



ARTÍCULO

Regeneración de especies de interés maderero en hoyos de luz en bosques nativos del centro-sur de Chile con plantación suplementaria de *Nothofagus obliqua*.

Eduardo Molina Rademacher¹; Sabine Müller-Using Wenzke² ; Bastienne Schlegel Heldt³ & Andrés Fuentes-Ramírez⁴

¹ Ing. Forestal. Mg. en Manejo de Recursos Naturales. Instituto Forestal, sede Los Ríos. Valdivia, Chile. emolina@infor.cl

² Ing. Forestal. Dr. Forest. Instituto Forestal, sede Los Ríos. Valdivia, Chile. smuller@infor.cl

³ Ing. Forestal. Dr. Ciencias Forestales. Instituto Forestal sede Los Ríos. Valdivia, Chile. bschlegel@infor.cl

⁴ Biólogo. PhD. Ecología y Biología Evolutiva. ECOBOS, Dpto. Ciencias Forestales, Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. CENAMAD, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. andres.fuentes@ufrontera.cl

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2025.631>

Recibido: 09.05.2024; Aceptado 28.05.2025

RESUMEN

Se evaluó la regeneración de especies arbóreas de interés maderero y se caracterizó el crecimiento de una plantación suplementaria de *Nothofagus obliqua* (roble) en una corta de selección en grupos realizada mediante hoyos de luz en un bosque del tipo forestal roble-raulí-coihue, en la comuna de Panguipulli, Región de Los Ríos, Chile. Se evaluó tres hoyos de luz, de distinta forma y superficie, habilitados en similares condiciones de sitio. El levantamiento de la información de la plantación suplementaria de roble consideró la medición de la altura (m), el diámetro a la altura del cuello (DAC en cm) y el diámetro a la altura del pecho (DAP en cm). Adicionalmente, en cada hoyo de luz se evaluó la regeneración de especies de interés maderero en el sotobosque y también las especies de plantas invasoras, lo que se realizó mediante dos transectos en los que se establecieron parcelas cuadradas de 2x2 m. Los resultados muestran que, en los hoyos de luz de mayor superficie, la plantación suplementaria de roble logra un mayor crecimiento en altura y diámetro (i.e., DAC y DAP), alcanzando incrementos en altura de 0,6 m/año. Además, la riqueza de especies de interés maderero también es mayor en los hoyos de luz de mayor tamaño. Finalmente, se sugiere que la corta selectiva en hoyos de luz es una alternativa viable para regenerar especies de interés maderero, cuando la superficie de la intervención es de a lo menos 900 m².

Palabras clave: Claros de dosel, silvicultura cercana a lo natural, regeneración natural.

SUMMARY

The regeneration of tree species of timber interest was evaluated and the growth of a supplementary plantation of *Nothofagus obliqua* (oak) was characterized in a group selection cutting carried out by means of light holes in a forest of the roble-raulí-coihue forest type, in the commune of Panguipulli, Los Ríos Region, Chile. Three light pits were evaluated, varying in shape and surface, in similar site conditions. The data collection of the supplementary oak plantation considered the measurement of height (m), diameter at collar height (DCH in cm) and diameter at breast height (DBH in cm). Additionally, in each light hole the regeneration of species of timber interest in the understory and also invasive plant species was evaluated, which was done by means of two transects in which square plots of 2x2 m were established. The results show that in the larger light holes, the supplementary oak plantation achieves greater growth, both in height and diameter (i.e., DCH and DBH). Reaching a height growth of 0.6 m/year. In addition, the richness of species of timber interest is also higher in the larger light holes. Finally, the results suggest that the application of selective cutting in light holes is a viable alternative to regenerate species of timber interest, when the intervention area is at least 900 m².

Key words: Canopy clearings, close-to-nature silviculture, natural regeneration



INTRODUCCIÓN

La corta de selección es un método de cosecha y regeneración aplicable a bosques multietáneos, que puede ser aplicado de manera individual o en grupos de árboles (Smith *et al.*, 1997; Nyland 2002). Con este método, la regeneración se desarrolla en los espacios resultantes de la eliminación de árboles que se encuentran sobre un diámetro determinado (Donoso, 2013), en donde los árboles del bosque residual actúan como fuente de semillas y brindan protección para el desarrollo de la regeneración (Kumar & Dhanai, 2021), manteniendo así un rodal productivo multietáneo (Nyland, 2002).

En los bosques de roble-raulí-coihue, cuando la corta de selección se aplica de manera individual, se favorece la regeneración de especies tolerantes a la sombra como *Laureliopsis philippiana* (tepa), *Aextoxicon punctatum* (olivillo), *Podocarpus nubigena* (mañío), entre otras, mientras que cuando se realiza en grupos, se favorece la regeneración de especies semitolerantes a la sombra (Donoso, 2013; Müller-Using *et al.*, 2013) como *Eucryphia cordifolia* (ulmo), *Drimys winteri* (canelo) y *Laurelia sempervirens* (laurel).

Kumar & Dhanai (2021) señalan que la aplicación del método de selección puede ser costosa, ya que las operaciones se distribuyen en todo el rodal. Así, la aplicación en grupos, generando hoyos de luz o claros de dosel (Donoso *et al.*, 2018), puede ayudar a mejorar la operabilidad y la rentabilidad de las faenas. De igual manera se menciona que para optimizar la rentabilidad, los árboles a cosechar deben ser de buena calidad y alto valor (Grosse, 2009). Promis (2018) señala que en los bosques templados de Chile se conocen pocas experiencias de claros de dosel como método silvicultural. En los hoyos de luz, el dosel lateral permite regular las condiciones ambientales al interior del área intervenida, generando efectos microclimáticos, como moderación de la temperatura, aumento de la humedad relativa y disminución de la velocidad del viento (Donoso & Navarro, 2022).

En el ámbito legislativo, el Decreto Supremo N° 259 señala que, para el tipo forestal roble-raulí-coihue, se pueden utilizar los métodos de corta y regeneración de tala rasa, árbol semillero, protección y corta selectiva. Para esta última, establece que en la superficie cortada se deben establecer 10 plantas de la misma especie por cada individuo cortado (plantación suplementaria, Ley 20.283).

El tipo forestal roble-raulí-coihue se distribuye en Chile entre las regiones del Maule a Los Lagos. Está compuesto principalmente por una de las especies *Nothofagus obliqua*, *Nothofagus alpina*, *Nothofagus dombeyi* o una combinación de ellas. En estos bosques también se puede encontrar la participación de especies como: *A. punctatum*, *Gevuina avellana*, *Luma apiculata*, *Weinmannia trichosperma*, *Dasyphyllum diacanthoides*, *Podocarpus saligna*, *L. philippiana*, *L. sempervirens*, *Lomatia hirsuta*, *Amomyrtus luma*, *Lomatia ferruginea* y *Lomatia dentata* (Grosse, 2009)

Nothofagus obliqua (roble), es un árbol monoico, de tronco grueso y recto que alcanza hasta 40 metros de altura y 2 metros de diámetro. De manera natural se desarrolla tanto en Chile como en Argentina. En Chile se distribuye entre las regiones de O'Higgins a Los Lagos. Donoso (2006), recomienda que al plantar *N. obliqua* bajo dosel se deben utilizar plantas de entre 0,8 y 1,6 m de altura, lo cual permitiría liberar la copa de la competencia directa y presentaría menores costos para el desbroce o las limpiezas que se deben realizar los primeros años tras el establecimiento. Grosse (1988), registró una mayor sobrevivencia de *N. obliqua* en plantaciones realizadas bajo dosel que en campo abierto. Sin embargo, estas últimas presentaron un mayor crecimiento en altura. Por otro lado, Donoso y Lara (1998) señalan que *N. obliqua* presenta un mejor crecimiento cuando se planta bajo protección.

Los programas de manejo sustentable asociados a los bosques del tipo forestal roble-raulí-coihue, se han concentrado principalmente en actividades de raleo. Sin embargo, debido a la edad y madurez que han alcanzado estos bosques, la temática silvícola debería orientarse hacia métodos adecuados de cosecha y regeneración. Actualmente se cuenta con pocos antecedentes sobre métodos de corta y regeneración para este tipo de bosque (Muller-Using *et al.*, 2014), siendo, poco común la aplicación del método de selección en Chile (Donoso *et al.*, 2020).

A la luz de estos antecedentes, el objetivo general del presente estudio es evaluar el reclutamiento de especies vegetales en un bosque donde se aplicó el método de corta de selección de hoyos de luz, y que incluyó también una plantación suplementaria de *Nothofagus obliqua*. Los objetivos específicos son: (i) caracterizar el crecimiento de una plantación suplementaria de *N. obliqua* en distintos hoyos de luz; (ii) evaluar la riqueza del reclutamiento de especies vegetales en los distintos hoyos de luz; y (iii) evaluar la presencia de especies de interés maderero en relación a las especies invasoras en los hoyos de luz.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de Estudio

El estudio se llevó a cabo en el predio Millahue, el cual cuenta con una superficie de 143 ha y se ubica en la comuna de Panguipulli (**Figura 1**), región de Los Ríos (UTM 724562 - 5604264). El uso histórico del predio fue la producción ganadera, cambiando su orientación a uso forestal a partir del año 2000.

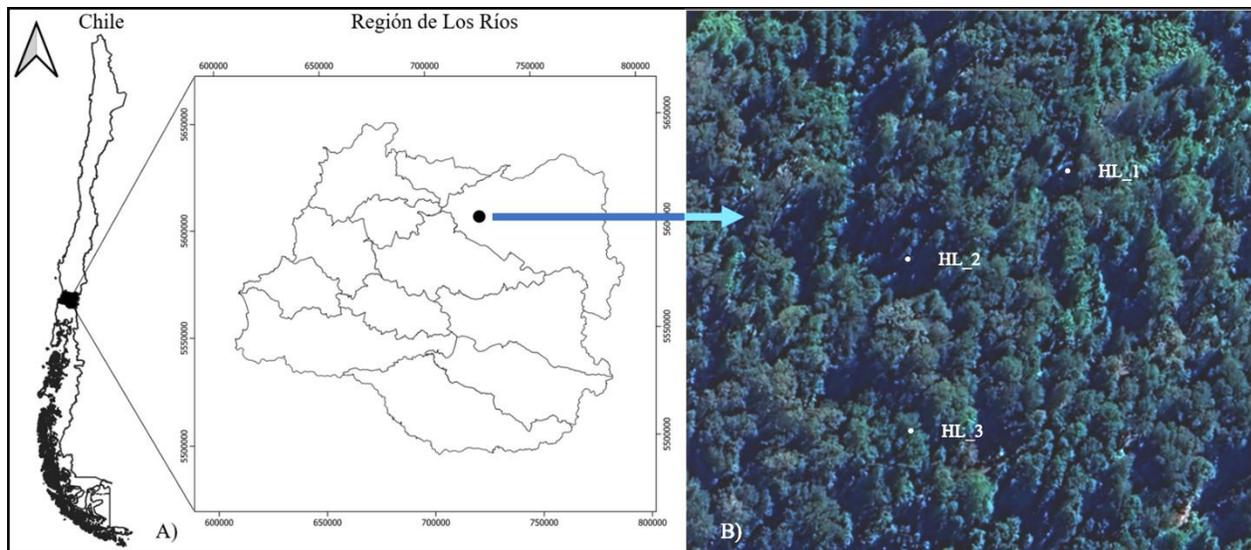


Figura 1. Ubicación del predio Millahue (izquierda) y ubicación de los tres hoyos de luz (HL1, HL2 y HL3) al interior del rodal estudiado (derecha).

El clima presente en el área de estudio es del tipo templado con leve tendencia hacia un clima mediterráneo, lo cual se hace presente en los meses de enero y febrero, en las que se presentan nulas o escasas precipitaciones. La precipitación anual es de 2.500 mm y la temperatura media anual es de 9,5°C (Agromet, 2018). El suelo presente en el área de estudio corresponde a la serie Misceláneo Quebrada, el cual se caracteriza por presentar una textura superficial franca, con profundidad moderada (CIREN, 2003).

Antecedentes del Rodal de Estudio

El rodal en estudio corresponde a un relicto de bosque adulto del tipo forestal roble-raulí-coihue. La superficie del rodal es de 23,8 ha, presenta una densidad de 471 árb/ha y un área basal de 80,29 m²/ha (Carter, 2006). La distribución diamétrica de los árboles se representa como una "jota invertida" (Figura 2). Las principales especies que componen el rodal son *E. cordifolia*, *N. obliqua* y *L. sempervirens*, y las especies secundarias son *Gevuina avellana* (avellano), *L. philippiana*, *Lomatia dentata* (avellanillo), *Nothofagus dombeyi* (coihue) y *Persea lingue* (lingue).

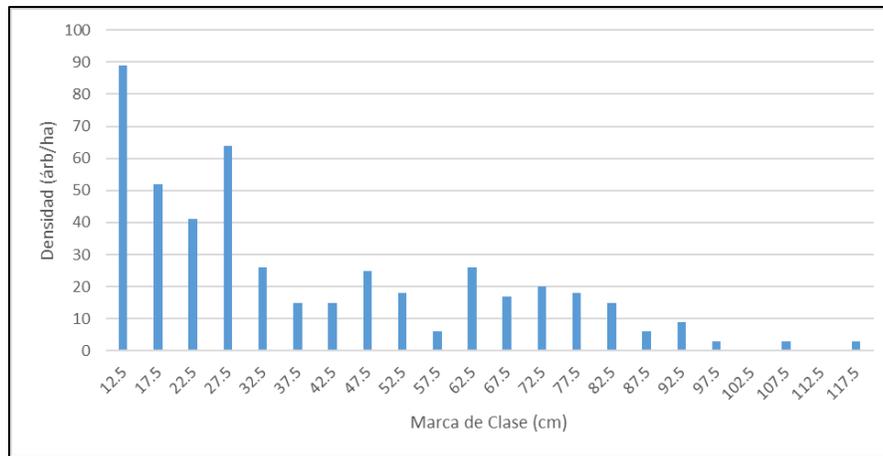


Figura 2. Distribución diamétrica antes de la intervención silvícola en el rodal de estudio.

En el año 2006 se realizó una corta de selección en grupos, estableciendo 3 hoyos de luz. En cada uno de estos hoyos de luz se realizó, ese mismo año, una plantación suplementaria de 10 individuos de *N. obliqua* de 1,6 m de altura, por cada árbol adulto que se cosechó. Las plantas de *N. obliqua* se plantaron en hileras con un espaciamiento de 3x3 m.

El hoyo de luz N°1 (HL1), resultó ser la expansión de un claro pre-existente, por lo que en él solo se cortaron 3 árboles, mientras que en los hoyos de luz N°2 y N°3 (HL2 y HL3) se cortaron 5 árboles en cada uno. El hoyo de luz N°3 es el más pequeño en superficie y se encuentra cercano a un curso de agua. Las características de los hoyos de luz se describen en el **Cuadro 1**.

Cuadro 1. Características de los hoyos de luz habilitados en el rodal en estudio.

Hoyo de Luz	Altura Media Árboles Borde (m)	Diámetro Copa*1 (m)	Área de Copa* (m²)	Claro efectivo** (m²)	Claro extendido*** (m²)	Número árboles plantados
HL1	27,5	5,0	24,8	634,3	904,6	30
HL2	25,3	5,1	25,5	713,2	968,5	50
HL3	20,8	6,2	37,9	167,3	353,5	50

* Promedio de árboles borde.

** Superficie medida desde el centro del claro hasta la copa de los árboles borde.

*** Superficie medida desde el centro del claro hasta el fuste de los árboles borde.

Levantamiento de Información

En los años 2011 y 2022, se realizó un censo en los 3 hoyos de luz, donde se midió el DAC, diámetro a la altura del cuello, medido a 2 cm de la base de la planta (cm); el DAP diámetro a la altura del pecho, medido en el fuste a 1,3 m de altura (cm); la altura total de la planta (m); y se evaluó supervivencia de los individuos de *N. obliqua* establecidos en la plantación.

En cada hoyo de luz se estableció dos transectos, abarcando el largo y ancho de los claros. En estos transectos se habilitó parcelas de regeneración de 2 x 2 m. En HL1 y HL2 se habilitó ocho parcelas y en HL3, cinco parcelas. En HL2 se eliminó una parcela, ya que resultó dañada por la caída de un árbol. En cada parcela se registró la frecuencia de la regeneración arbórea y de la vegetación competidora.

Análisis de Datos

Con la información obtenida se construyeron gráficos que permitieron evaluar el comportamiento de las variables. Se calculó el Incremento Medio Anual (IMA) para las variables DAC, DAP y altura de las plantas de *N. obliqua*. Para determinar si existen diferencias significativas en el DAC, DAP y altura de la plantación suplementaria, entre los hoyos de luz, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), y una prueba de comparación múltiple de medias (Tukey) con un 95% de confianza (i.e. $\alpha = 0,05$).

Con la información de las parcelas de regeneración de plantas vasculares se obtuvo la riqueza de especies en los hoyos de luz. Se identificó el origen, clasificándolo como nativo o introducido y se calculó el índice de diversidad de Shannon y Wiener.

Entre las especies arbóreas, se identificó las que eran de interés maderero, como *Nothofagus sp.*, *L. sempervirens* y *L. philippiana*, entre otras, a las cuales se les determinó la abundancia total y relativa. De igual manera se identificó las especies consideradas como invasoras y se determinó la abundancia total de estas.

RESULTADOS

Crecimiento de la Plantación Suplementaria de *N. obliqua* en Hoyos de Luz.

En el **Cuadro 2** se muestran los parámetros de la plantación suplementaria en cada hoyo de luz, en los años 2011 y 2022, a los 5 y 16 años respectivamente, desde su establecimiento. En los tres hoyos de luz se observó un aumento en el DAC y la altura de las plantas de *N. obliqua*. Este aumento fue significativamente mayor para las plantas establecidas en HL1 y HL2, con superficies sobre los 900 m², en comparación con HL3 (**Cuadro 2**, **Figura 3**).

Cuadro 2. Parámetros de plantación suplementaria de *N. obliqua* en los años 2011 y 2022 (a los 5 y 16 años de edad respectivamente).

Hoyos de luz	DAC (cm)		DAP (cm)		H (m)	
	2011	2022	2011	2022	2011	2022
HL1	2,67 ^a	9,60 ^a	-	8,30 ^a	3,50 ^a	12,70 ^a
HL2	2,68 ^a	9,40 ^a	-	8,40 ^a	3,10 ^a	12,10 ^a
HL3	2,39 ^a	6,70 ^b	-	6,60 ^b	3,30 ^a	9,80 ^b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos (hoyos de luz), p -value <0,05.

En el **Cuadro 3** se muestra que, en la plantación suplementaria, el mayor IMA para el DAC, DAP y altura, se presentó en el HL1, seguido por HL2. En el HL3 se obtuvo los menores valores de IMA para las tres variables analizadas.

La prueba estadística de Shapiro-Wilk realizada a los datos de DAC de las plantas de *N. obliqua*, arrojó que estas seguían una distribución normal ($P > 0,05$). El análisis de varianza arrojó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los hoyos de luz. La prueba Tukey permitió identificar que el DAC de las plantas del HL3 se diferenció estadísticamente del de las plantas de los hoyos de luz restantes.

El DAP se comenzó a registrar en el año 2013, ya que este año alcanzó el diámetro mínimo de 4 cm. El DAP de las plantas de los tres hoyos de luz presentó una tendencia creciente, en HL1 y HL2 alcanzó 8,3 y 8,4 cm respectivamente, mientras que en el HL3 solo alcanzó 6,6 cm (**Figura 4**).

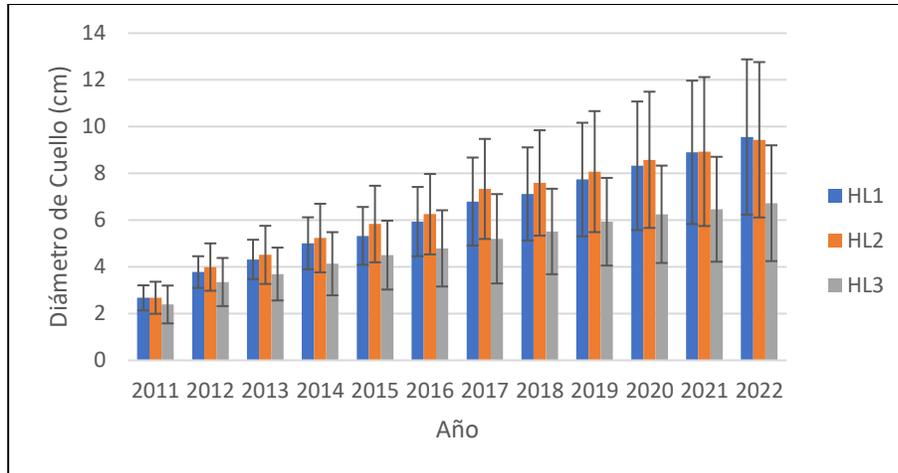


Figura 3. Promedio anual del diámetro de cuello (cm) de las pantas de *N. obliqua* en cada hoyo de luz (HL1, HL2 y HL3).

Cuadro 3. Incremento Medio Anual (IMA) de las variables DAC, DAP y Altura de la plantación suplementaria de *N. obliqua*.

Hoyo de Luz	Incremento Medio Anual (IMA)		
	DAC (cm/año)	DAP (cm/año)	H (m/año)
HL1	0,59 ^a	0,54 ^a	0,61 ^a
HL2	0,58 ^a	0,49 ^a	0,57 ^a
HL3	0,35 ^b	0,33 ^b	0,43 ^b

Letras distintas entre tratamientos (HL) indican diferencias significativas (p -value < 0,05).

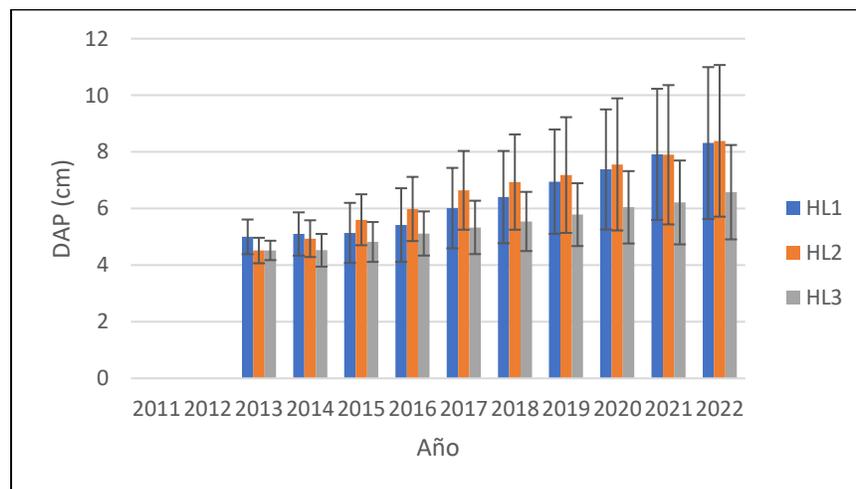


Figura 4. Promedio anual del DAP (cm) de las pantas de *N. obliqua* en cada hoyo de luz (HL1, HL2 y HL3).

La prueba de Shapiro-Wilk, realizada a los DAP de las plantas de *N. obliqua*, muestra que estos presentaron una distribución normal ($P > 0,05$), mientras que el ANOVA arrojó la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$). La prueba Tukey demostró que el DAP de las plantas del HL3 se diferenció estadísticamente de las plantas de HL1 y HL2.

De igual manera, la altura de las plantas de *N. obliqua* también presentó una tendencia creciente en los tres hoyos de luz. El máximo crecimiento se presentó en el HL1, en donde la altura alcanzó 12,7 m, seguido por las plantas del HL2 que alcanzaron 12,1 m de altura. En el HL3 la altura registrada fue bastante menor, alcanzando solo 9,8 m (**Figura 5**).

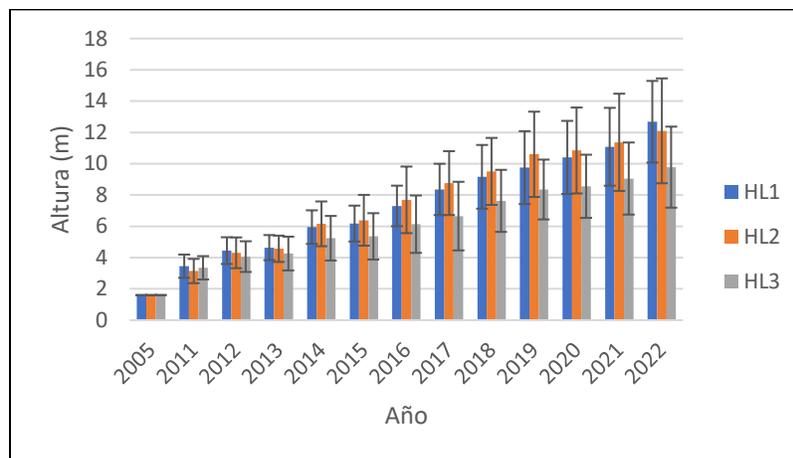


Figura 5. Promedio anual de altura (m) de las plantas de *N. obliqua* en cada hoyo de luz (HL1, HL2 y HL3).

La prueba estadística de Shapiro-Wilk muestra que la altura de las plantas de *N. obliqua*, presenta una distribución normal ($P > 0,05$), a su vez, la prueba ANOVA señaló la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la altura de las plantas en los hoyos de luz ($P < 0,05$). La prueba Tukey identificó que las diferencias se presentaron entre las plantas del HL3 respecto de los otros hoyos de luz.

El crecimiento de la plantación en diámetro y altura ha sido constante a través de los 11 años de monitoreo (**Figuras 4 y 5**). El crecimiento medio anual en área basal es de $0,31 \text{ m}^2/\text{ha}$ y la sobrevivencia es de 77, 80 y 68% para los hoyos de luz N°1, 2 y 3, respectivamente (**Figura 6**).

Reclutamiento de Especies Vegetales en los Distintos Hoyos de Luz

En los 3 hoyos de luz se encontró un total de 16 especies, 15 familias y 15 géneros, sin considerar las especies de helechos y enredaderas. El género *Amomyrtus* de la familia *Myrtaceae*, fue el único que presentó 2 especies, *A. luma* y *A. meli*. Las demás especies registradas pertenecen a géneros y familias diferentes (**Cuadro 4**).

En HL1 y HL2 se presentó un aumento en la riqueza de especies, géneros y familias, entre los años 2011 y 2022, lo cual se refleja en el índice de Shannon-Wiener, mientras que en el HL3 se produjo una disminución de la riqueza (**Cuadro 5**). En el HL1 el aumento de la riqueza se explica, por la incorporación de las especies *A. Meli* y *L. dentata*. A su vez, existe una pérdida de *R. ulmifolius*. En el HL2 la ganancia en la riqueza se explica por la incorporación de *N. dombeyi* y helechos. A su vez, existe una pérdida de *R. magallanicus*. Por otra parte, en el HL3 la disminución en riqueza e índice de Shannon-Wiener, se debe a la pérdida de las especies *F. bicolor*, *B. globosa* y *R. ulmifolius*, y la pérdida de Helechos y *R. diffusus*.

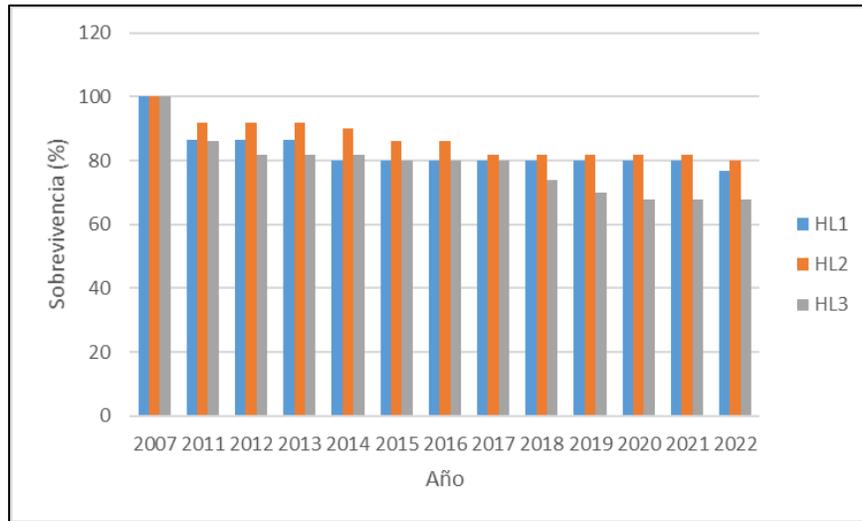


Figura 6. Porcentaje de supervivencia de las plantas de *N. obliqua* en cada hoyo de luz evaluado (HL1, HL2 y HL3).

Cuadro 4. Riqueza de especies registradas en los hoyos de luz (HL1, HL2 y HL3)

Nombre común	Nombre científico	Familia	Origen	HL1	HL2	HL3
murta negra	<i>Rhamnus diffusus</i>	<i>Rhamnaceae</i>	nativo	x		x
canelo	<i>Drimys winteri</i>	<i>Winteraceae</i>	nativo	x		
chupalla	<i>Fascicularia bicolor</i>	<i>Bromeliaceae</i>	nativo	x	x	x
coihue	<i>Nothofagus dombeyi</i>	<i>Fagaceae</i>	nativo	x	x	
corcolén	<i>Azara serrata</i>	<i>Flacourtiaceae</i>	nativo	x	x	
enredadera	-	-	-	x	x	x
helecho	-	-	-	x	x	x
laurel	<i>Laurelia sempervirens</i>	<i>Atherospermataceae</i>	nativo	x	x	
luma	<i>Amomyrtus luma</i>	<i>Myrtaceae</i>	nativo	x	x	x
maqui	<i>Aristotelia chilensis</i>	<i>Elaeocarpaceae</i>	nativo	x	x	x
matico	<i>Buddleja globosa</i>	<i>Scrophulariaceae</i>	nativo			x
meli	<i>Amomyrtus meli</i>	<i>Myrtaceae</i>	nativo	x		
piñol	<i>Lomatia dentata</i>	<i>Proteaceae</i>	nativo	x		
colihue	<i>Chusquea sp.</i>	<i>Poaceae</i>	nativo		x	x
tapa	<i>Laureliopsis philippiana</i>	<i>Monimiaceae</i>	nativo		x	
ulmo	<i>Eucryphia cordifolia</i>	<i>Cunoniaceae</i>	nativo	x	x	x
zarzamora	<i>Rubus ulmifolius</i>	<i>Rosaceae</i>	introducido	x	x	x
zarzaparrilla	<i>Ribes magellanicum</i>	<i>Grossulariaceae</i>	nativo		x	

Cuadro 5. Riqueza de especies, géneros, familias e Índice de Shannon-Wiener (H') en los hoyos de luz (HL1, HL2 y HL3).

Índice	HL1		HL2		HL3	
	2011	2022	2011	2022	2011	2022
Riqueza Especies	11	13	11	12	8	7
Riqueza Géneros	11	12	11	12	8	7
Riqueza Familias	11	12	11	12	8	7
H'	1,76	2,25	2,17	2,32	1,78	1,27



Reclutamiento de Especies de Interés Maderero en los Hoyos de Luz

Se registro un total de 5 especies de interés maderero, las cuales fueron *D. winteri*, *N. dombeyi*, *L. sempervirens*, *L. philippiana* y *E. cordifolia*. A nivel individual, en HL1 y HL2 aumentó de 3 a 4 la cantidad de especies entre los años 2011 y 2022, incorporándose *D. winteri* en HL1 y *N. dombeyi* en HL2 (**Cuadro 6**). Por otra parte, en el HL3 se registró solo 1 especie de interés maderero.

Cuadro 6. Presencia y densidad de especies madereras registradas en los hoyos de luz (plantas/hectárea).

Especie	Abundancia Total (pl/ha)						Abundancia Relativa					
	HL1		HL2		HL3		HL1		HL2		HL3	
	2011	2022	2011	2022	2011	2022	2011	2022	2011	2022	2011	2022
<i>D. winteri</i>	-	2.500	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-
<i>N. dombeyi</i>	2.500	2.500	-	2.500	-	-	0,33	0,20	0,05	-	-	-
<i>L. sempervirens</i>	2.500	5.000	37.500	21.250	-	-	0,33	0,40	0,75	0,45	-	-
<i>L. philippiana</i>	-	-	10.000	10.000	-	-	-	-	0,20	0,21	-	-
<i>E. cordifolia</i>	2.500	2.500	2.500	13.750	57.500	59.167	0,33	0,20	0,05	0,29	1,00	1,00
Total	7.500	12.500	50.000	47.500	57.500	59.167	1	1	1	1	1	1

En HL1 y HL3 hubo un aumento en la abundancia total de la regeneración de especies madereras, mientras que en HL2 se presentó una leve disminución de esta. En el hoyo de luz 1, la abundancia relativa se compartió entre 3 especies en el año 2011, posteriormente al año 2022 *L. sempervirens* tomo una leve ventaja. En el hoyo de luz 2, *L. sempervirens* presento una mayor abundancia. Mientras que en el hoyo de luz 3, *E. cordifolia* fue la única especie maderera registrada.

Las especies consideradas como invasoras que se encontraron en hoyos de luz fueron *Chusquea sp.* y *R. ulmifolius*. En el hoyo de luz 1, se presentó una disminución de estas plantas, las cuales llegaron a desaparecer en el año 2022. Mientras que en los hoyos de luz 2 y 3 se presentó un aumento de estas especies (**Cuadro 7**).

Cuadro 7. Abundancia total de especies invasoras.

Especie	Abundancia Total (pl/ha)					
	HL1		HL2		HL3	
	2011	2022	2011	2022	2011	2022
<i>Chusquea sp.</i>	-	-	12.500	12.500	42.500	80.000
<i>Rubus ulmifolius</i>	2.500	-	2.500	10.000	10.000	-
Total	2.500	-	15.000	22.500	52.500	80.000

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Desarrollo de la Plantación Suplementaria de *N. obliqua* en Hoyos de Luz en Bosque de Roble-Raulí-Coihue

Los incrementos medios anuales de DAP y altura de la plantación de *N. obliqua* en hoyos de luz han sido constante a través de los 11 años de monitoreo, sin embargo, son menores que los registrados en otras plantaciones realizadas a campo abierto. Por ejemplo, en plantaciones puras de *N. obliqua* con similares condiciones de sitio en el centro sur de Chile, se registra un IMA en DAP sobre 0,9 cm/año y un IMA en altura sobre 1,0 m/año (Donoso *et al.*, 1993; Muller-Using *et al.*, 2020; Riquelme-Buitrano *et al.*, 2023). Por otra parte, en una plantación de *N. obliqua* mixta con otros *Nothofagus* y especies de tolerancia media en la depresión intermedia de la Región de Los Ríos se registra un IMA aún mayor (Riquelme-Buitrano *et al.*, 2023). La diferencia en crecimiento entre *N. obliqua* establecido en hoyos de luz y a campo abierto, puede

deberse a una menor disponibilidad de luz en las aberturas en el dosel, lo cual se condice con un mayor crecimiento registrado en los hoyos de luz de mayor tamaño, sobre 900 m² de superficie. Esto coincide con Grosse (1988) que indica que el crecimiento de plantaciones suplementarias de *N. obliqua* aumenta a medida que aumenta la disponibilidad de luz. Esto se debe a la intolerancia de esta especie a la sombra y a su carácter pionero, que permiten que regenere tras disturbios de mayor escala (Veblen & Ashton, 1978; Muñoz & González, 2009).

La sobrevivencia de *N. obliqua* fue menor que la registrada por Donoso (2006) y Grosse (1988). Lo que podría deberse a la diferencia en la superficie de la intervención y la temporalidad de la evaluación, ya que Grosse (1988) evaluó la sobrevivencia de las plantas tras un año de establecida la plantación.

Los resultados obtenidos sugieren que el establecimiento de plantaciones suplementarias de *N. obliqua*, en hoyos de luz puede ser una alternativa viable, pero puede ser una ventaja considerar aberturas con superficies superiores a 900 m².

Reclutamiento y Riqueza de Especies Vegetales en Hoyos de Luz

Si bien la riqueza de especies registrada en el sotobosque de los hoyos de luz fue baja, esta fue aún menor donde la intervención se aplicó en una menor superficie (HL3), lo que indica que el tamaño de la intervención influye no solo en el crecimiento de las plantas, sino también en la riqueza de especies que se establecen en el sotobosque. Por otra parte, la presencia de las especies competidoras a la regeneración de especies arbóreas, *Chusquea sp.* y *Rubus ulmifolius*, también varió entre los hoyos de luz. En los hoyos de luz 1 y 3, *R. ulmifolius* se registró solo en la primera evaluación, desapareciendo en el año 2022. Esto se debe a su intolerancia a la sombra, que la hace perder participación cuando el bosque comienza a cerrarse. Donoso & Navarro (2022), señalan que la presencia de estas especies (*Chusquea sp.* y *R. ulmifolius*) pueden retrasar el establecimiento de la regeneración de las especies de interés forestal, por lo que se puede considerar controlar su presencia durante los primeros años después de realizada la intervención silvícola.

El reclutamiento de especies de interés maderero fue mayor en los hoyos de luz de mayor superficie, aunque sin registrarse regeneración natural de *N. obliqua*. Similares resultados encontraron Müller-Using *et al.* (2014), quienes señalan la ausencia de regeneración de esta especie en hoyos de luz de tamaño medio (615 m²) establecidos en bosques puros de *N. obliqua*. Esto concuerda también con Muñoz & Gonzalez (2009), quienes señalan que esta especie no regenera bien en claros pequeños, debido a la intolerancia de esta especie a la sombra y a que requiere disturbios mayores para regenerar de manera natural (Veblen & Ashton, 1978).

Por otra parte, se registra una baja regeneración de *N. dombeyi* en los hoyos de luz de mayor tamaño (HL1 y HL2), lo cual coincide con la intolerancia a la sombra de esta especie. De acuerdo al estudio de Dezzotti *et al.* (2003), se requieren claros de mayor superficie (sobre 1.500 m²) para lograr las condiciones adecuadas de luz para la regeneración de *N. dombeyi* y *N. obliqua*. A su vez, la regeneración de especies de tolerancia media y tolerantes a la sombra, como *E. cordifolia*, *L. serpervirens* y *L. philippiana*, también fue mayor en hoyos de luz de mayor superficie, lo que coincide con lo reportado por Müller-Using *et al.* (2014), quienes señalan que para la regeneración de estas especies es suficiente una apertura de 30 m de diámetro.

Implicancias en el Manejo de Bosques del Tipo Forestal Roble-Raulí-Coihue

Si bien este trabajo se realiza en un solo rodal, de bosque adulto del tipo forestal roble-raulí-coihue en la precordillera de los Andes, los resultados permiten una primera aproximación al estudio de cortas de regeneración de selección en hoyos en este tipo de bosques. Se observa que la realización de plantaciones suplementarias de *N. obliqua* en hoyos de luz, generados por la aplicación del método de selección en bosques multietáneos del tipo forestal roble-raulí-coihue, puede ser una buena alternativa si se desea que la especie mantenga su participación en este tipo de bosques. Para esto, es necesario que la intervención permita la entrada de luz necesaria para el desarrollo de esta especie, idealmente con hoyos de luz sobre

los 900 m² de superficie, que permiten también la regeneración natural de especies arbóreas de tolerancia media y/o tolerantes a la luz como *E. cordifolia*, *L. sempervirens* y *L. philippiana*, entre otras. Por otra parte, el tamaño de apertura utilizado en este estudio, no generó un mayor desarrollo de especies competidoras para la regeneración de especies arbóreas, como *Chusquea* sp. y *Rubus ulmifolius*. Sin embargo, es necesario tener presente que, en diferentes condiciones de sitio, estas especies pueden invadir el espacio de crecimiento tras la entrada de luz, lo cual puede retrasar el establecimiento de la regeneración de especies arbórea, siendo importante considerar el control de estas competidoras durante los primeros años después de realizada la intervención silvícola (Donoso & Navarro, 2022).

Los resultados obtenidos indican que, con mayor superficie de apertura, se registra un mayor crecimiento y sobrevivencia de los individuos plantados de *N. obliqua*, mayor regeneración de especies arbóreas de interés maderero de tolerancia media y tolerantes a la sombra y mayor riqueza de especies. Sin embargo, en hoyos de luz de 900 m² no se observa regeneración natural de *N. obliqua*, siendo necesario aberturas de mayor tamaño para regenerar en forma natural esta especie (Muñoz & González, 2009).

Para investigar la regeneración natural de especies arbóreas de interés maderero, y de sus competidoras, en bosques adultos del tipo roble-raulí-coihue, es conveniente repetir este estudio en más sitios. Atendiendo a la dinámica natural de estos bosques (González *et al.*, 2015; Veblen *et al.*, 1996), en los nuevos estudios deberían considerarse hoyos de luz de mayor tamaño (superiores a 1.000 m²). Esto permitirá generar información de manejo silvícola para aplicar la corta de selección en grupos, obteniendo un mayor reclutamiento y desarrollo de las especies de interés forestal y una menor proliferación de las especies competidoras. El objetivo es generar herramientas de manejo silvicultural para cortas de selección en grupos que generen las mejores alternativas entre un mayor reclutamiento y desarrollo de especies arbóreas de interés y menor desarrollo de especies competidoras.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Forestal (INFOR) por financiar el estudio; y al técnico forestal Rodrigo Guiñez, por el levantamiento de información en terreno.

AFR agradece el financiamiento del Centro Basal de Excelencia CENAMAD (FB210015) y al proyecto FONDECYT Regular 1241295.

REFERENCIAS

- AGROMET (Red Agroclimática Nacional). (2018).** Boletín nacional de análisis de riesgos agroclimáticos para las principales especies frutales, cultivos y la ganadería.
- Carter, J. (2006).** Plan de manejo bosque nativo: Predio Millahue. Rol 178-20, comuna de Panguipulli, Chile.
- CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales). (2003).** Estudio agrológico. Descripción de suelos, materiales y símbolos. X Región. Publicación No. 123. 374 p.
- Dezzotti, A., Sbrancia, R., Rodríguez-Arias, M., Roat, D. & Parisi, A. (2003).** Regeneración de un bosque mixto de *Nothofagus* (*Nothofagaceae*) después de una corta selectiva. Revista Chilena de Historia Natural, 76(4): 591–602. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2003000400004>
- Donoso, P., Monfil, T., Otero, L. & Barrales, L. (1993).** Estudio de crecimiento de plantaciones y renovales manejados de especies nativas en el área andina de las Provincias Cautín y Valdivia. Ciencias e Investigación 7 (2) 255-287.
- Donoso, C. (2006).** Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina: Autoecología. Marisa Cúneo Ediciones. Valdivia, Chile. 678 p.



- Donoso, C. & Lara, A. (Eds.). (1998).** Silvicultura de los bosques nativos de Chile. Editorial Universitaria. Santiago. 421 p.
- Donoso, P. (2013).** Necesidades, opciones y futuro del manejo multietáneo en el centro-sur de Chile. En: Donoso, P. & Promis, A. (Eds.). Silvicultura en bosques nativos: Avances en la investigación en Chile, Argentina y Nueva Zelanda. Valdivia, Chile. Pp: 52-80.
- Donoso, P. & Navarro, C. (2022).** Silvicultura y manejo de bosques nativos: Ecología aplicada para la conservación de ecosistemas forestales. Editorial Universitaria. Santiago. 510 p.
- Donoso, P., Promis, A. & Soto, D. (2018).** Silvicultura en bosques nativos: Experiencias en silvicultura y restauración en Chile, Argentina y el oeste de Estados Unidos. Oregon, EE.UU.: College of Forestry, Oregon State University.
- Donoso, P.J., Ojeda, P.F., Schnabel, F. & Nyland, R.D. (2020).** Initial responses in growth, production, and regeneration following selection cuttings in hardwood-dominated temperate rainforests in Chile. *Forests*, 11(4): 412. <https://doi.org/10.3390/f11040412>
- González, M.E., Donoso, P.J. & Szejner, P. (2015).** Tree-fall gaps and patterns of tree recruitment and growth in Andean old-growth forests in south-central Chile. *Bosque*, 36(3): 383-394. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002015000300006>
- Grosse, H. (1988).** Crecimiento de plantaciones con raulí y roble bajo dosel en dependencia del grado de luminosidad y fertilización. *Ciencia & Investigación Forestal*, 2(3): 13-30. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.1988.53>
- Grosse, H. (Ed.). (2009).** Silvicultura del bosque nativo chileno: Función histórica y opciones futuras sobre la base de manejo sustentable. INFOR.
- Kumar, A. & Dhanai, C. (2021).** Principles & practices of silviculture. Uttarakhand, India: Uttarakhand Open University.
- Muñoz, A., & González, M. E. (2009).** Tree regeneration patterns in canopy gaps after a decade of *Chusquea quila* (Poaceae) dieback in an old-growth remnant forest in the lake district of south-central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 82(2): 185-198. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2009000200002>
- Müller-Using, S., Martin, M., Müller-Using, B., Uribe, J. & Rojas, Y. (2013).** Informe técnico 197. Reporte de prácticas silvícolas 2013. Antecedentes y herramientas para la regeneración del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe. Valdivia, Chile: INFOR. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/20897>
- Müller-Using, S., Martin, M., Bahamondez, C. & Uribe, J. (2014).** Regeneración natural bajo el concepto de la silvicultura cercana a la naturaleza: Antecedentes técnicos del tipo forestal roble-raulí-coigüe. Proyecto 28: 2012.
- Müller-Using, B., Tiemann, M., Donoso, P. et al. (2020).** Crecimiento, desarrollo cualitativo y retorno financiero de una forestación con roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) al pie de monte andino del centro sur de Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*, 26(1): 67–82. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2020.527>
- Nyland, R.D. (2002).** Silviculture: Concepts and applications. Long Grove, Illinois, EE.UU.: Waveland Press, Inc.
- Promis, A. (2018).** Claros de dosel en bosques nativos templados de Chile y Argentina: Conocimientos actuales y desafíos para el futuro. En: Donoso, P., Promis, A. & Soto, D.P. (Eds.). Silvicultura en bosques nativos: Experiencias en silvicultura y restauración en Chile, Argentina y el oeste de Estados Unidos. The Chile Initiative. Oregon State University- College of Forestry, Corvallis, Oregón, EE.UU. Pp: 23-49.
- Riquelme-Buitrano, T., Ojeda, P. & Donoso, P. (2023).** Comparación de crecimiento de *Nothofagus alpina* y *Nothofagus obliqua* en plantaciones puras y mixtas en la depresión intermedia de la Región de Los Ríos, Chile. *Bosque*, 44(1): 263-272. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002023000100263>
- Smith, D.M., Larson, B.C., Kelty, M.J. & Ashton, P.M.S. (1997).** The practice of silviculture: Applied Forest Ecology (9th ed.). John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.

Veblen, T. T. & Ashton, D. H. (1978). Catastrophic influences on the vegetation of the Valdivian Andes, Chile. *Vegetation*, 36(3): 149-167. <https://doi.org/10.1007/BF02342598>

Veblen, T. T., Donoso, C., Kitzberger, T. & Rebertus, A. J. (1996). Ecology of southern Chilean and Argentinean *Nothofagus* forests. En: Veblen, T.T., Hill, R.S. & Read, J. (Eds.). *The ecology and biogeography of Nothofagus forests*. Yale University Press. Pp: 93-353.

