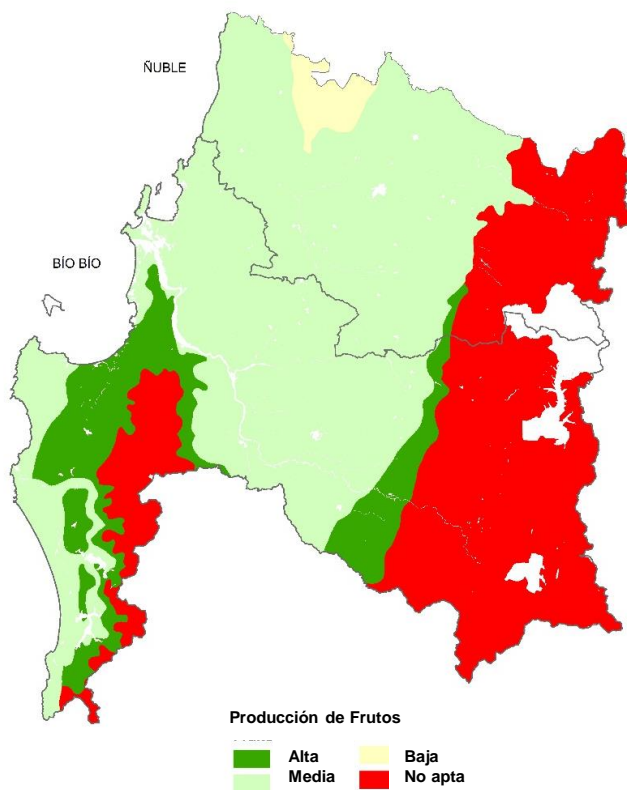
Categorías de Zonas Potenciales	Parámetros		
	Precipitación Anual (mm)	Precipitación Primavera (mm)	Precipitación Verano (mm)
Protección Ambiental	≥ 250 - 350	-	-
Baja Producción de Frutos	351 - 600	95 -165	12 – 68
Media Producción de Frutos	601 - 800	166 - 227	69 – 127
Alta Producción de Frutos	801 – 1.800	228 - 356	128 – 198



**Figura N° 3**  
**ZONAS POTENCIALES PARA PINO PIÑONERO POR CATEGORÍAS DE PRODUCCIÓN DE CONOS**  
**REGIONES DE ÑUBLE Y BIO BIO**



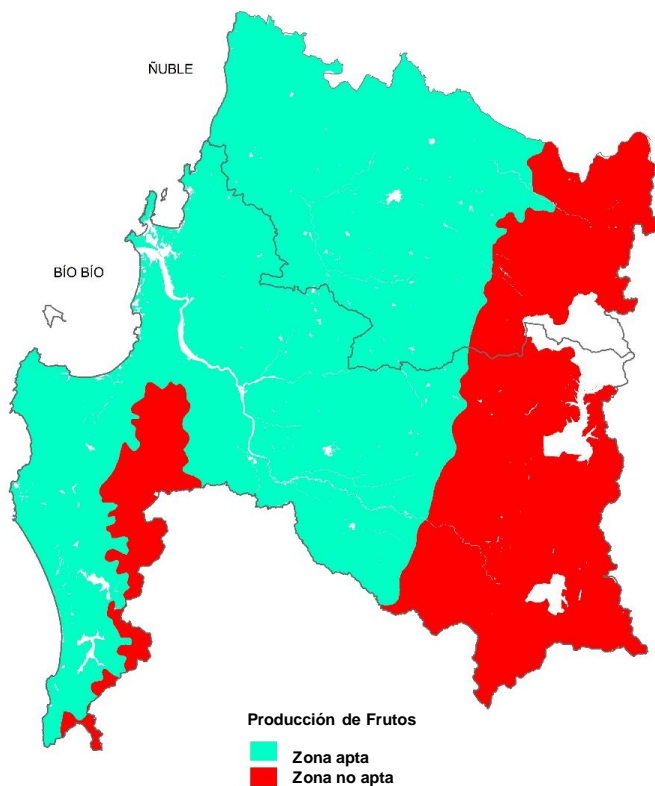
El área potencial fue ajustada incorporando el uso actual de los suelos, se descontaron las zonas urbanas, las áreas protegidas (SNASPE) y los principales cuerpos de agua, obteniéndose así el mapa final de zonas potenciales para la especie (Figura N° 4).



**Figura N° 4**  
**MAPA FINAL DE ZONAS POTENCIALES PARA PIÑO PIÑONERO**  
**REGIONES DE ÑUBLE Y BÍO BÍO**

Adicionalmente, se simularon las zonas potenciales con riego, situación en que las precipitaciones no constituyen una limitante para el desarrollo de la especie.

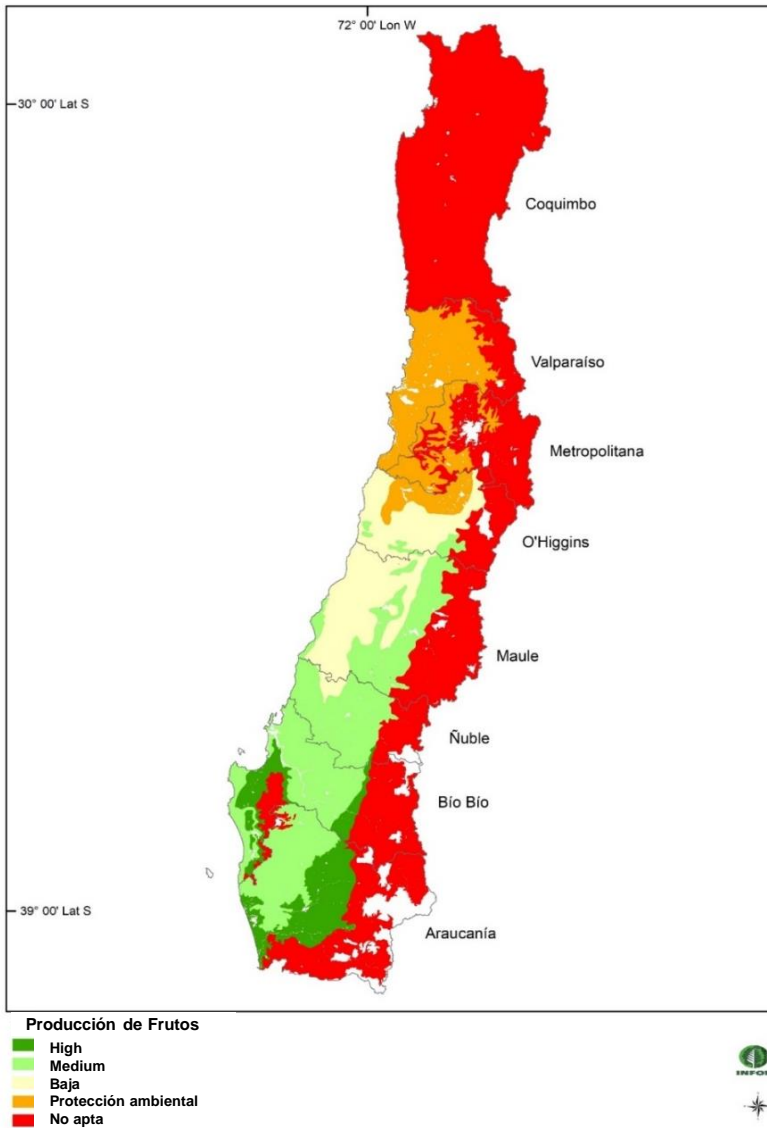
Las zonas potenciales con riego se pueden apreciar en la Figura N° 5. En este caso también están descontadas áreas urbanas, SNASPE y cuerpos de agua.



**Figura N° 5**  
**ZONAS POTENCIALES PARA PIÑO PIÑONERO CON RIEGO REGIONES DE ÑUBLE Y BIO BIO**

## RESULTADOS

El mapa final de zonas potenciales para pino piñonero sin riego entre las regiones de Coquimbo y La Araucanía se presenta en la Figura N° 6, y los detalles de áreas por región y categoría de uso se muestran en el Cuadro N° 5.



**Figura N° 6**  
**ZONAS POTENCIALES PARA EL CULTIVO DE PINO PIÑONERO SIN RIEGO**  
**EN CHILE CENTRAL**

**Cuadro N° 5**  
**ZONAS POTENCIALES PARA PINO PIÑONERO SIN RIEGO**  
**EN CHILE CENTRAL**

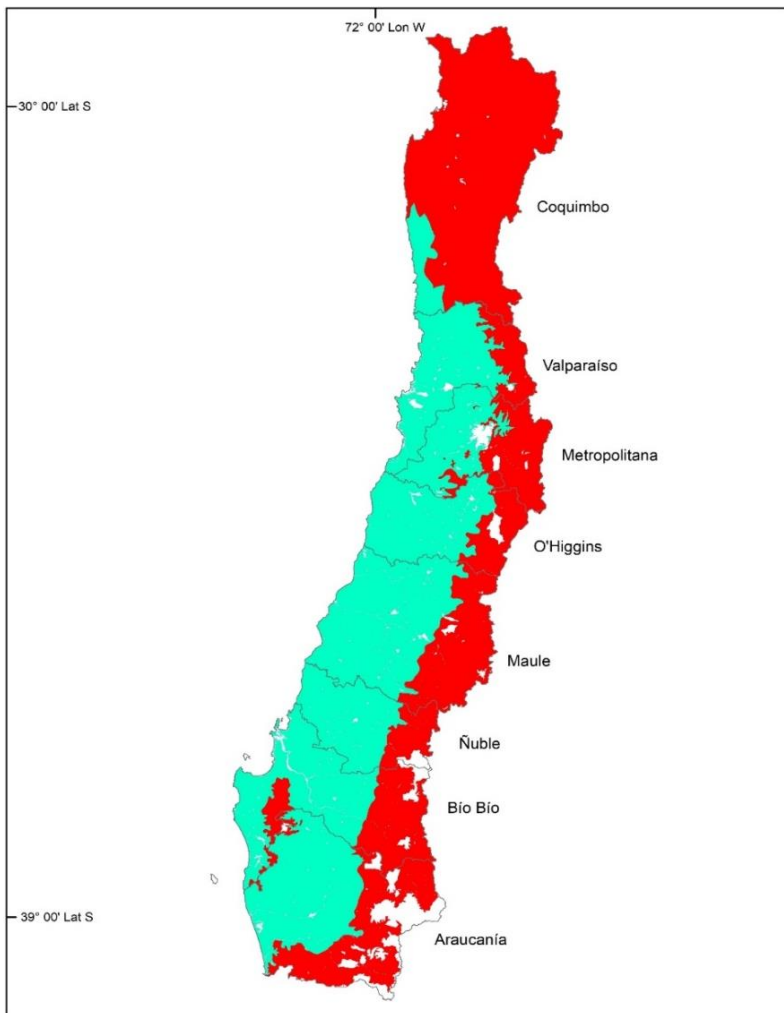
Región	Uso Potencial por Categoría				Total
	Protección Ambiental	Producción de Fruto			
		Baja	Media	Alta	
(ha)					
Valparaíso	1.143.496	0	0	0	1.143.496
Metropolitana	500.324	0	0	0	500.324
O'Higgins	326.320	718.421	97.504	0	1.142.245
Maule	0	1.075.984	857.052	0	1.933.036
Ñuble	0	67.050	870.801	7.204	945.055
Bío Bío	0	0	989.426	397.234	1.386.660
Araucanía	0	0	828.992	786.232	1.615.224
<b>Total</b>	<b>1.970.140</b>	<b>1.861.455</b>	<b>3.643.775</b>	<b>1.190.670</b>	<b>8.666.040</b>

La región del Maule concentra las mayores superficies de zonas potenciales para baja y media producción de frutos, con el 22% del total. La zona potencial para producción media de frutos representa el 42% del total apto y se distribuye principalmente entre las regiones de Maule y La Araucanía. La zona potencial para producción alta de frutos representa el 14% del total y se concentra principalmente en Bio Bio y La Araucanía. Las regiones de Valparaíso y Metropolitana incluyen solo áreas en la categoría de protección ambiental. La región de Coquimbo no presenta zonas potenciales para la especie sin riego.

La zona potencial para la especie con riego se incrementa en 6,8% en relación a la zona potencial sin riego (Figura N° 7), principalmente por el efecto de las regiones del norte, y en este caso la región de Maule nuevamente presenta la mayor zona potencial (Cuadro N° 6).

**Cuadro N° 6**  
**ZONAS POTENCIALES PARA PINO PIÑONERO CON RIEGO**  
**CHILE CENTRAL**

Región	Apta	No Apta	Total
	(ha)		
Coquimbo	285.490	3.728.855	4.014.345
Valparaíso	1.180.470	363.734	1.544.204
Metropolitana	765.775	691.373	1.457.147
O'Higgins	1.142.245	424.251	1.566.496
Maule	1.933.036	1.018.679	2.951.716
Ñuble	945.118	310.673	1.255.791
Bio Bio	1.386.597	876.354	2.262.951
Araucanía	1.615.225	1.118.301	2.683.177
<b>Total</b>	<b>9.253.956</b>	<b>8.532.220</b>	<b>17.786.176</b>



Con riego

- Zona apta
- Zona no apta



**Figure N° 7**  
**ZONAS POTENCIALES PARA EL CULTIVO DE PINO PIÑONERO CON RIEGO**  
**CHILE CENTRAL**

## DISCUSIÓN

Las zonas potenciales para pino piñonero exceden los 4,7 millones de hectáreas para producción de frutos media y alta, área que no considera otros usos del suelo, con la excepción de áreas urbanas, SNAPE y cuerpos de agua. De acuerdo a INFOR (2019) existen en el área de estudio 2 millones de hectáreas de plantaciones forestales, principalmente de pino radiata y eucaliptos, además de bosque nativos fuera del SNASPE y otros usos actuales del suelo, como agricultura y ganadería.

La zona potencial para la especie es importante, más de 8 millones de hectáreas sin riego, sextuplicando el área reportada por Loewe *et al.* (1998), en un estudio que incluyó más restricciones ecológicas y menos regiones, y confirma la buena adaptación ecológica de la especie en el país (Loewe *et al.*, 2016).

Según las predicciones de Santibáñez (2016), en las próximas décadas el país tendrá veranos más calurosos, con mayor evaporación y menores precipitaciones. Particularmente en la zona centro – sur se espera un mejoramiento en el rendimiento de especies forestales, como pino piñonero, además del desplazamiento y expansión de áreas para cultivos agrícolas. Sin embargo, estas predicciones son difíciles de cuantificar, razón por la que será necesario estudiar las áreas potenciales para pino piñonero más al sur de aquellas incluidas en este estudio. En las áreas del norte, el cultivo de pino piñonero orientado a la producción de frutos podrá presentar limitaciones climáticas, posiblemente reduciendo sus niveles productivos y acentuando su característica vecería (Mutke *et al.*, 2005) debido a su sensibilidad climática (Gordo *et al.*, 2005).

La cartografía de este estudio debe ser considerada como referencial para la especie, dada la escala de la información empleada y la presencia de otros usos de los suelos dentro del área de estudio.

Considerando el creciente interés por la especie entre propietarios, que se ha traducido en la plantación de más de 2.000 ha durante los últimos años, y las cambiantes condiciones climáticas, el pino piñonero se torna una interesante y productiva alternativa para diferentes áreas del país.

## CONCLUSIONES

El territorio chileno tiene condiciones adecuadas para la expansión del cultivo de pino piñonero. Existe más de un millón de hectáreas con alto potencial para la producción de su fruto sin riego, superficie que se concentra en las regiones del sur. Hay también más de 3,5 millones de hectáreas aptas para la producción media de frutos.

Resulta también interesante que la especie constituye una alternativa desde el punto de vista ambiental, siendo posible establecerla dentro de un área de casi 2 millones de hectáreas con fines de protección de suelos. Si se considera riego, el área potencial para la especie se incrementa en un 6,8%, lo que ofrece la alternativa de emplearla en 587.916 hectáreas adicionales si se emplea esta práctica de cultivo, especialmente en las regiones del norte.

Dado el interés por la especie observado en los años recientes y la posibilidad de enfrentar el cambio climático con su cultivo, el pino piñonero es una interesante alternativa productiva para el país.

## RECONOCIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado por INNOVA-CORFO, el Ministerio de Economía Turismo y Desarrollo (código 07CT9 IUM-51 entre 2008 y 2012) y el Ministerio de Agricultura. Se agradece también al Dr. Sven Mutke por su valiosa contribución en el proceso del presente trabajo.

## REFERENCIAS

**Badal, E., 2001.** La recolección de piñas durante la prehistoria en la Cueva de Nerja (Málaga). En Villaverde V Ed. De neandertales a cromañones, el inicio del poblamiento humano en las tierras valencianas. Universidad de Valencia, España. p. 101–104.

**CORFO - UACH, 1987.** Árboles frutales: Situación y potencial en el sur de Chile. Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) - Universidad Austral de Chile (UACH). Chile. 59 p.

**Gil, L., 1999.** La transformación histórica del paisaje: la permanencia y la extinción local del pino piñonero. En Marín F., Domingo J., Calzado A. eds. Los montes y su historia, una perspectiva política, económica y social. Universidad de Huelva, España. p. 151-185.

**Gordo, A. J.; Mutke, S. y Gil, L., 2005.** Consecuencias del cambio climático en la producción de piña en los pinares continentales de *Pinus pinea* L. Actas del IV Congreso Forestal Español: 127. [En línea] Disponible en: <http://www.seforestales.org/buscador/pdf/4CFE05-029.pdf> [Consulta: 8-9-2011].

**INC, 2020.** Statistical Review: Pine Nuts. NUTFRUIT, 79 (1), 82. International Nut and Dried Council.

**INFOR, 2019.** Anuario Forestal 2019. Instituto Forestal, Chile. Boletín Estadístico N°168. Santiago, Chile. 214 p.

**Loewe, V.; Toral, M.; Delard, C.; López, C. y Urquieta, E., 1998.** Monografía de pino piñonero (*Pinus pinea*). Santiago, Chile, CONAF; INFOR; FIA. 81 p.

**Loewe, V.; Balzarini, M.; Álvarez, A.; Delard, C. and Navarro, R., 2016.** Fruit productivity of Stone Pine (*Pinus pinea* L.) along a climatic gradient in Chile. Agricultural and Forest Meteorology, 223, 203–216. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.04.011>

**Mutke, S., 2009.** Informe Estadía en Chile, 4-17 Octubre 2009 en el marco del proyecto El piñón comestible del Pino piñonero (*P. pinea*): un negocio atractivo para Chile. 41 p.

**Mutke, S.; Gordo, J. and Gil, L., 2005.** Cone yield characterization of a Stone Pine (*Pinus pinea* L.) clone bank. Silvae Genetica; 54:197-189.

**Pérez, J.; Sarmiento, L. A.; Santamaría, E.; Sevillano, E. y Fernández, A., 2009.** Áreas potenciales de *Pinus radiata* D. Don en el Bierzo. En Sociedad Española de Ciencias Forestales ed. V Congreso Forestal Español: Montes y Sociedad: saber qué hacer. 13 p.

**Prada, M. A.; Gordo, J.; De Miguel, J.; Mutke, S.; Catalán, G.; Iglesias, S. y Gil, L., 1997.** Las regiones de procedencia de *Pinus pinea* L. en España. Organismo Autónomo de Parques Naturales, Madrid, España.

**Ruiz-Peinado, R.; López, E.; Alonso, R.; Roig, S.; Sánchez, O. y Montero, G., 2009.** Áreas potenciales del rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) en la Comunidad de Madrid: aproximación a partir de la teoría de campos. Actas del V Congreso Forestal Español: Montes y Sociedad: saber qué hacer. 9 p.

**Santibáñez, F., 2016.** Expo - Seminario: Sector Silvoagropecuario de la región de los Ríos. Oportunidades y Desafíos ante el Cambio Climático. 31/8/2016 CECS, Carpa de la Ciencia. [http://www.infor.gob.cl/images/pdf/1\\_Seminario\\_Cambio\\_Climatico\\_FSantibanez.pdf](http://www.infor.gob.cl/images/pdf/1_Seminario_Cambio_Climatico_FSantibanez.pdf).





# CAPTURA, AISLACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE MATERIAL FÚNGICO DE LA REGIÓN DE ÑUBLE PARA SU INCORPORACIÓN AL BANCO DE HONGOS COMESTIBLES DEL INSTITUTO FORESTAL

Chung, Patricio<sup>6</sup>

## RESUMEN

Es de amplio conocimiento que los bosques no solo producen madera, sino que también una diversidad de otros productos, conocidos como productos forestales no madereros (PFNM), con frecuencia de sorprendente e insospechada importancia en el ámbito económico, alimentario y cultural entre la población que los habitan.

Los hongos silvestres comestibles presentes en los bosques de Chile constituyen un recurso valioso, cuyo comercio adquiere cada vez mayor importancia. No obstante, su producción natural bajo diferentes ambientes, como son el bosque y las praderas, es variable, de modo que el interés por obtener una producción alta y estable han motivado iniciativas para cultivarlos bajo diferentes estrategias de producción, ya sea mediante el establecimiento de cultivos en condiciones controladas o plantaciones con plantas inoculadas con hongos micorrízicos comestibles de alto valor.

Las diferentes estrategias de crecimiento en ambientes naturales de cada especie fúngica comestible y el interés por consumir productos orgánicos con características de alimento funcional, constituyen una ventajosa oportunidad para implementar líneas de investigación y desarrollo innovativo, que conjuguen aspectos como la conservación de estas especies, la recuperación y enriquecimiento de los bosques y la generación de productos intermedios de alto valor económico, ecológico y social, como son los hongos micorrízicos comestibles.

Dentro de las líneas de trabajo del Instituto Forestal en esta materia, se ha seguido potenciando el banco de hongos comestibles creado en el año 2015. Esto mediante colectas de especies y cepas de hongos silvestres comestibles asociados a bosques nativos, a bosques plantados y también a praderas en las diferentes regiones de Chile, con el propósito de constituir un banco que abra nuevas líneas de trabajo orientadas a definir protocolos que lleven a una producción sostenida de hongos comestibles tratando principalmente de valorizar sus funciones ecológicas y socioeconómicas. Dentro de este quehacer está la de investigar los parámetros que rigen su desarrollo. Bajo esta premisa, el presente trabajo evalúa el efecto de los medios PDA, MMN y BAF en el crecimiento *in vitro* de 52 cepas de diferentes especies silvestres comestibles, colectadas desde bosques nativos y plantaciones en la región de Ñuble.

**Palabras clave:** PFNM, Bosque nativo, Plantaciones Forestales, Hongos silvestres comestibles.

---

<sup>6</sup> Investigador Instituto Forestal, Chile. [pchung@infor.cl](mailto:pchung@infor.cl)

## SUMMARY

It is widely known that forests not only produce wood, but also a variety of non-wood forest products (NWFP), often of surprising and unsuspected economic, food and cultural importance among the population that inhabits them.

Edible wild mushrooms found in the forests of Chile are a valuable resource, the trade of which is becoming increasingly important. However, their natural production under different environments such as forests and grasslands is variable, so that the interest in obtaining a high and stable production has motivated initiatives to cultivate them under different production strategies, either through the establishment of crops in controlled conditions or plantations with plants inoculated with high-value edible mycorrhizal fungi.

The different growth strategies in natural environments of each edible fungal species and the interest in consuming organic products with functional food characteristics, constitute an advantageous opportunity to implement lines of innovative research and development, which combine aspects such as the conservation of these species, the recovery and enrichment of forests and the generation of intermediate products of high economic, ecological and social value, such as edible mycorrhizal fungi.

Within the lines of work of the Forest Institute in this matter, the edible mushroom bank created in 2015 has continued to be strengthened. This through collections of species and strains of wild edible fungi associated with native forests, planted forests as well as grasslands in the different regions of Chile, in order to establish a bank that opens new lines of work aimed at defining protocols that lead to a sustained production of edible mushrooms, mainly trying to value their ecological and socioeconomic functions. Within this task is to investigate the parameters that govern its development. Under this premise, the present work evaluates the effect of PDA, MMN and BAF media on the *in vitro* growth of 52 strains of different edible wild species, collected from native forests and plantations in the Ñuble Region.

**Key words:** NWFP, Native Forests, Planted forests, Edible Wild Mushrooms

## INTRODUCCIÓN

El reino de los hongos está representado por una gran diversidad de especies la que en la casi generalidad de los casos ha pasado inadvertida al momento de emprender alguna acción sobre los ecosistemas forestales. Sin embargo, en la actualidad se reconoce su importante rol ecológico al contribuir a la mantención de la estabilidad de los ecosistemas boscosos. A su vez, este cumple también un rol económico, alimentario y social, a través de los hongos silvestres comestibles, un importante recurso para la población que aloja dentro de los bosques o están cercanos a ellos y que muchas veces se desarrollan en parte en base a su comercio y/o autoconsumo para alimentación.

El uso de hongos en la dieta de los seres humanos ha prevalecido debido a su sabor, textura única y a su importante aporte nutricional, la que junto a sus propiedades terapéuticas los convierten en un excelente alimento funcional.

Actualmente, la recolección de hongos silvestres comestibles se ha convertido en muchos sectores del país en un importante motor generador de ingresos en el medio rural debido a que este recurso puede generar un flujo de ingresos adicionales en gran parte del año. Además, el conocimiento ancestral que posee la población local de especies comestibles características de cada zona con bosque nativo, como son las de los géneros *Cyttaria*, *Ramaria*, *Morchella*, *Butyriboletus*, entre otros; ha generado una serie de iniciativas culturales lo que les ha permitido identificarse con este recurso micológico y otorgarles a estas localidades un sentido de pertenencia, de identidad y de calidad territorial. Se suma a este recurso otros hongos comestibles de los géneros *Suillus* y *Lactarius* procedentes de las plantaciones de pino, con especies muy importantes desde el punto de vista de las exportaciones realizadas por décadas a países principalmente europeos.

La producción de hongos comestibles en bosques, matorrales y praderas constituye una de las principales riquezas forestales, sin embargo, al mencionar los productos forestales, se piensa exclusivamente en la madera, en circunstancias que los productos forestales no madereros, particularmente los hongos comestibles, ofrecen también una interesante alternativa productiva. Estos puede generar una rentabilidad incluso superior a la de cualquier otro producto forestal, sea madera, corteza o frutos, sobre todo si existen sitios en que la irregularidad climática y la degradación de los suelos no permite un rendimiento maderero elevado, tal como ocurre en muchos bosques naturales en Chile.

Para alcanzar a obtener ingresos por el uso maderero de los bosques se requieren lapsos de tiempo bastante largos, lo que genera un desarraigo entre el bosque y la comunidad. El poder lograr que la población rural se identifique con el bosque, ayudará a solucionar algunos problemas como la ocurrencia de incendios y el despoblamiento rural, entre otros; además, el involucrar a la comunidad en el manejo y cuidado del bosque permite que esta lo sienta como algo que es necesario conservar. Esta identidad solo se puede lograr si la comunidad rural ve en el bosque algo productivo y que le reporte beneficios periódicamente.

Los hongos silvestres comestibles en su mayor parte realizan simbiosis con árboles forestales, siendo esto muy benéfico desde el punto de vista ecológico como también en la generación de productos, que en algunos casos pueden alcanzar precios interesantes en los mercados nacionales e internacionales convirtiéndose en un elemento valioso, cuyo comercio adquiere cada día mayor importancia. Sin embargo, su producción depende del tipo de hábitat, presentando además una marcada estacionalidad y un impredecible nivel de producción anual, lo que, unido a la intervención del ser humano en los hábitats naturales donde se producen, determinan que su abundancia natural en el bosque sea variable. Estos factores, junto a una demanda creciente han comenzado a generar una gran presión sobre el recurso micológico lo que

hace reflexionar sobre el peligro que se cierne sobre algunas especies fúngicas, sobre todo las nativas. Como una solución a este problema de sustentabilidad del recurso y al interés por obtener una producción alta y estable, se han abordado iniciativas de investigación para cultivarlos dentro o fuera de los bosques mediante diferentes técnicas de cultivo.

Estos hongos comestibles proveniente de bosques y praderas por sí solos ya son importantes para la generación de ingresos estacionales y también como fuente de alimentos para los habitantes de zonas rurales, por cuanto constituyen un producto altamente proteico, con abundante fibra, vitaminas, minerales y escasa cantidad de grasas.

En general, la producción de hongos no suele ser considerada como un objetivo productivo al momento de establecer plantaciones forestales. Esto se debe a la dificultad que involucra cuantificar su producción y su efecto sobre la rentabilidad final para el propietario. Para superar estas dificultades se requieren estudios específicos, así como también crear pautas de gestión de los bosques que permitan compatibilizar el aprovechamiento de los hongos, con las restantes finalidades del bosque.

Uno de los factores que explica la relativamente baja producción de cuerpos frutales de hongos comestibles en los bosques naturales y plantaciones forestales, es el empleo de técnicas de establecimiento y/o manejo inadecuadas, que afectan negativamente las condiciones ambientales al interior de los bosques, limitando la producción de hongos durante el desarrollo de las masas boscosas. De igual forma, la falta de información y conocimientos respecto de los hongos comestibles y sus asociaciones con especies forestales, limita el aprovechamiento de estos organismos y también de las ventajas productivas que estos confieren a las plantas.

Para el caso de los hongos micorrízicos comestibles, la relación de simbiosis establecida entre hongos y especies forestales constituye una ventajosa oportunidad para implementar líneas de investigación y desarrollo innovativas, que conjuguen la recuperación de suelos degradados, la restauración y enriquecimiento del bosque nativo y el mejor desempeño de las plantaciones, con la generación de productos intermedios de alto valor económico, ecológico y social, como son los hongos micorrízicos comestibles.

La iniciativa, enmarcada en el área de Diversificación Forestal de INFOR, dentro de la cual se inserta la línea de Productos Forestales no Madereros, tiene como objetivo realizar una prospección y colecta de especies y cepas de hongos silvestres comestibles asociados a bosques de *Nothofagus* spp y plantaciones de *Pinus radiata*. Una vez obtenido dicho material, se deberán establecer investigaciones en torno a la búsqueda de protocolos que ayuden a obtener una producción sostenida de hongos silvestres comestibles en ambientes silvestres.

Además, con la constitución de un reservorio de cepas de hongos comestibles se pretende generar una ventana hacia el conocimiento de la biodiversidad fúngica regional ante la sociedad y ante la comunidad científica. Se trata de una herramienta que podrá entregar conocimiento de una parte de la flora fúngica nacional, la que podrá ser difundida en el ámbito regional, nacional e internacional. Sin embargo, esto requerirá de un apoyo técnico permanente para el mantenimiento y conservación del material a largo plazo para futuras acciones que se lleven a cabo.

Se agrega también que, en la actualidad, el estudio de muchos microorganismos y de sus metabolitos, entre los cuales se encuentran los hongos, se ha transformado en un tema de gran importancia si se toma en cuenta un sinnúmero de aplicaciones que se les han encontrado, con aportes significativos para el hombre. Por ello, es de suma importancia desarrollar metodologías

que permitan la adecuada conservación de los microorganismos de tal manera que se pueda acceder a ellos de una manera rápida, sencilla y confiable.

Por último, la información generada respecto a su presencia en sitios diversos (suelo, clima, época de aparición, situación geográfica, vegetación asociada) permitirá una mejor comprensión del comportamiento de estos hongos, lo que ayudará a los futuros trabajos en conservación y uso sostenible del recurso micológico.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los bosques albergan diversos productos forestales no madereros (PFNM) que tienen una importancia económica, alimentaria y cultural entre la población que los habitan o se encuentran cercanas a ellos (Rodríguez *et al.*, 2012). Los PFNM son "todos aquellos productos biológicos, excluida la madera, leña y carbón, que son extraídos de los bosques naturales para el uso humano" (Peters, 1996). Dentro de estos se encuentran los HSC los cuales podrían ser una alternativa en el manejo sustentable del bosque (FAO, 2008)

Catalán (2006) estima que los PFNM pueden constituir el 30 al 40% del uso comercial de un bosque. Su importancia radica en que constituyen una fuente de ingresos para sus recolectores y en que potencialmente pueden transformarse en la clave para el manejo sustentable de los bosques nativos.

La recolección periódica de productos del bosque representa un ingreso complementario en la economía de muchas familias rurales. La característica estacional de la producción permite mantener, en algunos hogares, una actividad casi continua que se reparte entre sucesivos productos, constituyendo además una gran oportunidad para valorizar el bosque nativo a través de la generación de actividades económicas alternativas, que permitan a los pequeños propietarios ocupar su excedente de mano de obra, obtener ingresos estables y diversificar su base productiva (Tacón y Palma, 2005).

Aunque no existen registros del mercado interno de estos productos, que permitan evaluar su importancia económica en el ámbito nacional, se dispone de estadísticas de comercialización para la mayor parte de los productos de exportación. La mayor demanda para estos productos se concentra en los países desarrollados del hemisferio norte, los cuales importan principalmente materias primas para la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria. El mercado internacional de los PFNM es creciente y con amplias posibilidades para el futuro (INFOR, 2004; Tacón y Palma, 2005).

A pesar del sorprendente y atractivo negocio que resulta ser la exportación de PFNM, no se encuentra exento de problemas, los elevados precios de compra del producto han generado una enorme presión por su extracción, lo que ha significado la desaparición de muchas de sus poblaciones naturales, debido principalmente a sus métodos de extracción (Tacón y Palma, 2005).

Este es el caso de algunas especies de hongos silvestres comestibles presente en los bosques nativos chilenos, caracterizados por presentar una sobreutilización del recurso, implicando con ello una disminución de la calidad y cantidad de los ejemplares que lo componen. Los sistemas de explotación utilizados se han limitado solo a extraer la totalidad de los ejemplares sin claras posibilidades de un aprovechamiento sostenible en el tiempo, llegando incluso a la destrucción de los bosques que los albergan, como es el caso del hongo *Cyttaria berteroi*, especie catalogada como "en peligro".

Entre las especies nativas más perjudicadas se encuentran especies como la *Grifola gargal* (*gargal*), *Butyriboletus loyo* (*loyo*), *Cortinarius lebre* (*lebre u hongo liebre*) y varias especies del género *Ramaria* (*changle amarillo o rosado*), *Morchella* (*morchela, morilla*) y *Cyttaria* (*digüeñe, pinatra, llao-llao*); cuyos cuerpos fructíferos son recolectados por habitantes de zonas rurales para su consumo y/o venta. Para muchos recolectores, los hongos nativos son uno de sus principales fuentes de ingresos, siendo un recurso cada vez más escaso y que posee una alta demanda por sus excelentes cualidades culinarias y un alto precio (Taller de Acción Cultural, 2003).

Las comunidades mapuches que habitan las zonas boscosas del país poseen un gran conocimiento de los hongos comestibles silvestres nativos y por muchos años estos se han convertido en un recurso muy valioso para su alimentación, cuya sabiduría relativa al reconocimiento de las distintas especies, lugares donde colectarlas y en qué época del año encontrarlas es aprendida o heredada de sus antepasados.

En base a estos antecedentes, la implementación de acciones que aumenten la presencia de las distintas especies de hongos comestibles en los bosques nativos, es necesaria para que la recolección no se transforme en un agente de degradación, sino que al contrario sea un incentivo para el manejo forestal sustentable y la conservación de los recursos.

Frente a este nuevo escenario, en los últimos años los productos forestales del bosque nativo han concentrado la atención de diversos profesionales, debido a la oportunidad que se presenta para la conservación de la biodiversidad, el desarrollo sustentable y por los altos niveles de comercialización que han alcanzado a escala global diversos productos derivados de ellos (Saavedra, 2004).

Existe un interés comercial por la diversificación debido a las crecientes perspectivas de nuevos sabores y texturas y a un mejor conocimiento de las funcionalidades de los componentes fúngicos moleculares (Honrubia, 2011). Entre la gran diversidad de hongos que existen en la naturaleza, una gran parte de ellos tiene aplicaciones en el área industrial, de los alimentos, de la medicina, entre otras. En este sentido, Boa (2005) menciona que en el mundo existen 1.097 especies de setas consideradas solo como comestibles, 1.069 consideradas como alimento y 470 especies consideradas medicinales. En tanto que en Chile existirían aproximadamente 53 especies de hongos silvestres comestibles (Valenzuela, 2003).

Para el caso de las plantaciones de pino, existen importantes especies de hongos comestibles que son colectadas y comercializadas a nivel nacional e internacional. Su presencia en estas masas vegetacionales comienza a los 4 años desde su establecimiento, incrementando su producción hasta los 12 años, siendo las especies fúngicas típicas, *Suillus luteus*, *S. granulatus*, *S. bellini*, *Rhizopogon luteolus*, *R. roseolus* y *Lactarius deliciosus*.

## MATERIAL Y MÉTODO

El presente trabajo comprendió varias etapas, comenzando con la identificación de los hábitats naturales en donde se desarrollan los bosques de especies del género *Nothofagus* y las plantaciones de *Pinus radiata* dentro de los cuales se pudieran encontrar especímenes de hongos silvestres comestibles.

Un segundo punto a desarrollar fueron los trabajos de prospección y colecta de especímenes seguido de trabajos en laboratorio para la aislación bajo condiciones asépticas (*in vitro*) de cada ejemplar colectado. Por último, la realización de ensayos para la determinación preliminar de los medios de cultivo más aptos para el desarrollo de cada cepa que haya sido

posible aislar, buscando el ingreso definitivo de nuevas cepas de especies de hongos comestibles de la región de Ñuble al banco de hongos del Instituto Forestal en Concepción.

## **Identificación de Zonas de Prospección y Colecta**

La información utilizada para establecer las posibles áreas de prospección y colecta de especímenes de hongos comestibles dentro de la región de Ñuble se basó en la identificación de las zonas de crecimiento en las que se desarrollaban los bosques de las especies del género *Nothofagus*, como también de las plantaciones de *Pinus radiata*, en cuyas masas vegetacionales se ubican la mayoría de las especies de hongos comestibles, tanto nativos como exóticos.

Para la elaboración del mapa con la distribución del género *Nothofagus* para la región de Ñuble, se utilizó el “Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile” actualizado al año 2015 por la Corporación Nacional Forestal (CONAF, 2015). En el material indicado se identificaron las masas vegetacionales donde participa este género en base a criterios de dominancia de estas especies, dentro de cada masa vegetacional. En este mapa se ubicaron las masas vegetacionales con presencia de las especies raulí, roble, coihue, hualo, lenga y ñirre en condición de especies dominantes o codominantes.

En la confección del mapa de distribución de las plantaciones de *Pinus radiata*, se utilizó la información obtenida por el Instituto Forestal del Programa de Actualización Permanente de Plantaciones Forestales (INFOR, 2019). Para realizar esta tarea, se pudo contar con el apoyo del área de investigación Inventario Forestal Continuo de INFOR, sede Bío Bío.

## **Ficha Descriptiva para Cada Cepa**

Para ayudar a describir algunos aspectos relacionados a características de sitio en el cual se estaban desarrollando los hongos colectados, se elaboró un formulario de terreno que recogió una breve descripción de aspectos que pudieran ser de importancia para el desarrollo de dichas fructificaciones. Dentro de los datos colectados, se contemplaron aspectos como ubicación geográfica, asociación vegetal asociada, suelo, altitud, exposición, fecha, intervenciones silvícolas, recolector, entre otros antecedentes.

## **Campaña de Terreno**

Para una mayor eficacia de las tareas de búsqueda de especímenes de hongos comestibles, estas se concentraron para el caso de los bosques de *Nothofagus* en sectores con mayor presencia de este género, es decir, las zonas de precordillera. Para el caso de los hongos en bosques de pino, su búsqueda se centró en las diferentes zonas de crecimiento predefinidas en el mapa de la región a prospectar, concentrándose en las zonas cercanas a la costa, áreas donde se concentran las mayores superficies de plantaciones con esta especie.

Si bien se identificaron las zonas vegetacionales en donde se desarrollaban *Pinus radiata* y *Nothofagus spp.*, la colecta se desarrolló en base a las condiciones de humedad existentes en la región de prospección, las cuales presentaron gran deficiencia en precipitaciones, con montos insuficientes para la aparición de varias especies de importancia.

En la zona a prospectar se pueden identificar dos épocas de cosecha que son los períodos de otoño y primavera, siendo los meses abril-junio y septiembre-noviembre, respectivamente. Sin embargo, los trabajos de recolección realizadas en la región a prospectar, para los períodos de primavera y otoño fueron bastante cortos debido a la escasez de precipitaciones.

Las mayores fructificaciones ocurrieron en la época de invierno-primavera, período en el cual las precipitaciones se presentaron con mayor abundancia. Bajo estos resultados, se constató que las precipitaciones son un aspecto importante en la aparición de las diferentes especies de hongos comestibles silvestres de los bosques.

Es de mencionar que los períodos de aparición de las diferentes especies de hongos pueden variar de un año a otro, debido a que estos están muy ligados a factores climáticos. Los parámetros principales que se deben tener en cuenta son la temperatura y las precipitaciones, por lo que no es posible precisar una fecha de aparición y término de una producción fúngica determinada. Los cambios ambientales que se han producido en los últimos años han empezado a modificar los tiempos en que los cuerpos fructíferos de los hongos aparecen, por lo que acontecimientos de sequía o de abundancia en precipitaciones pueden afectar la aparición y cantidad.

De acuerdo a lo anterior, se comenzaron a realizar las salidas de prospección y colecta un par de semanas después de que se produjeron las primeras lluvias otoñales o primaverales, las cuales deberían ser abundantes de tal forma de obtener una conveniente infiltración bajo la capa vegetal y especialmente en el primer horizonte del suelo, aspectos que, junto con la temperatura, permitirían que los hongos pudieran activar sus mecanismos de fructificación.

Por último, es de mencionar que una de las grandes desventajas en realizar los trabajos de prospección y colecta en esta región, fueron las distancias entre los diferentes sectores a prospectar, ahondando más esta dificultad la distancia de estos sectores con el lugar de procesamiento de los especímenes, el cual se encuentra en Concepción. Se agregan, además, la atomización de las áreas de bosque nativo en esta región por el grado de deterioro por el uso del suelo y la degradación misma de estos bosques, repartiéndose en pequeños bosquetes aislados y esparcidos a grandes distancias dentro de propiedades privadas que limitan la búsqueda y la entrada a estas zonas.

Por lo dificultoso de la prospección y recolección en áreas del bosque nativo de la región objetivo, los trabajos no se limitaron solamente a esta, sino que a otras en las que se pudieran buscar y rescatar especímenes y cepas que aún no han sido colectados en anteriores trabajos, permitiendo ir cubriendo zonas del bosque nativo no exploradas y así ir completando el banco de cepas.

### **Colecta y Captura de Información**

Para cada muestra colectada se tomaron diversos datos en terreno para caracterizar el sitio de crecimiento del espécimen capturado. Para ello se utilizó una ficha previamente confeccionada, tomando los datos necesarios para caracterizar ambientalmente la cepa colectada. Para ello se contó con los formularios respectivos y un GPS para establecer la ubicación geográfica.

Sin embargo, muchas colectas fueron facilitadas por los propios lugareños de las áreas a prospectar, resguardando así en secreto los lugares de aparición de hongos de importancia como es *Grifola gargal*, por lo cual para esta especie no se cuenta con una descripción detallada de los lugares de colecta.

Para el transporte del material de colecta, cada muestra colectada fue puesta en una bolsa de papel, previamente marcada con la fecha y la identificación respectiva de la muestra y colocada posteriormente en un contenedor plástico que en su interior contenía barras artificiales



congeladas (ice pack) para mantener las muestras a una temperatura de 5°C hasta su arribo al laboratorio.

La colecta se realizó de acuerdo al siguiente protocolo:

- a.- Selección priorizada de sitios de colecta en función de características climáticas favorables a la fructificación.
- b.- Identificación preliminar de los hongos en terreno y captura de datos para la caracterización del lugar de muestreo.
- c.- Extracción de cuerpos fructíferos y limpieza de los mismos con brocha o pincel grueso para eliminar partículas de suelo y materia orgánica.
- d.- Embalaje de las muestras en bolsas de papel para permitir la respiración del hongo e impedir la acumulación de humedad, lo que induciría a un mayor deterioro de la muestra.
- f.- Identificación de la bolsa con el número de la muestra colectada en terreno, lugar y fecha.
- g.- Almacenaje en contenedor de aislapol o plástico con hielo o ice pack para su preservación durante el viaje.
- h.- Transporte en forma rápida (no más de 2 días) al laboratorio para proceder a la aislación del micelio o esporas.
- i.- Identificación final si fuese necesario, tanto del cuerpo frutal como del micelio aislado con el apoyo de un especialista en taxonomía fúngica.

## **Aislación y Acondicionamiento de Cepas**

### **- Codificación de Especímenes**

Para ordenar los especímenes colectados, aislados e incorporados al Cepario de Hongos Comestibles del Instituto Forestal, se utilizó una codificación que permitió vincular la información de terreno, los registros fotográficos y las diferentes cepas aisladas.

El código aplicado fue el siguiente:

**IFAABBCCC**

Donde:

IF: Instituto Forestal (Institución Colectora)

AA: Región de Chile

BB: Sector de Colecta

CCC: Número de la cepa

### **- Preparación de Medios de Cultivo**

Para conseguir la aislación del material fúngico, se preparó un medio de cultivo que permitiera el desarrollo de los tejidos de los hongos.

En esta etapa se usó una modificación del medio Melin–Norkrans (MMN), que corresponde a un medio común para el crecimiento de hongos tanto saprófitos, como micorrícicos y parásitos (Marx, 1969). La formulación del medio MMN se muestra en el Cuadro N° 1.

**Cuadro N°1  
FORMULACIÓN DEL MEDIO MMN MODIFICADO**

<b>Nutrientes</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Fuentes de carbohidratos</b>	
Extracto de Malta	<b>2 g</b>
D - Glucosa	<b>5 g</b>
<b>Nutrientes Minerales</b>	
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	<b>0,25 g</b>
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	<b>0,5 g</b>
MgSO <sub>4</sub> • 7H <sub>2</sub> O	<b>0,15 g</b>
CaCl <sub>2</sub>	<b>0,05 g</b>
FeCl <sub>3</sub>	<b>1,2 ml (sol. 1%)</b>
NaCl	<b>0,025 g</b>
<b>Vitaminas</b>	
Tiamina HCl	<b>100 µg</b>
<b>Agua Destilada</b>	<b>1.000 ml</b>
<b>pH</b>	<b>5,5</b>
<b>Agar</b>	<b>15 g</b>

Previo a la confección de los medios de cultivo, se realizó la desinfección de la cámara con alcohol al 70% y tratada con luz UV junto a las placas de Petri. El medio de cultivo fue preparado en frascos Erlenmeyer de 1 litro, adicionando los productos químicos, vitaminas, carbohidratos y agar correspondientes a la fórmula.

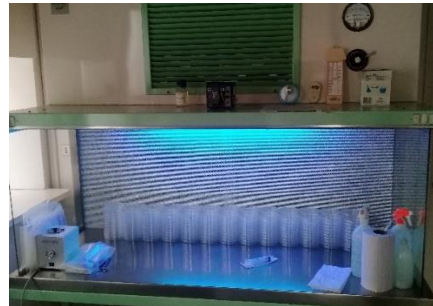
Se verificó el pH mediante un peachímetro, ajustándose este con KOH o HCl, para subir o bajar el pH, respectivamente. Cada medio fue esterilizado en autoclave a 121 °C de temperatura, 1,2 atmósferas de presión y en un lapso de 20 minutos.

Terminada la esterilización de los medios, estos fueron llevados a la cámara de flujo laminar para ser vaciados en placas Petri. El vaciado del medio se realizó con una jeringa estéril con el medio a temperaturas sobre los 40°C, para evitar la solidificación de este, agregando 20 ml de medio a cada uno de las placas.

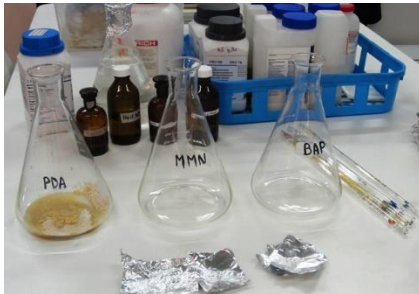
Finalizado el vaciado, se dejaron enfriar las placas Petri, visualizando en ellas la finalización de la condensación producto de la evaporación. Posteriormente, estas fueron guardadas o utilizadas inmediatamente. Este proceso se realizó bajo una cámara de flujo laminar para el trabajo dentro de un ambiente estéril (Figura N°1).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

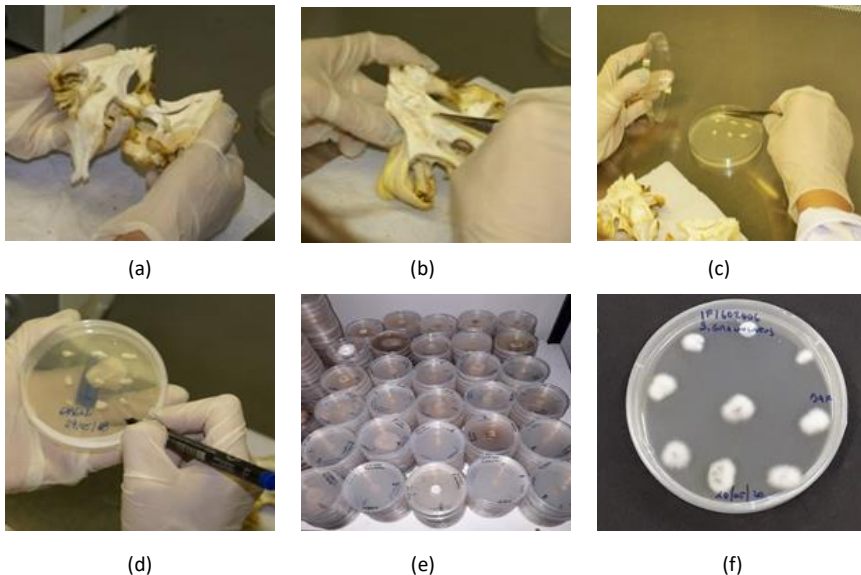
- (a) Esterilización del interior de la cámara de flujo laminar con alcohol al 70% y luz UV  
(b) Preparación de placas Petri bajo cámara de flujo laminar en ambiente estéril  
(c) Confección de medios de cultivo con elementos particulares de cada uno  
(d) Medio esterilizado y vaciado de medio con jeringa estéril a placas Petri  
(e) Vaciado de medios de cultivo en placas Petri estériles  
(f) Placas Petri con medios de cultivo en etapa de secado

**Figura N°1**  
**PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO**

## - Procedimientos de Aislación de Tejidos

En la etapa de aislamiento, cada muestra colectada fue previamente registrada en laboratorio en base a una toma fotográfica (Anexo N°2) y la asignación del código antes mencionado.

La inoculación de los medios se realizó bajo una cámara de flujo laminar, tomando un segmento de tejido del cuerpo fructífero del hongo. Para ello, se realizó la segmentación del hongo, dejando expuesto el tejido estéril presente en el interior, permitiendo así la extracción de pequeñas porciones de tejido, los cuales se colocaron sobre el medio de cultivo. Hecho este procedimiento, las placas de Petri se sellaron con papel parafilm, procediendo finalmente a marcar con el código de la cepa, medio de cultivo utilizado y la fecha de aislamiento. Posteriormente las placas de Petri se colocaron en un ambiente oscuro a 23°C de temperatura, para que se desarrolle y se verifique el crecimiento sin presencia de otros contaminantes, como bacterias u otro hongo contaminante (Figura N°2).



**Figura N° 2**  
**AISLACIÓN DE TEJIDOS**

Para cada cepa aislada, se realizó un seguimiento para ver la evolución del crecimiento y la posible aparición de contaminantes como bacterias y otros hongos.

Ante la aparición de agentes contaminantes, se procedió a realizar subcultivos transfiriendo micelio limpio a medio fresco.

De esta forma, se logró la aislación definitiva de la mayoría de las cepas y con ello la obtención de una cantidad de material suficiente para el montaje de los ensayos para la selección de los medios de crecimiento apropiados para cada cepa.

### **Determinación de Medios de Crecimiento**

Una vez establecida la aislación definitiva de la gran mayoría de las cepas colectadas, se estableció un ensayo para definir el mejor medio de crecimiento, en términos técnicos y económicos, entre tres alternativas que fueron evaluadas para cada cepa.

El ensayo se estableció en laboratorio, con condiciones ambientales de 23°C de temperatura y 55% de humedad de acuerdo a lo indicado por Santiago-Martínez et al. (2003).

Los medios utilizados fueron los sugeridos por Murrieta et al. (2013), quienes citando a varios investigadores, señalan que los medios más utilizados, ya sea para el aislamiento (medios sólidos) o la micorrización (medios líquidos), son el BAF (Biotina Aneurina Ácido Fólico) (Moser, 1960), MMN (Medio Melin-Norkrans), y PDA (Papa Dextrosa Agar) que varían de mayor a menor complejidad y costo (Cuadro N° 2).

Además, los mencionados autores indican que estos medios de cultivo han sido probados en otro tipo de especies y que se han obtenido diversos resultados respecto al éxito de crecimiento y desarrollo del micelio.

Los ensayos se montaron en placas Petri de vidrio, de 9 cm de diámetro por 1,5 cm de altura, previamente esterilizadas en autoclave a 1,2 atm., a 120 °C por 20 minutos. Los medios de cultivo utilizados en los ensayos se esterilizaron en frascos Erlenmeyer de 1 L, dispuestos en una autoclave a 1,2 atm de presión, y 120 °C por 20 min.

El vaciado del medio a las placas Petri se realizó con jeringa desechable, trabajando bajo una cámara de flujo laminar previamente esterilizada con alcohol al 70% y baños de luz ultravioleta.

En cada placa Petri se depositaron 20 ml de medio de cultivo, dejando enfriar posteriormente para su solidificación y verificando la eliminación del vapor de agua dentro de cada placa antes de su uso.

Para la inoculación de los medios de cultivo con cada una de las cepas a evaluar, se procedió a utilizar uno de dos tipos de sacabocados que permitían obtener círculos de micelio de 1,4 cm de diámetro a partir del crecimiento inicial en los trabajos de aislación.

La instalación de los ensayos se realizó bajo un ambiente estéril dado por una cámara de flujo laminar, dentro de la cual se realizó la inoculación de los medios de cultivo. Esta se instaló, utilizando los círculos de micelio obtenidos por los sacabocados y extraídos con un asa estéril para su ubicación en los medios de cultivo.

**Cuadro N° 2**  
**FORMULACIÓN DE LOS MEDIOS DE CRECIMIENTO A EVALUAR**

Nutrientes	Composición de Medios de Cultivo		
	Medio MMN	Medio BAF	Medio PDA
<b>Fuentes de carbohidratos</b>			
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	20 g
<b>Nutrientes Minerales</b>			
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,25 g		
FeCl <sub>3</sub> • 6 H <sub>2</sub> O		10 mg	
ZnSO <sub>4</sub> • 7H <sub>2</sub> O		1 mg	
MnSO <sub>4</sub> • 4 H <sub>2</sub> O		5 mg	
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,5 g	0,5 g	
MgSO <sub>4</sub> • 7H <sub>2</sub> O	0,15 g	0,5 g	
CaCl <sub>2</sub>	0,05 g	100 mg	
FeCl <sub>3</sub>	1,2 ml (sol. 1%)		
NaCl	0,025 g		
<b>Vitaminas</b>			
Tiamina HCl	0,01 mg	0,05 mg	
Biotina		0,001 mg	
Ácido Fólico		0,1 mg	
Inositol		50 mg	
<b>Agua Destilada</b>	1.000 ml	1.000 ml	1.000 ml
<b>pH</b>	5,5	5,5	5,5
<b>Agar</b>	15 g	15 g	15 g

Una vez realizadas las inoculaciones, las placas selladas y codificadas se colocaron en la cámara de crecimiento bajo oscuridad y a 23°C de temperatura. El ensayo evaluó los tres medios de cultivo anteriormente descritos y aplicados a cada cepa aislada, donde cada medio fue representado por tres repeticiones de una placa Petri cada una, totalizando 9 placas por cepa.

La evaluación del crecimiento de las cepas en los medios de cultivo se realizó después de 30 días de incubar las placas Petri en oscuridad a 23 °C. La evaluación del crecimiento consistió en medir con una regla el crecimiento radial de la cepa en cuatro direcciones, tomando como punto 0, el centro de la placa conteniendo el medio de cultivo y el inóculo, registrando en cada ocasión el incremento en milímetros de la expansión del micelio desde el inóculo en su plano horizontal, sobre cada uno de estos ejes.

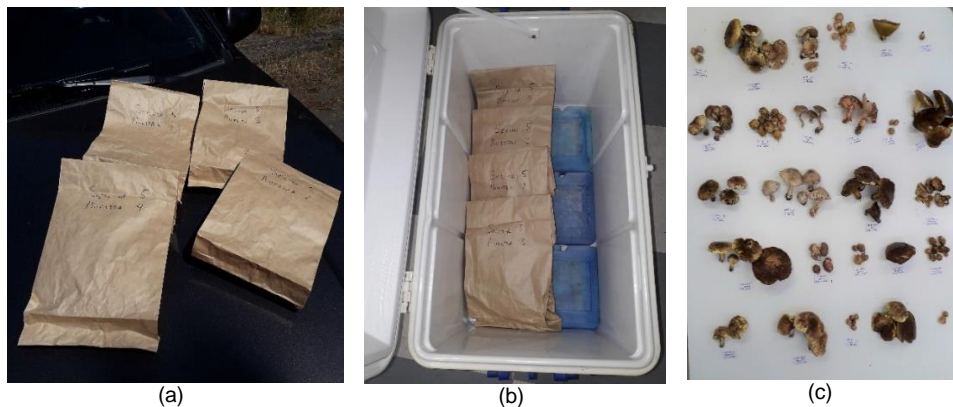
Una vez realizada cada medición, a cada una de ellas se le restó el radio del círculo puesto inicialmente, para obtener finalmente el crecimiento real. Los datos obtenidos fueron digitados y depurados, para posteriormente realizar los análisis de varianza y comparación múltiple de medias (Test de Duncan con  $\alpha = 0,05$ ) utilizando el software estadístico InfoStat, versión 2011/P.

## RESULTADOS

### Prospección y Colecta de Hongos Comestibles

Como resultado del trabajo de prospección y colecta (Figura N° 3), se realizaron 92 colecta de especímenes, a los cuales se le realizaron los trabajos de aislamiento y limpieza de contaminaciones en el laboratorio de INFOR en Concepción.

Sin embargo, del total colectado, se lograron aislar en forma definitiva un total de 75 cepas, 52 de ellas correspondieron a cepas de especies de hongo comestibles con las cuales se trabajó para el montaje de los experimentos.



- (a) Muestras en bolsas de papel con código para identificación del sitio
- (b) Contenedor con *icepack* para mantener muestras a 3-4°C
- (c) Ordenación y codificación de muestras en laboratorio

**Figura N° 3**  
**COLECTA DE HONGOS**

### Aislación de Cepas

La respuesta de las cepas a la metodología de aislamiento utilizada fue variable, observándose crecimientos muy lentos como fue el caso de algunas cepas de *Butyriboletus loyo* y *Volvariella speciosa*. Otras en cambio, respondieron muy bien a algún tipo de medio o a todos ellos sin distinción como es el caso de las cepas de *Grifola gargal*.

Se observó durante el proceso de aislamiento contaminación de algunos tejidos aislados dentro de los cultivos, lo que generó un inmediato proceso de sub cultivos para la eliminación de la contaminación respectiva, lográndose una eliminación exitosa en la mayoría de los tejidos de las cepas aisladas, después de unos meses de trabajo.

En otros casos la cepa no pudo ser separada del organismo contaminante, por lo que varias cepas en proceso de aislamiento se perdieron (Figura N° 4).

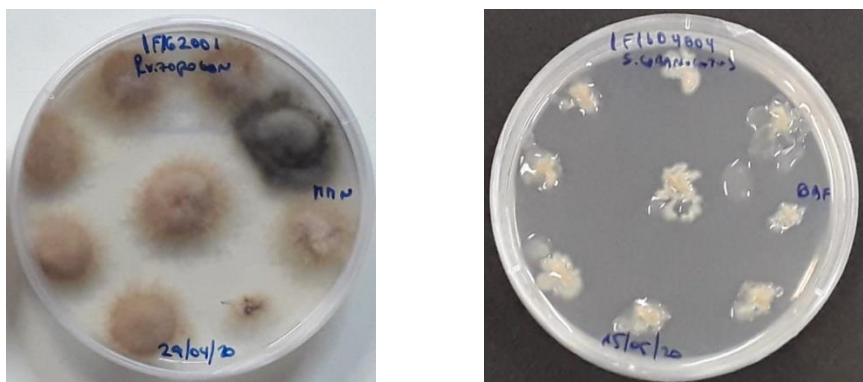


Figura N° 4  
CONTAMINACIÓN POR BACTERIAS Y HONGOS

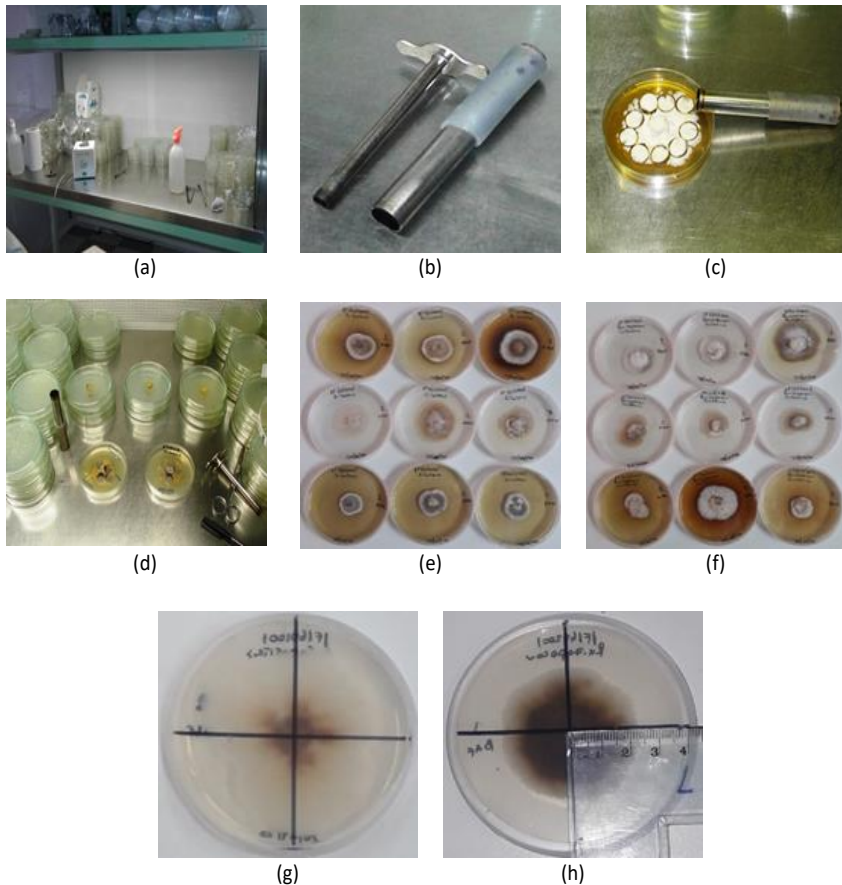
### Selección de Medios de Cultivo

Una vez realizada la instalación de los ensayos con las 52 cepas de hongos comestibles, se procedió a realizar las mediciones una vez cumplido el período de 30 días, tiempo suficiente para que la cepa desarrollara crecimiento (Figura N° 5).

Los resultados de las mediciones con los crecimientos promedios de cada una de las cepas en cada uno de los medios, junto con los resultados de los análisis estadísticos respectivos se muestran en el Cuadro N° 3. Para los análisis de varianza y comparación múltiple de medias (Test de Duncan con alfa = 0,05) utilizando el software estadístico InfoStat, versión 2011/P.

En lo que respecta a la especie *Suillus luteus*, existe un comportamiento variable de acuerdo a la 13 cepas que se analizaron. La gran mayoría de las cepas presentaron un crecimiento mayor en los 2 medios más complejos, sin embargo, cinco de ellas no presentan diferencias significativas en el crecimiento radial entre los medios de cultivo utilizados, en tanto que otras 6 presentan crecimientos con diferencias estadísticamente similares entre los medios BAF y MMN, pero que difieren en el nivel de significancia en relación al medio PDA. Mientras que otras 2 cepas presentan diferencias significativas entre el medio BAF y los otros medios evaluados. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Pereira *et al.* (2007) y Chávez *et al.* (2007), los cuales encontraron un crecimiento eficiente en los medios MMN y BAF en valores de pH entre 4,8 y 5,8.





- (a) Instalación de ensayos bajo ambiente estéril en cámara de flujo laminar  
 (b) Sacabocados de acero para la elaboración de discos de micelio  
 (c) Elaboración de discos de inoculación  
 (d) Aspecto de los discos de micelio puesto en los medios de cultivo en placas de Petri  
 (e) Crecimiento radial de *Suillus luteus* (cepa IF1613005) en medios PDA, MMN y BAF a los 30 días  
 (f) Crecimiento radial de *Rhizopogon luteolus* (cepa IF1615003) en medios PDA, MMN y BAF a los 30 días  
 (g) Marcaje de líneas de puntos de medición  
 (h) Medición de crecimiento radial

**Figura N° 4**  
**INSTALACIÓN DE ENSAYO Y AISLACIÓN DE CEPAS**

Los resultados muestran también concordancia con estudios realizados por Gonzalez *et al.* (2014), quienes concluyen que esta especie se desarrolla adecuadamente en los medios BAF y MMN, con una abundancia de nutrientes, como también en un medio como EMA con baja presencia de ellos. Además, estos mismos investigadores señalan que las cepas de esta especie son determinantes en el tipo de respuestas al crecimiento en condiciones *in vitro*. Las diferencias en relación al origen de las cepas también fueron observadas en otros estudios realizados en España por Ruiz-Diez *et al.* (2006) que indican una diferencia en el crecimiento de los cultivos dependiendo de la zona de procedencias de las cepas

En relación a *Suillus granulatus*, los ensayos realizados indican que los mejores crecimientos a los 30 días de evaluados correspondieron al medio BAF, pero siendo las cepas IF1616002 y IF18001, las que muestran diferencias significativas tanto para el medio PDA como para MMN en relación a la primera y solo PDA para la segunda, observándose además que las otras 5 cepas de *S. granulatus* presentaban la misma tendencia de crecimiento, aunque sin presentar diferencias entre los medios. Estos resultados difieren en cuanto a lo obtenido por experiencias realizadas por Murrieta *et al.* (2013) trabajando con una cepa de esta especie, logrando como resultado una mayor área de crecimiento bajo el medio PDA.

*Suillus bellini* representado en el ensayo por tres cepas, mostró crecimientos mayores en medios más complejos, sin embargo, solo la cepa IF1611003 presentó diferencias significativas entre los tres medios, con un crecimiento mayor en el medio MMN.

Como resultado de la respuesta a los medios de crecimiento para las 3 especies del género *Suillus*, se observa una tendencia similar en relación a un mayor crecimiento radial en medios más complejos. Esta similitud en el comportamiento fue en parte demostrada por estudios realizados por Pereira *et al.* (2007), quienes encontraron un comportamiento en crecimiento en medio BAF similar entre *S. bellini* y *S. luteus*.

Para el caso de *Agaricus campestris*, este presentó un crecimiento mucho más lento que especies saprófitas como *Pleurotus ostreatus* o *Flammulina velutipes*. De los crecimientos obtenidos, los mejores resultados se lograron con el medio BAF seguido de PDA. Según estudios realizados por Pacioni (1987) con la especie *A. bisporus*, los mejores resultados se obtuvieron con los medios PDA (Papa-dextrosa-agar), MEA (Extracto de malta-agar) y MPGA (Malta-peptona-agar).

Para el presente estudio el medio más completo en nutrientes y vitaminas fue el que alcanzó mayor expansión en las placas, siendo estadísticamente significativo su crecimiento en relación a PDA y MMN, este último con un resultado significativamente menor en relación a los otros medios evaluados. En tanto que, para la especie del mismo género, *A. arvensis* las dos cepas evaluadas presentan un comportamiento similar, con un crecimiento estadísticamente significativo, entre el medio BAF en relación a los otros medios evaluados.

Otra especie evaluada fue *Rhizopogon luteolus*, con 7 cepas evaluadas, de las cuales 5 no presentaron diferencias significativas entre los 3 medios aplicados, mientras que las otras 2, las cepas IF1608001 y IF1612004, tuvieron un crecimiento estadísticamente significativo respecto a PDA y BAF o solo para PDA, respectivamente. En tanto que otros especímenes del género, pero no identificados aún a nivel de especie, mostraron también crecimientos mayores en el medio MMN pero solo la cepa IF1615004 presentaba diferencias significativas respecto a los otros medios de crecimiento evaluados.

**Cuadro N° 3**  
**SELECCIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO PARA CEPAS DE HONGOS COMESTIBLES COLECTADAS**

N° Cepa	Especie	N° Repet.	Medios de Cultivo (cm)					
			PDA	*	MMN	*	BAF	*
IF1601001	<i>Agaricus campestris</i> (L.) Fr.	3	0,86	b	0,50	a	1,08	c
IF1601002	<i>Suillus luteus</i> (L.) Roussel	3	1,53	a	1,44	a	1,39	a
IF1601005	<i>Volvariella speciosa</i> (Fr.) Sing.	3	1,12	a	0,78	a	1,16	a
IF1602001	<i>Rhizopogon luteolus</i> Fr.	3	0,70	a	0,72	a	0,81	a
IF1602004	<i>Agaricus arvensis</i> Schaeff.	3	0,71	b	0,40	a	1,23	c
IF1602006	<i>Suillus granulatus</i> (L.) Kuntze	3	0,73	a	0,90	a	1,43	a
IF1603001	<i>Suillus luteus</i> (L.) Roussel	3	0,75	a	1,19	b	1,08	b
IF1603004	<i>Suillus granulatus</i> (L.) Kuntze	3	1,15	a	1,05	a	1,58	a
IF1603007	<i>Agaricus arvensis</i> Schaeff.	3	0,96	a	0,95	a	1,18	b
IF1604001	<i>Flammulina vellutipes</i> (Kurt.:F.) Karst	3	3,50	a	3,39	a	3,50	a
IF1604002	<i>Lactarius deliciosus</i> (L.:Fr.) Gray	3	0,65	b	0,27	a	1,43	c
IF1604003	<i>Lactarius sp.</i>	3	0,46	a	0,24	a	1,20	b
IF1604004	<i>Suillus granulatus</i> (L.) Kuntze	3	0,93	a	1,11	a	1,04	a
IF1604006	<i>Armillaria mellea</i> (Vahl) P. Kumm	3	3,13	b	1,36	a	1,70	a
IF1605001	<i>Suillus luteus</i> (L.) Roussel	3	1,06	a	1,89	b	1,41	ab
IF1605002	<i>Suillus granulatus</i> (L.) Kuntze	3	0,92	a	0,91	a	1,17	a
IF1606005	<i>Suillus luteus</i> (L.) Roussel	3	0,69	a	1,45	b	1,38	b
IF1607001	<i>Suillus luteus</i> (L.) Roussel	3	0,78	a	0,91	a	0,87	a
IF1608001	<i>Rhizopogon luteolus</i> Fr.	3	0,73	a	1,24	b	0,85	a
IF1608003	<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	3	0,49	a	1,68	b	2,73	c
IF1608006	<i>Lactarius deliciosus</i> (L.:Fr.) Gray	3	0,83	a	0,38	a	0,83	a
IF1609003	<i>Suillus luteus</i> (L.) Roussel	3	1,05	a	1,08	a	1,79	b
IF1610002	<i>Suillus luteus</i> (L.) Roussel	3	0,46	a	0,81	ab	0,96	b
IF1611002	<i>Rhizopogon luteolus</i> Fr.	3	0,58	a	1,03	a	1,23	a
IF1611003	<i>Suillus bellini</i> (Inz.) Kuntze	3	0,64	a	1,42	c	1,09	b
IF1612002	<i>Suillus bellini</i> (Inz.) Kuntze	3	0,71	a	0,99	a	1,12	a
IF1612004	<i>Rhizopogon luteolus</i> Fr.	3	0,47	a	0,83	b	0,68	ab
IF1613003	<i>Rhizopogon luteolus</i> Fr.	3	0,64	a	1,02	a	1,03	a
IF1613005	<i>Suillus luteus</i> (L.) Roussel	3	1,04	a	1,58	b	1,33	ab
IF1614002	<i>Rhizopogon luteolus</i> Fr.	3	0,92	a	1,13	a	1,08	a
IF1615001	<i>Lactarius deliciosus</i> (L.:Fr.) Gray	3	0,68	a	0,47	a	1,30	b
IF1615002	<i>Suillus granulatus</i> (L.) Kuntze	3	0,92	a	0,83	a	1,15	a
IF1615003	<i>Rhizopogon luteolus</i> Fr.	3	0,72	a	0,93	a	0,91	a
IF1615004	<i>Rhizopogon sp.</i>	3	0,71	a	1,04	b	0,67	a
IF1615005	<i>Rhizopogon sp.</i>	3	0,98	a	1,58	a	1,09	a
IF1616001	<i>Boletus luyo Philippi.</i>	3	0,17	a	0,14	a	0,18	a
IF1616002	<i>Suillus granulatus</i> (L.) Kuntze	3	0,58	a	0,86	b	1,32	c
IF1616004	<i>Lactarius deliciosus</i> (L.:Fr.) Gray	3	0,98	a	0,51	a	0,92	a
IF1616008	<i>Suillus luteus</i> (L.) Roussel	3	1,39	a	1,73	b	1,66	ab
IF1617002	<i>Suillus luteus</i> (L.) Roussel	3	0,61	a	1,14	a	1,26	a
IF1618001	<i>Suillus granulatus</i> (L.) Kuntze	3	1,28	a	1,64	ab	1,88	b
IF1618002	<i>Suillus luteus</i> (L.) Roussel	3	1,56	a	1,24	a	1,63	a
IF1619001	<i>Suillus luteus</i> (L.) Roussel	3	1,17	a	1,61	a	1,43	a
IF1619003	<i>Suillus bellini</i> (Inz.) Kuntze	3	0,83	a	0,93	a	0,90	a
IF1620001	<i>Morchella esculenta</i> (L.) Pers.	3	0,64	a	0,48	a	2,87	b
IF1620002	<i>Morchella elata</i> Fr.	3	1,56	b	0,63	a	3,85	c
IF1620003	<i>Morchella conica</i> Pers.	3	2,68	b	0,15	a	3,85	c
IF1621001	<i>Morchella sp.</i>	3	1,78	b	0,33	a	3,85	c
IF1621003	<i>Suillus luteus</i> (L.) Roussel	3	1,02	a	1,08	a	1,27	b
IF1622001	<i>Flammulina vellutipes</i> (Kurt.:F.) Karst	3	4,2	a	4,2	a	4,2	a
IF1622002	<i>Agrocybe aegerita</i> (V. Brig.) Sing.	3	4,2	a	4,2	a	4,2	a
IF1623001	<i>Grifola gargal</i> Singer	3	1,38	a	2,62	b	2,00	ab

Nota: \* Test de Duncan Alfa= 0,05

Medias con una letra común en la misma fila no son significativamente diferentes (p>0,05)

En relación a la especie *Volvariella speciosa*, con la cepa IF1601005 presentó crecimiento mayores y casi similares entre el medio BAF y PDA, siendo el medio MMN el que produjo un menor crecimiento. Sin embargo, estadísticamente estos tres medios no presentaron diferencias significativas entre ellos. Respecto al crecimiento, se deberán seguir las investigaciones en torno a mejorar las condiciones medio ambientales para un mejor desarrollo del micelio. En ese sentido Fasiá y Akwakwa (1996) han avanzado en utilizar ciertas fuentes de carbohidratos, fuente de nitrógeno y una proporción C/N adecuada que impactarían positivamente el crecimiento miceliar.

Por su parte, *Lactarius deliciosus* mostró un crecimiento bastante menor en el medio MMN para las 4 cepas, sin embargo, solo 2 de estas presentan crecimientos mayores en el medio de cultivo BAF, estableciéndose diferencias significativas con MMN y PDA para las cepas IF1615001 y IF1604002. En tanto la cepa IF1604003, identificada solo a nivel de género, presenta también diferencias estadísticamente significativas entre el medio BAF respecto a los medios MMN y PDA. En relación a estos resultados, Iotti *et al.* (2012), mencionaron que *Lactarius spp* se mantienen de forma normal en los medios más comunes informados por diferentes investigadores, como agar papa dextrosa (PDA), agar biotina-aneurina-ácido fólico (BAF), agar extracto de malta (MEA) y agar Melin-Norkrans modificado (MMN).

La especie nativa *Butyriboletus loyo* presentó en los tres medios utilizados, poco desarrollo miceliar debido a su lento crecimiento, reaccionando de igual manera para los 3 medios, pero sin un crecimiento que definiera diferencias significativas entre ellos. Comportamiento similar es el reportado por Chung (2016), indicando que en los ensayos realizados en diferentes medios de cultivo se obtuvo a los 30 días para esta especie un lento crecimiento que fluctuó entre 0,1 a 0,2 cm a los 30 días.

Las especies *Morchella sp.*, *M. esculenta*, *M. conica* y *M. elata* presentaron los mayores crecimientos miceliar en el medio más rico en nutrientes como es el medio BAF con diferencias significativas en todas las cepas ensayadas de este género en relación a los otros medios de cultivo evaluados. A su vez, de los medios de menor crecimiento, el de más bajo desarrollo correspondió a medio MMN. Respecto a los resultados obtenidos, estudios citados por Alvarado *et al.* (2008) y realizados por Volk, Buscott, Stott entre otros varios investigadores, señalaron que el crecimiento miceliar para el caso de *M. esculenta* es bastante rápido y la disminución de medios nutricionales es un factor que aminora su crecimiento. De las observaciones realizadas al crecimiento miceliar, se verificó la formación de esclerocios en el medio BAF, el cual presentaba las mejores condiciones nutricionales. Este fenómeno es comentado por Alvarado *et al.* (2008), quienes señalan que no es necesaria una condición de restricción para la aparición de dichas estructuras.

Respecto de *Armillaria mellea*, hongo parásito de tipo cosmopolita, su desarrollo fue acompañado por una serie de ramificaciones (rizomorfos), siendo estos de mayor número en el medio PDA, y asociado también a un crecimiento miceliar mucho mayor a los medios MMN y BAF.

En relación a la especie saprófita nativa *Grifola gargal*, esta presentó un crecimiento mayor en los medios de cultivo más complejo, siendo el medio de crecimiento MMN, el que generó mayor crecimiento promedio y presentando diferencias significativas con el medio PDA, pero no así con el medio BAF, el cual no presentó diferencias con el medio PDA. De acuerdo a Postemsky *et al.* (2006), la determinación óptima para la producción de micelio de *G. gargal* es un paso fundamental para la producción optimizada de algunos de sus constituyentes con potencial nutricional y valor nutritivo y farmacológico.

Para la especie *Agrocybe aegerita*, el desarrollo miceliar fue bastante rápido, cubriendo

rápidamente las placas de los tres medios evaluados, por lo que estos no fueron de importancia para el buen crecimiento de la cepa evaluada.

En el caso de *Pleurotus ostreatus*, la cepa evaluada tuvo un crecimiento bastante lento, donde predominó un crecimiento cada vez mayor a medida que se complejizaba el medio de cultivo, obteniéndose el mayor crecimiento en el medio BAF.

Por último, las 2 cepas de la especie *Flammulina velutipes*, desarrollaron un crecimiento bastante rápido, logrando para la cepa IF1622001 crecer en todas las placas Petri en el máximo de su capacidad en menos de 30 días, por lo que los medios evaluados fueron indiferentes al ritmo de crecimiento de esta cepa. Mientras que la cepa IF1604001 también presentó un ritmo de crecimiento bastante rápido e indistintamente del medio en el que se desarrollaba, sin embargo, luego de 30 días de crecimiento, no llegó a cubrir en su totalidad las placas

## CONCLUSIONES

De los crecimientos medios obtenidos de cada cepa y en cada medio evaluado, se concluye que no existe un medio común que pueda ser el más eficaz en obtener el mayor crecimiento para una especie fúngica, demostrándose que existen comportamientos diferentes entre las especies y dentro de cada una de ellas (cepas), lo cual se ve reflejado en los resultados obtenidos.

El conocimiento más acabado del comportamiento de los hongos y de sus diferentes cepas en medios de cultivo específicos, requerirá de mayores estudios para definir medios en particular para cepas específicas, buscando precisar no solo el medio preciso para su crecimiento, sino que, además, sus requerimientos climáticos.

En los resultados obtenidos en el crecimiento de las distintas especies y cepas, no se descarta el efecto de parámetros medio ambientales, como el pH que pudiera haber influido en los resultados logrados en relación a su desarrollo miceliar. Para los ensayos establecidos el pH de 5,5 fue estándar para los tres medios de cultivo, lo cual pudo haber influido en el desempeño de las cepas. Esto fue mencionado por Pereira *et al.* (2007), cuyos experimentos con distintas especies de hongos micorrízicos indicaron que una variación de pH es determinante en el comportamiento de las especies de hongos micorrízicos *in vitro*.

Por lo tanto, es importante proseguir los estudios que permitan determinar las 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. Respecto al medio de cultivo, Iotti *et al.* (2012) reafirman la especificidad de estos para cada especie, afirmando que muchos hongos ectomicorrízicos se pueden cultivar en medios de cultivo sintéticos y semisintéticos, pero la tasa de crecimiento es extremadamente variable debido a requerimientos propios de cada especie.

En tanto que, Pereira *et al.* (2007) observaron que el mejor comportamiento que presentan los hongos cultivados *in vitro* se produce en medios nutritivos cuyo pH es similar a aquel registrado en los suelos en donde estos estaban creciendo en forma natural, por lo que las condiciones de pH del sector de colecta del material fúngico deben ser consideradas para optimizar el cultivo y propagación de los hongos en laboratorio.

En lo relativo a los trabajos de colecta de material fúngico, el efecto de factores de tipo climático y biológico fueron elementos que influyeron en estas labores, siendo las precipitaciones,

uno de los parámetros ambientales más importantes junto a la temperatura, las que marcaron las fechas de aparición, pero siempre muy ligados a los ciclos biológico de la especie o a sus propios requerimientos ecológicos. Un ejemplo de ello es *Butyriboletus loyo*, hongo micorrícico gregario, que aparece con las primeras lluvias abundantes de fines de verano y comienzos de otoño; o de *Grifola gargal*, hongo saprófito, con fructificaciones bastante escasas y que aparecen luego de abundantes precipitaciones en otoño. Estos comportamientos propios de cada especie dificultaron en cierta forma los trabajos de recolección,

Como resumen de los trabajos de recolección de especímenes fúngicos, se logró coleccionar 92 cepas para la región de Ñuble, 75 de las cuales fueron aisladas y de ellas, 52 correspondieron a cepas de hongos comestibles, sobre las cuales se realizaron los ensayos correspondientes.

Con respecto al material fúngico recolectado, se cuenta para la región de Ñuble con cepas de diversas especies fúngicas comestibles de interés, dentro de las cuales, se cuentan las especies *Suillus luteus*, *S. granulatus*, *S. bellini*, *Lactarius deliciosus*, *Rhizopogon luteolus*, para hongos comestibles del bosque de pino; además de *Grifola gargal*, *Butyriboletus loyo*, *Morchella esculenta*, *M. conica*, *M. elata* en Bosque nativo. Además, se aislaron cepas de las especies *Volvariella speciosa*, *Agaricus campestris*, *A.arvensis*, *Flammulina velutipes*, con presencia en pastizales fuera y dentro del bosque y con comportamiento saprofito; al igual que *Cyclocibe aegerita* y *Pleurotus ostretus*, pero con hábitos de tipo lignícola; y finalmente, *Armillaria mellea*, hongo parásito con cuerpos fructíferos comestibles llamados "pique".

## REFERENCIAS

**Alvarado, G; Mata, G.; Nava, M.; Martínez, D. y Platas, D., 2008.** Obtención de esclerocios de morilla (*Morchella esculenta*) en diferentes medios de cultivo. *Interciencia*, Vol. 33, N°7, Pp: 528-531

**Boa, E., 2005.** Productos Forestales No Madereros 17. Los hongos silvestres comestibles. Perspectiva global de su uso e importancia para la población. FAO, Roma. 163 pp.

**Catalán, R., 2006.** La otra oferta de los árboles nativos: No sólo madera da el bosque. Coordinador del Programa de Conservación con Comunidades de la oficina en Chile del Fondo Mundial para la Vida Silvestre (WWF). [en línea] <[http://www.lignum.cl/noticias/imprimir\\_noticia.php?id=8046](http://www.lignum.cl/noticias/imprimir_noticia.php?id=8046)> [Consulta :13 de diciembre 2006].

**Chávez, D.; Pereira, G. y Machuca, A., 2007.** Crecimiento *in vitro* de cuatro especies de hongos ectomicorrícicos recolectados en plantaciones de *Pinus radiata*. *Agrociencia* 23: 79-84.

**Chung, P., 2016.** Desarrollo de banco de hongos comestibles Instituto Forestal. *Ciencia e Investigación Forestal*, Vol. 22, N°3, pp: 7-41.

**CONAF, 2015.** Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Corporación Nacional Forestal

**INFOR, 2004.** Innovación Tecnológica y Comercial de Productos Forestales No Madereros (PFNM) en Chile. Instituto Forestal, Chile. [en línea] <<http://www.gestionforestal.cl/pfnm/index.htm>>. [Consulta :13 de abril 2020].

**INFOR, 2019.** Programa de Actualización Permanente de Plantaciones Forestales. Instituto Forestal, Chile.

**FAO, 2008.** Restableciendo el equilibrio: las mujeres y los recursos forestales. Producido por el departamento de Montes, disponible en <http://www.fao.org/DOCREP/x00225.hmt>. 21/02/08.

**Fasidi, I. y Akwakwa, D., 1996.** Growth requirements of *Volvariella speciosa* (Fr. ex. Fr.) Sing., a Nigerian mushroom. *Food Chemistry*. Vol.55, Num. 2, Pag: 165-168

**Iotti, M.; Piattoni, F. y Zambonelli, A., 2012.** Techniques for Host plant Inoculation with Truffles and other edible ectomycorrhizal mushrooms.. A. Zambonelli and G.M. Bonito (eds.), *Edible Ectomycorrhizal Mushrooms*, Soil

**González, M.; Quiroz, I.; Travieso, R.; Chung, P. y García, E., 2014.** Determinación de medios de cultivo y pH para la masificación *in vitro* de cepas de *Suillus luteus* Aubl. asociadas a *Pinus radiata* D. Don y *Scleroderma citrinum* Pers. asociadas a *Eucalyptus globulus* Labill. de la Región del Bio Bío, Chile. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.39, n.1, p.105-113.

**Honrubia, M., 2011.** Los hongos silvestres como fuente de desarrollo local. En: Libro de Resúmenes. Simposio Internacional Gestión Forestal del Recurso Micológico. Valladolid. Castilla y León (ESPAÑA). 9-11 de Junio.

**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*, v.59, p.153-163.

**Moser, M., 1960.** Die Gattung Phlegmacium. Die Pilze Mitteleuropas 4. J. Bad Heilbrunn.

**Murrieta, D; Noa, J; Mata, M; Pineda, M; Zulueta, R y Flores, N., 2013.** Effect of culture medium on development of *Suillus granulatus* (L.) Roussel and *S. brevipes* (Pk.) Kuntze. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente Pp: 29-35. doi: 10.5154/r.rchscfa.2013.06.021. <http://www.chapingo.mx/revistas>

**Pacioni, G., 1987.** El cultivo moderno del champiñón. España. Editorial De Vecchi. 73 p.

**Pereira, G.; Herrera, J.; Machuca, A. y Sánchez, M., 2007.** Efecto del pH sobre el crecimiento *in vitro* de hongos ectomicorrícicos recolectados de plantaciones de *Pinus radiata*. *Bosque* 28: 215-219.

**Peters, C., 1996.** The ecology and management of non timber forest resources. World Bank Technical. Paper 322. Washington, D.C., USA. 157 p.

**Postemsky, P.; González, R.; Figlas, D. y Curvetto, N., 2006.** Optimizing *Grifola sordulenta* and *Grifola gargal* growth in agar and liquid nutrient media. *Micología Aplicada Internacional*. 18(1):7-12.

**Rodríguez, G.; Zapata, E; Rodríguez, M; Vázquez, V; Martínez, B. and Vizcarra, I., 2012.** Traditional knowledge, access, use and transformation of wild edible fungi in Santa Catarina del Monte, Estado de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. Vol. 9, N°2: 191-207.

**Ruiz-Diez, B; Rincón, A; De Felipe, M. y Fernández-Pascual, M., 2006.** Molecular characterization and evaluation of mycorrhizal capacity of *Suillus* isolates from central Spain for the selection of fungal inoculants. *Mycorrhiza* 16: 465-474.

**Saavedra, J., 2004.** Análisis del proceso de comercialización de semillas forestales y ornamentales en dos centros de semillas. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad De Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Ciencias Forestales, Departamento de Manejo de Recursos Forestales. 104 p.

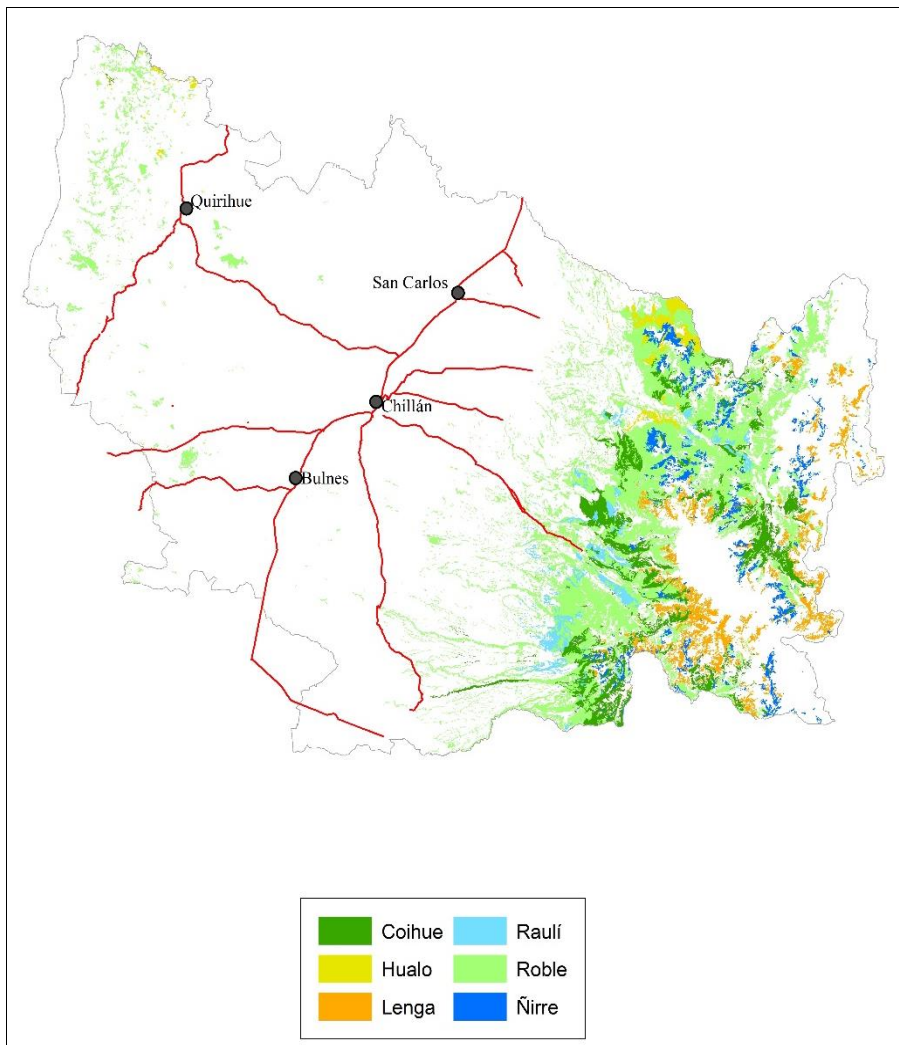
**Santiago-Martínez, G.; Estrada-Torres, A.; Varela, L. y Herrera, T., 2003.** Crecimiento en siete medios nutritivos y síntesis *in vitro* de una cepa de *Laccaria bicolor*. *Agrociencia*, v.37, n.6, p.575-584.

**Tacón, A. y Palma, J., 2005.** Productos Forestales no Madereros. En: Bosques y comunidades del sur de Chile. Editado por Catalán, R; Wilken, P; Kandzior, A.; Tecklin, A. y H. Burschel. Editorial Universitaria, Chile. Pp: 253-266.

**Taller de Acción Cultural, 2003.** Recolectoras de frutos silvestres. Oficio de mujeres en la Región del Biobío. Santiago de Chile. Serie de Derechos Laborales. 135 p.

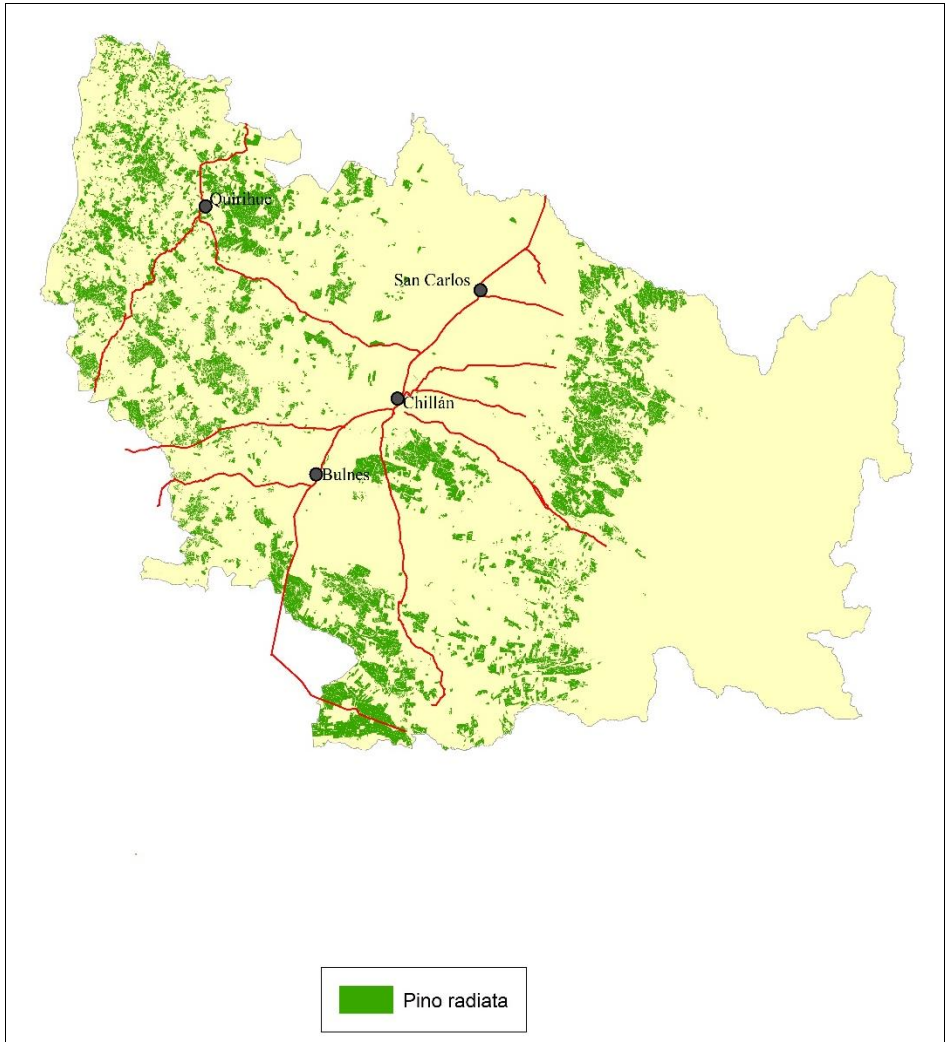
**Valenzuela, E., 2003.** Hongos comestibles silvestres colectados en la X Región de Chile. *Boletín Micológico* Vol. 18: 1-14

Anexo N°1  
MAPAS CON LAS ÁREAS POTENCIALES DE PROSPECCIÓN Y COLECTA



Mapa de la Región de Ñuble con Masas Forestales de las Especies del Género *Nothofagus*





**ANEXO 2**  
**FOTOGRAFÍAS DE MATERIAL COLECTADO DE ALGUNAS CEPAS DE LAS ESPECIES**



**Especie: *Flammulina vellutipes***  
**Código: IF164001**



**Especie: *Suillus granulatus***  
**Código: IF162006**



**Especie: *Suillus luteus***  
**Código: IF166005**



**Especie: *Suillus bellini***  
**Código: IF1619003**



**Especie: *Pleurotus ostreatus***  
**Código: IF168003**



**Especie: *Armillaria mellea***  
**Código: IF164006**



Especie: *Agaricus campestris*  
Código: IF161001



Especie: *Volvariella speciosa*  
Código: IF161005



Especie: *Agaricus arvensis*  
Código: IF162004



Especie: *Lactarius deliciosus*  
Código: IF164002



Especie: *Rhizopogon luteolus*  
Código: IF166002



Especie: *Butyriboletus loyoi*  
Código: IF16160



Especie: *Morchella esculenta*  
Código: IF1620001



Especie: *Morchella elata*  
Código: IF1620002



Especie: *Morchella conica*  
Código: IF1620003



Especie: *Morchella sp*  
Código: IF1621001



Especie: *Grifola gargar*  
Código: IF1623001



Especie Probable: *Ciclocybe aegerita*  
Código: IF1622002

# EVALUACIÓN MORFOLÓGICA DE FRUTOS DE AVELLANO CHILENO (*Gevuina avellana* L.) EN RESPUESTA A INTERVENCIONES SILVÍCOLAS CON FINES NO MADEREROS (PFNM) EN UN BOSQUE SECUNDARIO MIXTO DE RAULÍ –ROBLE –LINGUE –AVELLANO

Álvarez, Andrea<sup>7</sup>; Valdebenito, Gerardo; Aguilera, Mauricio; García, Edison; García, Marta; Larraín, Oscar y Hormazabal, Marco

## RESUMEN

La avellana, fruto del avellano chileno (*Gevuina avellana* L.) es un Producto Forestal no Maderero (PFNM) con un alto valor nutritivo utilizado ancestralmente como alimento por los pueblos originarios. En la actualidad, el consumo del fruto a nivel nacional presenta una tendencia creciente alcanzando cifras de colecta y procesamiento cercanas a las 30.000 toneladas anuales, participando en su recolección entre 25.000 a 30.000 personas del mundo rural.

El presente estudio entrega avances de investigación en la dimensión morfológica del fruto en respuesta a la implementación de intervenciones silvícolas no madereras, transcurridos dos años, en un rodal mixto de roble - raulí - avellano – lingue, ubicado en la precordillera andina de la región de Ñuble, donde la hipótesis de investigación busca validar que un manejo silvícola orientado a generar PFNM, logrará incrementos sustantivos en la cantidad y calidad del fruto del avellano.

El diseño experimental considera intervenir en dos niveles de luminosidad del bosque, en rangos de (10% - 30%) y (30% - 50%) de la cobertura de copas mediante raleos selectivos, sumado al manejo de copas mediante la poda de dos pisos de ramas remanentes, para tres categorías de árboles de avellano (dominante, multieje y suprimido).

Los resultados obtenidos, transcurridos dos años de la intervención de poda y raleo muestran una tendencia positiva en incremento de peso y tamaño de frutos cosechados de las unidades experimentales, sin embargo, aún no superan los valores obtenidos de las unidades testigos, ello explicado principalmente por el prolongado periodo de tiempo que requiere el proceso fenológico de la especie para formar el fruto, el cual tiene una duración de 17 a 21 meses.

En función de esta tendencia, se espera resultados promisorios a partir del cuarto año. Los resultados obtenidos en morfología frutal demuestran una correlación positiva entre las variables peso de la avellana con y sin cáscara y el diámetro ecuatorial de la nuez, siendo esta variable un indicador eficiente para estimar productividad frutal.

**Palabras Claves:** PFNM, Avellano, Manejo Forestal

---

<sup>7</sup> Investigadores Instituto Forestal INFOR. aalvarez@infor.cl

## SUMMARY

The Hazelnut, the fruit of the Chilean Hazelnut (*Gevuina avellana* L.) is a Non-Wood Forest Product (NWFP) with a high nutritional value used ancestrally as food by indigenous peoples. At present, the consumption of the fruit at the national level shows a growing trend, reaching collection and processing figures close to 30,000 tons per year, with 25,000 to 30,000 people from the rural world participating in its collection.

The present study provides research advances on the morphological dimension of the fruit in response to the implementation of non-timber silvicultural interventions, after two years, in a mixed Roble - Raulí - Hazel - Lingue stand, located in the Andean foothills of the region of Ñuble, where the research hypothesis seeks to validate that a silvicultural management aimed at generating NWFP will achieve substantial increases in the quantity and quality of the Hazel fruit.

The experimental design considers intervening in two levels of forest luminosity, in ranges of (10% - 30%) and (30% - 50%) of canopy coverage through selective thinning, in addition to canopy management by pruning two floors of remaining branches, for three categories of Hazel trees (dominant, multi-axis and suppressed).

The results obtained, two years after the pruning and thinning intervention, show a positive trend in increasing the weight and size of the fruits harvested from the experimental units, however, they still do not exceed the values obtained from the control units, this explained mainly by the long period of time that the phenological process of the species requires to form the fruit, which lasts from 17 to 21 months.

Based on this trend, promising results are expected from the fourth year. The results obtained in fruit morphology show a positive correlation between the variables weight of the Hazelnut with and without shell and the equatorial diameter of the nut, this variable being an efficient indicator to estimate fruit productivity.

**Keywords:** NWFP, Hazelnut, Forest Management.

## INTRODUCCIÓN

Avellano (*Gevuina avellana* L.) es una especie arbórea, siempreverde y autóctona de Chile, cuya distribución se extiende desde el Río Teno por el norte en la Cordillera de los Andes y desde el sur del Río Mataquito por la Cordillera de la Costa, hasta las Islas Guaitecas por el sur (Donoso, 1993).

El avellano está presente en el bosque nativo como especie acompañante y puede alcanzar hasta 20 m de altura, florece entre los meses de diciembre hasta abril, sus flores están reunidas en un racimo largo, recto y delgado que salen desde las axilas de las hojas, tiene flores hermafroditas, de color amarillo cremoso pálido.

El fruto es una nuez indehiscente de pericarpio leñoso y semilla comestible, que en su desarrollo presenta cambios de coloración de verde a rojo y finalmente pardo oscuro en la madurez (Urban, 1934, cit. por Muñoz, 2002).

Con múltiples usos no madereros, como ornamentales, melíferos, cosméticos, alimenticios, medicinales y decorativos en el caso del follaje, el producto de mayor relevancia de esta especie es su fruto, el cual posee un alto valor nutritivo y ha sido un alimento ancestral de los pueblos originarios. Hoy se comercializa principalmente en el mercado interno, consumiéndose como avellana tostada y en la modalidad de harina de avellana.

Anualmente se recolectan y procesan en promedio 30.000 toneladas, participando en su recolección entre 25.000 a 30.000 personas del mundo rural (Valdebenito *et al.*, 2015). Siguiendo la tendencia mundial de crecimiento en el consumo de productos alimenticios naturales funcionales, orgánicos y silvestres, el mercado nacional de avellana chilena ha manifestado un comportamiento similar, posicionándola en el cuarto lugar de los Productos Forestales No Madereros (PFNM) provenientes del bosque nativo con mayor impacto comercial, después de boldo, quillay y morchella, pero en primer lugar respecto del bajo nivel de conocimiento científico tecnológico relacionado con los métodos y técnicas de manejo y de recolección sustentable no solo de su fruto, sino también del follaje, en formaciones boscosas naturales de Chile (Valdebenito *et al.*, 2015).

Dada la importancia que reviste este fruto, en el marco del proyecto “Métodos y técnicas de manejo y recolección sustentable de frutos de avellano (*Gevuina avellana*) en formaciones boscosas nativas de Chile”, financiado por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), se desarrolló un estudio, en un rodal mixto de roble - raulí - avellano – lingue, ubicado en la precordillera andina de la región de Ñuble, bajo la hipótesis de que es posible adaptar técnicas y métodos de manejo que generen incrementos sustantivos en la calidad y cantidad frutal de esta formación boscosa, basado en métodos de corta selectiva de liberación de individuos acompañantes de la misma especie o de otras pertenecientes al tipo forestal, sumado a podas de formación de copa, que aumenten la luminosidad sobre y dentro de la copa, permitiendo de este modo, una mejor estimulación floral y posterior consolidación frutal.

La presente publicación entrega resultados preliminares de uno de los objetos de investigación que busca resolver el proyecto, en torno a demostrar que intervenciones silvícolas con fines no madereros (PFNM) en un bosque secundario mixto de raulí –roble –lingue –avellano, mediante podas y raleos de liberación lumínica, generan cambios en la morfología frutal, impactando en mayor calibre y peso.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de Estudio

El estudio se desarrolló en el predio La Esperanza, emplazado en la localidad del mismo nombre, comuna de Coihueco, provincia de Punilla, región de Ñuble ( $36^{\circ}47'18''$  S y  $71^{\circ}41'37''$  O), en un bosque mixto de roble-raulí-avellano-lingue, perteneciente al Tipo Forestal Roble-Raulí-Coigüe, sub tipo Bosques Degradados, con densidad aproximada de 3.700 arb/ha.

### Diseño Experimental

El marco metodológico se configuró en base a un diseño estadístico factorial, de parcelas en bloques al azar, con tres repeticiones, separando cada unidad muestral por una sección *buffer*. El ensayo se ordena en 15 parcelas experimentales de manejo (PEM) de 1.000 m<sup>2</sup>, donde en cada una de ellas se seleccionaron tres árboles, de acuerdo a las siguientes características: DAP  $\geq$  10 cm, altura  $\geq$  8 m, copa sana y que a su vez presentaran un grado de competencia intra e interespecífica. Las intervenciones evaluadas fueron una corta de liberación, favoreciendo la luminosidad para los árboles seleccionados para dos niveles de incremento, de 10-30% (L1) y 30-50% (L2), y una poda de formación en estos mismos árboles (P) para cada nivel de incremento.

Para la corta de liberación se midieron los 3 árboles seleccionados y los competidores directos registrando las variables dasométricas, cobertura y proyección del área de copa en 8 puntos cardinales y se estimó el área de copa de los árboles competidores directos. Estos valores, junto con los datos de posición relativa dentro de la unidad, se procesaron utilizando el programa ShadeMotion y se seleccionaron los árboles a extraer conforme a los tratamientos definidos en el estudio.

En la poda de formación se seleccionó dos pisos de ramas principales desde la base, considerando únicamente ramas sanas y bien ubicadas, con un ángulo de inserción menor a 60 grados, removiendo el resto de ramas. Sobre estos dos pisos se realizó el corte de la zona apical, remoción que se justifica dado que el punto de crecimiento, o brote terminal, es el sitio de síntesis de la hormona vegetal conocida como auxina, la cual es responsable de estimular el crecimiento de los meristemas apicales, inhibiendo los brotes laterales.

Así, las intervenciones corresponden a:

- L1:** Incremento promedio en 20% de luminosidad de copa (rango 10-30%)
- L1P:** Incremento promedio en 20% de luminosidad de copa (rango 10-30%) y poda de formación de la copa
- L2:** Incremento promedio en 40% de luminosidad de copa (rango 30-50%)
- L2P:** Incremento promedio en 40% de luminosidad de copa (rango 30-50%) y poda de formación de la copa
- T:** Parcela testigo

### Método de Cosecha

En cada uno de los tres árboles seleccionados se replantearon 4 fajas de muestreo de cosecha, con rumbo N, S, E, O. Cada una de estas fajas de 1 m de ancho por un largo variable, el cual depende de la longitud que tenga la copa en ese sentido geográfico o rumbo, donde se procedió a recolectar todas las avellanas, las que fueron guardadas en bolsas y etiquetadas con el número de la Unidad de Manejo, el número del árbol y el rumbo correspondiente, las cuales luego fueron trasladadas al laboratorio para su evaluación. El proceso de recolección se realizó durante



dos temporadas de cosecha de avellanas (fines del mes de marzo y principios del mes de abril) durante los años 2019 y 2020, posteriores a las intervenciones silvícolas.

### Evaluación Morfológica

Las características morfológicas del fruto evaluadas fueron: peso húmedo con cáscara (750 muestras), peso seco con cáscara, peso seco sin cáscara (375 muestras), medidas con una balanza digital (OHAUS®) con una sensibilidad de 0,01 g, Además se registró el diámetro polar y ecuatorial de la avellana con y sin cáscara (Figura N° 1), para ello se utilizó un pie de metro Digital (Mitutoyo®) con una sensibilidad de 0,01 mm.

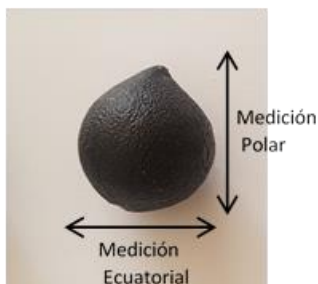
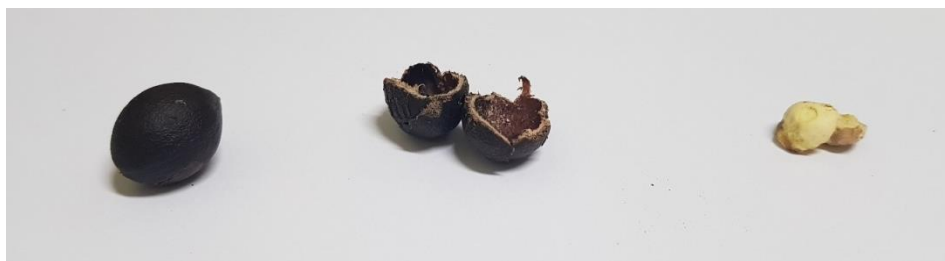


Figura N° 1

#### ESQUEMA DE MEDICIÓN DEL TAMAÑO DE LAS AVELLANAS

Para las mediciones del peso seco, de un total de 750 muestras se procedió al deshidratado del 50% de ellas hasta peso constante, durante 48 horas a una temperatura de 90 °C en un horno de secado marca Memmert. Conjuntamente con lo anterior, se realizó un análisis de constitución, para estimar las fracciones de cutícula, semilla y cáscara del fruto respecto del peso total, para lo cual se separaron y pesaron cada una de estas estructuras. Para esto fue necesario clasificar las diferentes estructuras que conforman la avellana; la avellana, corresponde a la avellana con cáscara, la semilla corresponde a la avellana sin cáscara y la cutícula corresponde a la cascarilla fina que recubre a la semilla. La parte no comestible de la avellana se le llama pericarpio, que corresponde a la cáscara más la cutícula (Figura 2).



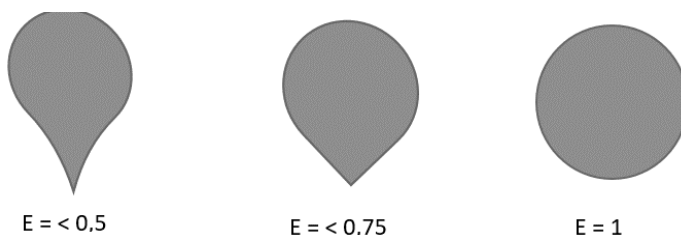
Avellana (izq), pericarpio, cáscara y cutícula (centro) y semilla (der),

Figura N° 2

#### ESTRUCTURAS QUE CONFORMAN LA AVELLANA

Los diámetros, polar y ecuatorial, permiten estimar la relación entre el largo y ancho de la avellana medida que, para este caso, se determinó a través del índice de esfericidad utilizando la fórmula definida por Westwood (1982):

$$\text{Índice de Esfericidad} = \text{Diámetro Ecuatorial} / \text{Diámetro Polar}$$



**Figura N° 3**  
**FORMAS DEL FRUTO SEGÚN RELACIÓN ANCHO/ALTURA**

### **Análisis Estadísticos**

Para comprobar la normalidad de la distribución de los datos se realizó la prueba de Shapiro Wilks y la homocedasticidad a través de la prueba de Levene. Como método exploratorio y para analizar la interdependencia de variables métricas y encontrar una representación gráfica de la variabilidad de los datos, se realizó un análisis de Componentes Principales (ACP) (Hotelling, 1933).

Para verificar el efecto de los tratamientos de intervención sobre las variables morfológicas se realizó un análisis de varianza y en la comparación de medias de efectos principales se utilizó la prueba de la diferencia mínima significativa de Fisher.

La evaluación de la asociación lineal entre las características morfológicas de la avellana, sin considerar los tratamientos de intervención, se efectuó a través de una correlación parcial de Pearson, y para verificar la relación funcional de las variables correlacionadas se realizó una Regresión Lineal Simple.

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2015) y su interfaz con R ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)).

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

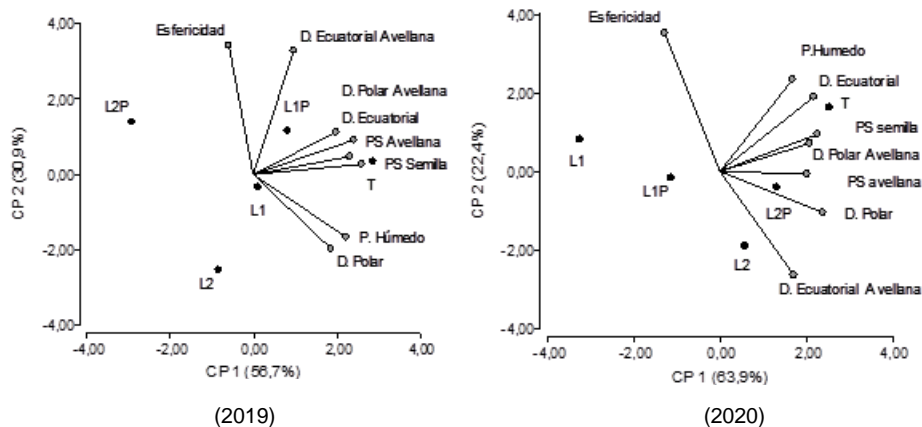
En el análisis de componentes principales (Figura N° 4) se observa el comportamiento de las variables morfológicas de la avellana con y sin cáscara, en los años 2019 y 2020.

El Biplot explica el 87,6% de la variabilidad para el año 2019, 7 meses después de las intervenciones, se aprecia la correlación positiva entre las variables morfológicas y la parcela testigo, que no tuvo intervención, seguida por las intervenciones de menor intensidad L1 y L1P, y correlacionándose, al mismo tiempo, de manera negativa con las intervenciones de mayor intensidad (L2 y L2P).

Sin embargo, en el año 2020 donde el Biplot explica el 86,3% de la variabilidad, se puede apreciar como las variables morfológicas van migrando y se correlacionan positivamente con las intervenciones L2 y L2P al igual que la parcela testigo, y las variables con intervenciones menores (L1 y L1P) se correlacionan de forma negativa.

Tal como se espera, después de una intervención, el efecto directo de una poda es reducir la cantidad de hojas que captan la luz, por lo que esta disminución reduce la posibilidad de producción y acumulación de hidratos de carbono para la fructificación.

Esta situación se revierte parcialmente en la siguiente temporada a pesar de que las variables morfológicas se siguen correlacionando positivamente con las parcelas testigos.



**Figura N° 4**  
**BIPLLOT PARA LAS VARIABLES MORFOLÓGICAS DE LA AVELLANA CHILENA DE ACUERDO A LOS**  
**DISTINTOS TRATAMIENTOS DE INTERVENCIÓN**

### Resultados Evaluación Morfológica de Avellanas Chilenas con Cáscara

En el Cuadro N° 1 se presentan las características morfológicas de las avellanas cosechadas en las dos temporadas, posterior a las intervenciones de poda y raleo de liberación lumínica, agrupadas según tratamiento. Los resultados obtenidos de caracterización frutal en peso húmedo medio por fruto son de 2,46 g el 2019 y 2,38 g promedio para el año 2020, valores concordantes con la literatura donde se presentan diferentes estudios de caracterización y productividad de una plantación, establecida en el año 1987 en Valdivia (Región de los Ríos), de once clones seleccionados que entre los 10 y 11 años presentaron pesos frescos medios de 1,6 y 2,8 g (Medel, 2001; Martínez, 2001; Silva, 2002; Muñoz, 2002).

En relación con la variable peso húmedo se observan diferencias significativas entre los distintos tratamientos evaluados el año 2019, las unidades testigos sin intervención reportaron el valor más alto de peso húmedo (2,75 g), respecto de los demás tratamientos evaluados. Por el contrario, el valor más bajo se obtuvo del tratamiento L2P (incremento promedio en 40% de

luminosidad de copa, rango 30-50%, y poda de formación de la copa), con un valor medio de 2,09 g ( $p < 0,001$ ).

Los resultados obtenidos para la evaluación de esta variable en el año 2020, muestran una variación en las avellanas de las parcelas intervenidas, no presentando diferencias significativas entre ellas, todas obtienen valores menores a la parcela testigo ( $p < 0,0001$ ).

A pesar de los resultados obtenidos, esta variable no es determinante en la verificación del efecto de los tratamientos, ya que la fruta se cosecha del suelo, no teniéndose registros del momento de la caída del fruto, por lo tanto, el peso húmedo varía dependiendo del tiempo que lleva el fruto en el piso del bosque.

El estudio del diámetro polar reportó una media de 20,25 mm y 20,36 mm para las evaluaciones realizadas los años 2019 y 2020, respectivamente, siendo dichos valores similares a los obtenidos por otros estudios, que entregan valores en el rango de los 16,5 y 21 mm (Medel, 2001; Martínez, 2001; Silva, 2002; Muñoz, 2002).

Los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas el año 2020, a diferencia de las obtenidas el año 2019 donde no hubo diferencias significativas, entregaron valores superiores en todos los tratamientos, respecto del año anterior y diferencias significativas entre los tratamientos L2, L2P y Testigo y los restantes tratamientos.

El tratamiento L1, que refleja la intensidad de raleo más baja, entregó valores de diámetro polar más bajos ( $p < 0,0001$ ), no obstante, los valores fueron significativamente mayores en todos los tratamientos evaluados el año 2019.

Los resultados obtenidos para la variable diámetro ecuatorial, presentan medias de 18,02 y 17,96 mm para los años 2019 y 2020 respectivamente. Ambas medias se encuentran entre los valores presentados por los autores Martínez (2001), Medel (2001), Silva (2002) y Muñoz (2002), que indican que el diámetro ecuatorial (estudio en huerto clonal) fluctúa entre los 10 y 14 mm, y de los reportados por Doll *et al.* (2005) que publicaron valores en el rango de 14,8 y 19,0 mm, para rodales ubicados en el secano costero de la región del Maule.

La evaluación comparativa entre tratamientos para el año 2019 presenta diferencias significativas entre las parcelas sin intervención (T) y todos los demás tratamientos de intervención lumínica y de poda. Dicha tendencia varió en las evaluaciones realizadas el año 2020, observándose un mayor diámetro en los frutos recolectados de la parcela L2P, que presentó el menor valor el año 2019.

En el caso de las avellanas obtenidas de la parcela con la menor intervención (L1, solo liberación al 20%) el diámetro ecuatorial fue significativamente menor a todas las demás intervenciones.

En general, los resultados obtenidos de la evaluación realizada el año 2020 se observa una leve tendencia al incremento de las variables morfológicas en aquellos tratamientos con mayor nivel de intervención, no siendo aún significativos, lo cual se espera validar con evaluaciones posteriores al cuarto año desde la intervención.

**Cuadro N° 1**  
**VARIABLES MORFOLÓGICAS DE AVELLANAS CHILENAS**

<b>Año/Tratamiento</b>	<b>Peso Húmedo (g)</b>	<b>Diámetro Polar (mm)</b>	<b>Diámetro Ecuatorial (mm)</b>	<b>Esfericidad (%)</b>	
<b>2019</b>	T	2,75 a ± 0,06	20,64 a ± 0,16	18,44 a ± 0,10	0,90 bc ± 0,010
	L1	2,41 c ± 0,06	20,36 a ± 0,15	18,02 ab ± 0,10	0,90 b ± 0,010
	L1P	2,59 ab ± 0,06	19,94 a ± 0,17	18,26 b ± 0,11	0,92 a ± 0,010
	L2	2,45 bc ± 0,06	20,38 a ± 0,17	17,67 c ± 0,11	0,88 d ± 0,004
	L2P	2,09 d ± 0,06	19,82 a ± 0,14	17,71 c ± 0,09	0,89 cd ± 0,010
<b>2020</b>	T	3,07 a ± 0,09	20,97 a ± 0,3	18,65 a ± 0,20	0,89 ab ± 0,010
	L1	2,14 b ± 0,09	19,32 c ± 0,29	17,43 c ± 0,19	0,91 a ± 0,010
	L1P	2,18 b ± 0,08	20,16 b ± 0,26	17,83 bc ± 0,17	0,89 abc ± 0,010
	L2	2,30 b ± 0,12	20,83 ab ± 0,41	17,72 bc ± 0,27	0,86 c ± 0,010
	L2P	2,16 b ± 0,09	20,83 ab ± 0,29	18,08 b ± 0,19	0,87 bc ± 0,010

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

El índice de esfericidad de las avellanas para ambas temporadas (2019 y 2020) fue de un 89%, exhibiendo una protuberancia menor en todos los casos (Figura N° 5), siendo dichos resultados equivalentes a los observados por Martínez (2001), Muñoz (2002) y Silva (2002) de un 89%.

En relación con los resultados obtenidos entre tratamientos, el año 2019 hubo diferencias significativas entre la mayoría de los tratamientos, donde L1P presentó avellanas más esféricas en relación a L2, que presentó la menor esfericidad.

Para el año 2020 el tratamiento (L1) con apertura de copas de un 20% presentó avellanas significativamente más redondas que los demás tratamientos ( $p < 0,0001$ ). Estos resultados concuerdan con el estudio de Doll *et al*, (2005) quienes observaron que los frutos de los árboles presentes en condición de bosques son más esferoidales que los frutos de los arboles altamente productivos y aislados, apartándose más marcadamente el diámetro menor del mayor.



**Figura N° 5**  
**FORMA AVELLANAS COSECHADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO**

En síntesis, los resultados obtenidos, transcurridos dos años de evaluación de la morfología frutal de avellanas con cascara en Peso Húmedo, Diámetro Polar, Diámetro Ecuatorial y Esfericidad, en general, indican que los hallazgos son consistentes y no difieren de otros estudios de caracterización frutal para la misma especie.

En relación a los resultados obtenidos, según los diferentes métodos de intervención evaluados indican que hasta la fecha dichas intervenciones no generan diferencias significativas, respecto de la situación testigo, sin embargo se observa una diferenciación entre el año 2019 y 2020, donde valores de diámetro y peso seco demuestra una tendencia creciente en el caso de las avellanas provenientes de parcelas con mayor nivel de intervenciones (L2 y L2P), sin lograr aún sobrepasar la situación testigo, y dejando a las avellanas con cáscaras provenientes de las parcelas con menor intervención (L1) con los valores más bajos en la mayoría de las variables morfológicas. No obstante, los resultados obtenidos en el año 2019 concuerdan con Chaar y Sánchez (2010), quienes sostienen que los distintos niveles de poda producen variaciones no solo en la carga frutal, sino también en la distribución de la radiación solar en la copa del árbol, pudiendo afectar la eficiencia productiva, calidad de la fruta y retorno floral de la próxima temporada, viéndose fuertemente afectados los resultados para las intervenciones más severas, frente a los testigos y los árboles con menor nivel de intervención.

Aunque aún no se observe una respuesta relevante por parte de los individuos manejados en el año 2020, la literatura indica que, en el caso de la especie chañar (*Geoffroea decorticans*) con fines de producción de frutos, los tratamientos que involucran raleos más intensos, son los más efectivos respecto a la productividad de la especie (Gutiérrez *et al.*, 2017). En este mismo estudio, se infiere además que en la medida que aumenta la cantidad de tiempo desde la fecha de intervención, el aumento de la producción efecto del manejo será aún más evidente.

En base a los antecedentes analizados y frente a la condición fenológica de la especie *Gevuina avellana*, es esperable obtener una respuesta favorable a los objetivos de intervención, al cuarto año de ejecutadas las acciones de manejo, considerando que la inducción floral ocurre en el año 0 (poda y raleo), la floración y cuaja a los 12 meses, y finalmente la maduración y caída del fruto a los 17 meses.

## **Resultados Evaluación Morfológica de la Semilla**

En el Cuadro N° 2 son presentados los resultados obtenidos del estudio morfológico de la semilla de avellanas y el peso seco de la avellana (con cáscara). La evaluación del peso seco promedio de las avellanas entregó medias de 1,61 y 1,66 g para los años 2019 y 2020, respectivamente, existiendo en el año 2019, al igual que para el peso de las avellanas frescas, diferencias significativas entre el tratamiento testigo (T) y el tratamiento con mayor nivel de intervención (L2P) ( $p < 0,004$ ). Los tratamientos restantes (L2, L1P y L1) no presentan diferencias significativas con el testigo (T) y L2P.

En el año 2020, se mantiene la tendencia constatada en la temporada 2019, con mayores pesos secos para las avellanas de las parcelas testigos, sin embargo, estos valores no presentan diferencias significativas con los valores obtenidos en las intervenciones L2P y L2 ( $p < 0,0001$ ). Cabe destacar que estos dos tratamientos presentaron los menores pesos el año 2019, y los valores obtenidos en el 2020 dejan a las parcelas con menor intervención con pesos significativamente inferiores. Los resultados obtenidos en el año 2019 son concordantes con lo indicado por Tapia (2011), que sostiene que un nivel de poda severo logra un menor peso del fruto seco, esto explicado por Forshey (1999), quien indica que la poda invernal, al tener un efecto vigorizante, provoca una gran competencia entre el crecimiento vegetativo y el desarrollo de los

frutos, provocando un excesivo desarrollo vegetativo a expensas del desarrollo frutal.

La variable peso seco de la semilla presentó una media de 0,57 y 0,58 g para los años 2019 y 2020, respectivamente, ambos datos menores a lo obtenido por Martínez (2001) y Medel (2001), quienes reportaron medias de 0,82 y 1,0 g, respectivamente. Es importante señalar que estos últimos autores realizaron sus estudios en una plantación clonal de avellana chilena. El análisis estadístico indica que no existen diferencias significativas entre tratamientos para el año 2019, no así para el año 2020 donde se presentaron diferencias significativas entre el tratamiento L2P (0,60) y L1P (0,55).

El diámetro polar de la semilla entregó medias de 11,6 y 11,4 mm para los años 2019 y 2020, respectivamente, no observándose diferencias significativas de diámetro polar entre los tratamientos para el año 2019, situación que, sí presentó cambios el año 2020, donde se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos L2, L1P, L2P y T, y el tratamiento L1, que presentó el valor más bajo ( $p < 0,0001$ ).

La evaluación del diámetro ecuatorial de la semilla obtuvo medias de 10,4 y 10,7 mm para los años 2019 y 2020 respectivamente. El año 2019 no presenta diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, para el año 2020 se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos L1P, L2P y testigo, respecto del tratamiento L1 que nuevamente obtuvo el valor más bajo ( $p < 0,0001$ ). Los valores medios de los diámetros pesquisados en el presente estudio, son similares a los reportados por (Martínez, 2001) y (Medel, 2001), con rangos de 10,4 y 12,18 mm, y 11,4 y 12,2 mm, respectivamente.

En relación con las diferencias estadísticas encontradas entre tratamientos para el año 2020, existe coincidencia con lo descrito por Jackson y Palmer (1977), en manzanas, quienes indican que un menor tamaño de fruto se obtiene con un nivel de poda suave, debido al alto nivel de sombra producido al interior de la copa, afectando la división y elongación de las células del fruto.

**Cuadro 2**  
**VARIABLES MORFOLÓGICAS DE LA SEMILLA DE AVELLANAS CHILENAS**

Año/Tratamiento	Peso Seco Avellana (g)	Peso Seco Semilla (g)	Diámetro Polar Semilla (mm)	Diámetro Ecuatorial Semilla (mm)	
2019	T	1,81 a ± 0,09	0,60 a ± 0,03	12,00 a ± 0,04	10,86 a ± 0,05
	L1	1,70 ab ± 0,09	0,55 a ± 0,03	11,43 a ± 0,04	10,30 a ± 0,05
	L1P	1,71 ab ± 0,08	0,61 a ± 0,03	11,94 a ± 0,04	10,80 a ± 0,05
	L2	1,58 sb ± 0,09	0,55 a ± 0,03	11,37 a ± 0,04	9,53 a ± 0,05
	L2P	1,49 b ± 0,10	0,52 a ± 0,04	11,18 a ± 0,05	10,62 a ± 0,06
2020	T	1,72 a ± 0,04	0,60 ab ± 0,02	11,41 a ± 0,15	10,90 a ± 0,15
	L1	1,52 b ± 0,04	0,56 ab ± 0,02	10,85 b ± 0,15	10,32 b ± 0,15
	L1P	1,53 b ± 0,04	0,55 b ± 0,02	11,37 a ± 0,14	10,76 a ± 0,14
	L2	1,59 ab ± 0,06	0,59 ab ± 0,03	11,75 a ± 0,22	10,57 ab ± 0,23
	L2P	1,70 a ± 0,04	0,60 a ± 0,02	11,36 a ± 0,15	10,81 a ± 0,15

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

Los resultados obtenidos demuestran que existe una tendencia en las variables morfológicas de los frutos de avellana, donde la intervención en torno a mayor luminosidad y poda, genera frutos más grandes, en comparación con aquellas avellanas provenientes de los tratamientos con menor intervención (solo apertura de dosel), las cuales presentan los menores valores para la mayoría de las variables.

Estudios desarrollados por Doll *et. al* (2005) en la misma especie, validan esta tendencia, sustentada en el funcionamiento fisiológico de la especie concluyendo que, a mayor carga frutal, tiende a reducirse el tamaño individual de los frutos y a menor carga frutal tiende a aumentar el tamaño individual de ellos, situación que aún no es posible de evaluar en este estudio, dada la precocidad de las intervenciones.

### Evaluación de Proporción Frutal de Avellana

El rendimiento semilla-nuez o porcentaje de llenado, corresponde a la relación entre el peso seco de la estructura comestible de la avellana (semilla) y el peso seco total de la nuez (avellana), siendo este factor de importancia comercial pues permite estimar la cantidad de fracción comestible de la nuez entera, resultando un indicador de calidad en frutos secos (Frusso, 2018).

En la Figura N° 6 se observa que el porcentaje que representa el peso de la semilla es similar para ambos años, con valores de 36 y 33% para los años 2019 y 2020, respectivamente. Dichos resultados se mantienen en los rangos reportados por Karmelic (1982 cit por González, 2005), Martínez (2001), Medel (2001), Muñoz (2002) y Silva (2002), señalando valores de proporción de semillas entre 28 y 48% del peso total del fruto.

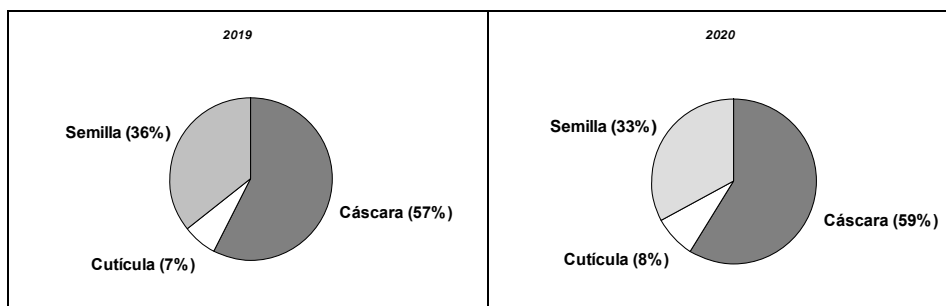
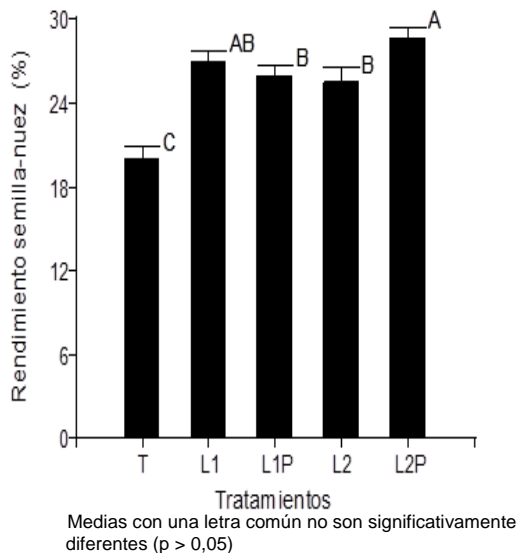


Figura N° 6  
PROPORCIÓN DE PESO DE LA AVELLANA CHILENA

En la Figura N° 7 son presentados los resultados obtenidos del análisis estadístico de la variable rendimiento semilla-nuez entre tratamientos para el año 2020. De ella se desprende que existen diferencias significativas entre los tratamientos con mayor nivel de intervención silvícola (L2P) y (L1) y los restantes tratamientos, reflejando que estos métodos entregan una mayor proporción de fracción comestible del fruto de avellano ( $p < 0,0001$ ) concordando con lo sostenido por Frusso (2018), indicando que el llenado se logra por dos vías, una genética que está dada por el cultivar seleccionado y otra por el manejo que se pueda implementar a nivel de plantación o bosque.



Destaca la diferencia significativa entre el testigo (T) y todos los métodos de intervención en torno a esta importante variable, demostrando la tendencia positiva del efecto de los métodos de manejo evaluados en la condición de calidad frutal, uno de los resultados esperados de la presente investigación. El año 2019 no presentó diferencias significativas respecto a esta variable ( $p$ -valor 0,6422).



**Figura N° 7**  
**RENDIMIENTO SEMILLA-NUEZ COSECHA 2020 SEGÚN TRATAMIENTO**

### Relación entre Variables Morfológicas

El análisis de correlación entre las distintas variables morfológicas de los frutos de avellana chilena se presenta en el Cuadro N° 4, el que verifica una correlación positiva entre las variables de diámetro polar y ecuatorial de la avellana y los pesos, destacando el diámetro ecuatorial que presenta una correlación positiva con el peso de la avellana, tanto húmeda como en seco (73 y 86%, respectivamente), y también con el peso de la semilla (71%).

Ello indica que las variables de diámetro ecuatorial están directamente correlacionadas con el peso del fruto y de su semilla y, en consecuencia, un mayor diámetro polar está inversamente relacionado con la esfericidad.

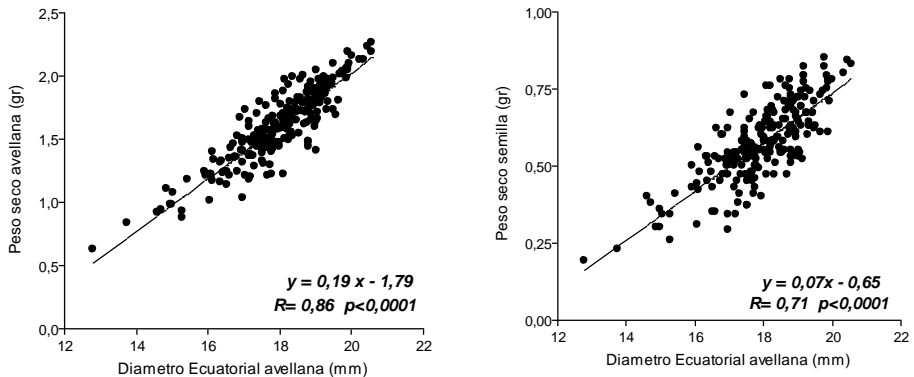
A partir de estos resultados, es posible inferir que a mayor diámetro ecuatorial de la avellana se obtendrán frutos y semillas más pesadas, ambas variables significativas en la condición de calidad frutal.

**Cuadro N° 4**  
**CORRELACIONES ENTRE VARIABLES MORFOLÓGICAS DE LA AVELLANA CHILENA**

Variable(1)	Variable(2)	Pearson	p-valor
Diámetro polar avellana	Esfericidad	-0,66	<0,0001
Diámetro polar avellana	Peso seco avellana	0,70	<0,0001
Diámetro ecuatorial avellana	Peso húmedo avellana	0,73	<0,0001
Diámetro ecuatorial avellana	Peso seco avellana	0,86	<0,0001
Diámetro ecuatorial avellana	Peso seco semilla	0,71	<0,0001
Diámetro ecuatorial avellana	Diámetro polar semilla	0,62	<0,0001
Peso húmedo avellana	Peso seco avellana	0,66	<0,0001
Peso seco avellana	Peso seco semilla	0,83	<0,0001
Peso seco avellana	Diametro polar semilla	0,65	<0,0001
Peso seco semilla	Diametro polar semilla	0,69	<0,0001

Con el objetivo de validar la hipótesis de causalidad de la variable diámetro ecuatorial de la avellana, se realizó un análisis de regresión para verificar la relación positiva entre el peso de la avellana y la semilla, y el diámetro ecuatorial de la avellana (Figura N° 8).

Los resultados obtenidos indican que el peso de la avellana y de la semilla aumenta a medida que aumenta el diámetro de la avellana, definiendo el diámetro de la avellana como la variable predictiva y de interés respecto a la producción y rendimiento del fruto. Estos resultados concuerdan y validan, el conocimiento empírico rescatado del relato de los recolectores de frutos de avellano donde se indica que “a mayor diámetro y esfericidad de la avellana, mayor es el rendimiento frutal” (INFOR, 2019).



**Figura N° 8**  
**RELACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO DE LA NUEZ Y EL PESO DE LA AVELLANA CON Y SIN CÁSCARA**

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos responden a un avance preliminar, pero significativo en la investigación en torno al manejo de formaciones boscosas nativas en Chile con presencia de avellano (*Gevuina avellana*) orientado a la producción frutal, siendo una experiencia pionera en la materia. Si bien los hallazgos encontrados a la fecha no son concluyentes, entregan evidencia que permiten inferir que las hipótesis de investigación son correctas.

El estudio de parámetros morfológicos realizado mediante el análisis de componentes principales, transcurridos 2 años desde la intervención, dan cuenta que los tratamientos de poda y raleo, aún no expresan a cabalidad el beneficio esperado en incrementos de calidad y cantidad frutal, siendo necesario esperar un periodo de tiempo superior a los 4 años, para validar las hipótesis planteadas, una vez aislado el efecto del largo proceso fenológico de la especie, que dura entre 17 y 21 meses. Es esperable, además, que las intervenciones más agresivas, generen en los primeros años una menor calidad frutal, producto de la disminución de la capacidad fotosintética, generada por la poda. Se concluye que respuestas favorables al manejo silvícola con objetivos no madereros con presencia de avellana chilena (Tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe), se expresan en periodos de tiempo superiores a los 4 años, desde la intervención del bosque.

El estudio de rendimiento semilla-nuez o porcentaje de llenado, evaluado al segundo año post intervención, entregó resultados comparativos muy favorables en los tratamientos de mayor intensidad de intervención (poda + raleo), constatándose además diferencias significativas entre el testigo (T) y todos los métodos de intervención en torno a esta importante variable, que indica calidad frutal, bajo parámetro de evaluación comercial.

Los resultados que entrega el presente estudio morfológico frutal de avellana chilena manejada en el contexto de su formación natural, permiten concluir que la variable Diámetro Ecuatorial de la avellana es una variable predictiva y/o de selección para obtener un mayor rendimiento de cosecha, considerando la alta correlación entre las variables pesos seco y húmedo de la avellana con y sin cáscara ( $R=0,86$   $p<0,0001$  y  $R=0,71$ ;  $p<0,0001$ , respectivamente) con el Diámetro Ecuatorial del fruto.

## REFERENCIAS

**Chaar, J. y Sánchez, E., 2010.** Efecto de la carga frutal y del ambiente lumínico en ciruelo D<sup>a</sup>Agen (*Prunus domestica* L.). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo 42(1):125-133.

**Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M. y Robledo, C. W., 2015.** InfoStat version 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>

**Doll, U.; San Martín, J.; Ravanal, C.; Cifuentes, S. y Muñoz, M., 2005.** Evaluación de la producción potencial de frutos de *Gevuina avellana*, durante una temporada (1999-2000) en el secano costero de la VII Región. Revista Bosque 26(3): 87-96

**Donoso, C., 1993.** Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica. Editorial Universitaria, Santiago.

**Forshey, C. G., 1999.** Training and pruning apple trees. A Cornell Cooperative Extension Publication. Information Bulletin 112. 24p.

**Frusso, E., 2018.** Nuez pecán: Recomendaciones para aumentar la calidad y triunfar en el mercado.

INFOCAMPO: Noticias del campo en el momento justo. Disponible en: <https://www.infocampo.com.ar/nueces-recomendaciones-para-aumentar-la-calidad-y-triunfar-en-el-mercado/>

**González, F., 2005.** Monografía agronómica del avellano chileno (*Gevuina avellana* Mol.) Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Santo Tomas, Escuela de Agronomía. Santiago, Chile. 61 p.

**Gutiérrez, Braulio; Gacitúa, Sandra; Pinilla, Juan Carlos y Villalobos, Enrique, 2017.** Productividad de frutos de chañar (*Geoffroea decorticans*) en poblaciones naturales y en parcelas permanentes de un ensayo de manejo en el Valle del Río Copiapó, Región de Atacama.

**Hotelling, H., 1933.** Analysis of a Complex of Statistical Variables into Principal Components. Journal of Educational Psychology 24: 417-441, 498-520.

**INFOR, 2019.** Rescate del conocimiento empírico y ancestral de la recolección de frutos y follajes de avellano chileno (Nguefú) en comunidades campesinas y pueblos originarios. Junio 2019. Instituto Forestal, Chile. Informe Interno. Proyecto INFOR/FIBN: Métodos y técnicas de manejo y recolección sustentable de Frutos de Avellano (*Gevuina avellana*) en formaciones boscosas nativas de Chile. Instituto Forestal, Santiago.

**Jackson, J. E. and Palmer, J. W., 1977.** Effects of shade on the growth and cropping of apple trees. II Effects on components of yield. Journal of Horticultural Science 52:253-266.

**Martínez, C., 2001.** Evaluación de la producción de nueces de once clones de *Gevuina avellana* Mol. Tesis pregrado para optar al grado de Licenciado en Agronomía, Facultad de ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 87p.

**Medel, F., 2001.** *Gevuina avellana*: Potencial for commercial nut clones. ISHS Act Horticulture 596. International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants. V International Congress on Hazelnut (En línea) <[http://actahort.org/books/556/556\\_76.htm](http://actahort.org/books/556/556_76.htm)> (Consultado en septiembre 2017).

**Muñoz, M., 2002.** Análisis comparativo de la producción frutícola en racimos de *Gevuina avellana* Mol. En tres sitios de la cordillera de la costa de la VII Región de Chile. Tesis pregrado para optar al grado de Ingeniero Forestal, Universidad de Talca. Talca, Chile. 109p.

**Silva, V., 2002.** Caracterización estructural, fenológica y productiva de once clones de Avellano Chileno (*Gevuina avellana* Mol.). Tesis pregrado para optar al grado de Licenciado en Agronomía, Facultad de ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía, Universidad Austral de Chile. 98 p.

**Tapia, F., 2011.** Efecto de la carga frutal y época de cosecha sobre la productividad y calidad del fruto en ciruelo europeo variedad d'agen. Memoria para optar al título Profesional de Ingeniera Agrónoma, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 38p.

**Valdebenito, G.; Molina, J.; Benedetti, S.; Hormazábal, M. y Pavez, C., 2015.** Modelos de negocios sustentables de recolección, procesamiento y comercialización de Productos Forestales No Madereros (PFNM) en Chile. Serie Estudios para la Innovación FIA. Santiago, Chile. 243p.

**Westwood, M., 1982.** Fruticultura de zonas templadas. Mundi-prensa. Madrid, España. 461p.

## RESUMEN

El Espinal es un sistema vegetacional nativo cuya principal especie arbórea es *Acacia caven* (Espino) y es un sistema agroforestal relevante para el desarrollo de la zona Central de Chile. Respecto al espino, es una especie leguminosa que cumple importantes funciones económicas, sociales y ambientales, siendo las más características el mantener y mejorar el recurso suelo, generar mejores condiciones locales para el desarrollo de la pradera y la mantención y producción de animales domésticos. Además, tiene la posibilidad de generar productos dendroenergéticos como leña y carbón, aportando a la producción predial y mejorando la calidad de vida del habitante rural.

Sin embargo y a pesar de su importancia, este recurso se encuentra altamente degradado, ya que en el pasado y en la actualidad es sometido a una fuerte presión antrópica, esencialmente para convertir este sistema a la actividad agrícola y ganadera, y para la extracción no sustentable de biomasa para la producción de leña y carbón.

Este documento tiene como objetivo describir y analizar el estado actual de la investigación en torno al Espinal, la cual se ha basado principalmente en determinar los efectos del espino en el desarrollo productivo de la pradera, la respuesta del espino al manejo, y las ventajas de la especie para ser usada en sistemas silvopastorales.

Al analizar esta información, se puede concluir que el uso de los Espinales en sistemas silvopastorales presenta muchas ventajas y que puede ser uno de los ejes principales para el desarrollo del territorio rural de la zona central de Chile, pero se requiere avanzar en generar más investigación y desarrollo bajo una perspectiva sistémica y de largo plazo, que contemple y analice las interrelaciones entre sus componentes principales, esto es árbol, pradera y animales, y las formas de dar sustentabilidad a este sistema.

**Palabras clave:** Espino, Sistemas Agroforestales, Zonas Semiáridas

## SUMMARY

Spinal is a native vegetation system whose main tree species is *Acacia caven* (Espino), and it is an agroforestry system relevant for the development of the Central zone of Chile. Regarding Espino, is a legume species that fulfills important economic, social and environmental functions, the most characteristic being the maintenance and improvement of the soil resource, generating better local conditions for the development of the meadow and maintenance, and production of domestic animals. In addition, it has the possibility of generating wood-energy products such as firewood and charcoal, contributing to property production and improving the

quality of life of rural inhabitants.

However, despite its importance, this resource is highly degraded, since in the past and today it is subjected to strong anthropic pressure, essentially to convert this system to agricultural and livestock activity, and for unsustainable extraction of biomass for the production of firewood and charcoal.

This document aims to describe and analyze the current state of research on Espinal, which has been based mainly on determining the effects of Espino on the productive development of the pasture, the response of the species to management, and the advantages of the species to be used in silvopastoral systems.

When analyzing this information, it can be concluded that the use of Espinales in silvopastoral systems has many advantages and that it could be one of the main axes for the development of the rural territory of central Chile, but it is necessary to advance in generating more research and development from a systemic and long-term perspective, which contemplates and analyzes the interrelationships between its main components, that is, trees, grasslands and animals, and the ways to give sustainability to this system.

**Keywords:** Espino, Agroforestry Systems, Semiarid Zones.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales como técnicas de uso del suelo, han surgido como interesantes opciones productivas para distintas zonas geográficas del mundo, siendo uno de los modelos más utilizados, los sistemas silvopastorales. En este marco se pueden individualizar las dehesas españolas y el montado portugués, las sabanas en África y los espinales o sabanas mediterráneas presentes en Sudamérica.

Los Espinales, son formaciones vegetacionales con una componente arbórea conformada principalmente por la especie *Acacia caven*, la cual es considerada una especie multipropósito, debido a los variados beneficios productivos y ecológicos que es capaz de proveer, relacionados con la generación de productos madereros como leña y carbón, fijación de nitrógeno atmosférico al ser una especie leguminosa, incorporación de materia orgánica, aportando al sistema de ciclaje de nutrientes y actuando sobre las propiedades del suelo.

Este recurso ha tenido una fuerte intervención antrópica que lo ha degradado, y que se ha traducido en una pérdida de valor económico del recurso suelo y vegetal, además de un desaprovechamiento de las ventajas del componente forestal en la actividad silvoagropecuaria de Chile central, lo que se traduce en una disminución creciente del potencial económico predial.

Desde el punto de vista pastoral, el espino tiene gran importancia, ya que mejora la diversidad, el desarrollo y productividad de la pradera que crece bajo el área de influencia de la copa, modera las temperaturas mínimas y máximas, aumenta la humedad relativa del aire bajo su área de influencia, y con ello disminuye la evaporación en función del aumento de la sombra. Además, brinda protección al ganado contra los efectos del sol y de las heladas, reduciendo el consumo de agua y aumentando la sobrevivencia y los rendimientos del ganado doméstico (FAO, 1997).

En este sentido, la mayoría de los estudios y análisis desarrollados en torno al manejo y

uso del Espinal se han centrado en determinar el impacto positivo de la componente arbórea sobre la calidad y cantidad de la biomasa de la pradera, pero centrando sus objetivos en determinar la productividad de la pradera y no del componente arbóreo.

El Espinal bajo el uso actual, esto es uso combinado de árboles y pradera, es un sistema agroforestal, sin embargo, los análisis en torno a este recurso no han tenido esta visión sistémica, es decir analizar todas las componentes que están presentes en el sistema y que también permita entender las interrelaciones entre ellos y la manera de gestionarlos de manera sustentable.

En este marco, el presente trabajo tiene como objetivo, describir y analizar el estado actual de la investigación en torno al Espinal, además de entregar antecedentes que demuestran su importancia desde el ámbito productivo, social y ambiental para la zona central de Chile y como sistema silvopastoral, y dilucidar líneas de investigación aún no abordadas o insuficientemente abordadas por la comunidad científica que permitan el desarrollo económico, social y ambiental de este recurso.

## SISTEMA SILVOPASTORAL CON ESPINO EN CHILE

### Antecedentes Generales

La estepa de *Acacia caven* está presente en la zona central de Chile abarcando una superficie aproximada de 957 mil hectáreas<sup>8</sup>. Es una formación vegetacional nativa cuya principal especie leñosa es *Acacia caven* (Mol.) Mol, que es la única del género *Acacia* que crece naturalmente en Chile (Cabello y Donoso, 2006).

Se la clasifica dentro del Tipo Forestal Esclerófilo, Sub Tipo Espinal y se extiende desde la región de Coquimbo por el norte hasta la región del Bio Bio por el sur (Figura N° 1).

A lo largo de su distribución, el Espinal puede presentarse en formaciones puras de espino o asociado a otras especies arbóreas, como quillay (*Quillaja saponaria*), litre (*Lithraea caustica*), maitén (*Maytenus boaria*), huingán (*Schinus polygamus*), entre otras (Rodríguez *et al.*, 1983; Cabello y Donoso, 2006).

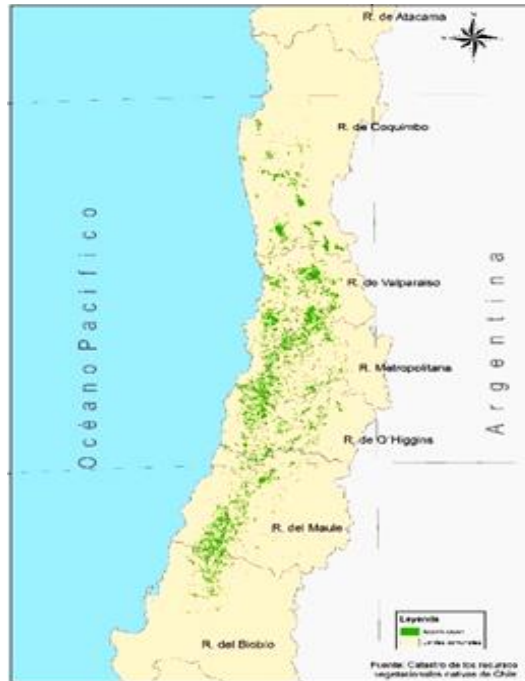
El Espinal es una formación vegetal compleja, con un estrato leñoso de coberturas de copas y alturas variables y con un estrato herbáceo dominado esencialmente por especies anuales (Ovalle y Squella, 1988; Ovalle *et al.*, 2015).

La composición y estructura actual del Espinal, al igual que muchas de las sabanas en el mundo, son resultado directo de la intervención humana que ha transformado la mayor parte de esta formación vegetacional en áreas de cultivo y ganadería (Donoso, 1982; Sotomayor y Soto, 2011; Ovalle *et al.*, 2015).

Así, el Espinal resultante es más abierto, con árboles de poco desarrollo y principalmente de origen vegetativo. De acuerdo a Olivares (2006), esta degradación en el tiempo se debe a que el uso de la tierra se realiza bajo esquemas de monocultivos, sin preocuparse de la presencia de otros recursos y de las posibles interrelaciones positivas que se pueden generar entre ellos.

---

<sup>8</sup> Superficie estimada por INFOR en base a información actualizada del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile 2015, administrada por la Corporación Nacional Forestal (CONAF).



**Figura N° 1**  
**DISTRIBUCIÓN DE ESTEPA DE *Acacia caven* EN CHILE<sup>9</sup>**

En sitios donde no se ha alterado mayormente la vegetación, los espinales son más densos, con árboles o arbustos de hasta 6 m de altura, aunque a veces pueden alcanzar alturas de 10 m, dependiendo de las condiciones de clima y suelo en que habitan, con copas que alcanzan 5 a 6 m de diámetro (Donoso, 1982; Cabello y Donoso, 2006) y coberturas que pueden variar entre 60 y 90%.

La disminución de los espinales se debe a prácticas de eliminación y quema, además de la corta para la producción de leña y carbón. Estas prácticas se han hecho aún más agudas en la actualidad, en particular en el valle central de las regiones de Valparaíso y de O'Higgins, debido en gran medida al desarrollo de viñas y olivares (INFOR, 2012; Ovalle *et al.*, 2015), situación que se ha extendido también a la zona del secano interior de la región del Maule, principalmente con el establecimiento de viñas con riego tecnificado.

En relación a sus requerimientos agroecológicos, *Acacia caven* se adapta bien en suelos erosionados, aunque su crecimiento es lento y no alcanza grandes tamaños. Crece bajo clima del

<sup>9</sup> Plano elaborado por Instituto Forestal (INFOR), Línea de Investigación "Inventario Forestal Continuo" Sede Bio Bio, en base a la información actualizada del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile 2015, administrado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF).



tipo mediterráneo, caracterizado por la concentración de lluvias en invierno, con precipitaciones que varían de 28 a 1.338 mm anuales, con veranos secos y temperaturas extremas moderadas.

Crece también en suelos profundos, con bajo contenido de materia orgánica, de textura franco arenosa, y tanto en condiciones de anegamiento invernal como bien drenados. Su mejor crecimiento lo obtiene en suelos planos de origen aluvial, con profundidad media a profunda. (FAO, 1997; INFOR, 2012).

*Acacia caven* es considerada como una especie de uso múltiple. Por un lado, además de proveer biomasa, forraje y productos comestibles complementarios para animales, provenientes de la producción de harinas de sus frutos, también es posible generar productos destinados a uso humano, como café de semillas tostadas, usos cosméticos y productos medicinales, (Cabello y Donoso, 2006; Palomeque, 2009; INFOR, 2012).

Además de un uso ornamental, también genera otros servicios ambientales, como la fijación de nitrógeno atmosférico, regula las condiciones microclimáticas y favorece la vegetación que crece bajo su influencia; incrementa la materia orgánica en el suelo; mejora la retención del agua del suelo, aumentando su permanencia y disponibilidad; aporta al ciclo de los nutrientes; y evita o disminuye la erosión del suelo (FAO, 1997; Olivares, 2006; Palomeque, 2009; INFOR, 2012; Ovalle *et al.*, 2015).

## **Efecto de la Componente Arbórea sobre las otras Componentes de un Sistema Silvopastoral con Espino**

### **- Efecto sobre la Componente Herbácea**

Los efectos de los árboles sobre la pradera dependerán de varios factores y de cómo estos se interrelacionan. Se conoce que la componente arbórea de los espinales mejora la diversidad, el desarrollo, la calidad y la productividad de la pradera herbácea que crece bajo el área de influencia de la copa (FAO, 1997; Fernández *et al.*, 2002; Pérego, 2002, Cabello y Donoso, 2006; Ovalle *et al.*, 2015).

Algunos autores señalan que existe una relación positiva entre la producción de materia seca (MS) y la cobertura arbórea, y que además esta cobertura influye en la composición botánica de la pradera (Ovalle y Avendaño, 1984; Fernández *et al.*, 2002; Olivares, 2006). Fernández *et al.* (2004) señalan que en sectores planos con espinos manejados la productividad de forraje alcanza valores de entre 2,5 y 4,5 tMS/ha/año, dependiendo de la densidad de los espinos. La mayor producción se obtiene con cobertura arbórea alta, sobre un 80%.

También se ha determinado que la composición botánica de la pradera cambia por efecto de la cobertura arbórea, incrementándose la presencia de gramíneas forrajeras, en detrimento de las especies leguminosas presentes en la pradera, aumentando con ello la calidad forrajera de esta (Ovalle y Avendaño, 1984; Ovalle, 1986).

También la cobertura arbórea del espinal tiene efecto en el ciclo de crecimiento y de desarrollo de la pradera. Olivares (2006) determinó diferencias significativas en la senescencia total de la pradera que crece bajo diferentes niveles de cobertura, siendo más tardía cuando crece con cobertura. Este hecho es de gran importancia ya que influye en la calidad y disponibilidad de forraje para los animales, debido probablemente a que la humedad en el suelo, bajo la proyección de la copa, está disponible para la pradera por más tiempo.

El efecto de la sombra de los árboles sobre la pradera a lo largo del día fue estudiado por

Ramírez (2011), quien analizó la composición botánica y la materia seca de la pradera según el sombreado parcial de tres tipos de espinos: a) Espinos grandes de alturas de 3,7 a 4,2 m y radios de copa de entre 3,5 y 5,0 m; b) Espinos de tamaño mediano, con alturas de entre 2,6 y 3,0 m y radios de copa entre 2,5 y 3,5 m; y c) Espinos de tamaño pequeño, con alturas de entre 1,6 y 2,0 m y radios de copa entre 1,6 y 2,5 m. Para ello y utilizando una maqueta a escala, determinó manualmente la acumulación de sombra proyectada del espino durante el día y la correlacionó con la composición botánica y materia seca de la pradera. Concluyó que existen diferencias en la productividad de la pradera entre tipos de espinos. Bajo condiciones de sombra la materia seca aumenta en un 13% en espinos pequeños y 29% en espinos medianos y grandes. No encontró, según tipo de espino, diferencias en la composición botánica de la pradera.

La fenología del espino juega un rol determinante en la competencia potencial por los recursos ambientales entre el árbol y la pradera. Su copa no es muy densa y es de hoja caduca, generando un mayor aporte de materia orgánica al sistema y una menor competencia por la luz solar, más aún cuando la foliación del espino está desfasada del período de mayor desarrollo de la pradera y está presente en la temporada de mayor calor (Ovalle y Squella, 1988), otorgando al sistema una diversidad temporal entre sus componentes y sus requerimientos por los recursos, lo que mejora el rendimiento del sistema (Ong y Leakey, 1999; Jose *et al.*, 2019).

Esta diversidad estructural y funcional en las componentes de un sistema silvopastoral permite mejorar la eficiencia del uso de los recursos y de la productividad del sistema, favoreciendo las interacciones positivas y minimizando las negativas (Jose *et al.*, 2019).

Por lo anterior, la gestión o manejo del Espinal bajo estos sistemas es menos compleja que la de sistemas silvopastorales asociados a otras especies de copas densas y de hojas perennes (Jose, 2011), ya que en estas últimas situaciones el manejo de los árboles a través de la poda y raleo con el fin de generar una mejor disponibilidad de luz para la pradera, es mucho más intensivo y relevante, producto de que la competencia por este recurso ocurre durante todo el período de crecimiento de la pradera (Daniel *et al.*, 1982; Jose *et al.*, 2004; Jose, 2011; Jose *et al.*, 2019).

#### - Efecto sobre la Componente Animal

El espino brinda protección al ganado contra los efectos del sol y de las heladas en zonas más húmedas y/o frías, influyendo positivamente en el ahorro de energía de los animales aumentando la sobrevivencia y los rendimientos de la masa ganadera del sistema (FAO, 1997; Pérego, 2002; Cabello y Donoso, 2006; Olivares, 2006), también genera ahorro significativo de agua de bebida, elemento que en la mayoría de los terrenos de pastoreo es escaso (Cabello y Donoso, 2006; Olivares, 2006).

Es necesario considerar que la carga elevada de animales o sobretalaje, puede tener un efecto sobre la pradera, ya que puede modificar su composición y con ello su calidad (Ovalle, 1986), por lo tanto, el manejo eficiente de la componente animal dentro del sistema es clave para su sustentabilidad, por lo que se debe utilizar una carga animal que permita, por un lado buen desarrollo de la masa ganadera y por otro mantener la producción y perdurabilidad de la pradera en el tiempo (Fernández *et al.*, 2002).

Otro aspecto relevante a considerar en la interrelación árbol-animal, es un hecho que *A. caven* es un árbol que puede ser utilizado como especie forrajera complementaria. Sus flores, hojas verdes, frutos maduros y semillas son fuente de alimentación para el ganado, constituyéndose en una fuente de reserva de forraje en años secos, cuando la pradera es estéril y está en su más bajo nivel nutritivo. Se han determinado niveles de 23,9% de proteína en hojas

verdes, clasificándola como una especie de palatabilidad media (FAO, 1997; Cabello y Donoso, 2006; Olivares, 2006; INFOR, 2012).

## SILVICULTURA Y MANEJO DE ESPINO

Diversos autores han investigado la respuesta de los espinos a diferentes intervenciones silviculturales, tales como su propagación y establecimiento artificial, sistemas de plantación y manejo de formaciones naturales (INFOR, 2012).

En un estudio realizado en la región Metropolitana, en la década de los 60, se compararon distintos métodos para la regeneración artificial de los espinales. Se determinó que el método de forestación o reforestación por siembra directa, previo tratamiento pregerminativo de las semillas, presenta ventajas en cuanto a supervivencia y crecimiento en relación a otros métodos como plantación a raíz desnuda y en maceta (Navarro, 1995).

El tratamiento pregerminativo de la semilla frecuentemente consiste en sumergir la semilla en agua a temperaturas entre 60 y 100°C por algunos minutos y dejar enfriar para que la semilla se embeba de agua y se active la germinación una vez sembrada. Otro tratamiento es la escarificación ácida, el cual consiste en sumergir la semilla en ácido sulfúrico por unos 120 minutos, lo cual permite que la semilla solo germine en condiciones favorables de humedad, asegurando un buen prendimiento y sobrevivencia posterior (FAO, 1997; INFOR, 2012).

Estudios de plantación realizados en la década del 70 en la región de Coquimbo indican que a pesar que se obtuvieron buenos prendimientos, el crecimiento posterior de las plantaciones fue bajo, con valores que no superaron en promedio 1 cm/año y en muchos de ellos el crecimiento fue nulo (Vita, 1977). Francke (1999) señala como experiencia exitosa la plantación con espino en las regiones de Coquimbo y Metropolitana para fines de uso múltiple, aunque no indica el parámetro utilizado para catalogarlas de exitosas. Especifica que las técnicas utilizadas fueron de silvicultura intensiva, incorporando buena preparación de suelo, casillas de plantación, incorporación de sustrato mejorado y plantación con tres plantas por casilla.

Estudios de poda y raleo asociado a *A. caven* indican mejora sustancial del recurso, permitiendo regularizar y rejuvenecer la estructura aérea, mejorar la sanidad y favorecer el crecimiento juvenil y la producción del espinal (Díaz, 2004; Donoso *et al.*, 2009).

## USOS PRODUCTIVOS DE ESPINO

Es conocido que los principales productos madereros del espino son leña y carbón, aunque este uso no está exento de algunas complicaciones, ya que se ha indicado que puede deteriorar paulatinamente el recurso. Es apreciado su uso como carbón por corresponder a un combustible renovable, liviano, fácil de manipular, con valores caloríficos comparables con el carbón mineral (Pacheco, 2005), y con un rendimiento de producción de 20,3% (FAO, 1997), que quiere decir que por cada 10 kg de leña se obtienen 2,03 kg de carbón. A pesar de lo anterior, el proceso de producción tradicionalmente utilizado (hornos de barro) influye negativamente en la calidad del producto obtenido, debido a la baja temperatura que presentan durante el proceso de carbonización, que no supera los 320°C (Pacheco, 2005), siendo el ideal alcanzar temperaturas mayores a 500°C para obtener una mayor proporción de carbón fijo en relación a los materiales volátiles (FAO, 1983).

Otro uso del espio es para la recuperación y conservación de suelos, gracias a su profundo sistema radicular (FAO, 1997); y la utilización de sus frutos, semillas y vainas para la producción de harinas, así como también para usos cosméticos, ornamentales y medicinales (INFOR, 2012).

## CONCLUSIONES

La información entregada permite tener una mejor comprensión sobre las interrelaciones de las diferentes componentes de un sistema silvopastoral con *Acacia caven*, entendiendo un sistema silvopastoral como el manejo deliberado del recurso arbóreo, pratero y pecuario bajo este esquema, que considere las sinergias que se producen entre sus componentes y aplicando los manejos adecuados que permitan potenciar o generar estas sinergias y le den sustentabilidad al sistema, y no solo aquella práctica habitual en zonas rurales de permitir el ingreso de animales al bosque para consumir la pradera natural que ahí se desarrolle.

Otra característica muy relevante de un sistema silvopastoral con *Acacia caven* (espino), es la diversidad estructural y funcional entre las componentes de este sistema, favoreciendo las interacciones positivas y minimizando las negativas, y esto tiene que ver fundamentalmente con la calidad de especie leguminosa, de hoja caduca y con fenología del espino, ya que la aparición de sus hojas está desfasada del desarrollo de la pradera, siendo esta aparición más tardía que la etapa inicial de crecimiento de la pradera, sus hojas estén presentes en la época de mayor calor, generando para la pradera condiciones de mayor humedad y disminución de la evapotranspiración herbácea, lo que aumenta su periodo de senescencia en comparación con la pradera sin la protección del espino.

## REFERENCIAS

- Cabello, A. y Donoso, C., 2006.** *Acacia caven* (Mol.) Mol. Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología. Editor Claudio Donoso Z. Valdivia. Chile. pp. 126-134.
- Daniel, T.; Helms, J. y Backer, F., 1982.** Principios de Silvicultura. Editorial McGraw-Hill. 492p.
- Díaz, K., 2004.** Evaluación del rendimiento volumétrico al aplicar un raleo en un espinal de San Pedro, Región Metropolitana. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Santiago. Chile. 53p.
- Donoso, C., 1982.** Reseña Ecológica de los Bosques Mediterráneos de Chile. Bosque 4 (2): 117-146.
- Donoso, S.; Peña-Rojas, K. y Díaz, K., 2009.** Rendimiento volumétrico de raleo de un rodal de *Acacia caven* en la Región Metropolitana, Chile. Revista Ciencia e Investigación Forestal. Instituto Forestal. Vol 15 (3). 339-353.
- FAO, 1983.** Métodos simples para fabricar carbón vegetal. Estudio FAO: Montes 41. 197p.
- FAO, 1997.** *Acacia caven*. Especies Arbóreas y Arbustivas para las Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina. Serie: Zonas Áridas y Semiáridas N°12. Programa Conjunto FAO/PNUMA de Control de la Desertificación en América Latina y el Caribe. Santiago. Chile. pp. 157-167.
- Fernández, F.; Squella, F. y Ovalle, C., 2002.** Sistemas Agroforestales: Una alternativa de uso mixto de un mismo sitio con actividades silvoagropecuarias. Curso Internacional Manejo de microcuencas y prácticas conservacionistas de suelo y agua. Serie de Actas INIA N°22 Capítulo 6. pp. 95-118. Chillán. Chile.
- Fernández, F.; Lavín, A.; Sotomayor, J.; González, M. y Tay, J., 2004.** Potencialidades de la Agricultura y Ganadería en el Secano Interior. En Sistemas Productivos Sustentables en el Secano Interior. Boletín INIA N°125

(pp. 27-50). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán. Chile.

**Francke, S., 1999.** Manejo del suelo posible para el desarrollo forestal del semiárido chileno. Chile Forestal. Documento Técnico N° 127.

**INFOR, 2012.** Monografía del espiño. *Acacia caven* (Mol.) Mol. Programa de Investigación de Productos Forestales No Madereros. Benedetti S. (ed.). Santiago. Chile. 71p.

**Jose, S., 2011.** Managing native y non-native plants in agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 83:101-105.

**Jose, S.; Gillespie, A. and Pallardy, S., 2004.** Interspecific interactions in temperate agroforestry. *Agroforestry Systems* 61: Issue 1-3. 237–255.

**Jose, S.; Walter, D. and Kumar, B., 2019.** Ecological considerations in sustainable silvopasture design and management. *Agroforestry Systems* 93: 317–331. doi:10.1007/s10457-016-0065-2.

**Navarro, R., 1995.** Efecto de Intervenciones Silviculturales sobre el crecimiento y la producción de fitomasa de *Acacia caven* en Melipilla, Región Metropolitana. Memoria para optar a título profesional de Ingeniero Forestal. Departamento de Silvicultura. Escuela de Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. 89p.

**Olivares, A., 2006.** Relaciones entre el estrato arbóreo, el estrato herbáceo y la conducta animal en el matorral de *Acacia caven* (espiñal). *Science et changements planétaires/Sécheresse*. 17(1-2): 333-334.

**Ong, C. and Leakey, R., 1999.** Why tree-crop interactions in agroforestry appear at odds with tree-grass interactions in tropical savannahs. *Agroforestry Systems* 45(1–3): 109–129.

**Ovalle, C., 1986.** Etude du système écologique sylvo-pastoral à *Acacia caven* (Mol.) Hook. et Arn: applications à la gestion des ressources renouvelables dans l'aire climatique méditerranéenne humide et sub-humide du Chile. INIA (Chile). Sub-Estación Experimental de Cauquenes. Centre Emberger (Francia) Groupe d'Ecologie des Ressources Renouvelables. Montpellier. France. 224p.

**Ovalle, C. y Avendaño, J., 1984.** Utilización Silvopastoral del Espiñal. I. Influencia del espiño (*Acacia caven* mol.) sobre la Productividad de la Pradera Natural. *Agricultura Técnica (Chile)* 44 (4): 339-345.

**Ovalle, C. y Squella, F., 1988.** Terrenos de pastoreo con praderas anuales en el área de influencia climática mediterránea. Capítulo 20 en *Praderas para Chile*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Ministerio de Agricultura. Santiago. Chile. Editor Ruiz, I. pp. 369-409

**Ovalle, C.; Casado, M.; Acosta-Gallo, B.; Castro, I.; Del Pozo, A.; Barahona, V.; Sánchez-Jardón, L.; De Miguel, J.; Aravena, T. y Martín-Forés, I., 2015.** El Espiñal de la Región Mediterránea de Chile. Colección de Libros INIA N°34. Centro Regional de Investigación La Cruz. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chile.

**Pacheco, G., 2005.** Evaluación del Proceso de Carbonización y Calidad del Carbón de *Acacia caven* (Mol.) Mol. Producido en Hornos de Barro. Memoria para optar a título profesional de Ingeniero Forestal. Departamento de Ingeniería de la Madera. Escuela de Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 59p.

**Palomeque, E., 2009.** Sistemas Agroforestales. Chiapas México. 29p.

**Pérego, J., 2002.** Sistemas Silvopastoriles en el Centro Sur de la Provincia de Corrientes. Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur Zona Campos. Memorias I.N.T.A. E.E. A. Mercedes. XIX-2002. Corrientes. Argentina. 7p.

**Ramírez, R., 2011.** Efecto de la sombra de *Acacia caven* (Mol.) Mol. en la pradera anual de clima mediterráneo. Memoria de Título. Escuela de Pregrado. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 33p.

**Rodríguez, R.; Matthei, O. y Quezada, M., 1983.** Flora Arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de

Concepción. Universidad de Concepción. 408p.

**Sotomayor, A. y Soto, H., 2011.** Productividad Herbácea en Estepa de Espinales (*Acacia caven* Mol.) Bajo Manejo Silvopastoral. Actas III Seminario Investigación y Desarrollo Forestal en la Pequeña Propiedad. Avances de la Agroforestería en Chile. 26, 27 y 28 de octubre. Concepción. Chile. Editores Sotomayor, A.; Casanova, K. y Valenzuela, C. Concepción. Chile. pp. 109-116.

**Vita, A., 1977.** Introducción de Especies Forestales en la Zona Costera de la Región de Coquimbo. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Santiago. Chile. 63p.

## RESUMEN

Existen brechas tecnológicas en la producción forestal tradicional entre las grandes empresas del sector y los pequeños y medianos propietarios. Los motivos se asocian a los niveles económicos, acceso a conocimiento técnico y gestión de la producción.

En este estudio se muestra un análisis de línea base de conocimientos que tienen pequeños propietarios en el tema del establecimiento y manejo de plantaciones forestales, de las comunas de Chillán, Bulnes, San Nicolás, Quirihue, Portezuelo, San Carlos, El Carmen, San Ignacio y Pinto de la región de Ñuble y la comuna de Yumbel de la región del Bio Bio.

Los datos fueron recopilados a través de encuestas semiestructuradas y visitas a terreno. El análisis de los antecedentes revela que los pequeños propietarios tienen un bajo conocimiento de la técnica de establecimiento de plantaciones forestales y bajo conocimiento del manejo silvícola de estas plantaciones.

**Palabras clave:** Brechas tecnológicas, Pequeños y medianos propietarios, Manejo forestal, Plantaciones forestales.

## SUMMARY

There are technological gaps in traditional forest production between large companies in the sector and small and medium-sized owners. The reasons are associated with economic levels, access to technical knowledge and production management.

This study shows a baseline analysis of knowledge that small owners have on the issue of the establishment and management of forest plantations in the communes of Chillán, Bulnes, San Nicolás, Quirihue, Portezuelo, San Carlos, El Carmen, San Ignacio and Pinto of the Ñuble Region and the Yumbel commune of the Bio Bio Region.

The data were collected through semi-structured surveys and field visits. The analysis of the antecedents reveals that the smallholders have a low knowledge of the technique of establishing forest plantations and little knowledge of the silvicultural management of these plantations.

**Keywords:** Technological gaps, Small and medium owners, Forest management, Planted forests

## INTRODUCCIÓN

El diagnóstico entregado respecto del nivel de conocimiento de pequeños propietarios forestales de la provincia de Arauco, región del Bio Bio, señala un nivel muy bajo de conocimiento técnico en labores de establecimiento y manejo de plantaciones forestales (Aguilera *et al.*, 2019), lo cual representa una necesidad de discusión y debate respecto de los mecanismos tradicionales de transferencia tecnológica y extensión forestal que apunten a una real adopción del conocimiento de los campesinos que redunde en una mejor gestión de sus recursos.

El sector forestal chileno se ha caracterizado por contribuir significativamente a la economía nacional, contribuyendo en el año 2019 con el 1,97% del Producto Interno Bruto (PIB) y generando montos anuales de exportaciones por US\$5.662 millones (INFOR, 2020). Aun así, siendo un sector consolidado y exitoso en el segmento de exportación y producción industrial, asociado a las grandes empresas, no lo es para el segmento de las pequeñas y medianas empresas y propietarios, faltando desarrollar integralmente toda la cadena productiva y sus componentes.

En Chile operan tres grandes empresas forestales cuya capacidad económica les permite adoptar con relativa facilidad los cambios y oportunidades tecnológicas, mientras que, en el otro extremo, a la pequeña empresa se le hace difícil innovar e incorporar tecnología que mejore la productividad de sus cultivos y la rentabilidad de sus operaciones. Se estima un número de 23.146 los pequeños propietarios forestales considerando en estos a quienes poseen entre 5 y 200 ha de plantaciones forestales (INFOR, 2020)

La superficie de plantaciones forestales constituye la base de recursos sobre los cuales se ha forjado el crecimiento de la industria forestal, estas plantaciones, principalmente de pino (*Pinus radiata*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus* y *E. nitens*), han aumentado sostenidamente en los últimos 40 años permitiendo un nivel de existencia suficiente para la consolidación de la industria forestal. Actualmente la superficie de plantaciones forestales alcanza 2,3 millones de ha a nivel nacional.

Respecto de la propiedad de estos bosques plantados, las tres grandes empresas son dueñas del 60,1% de la superficie con pino radiata y eucaliptos, las medianas empresas del 6,5%, medianos propietarios de un 11,2% y los pequeños propietarios de un 22,2% (Grosse y Rosselot, 2016).

En la cadena productiva del sector forestal se presenta una serie de brechas entre la pyme silvícola, representada por pequeños y medianos propietarios forestales, y el sector empresarial forestal industrial y exportador, lo cual requiere un trabajo efectivo para disminuirlas. Las expectativas comerciales de estos pequeños propietarios en la cadena del negocio forestal se limita probablemente a la venta de su bosque a un intermediario a un precio estancado en el tiempo que lo fijan las grandes empresas del sector.

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

En este contexto se presentan los resultados de línea base en relación al grado de conocimiento y adopción de tecnologías en el ámbito del establecimiento y manejo de plantaciones forestales en pequeños propietarios de comunas del secano de las regiones de Ñuble y Bio Bio. De



esta forma se busca dimensionar en cifras estas brechas tecnológicas y procurar las acciones tendientes a que estas disminuyan en el tiempo. Este trabajo es complementario y paralelo a lo publicado en la línea base de la Provincia de Arauco (Aguilera *et al.*, 2019)

## OBJETIVOS

Dimensionar cualitativa y cuantitativamente el grado de conocimiento de pequeños propietarios en el establecimiento y manejo de plantaciones forestales en comunas del secano de las regiones de Ñuble y Bio Bio, Chile.

## MATERIAL Y MÉTODO

El área de trabajo se estableció en la región de Ñuble y una comuna de la región de Bio Bio, en el sector que comprende la zona del secano costero, interior y precordillerano desde la comuna de Quirihue, por el norte, hasta la comuna de Yumbel, por el sur, paralelos 36°16´ a 37°5´ de latitud sur. Los datos se recolectaron específicamente en las comunas de Chillán, Bulnes, San Nicolás, Quirihue, Portezuelo, San Carlos, El Carmen, San Ignacio, Pinto y Yumbel. El estudio se realizó entre los años 2014 y 2015.

El sector de estudio se ubica principalmente en dos distritos agroclimáticos representado el primero por un clima templado meso termal estenotérmico, régimen térmico caracterizado por temperaturas que varían en promedio entre una máxima de enero de 28,6 °C y una mínima de julio de 4,4 °C, el período libre de heladas es de 235 días, con un promedio de 9 heladas por año y registra anualmente 1.593 días-grado y 1.237 horas de frío. El régimen hídrico muestra una precipitación media anual de 1.093 mm, un déficit hídrico de 716 mm y un período seco de 5 meses. El segundo distrito agroclimático corresponde a un clima templado mesotermal inferior estenotérmico mediterráneo subhúmedo, su régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima de enero de 27,1°C y una mínima de Julio de 4,1°C. El período libre de heladas es de 213 días, con un promedio de 14 heladas por año. Registra anualmente 1.354 días-grado y 1.585 horas de frío. El régimen hídrico muestra una precipitación media anual de 1.226 mm, un déficit hídrico de 666 mm y un período seco de 5 mes (Santibáñez y Uribe, 1993).

En el marco del proyecto INNOVA Bio Bio se crearon grupos de trabajo que se configuraron a partir de la información entregada por los programas permanentes de apoyo rural presentes en el territorio (PRODESAL) y la organización gremial de campesinos "La Conquista Campesina" de Ñuble. Todos los propietarios participantes del estudio cumplen con la categoría de usuarios de INDAP conforme a su definición en la ley N°18.910, de esta forma se asegura para el estudio la condición de pequeño propietario definido como sector objetivo.

Los criterios definidos para la selección de los pequeños propietarios fue que en sus predios tuvieran una plantación forestal de al menos 0,5 ha de cualquier edad y/o existiera en sus predios un terreno de aptitud forestal para establecer una plantación forestal.

Bajo este esquema se definieron dos grupos de trabajo en el territorio, un grupo concentró las comunas de la región de Ñuble (36 personas) y otro grupo la comuna de Yumbel, región del Bio Bio (27 personas). La división en estos grupos se define por la restricción logística territorial y número adecuado de personas en sala para las capacitaciones y charlas.

La herramienta elaborada por el equipo de trabajo para la recopilación de datos para la

línea base, fue una encuesta semiestructurada relativa a las técnicas empleadas en el establecimiento y manejo de las plantaciones forestales. La entrevista fue presencial y se realizó en el predio de cada propietario. Las preguntas estaban enfocadas a cómo ejecutó sus plantaciones forestales y el manejo de éstas cuando correspondiese y estaban dirigidas a identificar las actividades definidas en los protocolos de plantaciones ampliamente aceptados en el ámbito académico y productivo (García *et al.*, 2002a; Sotomayor *et al.*, 2002). En forma paralela se visitaron las plantaciones forestales cuando correspondiera, a las cuales se les realizaron mediciones dasométricas y se tomaron registros fotográficos.

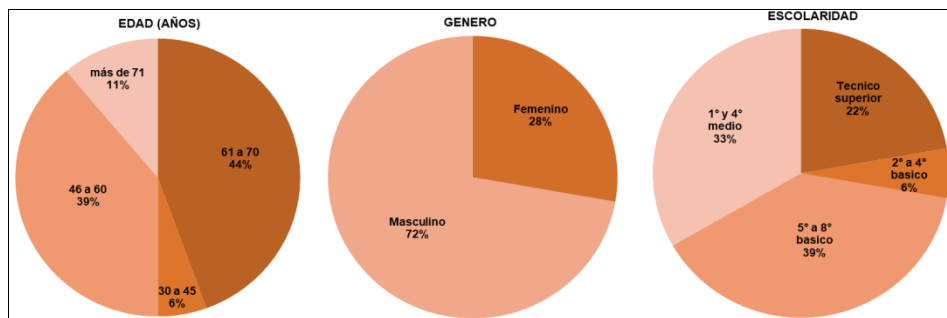
Las encuestas fueron procesadas en planillas electrónicas y sus datos fueron procesados, graficados y analizados en términos porcentuales y con sus estadígrafos descriptivos.

## RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados provenientes del análisis de datos de las encuestas semiestructuradas a pequeños propietarios de algunas comunas de las regiones de Bio Bio y Ñuble.

### Caracterización Socioeconómica Grupo Objetivo

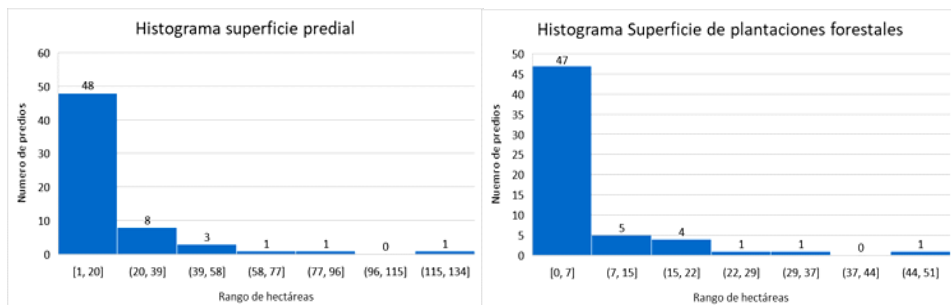
En la Figura N° 1 se muestran los datos socioeconómicos de los pequeños propietarios rurales de la zona de estudio, pertenecientes a la categoría de pequeños propietarios agrícolas y reconocidos como usuarios de INDAP, de acuerdo con la clasificación señalada en la ley 18.910. En la figura se aprecia que el rango etario está dominado por personas adultas y adultos mayores, el 94% de los encuestados es mayor de 45 años, con una representatividad mayoritariamente del género masculino, en un 72% del total. El grupo de estudio se caracteriza por una baja escolaridad, con un 45% de personas con menos de 8 años de escolaridad, correspondiente a formación básica, y un 22% de los encuestados presentan educación superior a nivel técnico profesional.



**Figura N° 1**  
**ANTECEDENTES SOCIOECONOMICOS DEL SECTOR OBJETIVO DEL ESTUDIO**

En relación a los antecedentes prediales, en la Figura N° 2 se detallan los principales aspectos de sus terrenos a través de los histogramas de superficie predial y superficie de plantaciones forestales, en los cuales se aprecia la concentración de los tamaños en las

propiedades más pequeñas. De un total de 62 propiedades contempladas en este estudio, el 77% posee una superficie menor a 20 ha, y solo una propiedad mayor de 100 ha, correspondiente al 1,6% de la muestra. Porcentajes similares se observan en la superficie de plantaciones forestales de estos predios, en donde un 76% posee plantaciones forestales menores a 7 ha de extensión.



**Figura N° 2**  
**ANTECEDENTES PREDIALES DE PEQUEÑOS PROPIETARIOS DEL ESTUDIO**

### Suelos Disponibles

Una característica común de los pequeños propietarios es la disponibilidad de suelos de baja productividad, con algún grado de erosión o degradación. En particular en la regiones de Bio Bio y Ñuble existe una grave situación de erosión en las comunas del secano interior, condición agravada por la naturaleza montañosa y de lomajes que presenta la mayoría de los predios de la zona. Por sus características de fragilidad y baja fertilidad, estos suelos son clasificados de aptitud forestal, no obstante, su condición de erosionados los ubica en una potencialidad de rendimiento forestal significativamente inferior a otros suelos forestales.



**Figura N° 3**  
**SUELOS EROSIONADAS EN COMUNAS DE YUMBEL Y QUIRIHUE**

## Gestión de Plantación

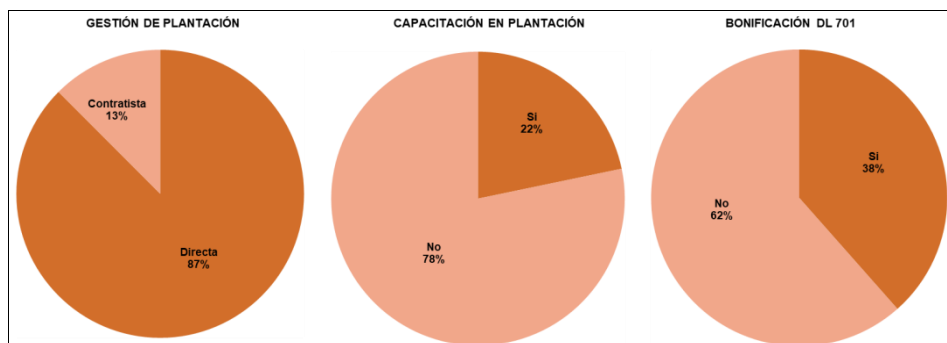
En la Figura N°4 se muestran algunos indicadores referentes a la gestión de plantación de pequeños propietarios de la zona del secano estudiada, destacándose el nulo apoyo y escasas herramientas accesibles para garantizar el éxito de una plantación forestal.

Se observa que una gran parte de estos propietarios asumió la faena en forma directa (87%), vale decir ellos mismos fueron los ejecutores de la plantación, sin embargo, solo un 22% de ellos presentaba algún grado de capacitación al respecto, relacionado fundamentalmente con la participación en faenas de plantación de grandes empresas.

La gestión directa comprende todo el proceso de plantación, desde la compra o disposición de las plantas hasta la faena de plantación en terreno y las etapas que esto involucra.

El 38% de los encuestados utilizó los mecanismos de fomento establecidos en el Decreto Ley N° 701 sobre incentivos a la forestación que, hasta el año 2012, financiaba el 90% de los costos de forestación de pequeños propietarios. Sin embargo, la mayoría utilizó recursos propios en su proyecto de forestación.

Estos indicadores establecen un escenario de alta incertidumbre para el desarrollo y éxito de una plantación forestal; pequeños propietarios que asumen un proyecto de largo plazo de forma directa, que no lo conocen suficientemente ni han sido capacitados y, que mayoritariamente, lo ejecutan con recursos propios.



**Figura N° 4**  
**INDICADORES DE GESTION DE PLANTACIÓN DE PEQUEÑOS PROPIETARIOS**

En la figura N° 5 se ejemplifican algunas situaciones de problemas de gestión de plantaciones forestales en la comuna de Yumbel, en la imagen de la izquierda se observa un escaso prendimiento de la plantación posiblemente asociado a la elección del sitio y a la temporada de plantación y planta utilizadas. Por su parte, en la imagen de la derecha existe un problema en la selección del sitio, evidenciando graves problemas nutricionales del suelo, que repercuten en un pobre estado de crecimiento de las plantaciones.



Figura N° 5  
FORESTACIÓN DEFICIENTE EN COMUNA DE YUMBEL

### Establecimiento de Plantaciones

En la Figura N° 6 se puede observar que la especie *Pinus radiata* representa la mayor preferencia de los propietarios con un 58% mientras que *Eucalyptus globulus* se ubica en un importante segundo lugar con un 41%. En general, las condiciones del secano ofrecen una aceptable opción de crecimiento a la especie de pino radiata, mientras que las condiciones de suelo, sequía y heladas dificultan un buen desarrollo de plantaciones de *E. globulus*.

En la misma figura, se observa el gráfico de preparación de suelo en el cual un altísimo 87% responde que sí realiza una preparación de suelo antes de realizar una plantación forestal, entendiendo por esta cualquier labor de cultivo del suelo para facilitar el prendimiento de la plantación. Se observa además que un 50% de los propietarios ocupó maquinaria pesada para esta labor, lo que se corresponde con las recomendaciones técnicas al respecto (García *et al.*, 2002b). Este valor de preparación de suelo contrasta con el reportado para la provincia de Arauco en el cual un 77% de los encuestados no realizaba preparación de suelos previa a su forestación (Aguilera *et al.*, 2019).

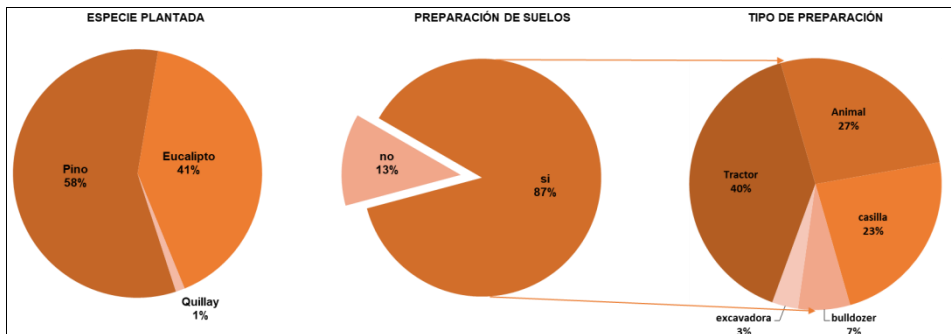


Figura N° 6  
ESPECIE FORESTAL PLANTADA Y PREPARACIÓN DE SUELO EN LA PLANTACIÓN

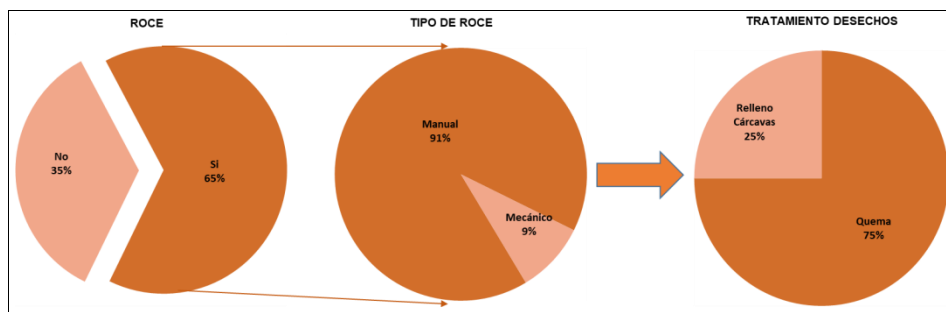
En la Figura N° 7 se muestran las consecuencias de una mala elección de la especie y sitio para la implementación de un proyecto forestal, reflejadas en un pobre crecimiento y un escaso prendimiento, debido a problemas dados por las condiciones agroclimáticas en el caso de Yumbel en la imagen de la izquierda y por problemas de anegamiento en el caso de la imagen derecha en la comuna de Bulnes.



**Figura N° 7**  
**SELECCIÓN DE SITIO EQUIVOCADO PARA *Eucalyptus globulus* EN YUMBEL Y BULNES**

En relación a la faena de roce previo a la plantación, la mayoría (65%) contesta que sí realizan esta faena, la que se ejecuta en forma manual, y que los desechos generados son mayoritariamente quemados (75%), práctica habitual entre los agricultores pero que lamentablemente provoca un daño en las capas superiores del suelo, disminuyendo la capacidad nutritiva de los suelos para soportar vegetación.

Un 25% mencionó que los desechos los depositaban en las cárcavas o barrancas de sus predios, lo que da cuenta de severos procesos de erosión en estos predios (Figura N° 8).



**Figura N° 8**  
**ANTECEDENTES DE FAENA DE ROCE Y TRATAMIENTO DE DESECHOS**

Respecto del origen de la planta utilizada y las decisiones de establecimiento, los antecedentes indican que la planta proviene mayoritariamente de viveros comerciales, los cuales corresponden a pequeños y medianos viveros generalmente ubicados en las cercanías de los predios y que presentan una calidad de planta menor.

En menor medida obtienen las plantas de donaciones de instituciones públicas o privadas o bien les son regaladas o revendidas sin mencionar la fuente de origen.

Existe un porcentaje mínimo que señala que las plantas provienen de regeneración natural de un bosque anterior (Figura N° 9).

El tipo de planta utilizada es en un 90% proveniente de cultivo en bandejas (*speedling*) y el 10% restante proviene de plantas a raíz desnuda y de producción en bolsas.

La temporada de plantación está bien definida en la temporada de invierno principalmente (75%) y una parte en otoño, un 13% realiza la plantación durante la temporada de primavera, lo que en la zona del secano está asociado a evitar que las heladas afecten plantaciones de *E. globulus*.

Al observar la densidad de plantación definida por los propietarios se observa que un 75% de las plantaciones tienen una densidad adecuada y aceptable, predominando la densidad de 2x4m y 2x3 m, aceptada como adecuada para una plantación forestal pura

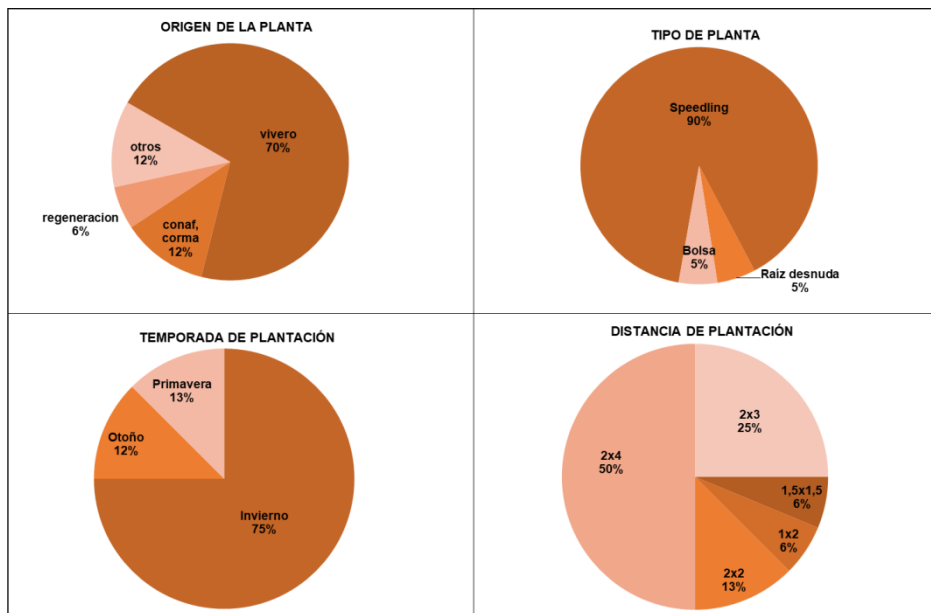
No obstante, un 25% de los pequeños propietarios emplea una alta densidad de plantación, que implica un mayor costo de establecimiento y un menor desarrollo global de la plantación forestal, y técnicamente descartable para fines de volumen maderero comercial.

Consultados por la faena de fertilización en la plantación forestal, la mayoría de los pequeños propietarios responde que la realiza, no obstante, existe un porcentaje no menor que no la efectúa.

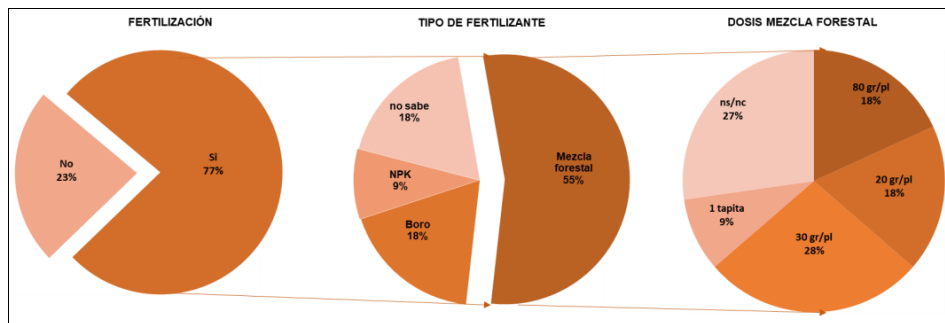
Respecto al fertilizante utilizado, existe una variedad de distintos fertilizantes ocupados los cuales son pertinentes de aplicar, predominando entre ellos la mezcla forestal que es una formulación comercial que se vende en el mercado, sin embargo, un 18% de los productores responde que no sabe que fertilizante utilizó (Figura N° 10).

Tomando como base el fertilizante "mezcla forestal", se consultó respecto de la dosis utilizada al momento de plantar, obteniendo una amplia variedad de respuestas en la que un 27% no sabe qué dosis aplicó y el resto presenta variaciones de hasta 5 veces por debajo de la cantidad adecuada de fertilizante.

La dosis recomendada para esta mezcla es aproximadamente 100g/planta (García *et al.*, 2002b) y para este caso de análisis solo un 18% de las respuestas se acerca a lo recomendado, aplicando 80 g/planta.



**Figura N° 9**  
**ANTECEDENTES DE LA PLANTA Y LABORES DE PLANTACIÓN UTILIZADA**  
**POR PEQUEÑOS PROPIETARIOS**

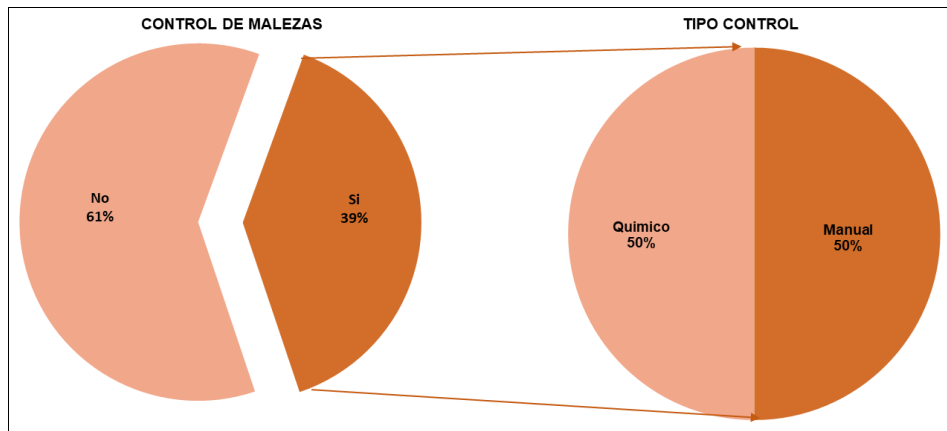


**Figura N° 10**  
**ANTECEDENTES DE FAENA DE FERTILIZACIÓN UTILIZADA EN PLANTACIÓN FORESTAL**

Posteriormente se analizó la faena de control de maleza en el establecimiento de la plantación forestal (Figura N° 11). Poco más de un tercio de los propietarios realizó un control de



maleza previo a la plantación, de los cuales la mitad la ejecutó en forma manual y la otra mitad aplicó control químico. El control de maleza se establece como una de las faenas prioritarias para el éxito de una plantación forestal (Álvarez *et al.*, 2004).



**Figura N° 11**  
**ANTECEDENTES DE FAENA DE CONTROL DE MALEZA PRE PLANTACIÓN DE PEQUEÑOS PROPIETARIOS**

En la Figura N° 12 se aprecian dos imágenes de plantaciones forestales de pequeños propietarios con ausencia de un tratamiento de control de malezas, lo cual repercute en la sobrevivencia inicial y un desarrollo óptimo de la planta en los primeros años de crecimiento.

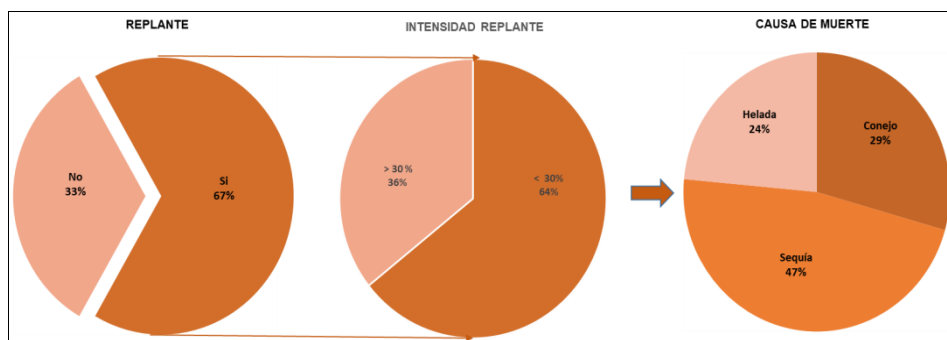


**Figura N° 12**  
**PLANTACIONES FORESTALES SIN CONTROL DE MALEZA EN YUMBEL**

En relación con el éxito inicial de la plantación, se les consultó por la actividad de replantación (Figura N° 13), registrándose un gran porcentaje que manifiesta haberla realizado para reponer plantas muertas.

Respecto de la intensidad de este replante, un 36% de los propietarios necesitó reponer más de un 30% de las plantas establecidas originalmente, lo que se califica como una plantación insuficiente tomando como referencia el valor de un 75% de prendimiento exigido para el pago de bonificación forestal.

Finalmente, la causa de muerte de las plantas es atribuida en un 71% a variables climáticas y el resto al ataque de conejos.



**Figura N°13**  
**ANTECEDENTES DE REPLANTE DE PEQUEÑOS PROPIETARIOS**

Es importante señalar que muchos de los propietarios que establecieron plantaciones mediante el mecanismo establecido en el Decreto Ley 701, entregaron la gestión de la plantación a consultores particulares de acuerdo al mecanismo contemplado en este decreto.

En varios de estos casos, no hubo una transferencia o comunicación adecuada entre consultor y propietario, y esto explica en parte, el desconocimiento de las etapas de plantación y aplicaciones silviculturales específicas en las respuestas de los propietarios.

En la Figura N°14 se observa una técnica observada en las plantaciones de pequeños propietarios, consistente en establecer doble planta en una misma casilla de plantación con el propósito de asegurar la sobrevivencia de al menos una planta, lo cual evidencia la incertidumbre de los campesinos al iniciar el proceso de plantación y la falta de conocimientos para abordarla, finalmente al sobrevivir ambas plantas se produce un crecimiento distribuido entre ellas por la competencia por los recursos, con la consiguiente pérdida en calidad y crecimiento concentrado, lo cual tampoco es corregido o remediado oportunamente.



**Figura N° 14**  
**DOBLE PLANTACION EN UNA CASILLA EN YUMBEL**

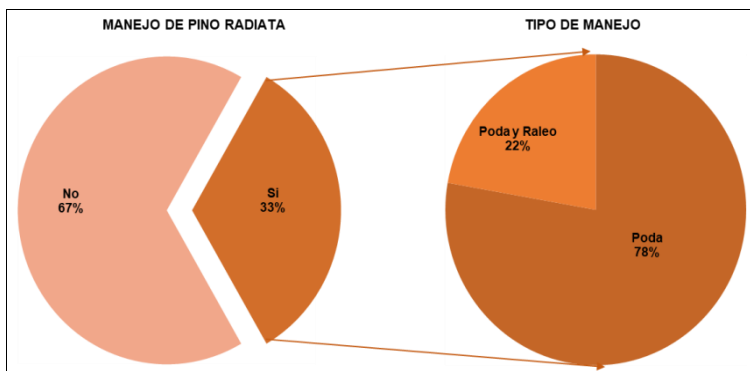
En la Figura N°15 se muestra el dudoso éxito del proyecto forestal de un pequeño propietario, lo que repercute en no alcanzar las expectativas comerciales debido a decisiones erróneas de gestión de la plantación, que redundan en un escaso e irrecuperable crecimiento y un bajo valor comercial de la plantación.



**Figura N° 15**  
**BAJO CRECIMIENTO EN PLANTACION DE EUCALIPTOS DE 8 AÑOS EN YUMBEL**

## Manejo de Plantaciones de Pino Radiata

Para los propietarios que presentaban plantaciones de pino radiata se consultó por labores de manejo silvicultural en sus plantaciones. Para la mayoría de los propietarios el manejo aparece como una labor poco relevante en el desarrollo de una plantación, no obstante, un tercio de ellos sí realizó faenas de manejo. De estos últimos, un porcentaje importante realizó solamente poda y en mucho menor medida realizó simultáneamente las labores de poda y raleo, lo cual se acerca a la recomendación técnica para esta intervención silvícola (Figura N° 16).

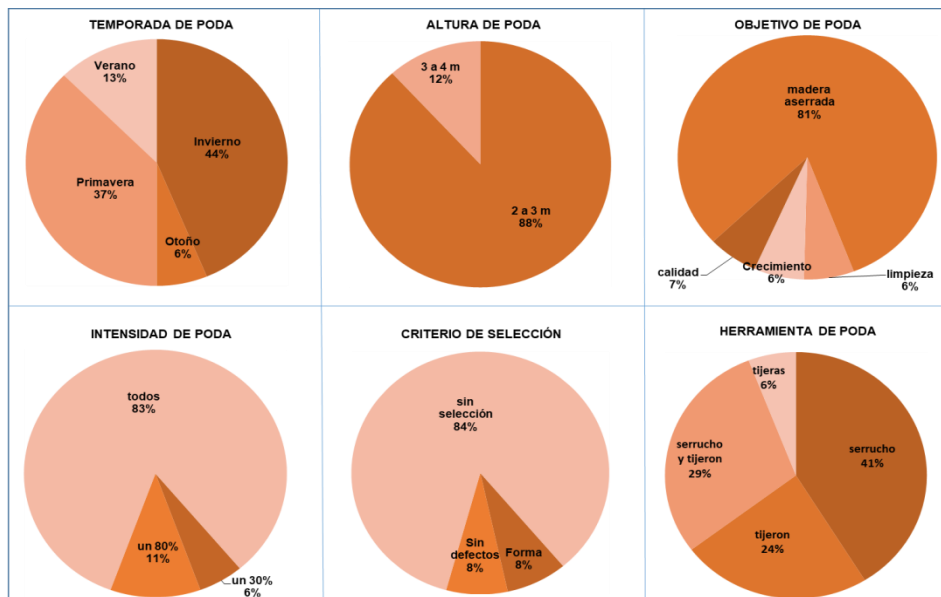


**Figura N° 16**  
**ANTECEDENTES DE MANEJO DE PLANTACIONES DE PEQUEÑOS PROPIETARIOS**

La poda en plantaciones forestales se entiende como un manejo enfocado en obtener trozas aserrables de mayor calidad, apuntando a obtener madera libre de nudos y a prevenir la presencia en ella de nudos muertos (Sotomayor *et al.*, 2002).

Respecto de la temporada de poda, la mitad de los propietarios que la ejecutaron la realizó en la temporada recomendada que es otoño-invierno, mientras que la otra mitad lo hizo en primavera-verano. En la Figura N°17 se muestra la información recopilada de la faena de poda, y la altura de poda se encuentra entre los 2 a 4 m, lo cual es técnicamente recomendado correspondiendo a la primera troza del árbol. Consultados por el objetivo de la poda, se aprecia un alto grado de conocimiento respecto de lo que se persigue con esta labor, mencionando objetivos de madera aserrada y calidad en su gran mayoría.

En cuanto a la intensidad de poda, un amplio 83% declara podar el total de los árboles en pie, lo cual refleja un desconocimiento en este aspecto no considerando aspectos de calidad, forma y competencia entre árboles, esto aparece refrendado al no considerar ningún criterio de selección al momento de realizar la faena de poda, todo esto implica un aumento innecesario de los costos de manejo o dedicación de tiempo adicional injustificado. Finalmente, el tipo de herramientas señalado es el adecuado mencionándose serrucho, tijeras y tijerones principalmente.



**Figura N° 17**  
**ANTECEDENTES DE FAENA DE PODA EN PINO RADIATA DE PEQUEÑOS PROPIETARIOS**

De acuerdo a lo observado en terreno, muchas podas ejecutadas estaban equivocadas en el momento de la intervención, ya sea muy tempranas o muy tardías además de una desconexión con el propósito, la calidad de los bosques, el número de podas necesarias y eficiencia del trabajo (Figura N° 18).



**Figura N° 18**  
**PODA SIN SELECCIÓN Y PODA TARDÍA EN YUMBEL**

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los resultados entregados en este informe dan cuenta en forma detallada como una suma de factores explica las diferencias de calidad y productividad entre las plantaciones forestales de pequeños propietarios y aquellas pertenecientes a las empresas. Esta información refuerza y respalda las conclusiones expuestas en línea base de la provincia de Arauco. Se observan diferencias cualitativas entre los propietarios de la zona del secano respecto de los detectados en la provincia de Arauco (Aguilera *et al.*, 2019).

La falta de capacitación y de conocimientos específicos del rubro forestal, son temas evidentes en esta visión extraída en estos grupos de trabajo, y la sumatoria de factores va produciendo un efecto negativo en la productividad de las plantaciones, ya que decisiones equivocadas por falta de conocimiento derivan en una pérdida económica irrecuperable en el periodo de rotación de los bosques.

La mayoría de los propietarios con plantaciones forestales de la región de Ñuble realizaron sus plantaciones mediante gestión directa, sin ninguna capacitación y solo un 38% accedió a la bonificación forestal contemplada en el DL 701, el resto lo realizó con recursos propios. Es decir, se aventuran en un proyecto de largo plazo, sin conocimientos, con recursos propios y con resultados inciertos y probablemente insuficientes.

Existen graves deficiencias en la elección de la especie plantada, inclinándose muchos propietarios por la especie *Eucalyptus globulus* en terrenos no aptos o de bajo rendimiento. Asimismo, se observan técnicas de establecimiento improvisadas o intuitivas que redundan en bajos rendimientos, junto a sitios definitivamente inconvenientes y con una productividad nula en terrenos de baja fertilidad y altamente erosionados.

Sin perjuicio de lo anterior, se aprecia un adecuado manejo conceptual respecto de labores fundamentales en el establecimiento como el roce, la preparación de suelo y la fertilización, sin embargo, en muchos casos esto no redundó en buenos resultados, en gran parte por una decisión equivocada en la selección de la especie y el sitio disponible. Además, se observan deficiencias en las faenas de control de malezas, labor relevante para el éxito de la plantación.

Se evidencian altos porcentajes de replante, lo que indica una plantación deficiente, esto sumado a una elección equivocada de sitios y especie plantada, en donde no se valoran o no se conocen las técnicas necesarias para una adecuada sobrevivencia y cuidado de las plantas establecidas.

La mayoría de los propietarios no realiza manejo silvícola a sus plantaciones, no obstante, mantienen altas expectativas de la plantación como trozas aserrables, en el caso de pino radiata. La falta de manejo en las plantaciones de pino radiata y en muchos casos el manejo equivocado, incorrecto y extemporáneo cuando este sucede, evidencia un escenario poco prometedor para las expectativas económicas que los pequeños propietarios tienen sobre este recurso en sus predios.

La actual situación no hace más que augurar que la brecha tecnológica seguirá creciendo mientras el agricultor o pequeño propietario no cuente con los conocimientos técnicos suficientes que provoquen un empoderamiento real con su recurso forestal.

En base a los antecedentes expuestos se puede concluir que los pequeños propietarios del secano de las regiones de Ñuble y Bio Bio, pese a los más de 40 años de desarrollo forestal en el país, tienen un bajo conocimiento de técnicas de establecimiento de plantaciones forestales y un

bajo conocimiento de manejo de plantaciones forestales, lo cual explica en parte la amplia brecha tecnológica entre estos y las empresas forestales.

## REFERENCIAS

**Aguilera, M.; García, E. y Villarroel, A., 2019.** Línea base de conocimiento en establecimiento y manejo de plantaciones forestales de pequeños propietarios de la Provincia de Arauco, Región del Biobío. *Revista Ciencia e Investigación Forestal* INFOR 25 (1):7-19.

**Álvarez, J.; Venegas, R. y Pérez, C., 2004.** Impacto de la duración y geometría del control de malezas en la productividad de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en cinco ecosistemas del sur de Chile. *Revista Bosque* 25 (2):57 -67.

**García, E.; Sotomayor, A.; Silva, S. y Valdebenito, G., 2002a.** Establecimiento de plantaciones forestales. *Eucalyptus* sp. Documento de Divulgación N° 18. INFOR-FDI. Santiago, Chile. 30p.

**García, E.; Sotomayor, A.; Silva, S. y Valdebenito, G., 2002b.** Establecimiento de plantaciones forestales. *Pinus radiata*, *Pinus ponderosa* y *Pseudotsuga menziesii*. Documento de Divulgación N° 17. INFOR-FDI. Santiago, Chile. 33p.

**Grosse, H. y Rosselot, F., 2016.** La Potencialidad de nuevas plantaciones forestales en Chile. *Revista Ciencia e Investigación Forestal* 22 (1):77-89.

**INFOR. 2020.** Anuario Forestal 2020. Boletín Estadístico N° 174. Instituto Forestal. Santiago, Chile. 274p.

**Santibáñez, F. y Uribe, J., 1993.** Atlas agroclimático de Chile, Regiones VI, VII, VIII y IX. Universidad de Chile. En [www.gestionforestal.cl/ag\\_01/clima.htm](http://www.gestionforestal.cl/ag_01/clima.htm)

**Sotomayor, A.; Helmke, E. y García, E., 2002.** Manejo y mantención de plantaciones forestales. *Pinus radiata* y *Eucalyptus* sp. Documento de Divulgación N° 23. INFOR-FDI. Santiago, Chile. 56p.





## INSTRUCCIONES Y RECOMENDACIONES A LOS AUTORES

**CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL** es una publicación técnica, científica, arbitrada y seriada, del Instituto Forestal de Chile, en la que se publican trabajos originales e inéditos, con resultados de investigaciones o avances de estas, realizados por sus propios investigadores y por profesionales del sector, del país o del extranjero, que estén interesados en difundir sus experiencias en áreas relativas a las múltiples funciones de los bosques, en los aspectos económicos, sociales y ambientales. Se acepta también trabajos que han sido presentados en forma resumida en congresos o seminarios. Consta de un volumen por año, el que a partir del año 2007 está compuesto por tres números (abril, agosto y diciembre) y ocasionalmente números especiales.

La publicación cuenta con un Consejo Editor institucional que revisa en primera instancia los trabajos presentados y está facultado para aceptarlos, rechazarlos o solicitar modificaciones a los autores. Dispone además de un selecto grupo de profesionales externos, de diversos países y de variadas especialidades, que conforma el Comité Editor.

De acuerdo al tema de cada trabajo, este es enviado por el Editor a al menos dos miembros del Comité Editor para su calificación especializada. El autor o los autores no son informados sobre quienes arbitran su trabajo y los trabajos son enviados a los árbitros sin identificar al o los autores.

La revista consta de dos secciones; Artículos Técnicos y Apuntes, y en estos últimos puede incluir también temas de actualidad sectorial en aspectos seleccionados por el Consejo Editor o el Editor.

- **Artículos:** Trabajos que contribuyen a ampliar el conocimiento científico o tecnológico, como resultado de investigaciones que han seguido un método científico.
- **Apuntes:** Comentarios o análisis de temas particulares, que presenten enfoques metodológicos novedosos, representen avances de investigación, informen sobre reuniones técnicas o programas de trabajo y otras actividades de interés dentro del sector forestal o de disciplinas relacionadas. Los apuntes pueden ser también notas bibliográficas que informan sobre publicaciones recientes, en el país o en el exterior, comentando su contenido e interés para el sector, en términos de desarrollo científico y tecnológico o como información básica para la planificación y toma de decisiones.

## ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

### Artículos

Los trabajos presentados para esta sección deberán contener Resumen, *Summary*, Introducción, Objetivos, Material y Método, Resultados, Discusión y Conclusiones, Reconocimientos (optativo) y Referencias. En casos muy justificados Apéndices y Anexos.

**Título:** El título del trabajo debe ser representativo del efectivo contenido del artículo y debe ser construido con el mínimo de palabras.

**Resumen:** Breve descripción de los objetivos, de la metodología y de los principales resultados y conclusiones. Su extensión máxima es de una página y al final debe incluir al menos tres palabras clave que faciliten la clasificación bibliográfica del artículo. No

debe incluir referencias, cuadros ni figuras. Bajo el título se identificará a los autores y a pie de página su institución y dirección. El **Summary** es evidentemente la versión en inglés del Resumen.

**Introducción:** Como lo dice el título, este punto está destinado a introducir el tema, describir lo que se quiere resolver o aquello en lo que se necesita avanzar en materia de información, proporcionar antecedentes generales necesarios para el desarrollo o comprensión del trabajo, revisar información bibliográfica y avances previos, situar el trabajo dentro de un programa más amplio si es el caso, y otros aspectos pertinentes.

Los Antecedentes Generales y la Revisión de Bibliografía pueden en ciertos casos requerir especial atención y mayor extensión, si así fuese, en forma excepcional puede ser reducida la Introducción a lo esencial e incluir estos puntos separadamente.

**Objetivos:** Breve enunciado de los fines generales del artículo o de la línea de investigación a que corresponda y definición de los objetivos específicos del artículo en particular.

**Material y Método:** Descripción clara de la metodología aplicada y, cuando corresponda, de los materiales empleados en las investigaciones o estudios que dan origen al trabajo. Si la metodología no es original se deberá citar claramente la fuente de información. Este punto puede incluir Cuadros y Figuras, siempre y cuando su información no resulte una simple repetición de la entregada en texto.

**Resultados:** Punto reservado para todos los resultados obtenidos, estadísticamente respaldados cuando corresponda, y asociados directamente a los objetivos específicos antes enunciados. Puede incluir Cuadros y Figuras indispensables para la presentación de los resultados o para facilitar su comprensión, igual requisito deben cumplir los comentarios que aquí se pueda incluir.

**Discusión y Conclusiones:** Análisis e interpretación de los resultados obtenidos, sus limitaciones y su posible trascendencia. Relación con la bibliografía revisada y citada. Las conclusiones destacan lo más valioso de los resultados y pueden plantear necesidades consecuentes de mayor investigación o estudio o la continuación lógica de la línea de trabajo.

**Reconocimientos:** Punto optativo, donde el autor, si lo considera necesario, puede dar los créditos correspondientes a instituciones o personas que han colaborado en el desarrollo del trabajo o en su financiamiento. Obviamente se trata de un punto de muy reducida extensión.

**Referencias:** Identificación de todas las fuentes citadas en el documento, no debe incluir referencias que no han sido citadas en texto y deben aparecer todas aquellas citadas en este.

**Apéndices y Anexos:** Deben ser incluidos solo si son indispensables para la comprensión del trabajo y su incorporación se justifica para reducir el texto. Es preciso recordar que los Apéndices contienen información o trabajo original del autor, en tanto que los Anexos contienen información complementaria que no es de elaboración propia.

## Apuntes

Los trabajos presentados para esta sección tienen en principio la misma estructura descrita para los artículos, pero en este caso, según el tema, grado de avance de la investigación o actividad que los motiva, se puede adoptar una estructura más simple, obviando los puntos que resulten innecesarios.

## PRESENTACION DE LOS TRABAJOS

La Revista acepta trabajos en español, inglés y portugués, redactados en lenguaje universal, que pueda ser entendido no solo por especialistas, de modo de cumplir su objetivo de transferencia de conocimientos y difusión al sector forestal en general.

No se acepta redacción en primera persona.

Formato tamaño carta (21,6 x 27,9 cm), márgenes 2,5 cm en todas direcciones, interlineado sencillo y un espacio libre entre párrafos. Letra Arial 10. Un tab (8 espacios) al inicio de cada párrafo. No numerar páginas. Justificación a ambos lados. Extensión máxima trabajos 25 carillas para artículos y 15 para Apuntes, aunque se acepta una mayor extensión si esta se justifica.

Usar formato abierto, no formatos predefinidos de Word que dificultan la edición. Evitar saltos de página y saltos de sección. Formato a una columna.

Primera página incluye título en mayúsculas, negrita, centrado, letra Arial 10, una o dos líneas, eventualmente tres dos como máximo. Dos espacios bajo éste: Autor (es), minúsculas, letra 10 y llamado a pie de página indicando Institución, país y correo electrónico en letra Arial 8. Dos espacios más abajo el Resumen y, si el espacio resulta suficiente, el *Summary*. Si no lo es, página siguiente igual que anterior, el *Summary*.

En el caso de los Apuntes, en su primera página arriba tendrán el título del trabajo en mayúscula, negrita, letra 10 y autor (es), institución, país y correo, letra 10, normal minúsculas, bajo una línea horizontal, justificado a ambos lados, y bajo esto otra línea horizontal. Ej:

---

**EL MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE COMO MOTOR DE EMPRENDIMIENTO DEL MUNDO RURAL: LA EXPERIENCIA EN CHILE.** Víctor Vargas Rojas. Instituto Forestal. Ingeniero Forestal. Mg. Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente. [vvargas@infor.cl](mailto:vvargas@infor.cl)

---

Título puntos principales (Resumen, *Summary*, Introducción, Objetivos, etc) en mayúsculas, negrita, letra 10, margen izquierdo. Solo para Introducción usar página nueva, resto puntos principales seguidos, separando con dos espacios antes y uno después de cada uno. Títulos secundarios en negrita, minúsculas, margen izquierdo. Títulos de tercer orden minúsculas margen izquierdo.

Si fuesen necesarios títulos de cuarto orden, usar minúsculas, un tab (8 espacios) y anteponer un guion y un espacio. Entre sub títulos y párrafos precedente y siguiente un espacio libre. En sub títulos con más de una palabra usar primera letra de palabras principales en mayúscula. No numerar puntos principales ni sub títulos.

Nombres de especies vegetales o animales: Vulgar o vernáculo en minúsculas toda la palabra, seguido de nombre en latín o científico entre paréntesis la primera vez que es mencionada la especie en el texto, seguida del nombre o abreviación de este de quien describió la especie, en cursiva (no negrita), minúsculas y primera letra del género en mayúsculas. Ej. pino o pino radiata (*Pinus radiata* D. Don.).

Citas de referencias bibliográficas: Sistema Autor, año. Ejemplo en citas en texto; De acuerdo a Rodríguez (1995) el comportamiento de..., o el comportamiento de... (Rodríguez, 1995). Si son dos autores; De acuerdo a Prado y Barros (1990) el comportamiento de ..., o el comportamiento de ... (Prado y Barros, 1990). Si son más de dos autores; De acuerdo a Mendoza *et al.* (1990), o el comportamiento ... (Mendoza *et al.*, 1990).

*Si hay más de una referencia de un autor en un año se debe usar letras para diferenciarlas. Ej: (Rodríguez, 1999a); (Rodríguez, 1999b.)*

En el punto Referencias deben aparecer en orden alfabético por la inicial del apellido del primer autor, letra 8, todas las referencias citadas en texto y solo estas. En este punto la identificación de la referencia debe ser completa: Autor (es), año. En negrita, minúsculas, primeras letras de palabras en mayúsculas y todos los autores en el orden que aparecen en la publicación, aquí no se usa *et al.* A continuación, en minúscula y letra 8, primeras letras de palabras principales en mayúscula, título completo y exacto de la publicación, incluyendo institución, editorial y otras informaciones cuando corresponda. Margen izquierdo con justificación a ambos lados.

Ej. En texto: .... señalaron que... (Yudelevich *et al.*, 1967) o Yudelevich *et al.* (1967) señalaron ...

En referencias:

**Yudelevich, Moisés; Brown, Charles y Elgueta, Hernán, 1967.** Clasificación Preliminar del Bosque Nativo de Chile. Instituto Forestal. Informe Técnico N° 27. Santiago, Chile.

Expresiones en Latin, como *et al.*; *a priori* y otras, así como palabras en otros idiomas como *stock*, *marketing*, *cluster*, *stakeholders*, *commodity* y otras, que son de frecuente uso, deben ser escritas en letra cursiva.

Cuadros y Figuras: Numeración correlativa: No deben repetir información dada en texto. Solo se aceptan cuadros y figuras, no así tablas, gráficos, fotos u otras denominaciones. Toda forma tabulada de mostrar información se presentará como cuadro y al hacer mención en texto (Cuadro N° 1). Gráficos, fotos y similares serán presentadas como figuras y al ser mencionadas en texto (Figura N° 1). En ambos casos aparecerán enmarcados en línea simple y centrados en la página. En lo posible su contenido escrito, si lo hay, debe ser equivalente a la letra Arial 10 u 8 y el tamaño del cuadro o figura proporcionado al tamaño de la página.

Cuadros deben ser titulados como Cuadro N° , minúsculas, letra 8, negrita centrado en la parte superior de estos, debajo en mayúsculas, negritas letra 8 y centrado el título (una línea en lo posible). Las figuras en tanto serán tituladas como Figura N° , minúscula, letra 8, negrita, centrado, en la parte inferior de estas, y debajo en mayúsculas, letra 8, negrita, centrado, el título (una línea en lo posible). Si la diagramación y espacios lo requieren es posible recurrir a letra Arial *narrow*. Cuando la información proporcionada por estos medios no es original, bajo el marco debe aparecer entre paréntesis y letra 8 la fuente o cita que aparecerá también en referencias. Si hay símbolos u otros elementos que requieren explicación, se puede proceder de igual forma que con la fuente.

Se aceptan fotos en blanco y negro y en colores, siempre que reúnan las características de calidad y resolución que permitan su uso.

Abreviaturas, magnitudes y unidades deben estar atentas a la Real Academia Española (RAE) y el Sistema Internacional de Unidades (SI). Se empleará en todo caso el sistema métrico decimal. Al respecto es conveniente recordar que las unidades se abrevian en minúsculas, sin punto, con la excepción de litro (L) y de aquellas que provienen de apellidos de personas como Watts (W), Newton (N) y otras. Algunas unidades de uso muy frecuente: metro, que debe ser abreviado **m**, metro cúbico **m<sup>3</sup>**, metro ruma **mr**; o hectáreas **ha**, toneladas **t**, metros cúbicos por hectárea **m<sup>3</sup>/ha**.

Llamados a pie de página: Cuando estos son necesarios, serán numerados en forma correlativa y deben aparecer al pie en letra 8. No usar este recurso para citas bibliográficas, que deben aparecer como se indica en Referencias.

Archivos protegidos; "sólo lectura" o PDF serán rechazados de inmediato porque no es posible editarlos. La Revista se reserva el derecho de efectuar todas las modificaciones de carácter formal que el Comité Editor o el Editor estimen necesarias o convenientes, sin consulta al autor. Modificaciones en el contenido evidentemente son consultadas por el Editor al autor, si no hay acuerdo se recurre nuevamente al Consejo Editor o a los miembros del Comité Editor que han participado en el arbitraje o calificación del trabajo.

## ENVIO DE TRABAJOS

Procedimiento electrónico. En general bastará enviar archivo Word, abierto al Editor (sbarros@infor.cl). El autor deberá indicar si propone el trabajo para Artículo o Apunte y asegurarse de recibir confirmación de la recepción conforme del trabajo por parte del Editor.

Cuadros y figuras ubicadas en su lugar en el texto, no en forma separada. El Editor podrá en algunos casos solicitar al autor algún material complementario en lo referente a cuadros y figuras (archivos Excel, imágenes, figuras, fotos, por ejemplo).

Respecto del peso de los archivos, tener presente que hasta 10 Mb es un límite razonable para los adjuntos por correo electrónico. No olvidar que las imágenes son pesadas, por lo que siempre al ser pegadas en texto Word es conveniente recurrir al pegado de imágenes o de planillas Excel como Metarchivo Mejorado.

En un plazo de 30 días desde la recepción de un trabajo el Editor informará al autor principal sobre su aceptación (o rechazo) en primera instancia e indicará (condicionado al arbitraje del Comité Editor) el Volumen y Número en que el trabajo sería incluido. Posteriormente enviará a Comité Editor y en un plazo no mayor a 2 meses estará sancionada la situación del trabajo propuesto. Si se mantiene la información dada por el Editor originalmente y no hay observaciones de fondo por parte del Comité Editor, el trabajo es aceptado como fue propuesto (Artículo o Apunte), editado y publicado cuando y como se informó al inicio. Si no es así, el autor principal será informado sobre cualquier objeción, observación o variación, en un plazo total no superior a 3 meses.





# CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL

ARTICULOS	PÁGINAS
TREINTA AÑOS DE MANEJO DE RENOVALES DE ROBLE UN ANÁLISIS DE SU RESPUESTA EN CRECIMIENTO Y ESTRUCTURA. <b>Pilquinao, Bernardo ; Martín, Marjorie; Müller-Using, Sabine; Rojas, Yasna; Villalobos, Enrique; Guiñez, Rodrigo y Barrientos, Marco. Chile.</b>	7
DESEMPEÑO DE PROGENIES, PROCEDENCIAS Y REGIONES DE PROCEDENCIA DE ROBLE ( <i>Nothofagus obliqua</i> (Mirb.) Oerst). <b>Gutiérrez, Braulio. Chile.</b>	33
ZONAS POTENCIALES PARA EL CULTIVO DE PINO PIÑONERO ( <i>Pinus pinea</i> L.) EN CHILE. <b>Avila, Alberto; Delard, Claudia y Loewe, Verónica. Chile.</b>	51
CAPTURA, AISLACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE MATERIAL FÚNGICO DE LA REGIÓN DE ÑUBLE PARA SU INCORPORACIÓN AL BANCO DE HONGOS COMESTIBLES DEL INSTITUTO FORESTAL. <b>Chung, Patricio. Chile.</b>	65
EVALUACIÓN MORFOLÓGICA DE FRUTOS DE AVELLANO CHILENO ( <i>Gevuina avellana</i> L.) EN RESPUESTA A INTERVENCIONES SILVÍCOLAS CON FINES NO MADEREROS (PFNM) EN UN BOSQUE SECUNDARIO MIXTO DE RAULÍ –ROBLE –LINGUE –AVELLANO.. <b>Álvarez, Andrea ; Valdebenito, Gerardo; Aguilera, Mauricio; García, Edison; García, Marta; Larraín, Oscar y Hormazabal, Marco. Chile.</b>	93
<b>APUNTES</b>	
LA ESTEPA DE ESPINO ( <i>Acacia caven</i> (Mol.) Mol.) Y SU IMPORTANCIA PARA SU USO EN SISTEMAS SILVOPASTORALES. <b>Lucero, Alejandro. Chile.</b>	109
LÍNEA BASE DE CONOCIMIENTO EN ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE PLANTACIONES FORESTALES DE PEQUEÑOS PROPIETARIOS DEL SECANO DE LA REGION DE ÑUBLE. <b>Aguilera, Mauricio; García, Edison y Villarroel, Arnoldo. Chile.</b>	119
<b>INSTRUCCIONES Y RECOMENDACIONES A LOS AUTORES</b>	137

