

## **Estimación del diámetro fustal sobre el cilindro nudoso central en trozas basales de roble, Chile**

### **Estimation of the stem diameter on the central knotty cylinder in oak basal logs, Chile**

**Patricio Corvalán Vera<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ingeniero Forestal y Magister en Ciencias Forestales. Facultad Ciencia Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Departamento Gestión Forestal y de su Medio Ambiente, Universidad de Chile. Correo electrónico: pcorvalanvera@gmail.com

**Recibido:** 13 de diciembre 2017.

**Aprobado:** 26 de enero de 2018.

---

#### **RESUMEN**

Con el objetivo de determinar el diámetro del cilindro nudoso central, tanto vivo como muerto, se muestreó un total de 60 árboles pertenecientes al cuartil superior de clases diamétricas en renovales no manejados de *N. obliqua* de la precordillera de Maule. Se asume que estos quedan determinados por la rama viva y muerta más baja, presente en altura del árbol, respectivamente. Se analizaron las relaciones existentes entre el diámetro del cilindro nudoso central y los diámetros en el extremo menor de trozas de 1.2, 2.4 y 3.6 m. sobre el

tocón, el diámetro normal y la altura de inserción de la primera rama. Del análisis, se deduce que: 1) el diámetro del cilindro nudoso central vivo y muerto aumentan linealmente con el diámetro normal del árbol, 2) que el diámetro en el extremo menor de las trozas aumenta en la medida que este lo hace y disminuye en la medida que aumenta en altura sobre el suelo y 3) que el diámetro fustal sobre el cilindro nudoso central muerto aumenta linealmente con el diámetro normal y la altura de inserción de la rama muerta más baja del árbol, lo que permite determinar la zona de oclusión de los nudos del árbol.

**Palabras clave:** nudos; trozas; diámetro del fuste; ramas vivas y muertas.

---

## ABSTRACT

In order to determine the diameter of the central knotted cylinder both alive and dead, a total of 60 trees belonging to the upper quartile of diametric classes in unmanaged renewal of *N. obliqua* from the Maule foothills were sampled. It is assumed that these are determined by the lowest living and dead branch present in tree height, respectively. We analyzed the relationships between the diameter of the central knotty cylinder, and the diameters at the lower end of logs 1.2, 2.4 and 3.6 m above the stump, the normal diameter and the insertion

height of the first branch. From the analysis it is deduced that: i) the diameter of the live and dead central knotted cylinder increases linearly with the normal diameter of the tree, ii) that the diameter at the smaller end of the logs increases as it does and decreases as increases in height above the ground and iii) that the fustal diameter on the dead central knotty cylinder increases linearly with the normal diameter and the insertion height of the lowest dead branch of the tree, allowing to determine the zone of occlusion of the knots of the tree.

**Keywords:** knots; logs; diameter of the shaft; live and dead branches.

## INTRODUCCIÓN

La madera libre de nudos es aquella que se produce periféricamente en los fustes una vez que las ramas han caído y/o se han podado y se ha producido su oclusión. Los retornos económicos de esta madera son mucho mayores que la madera con nudos, por cuanto no contiene problemas de resistencia mecánica, estéticas y ni desvíos del grano (Park 1980, Grace *et al.* 2006, Karaszewski *et al.* 2013, Lowell *et al.* 2014, Wang *et al.*, 2016).

Estudios realizados en plantaciones intensivamente manejadas de *Pinus radiata* D. Don han determinado que el rendimiento de madera aserrada de trozos basales podados es proporcional al tamaño del trozo y al aprovechamiento industrial de la materia prima, e inversa al diámetro del cilindro defectuoso central, comprendiendo este la médula, los nudos y las cicatrices de oclusión de poda (Park 1980). Un diámetro determinante en el rendimiento de madera libre de nudos es el del extremo menor de la troza (Park 1987). Por ello, para regímenes de poda en Pino radiata, Lewis *et al.* (1993) señalan que «para lograr un diámetro sobre oclusión de 45-58 cm.,

sin corteza, a partir de un diámetro de poda de 40-50 cm., se requiere que el diámetro normal (1.3 m.) del árbol sea de 55-60 cm., en trozas de 6-7 m».

A nivel de nudos, Wang *et al.*, (2016) estudiando plantaciones de *Betula alnoides* concluyen que el factor que mejor explica el radio total del nudo ocluido es el diámetro del nudo en árboles podados y la longitud del muñón de la rama muerta en árboles con poda natural. En ambos casos, la contención del tamaño del cilindro nudoso central es clave en el rendimiento de madera libre de nudos.

La especie *Nothofagus obliqua* (roble) fue la especie más abundante, pero la de mayor agotamiento en Chile hacia mediados del siglo XX. En los bosques originales, el diámetro normal promedio (DAP) era de 91 cm. y rendía 167 pulgadas madereras por árbol (Haig *et al.* 1946). Estas excepcionales dimensiones, sin duda, darían un alto rendimiento en madera libre de nudos y deben haber sido parte de la causa de su agotamiento. Los bosques actuales provienen de la corta de los bosques originales y de reiteradas cosechas para carbón y leña de sus

renovales (Corvalán 2015), por ello, tanto sus características dendrométricas como las propiedades físicas y mecánicas son diferentes de las que históricamente se recuerda. De esta especie, hay casi nula información sobre sus nudos y oclusiones; de ahí que el trabajo propuesto por Corvalán (2017) es el más detallado en cuanto a arquitectura de ramas (nudos). Por

ello, el objetivo de este trabajo es estudiar la posición en altura, a partir de la cual el diámetro sobre el fuste es igual al cilindro nudoso muerto central, y determinar las dimensiones mínimas de DAP y altura de inserción de la primera rama, a partir de la cual el fuste cicatriza los nudos para la generación de madera libre de nudos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

*Área de estudio.* El área de estudio se encuentra ubicada en la precordillera de Curicó, específicamente en el sector de Monte Oscuro (coordenadas geográficas 19H 324862E-6113124S), ubicado linealmente a unos 31 km. al este de la ciudad de Molina. El terreno presenta una superficie aproximada de 1.300 ha. de formación de bosques secundarios de los tipos forestales Roble-Hualo, Ciprés de la Cordillera y Roble-Raulí-Coihue. Los bosques tienen su origen en la tala con fines de extracción de madera aserrada del bosque primario y posteriormente en sucesivas talas en bosquetes para la producción de leña y carbón. En la actualidad, presenta una formación en mosaico de bosquetes coetáneos secundarios (Corvalán 2015). La vegetación presente corresponde a un bosque caducifolio secundario dominado por Roble, entremezclado con especies esclerófilas como Quillay, Peumo, Piñol, Naranjillo y Litre, entre otras, en las exposiciones más secas y con especies del bosque valdiviano siempreverde como Pitra, Mañío de Hojas Largas, Olivillo y Laurel en exposiciones más húmedas (Ceballos 2015).

En el área predominan los suelos trumaos, ocupando zonas de lomajes altos y cerros con pendientes abruptas. Los minerales que componen este suelo son el alofán y la haloisita (Besoain 1985). De perfiles profundos con una textura media superficial a moderadamente fina en profundidad, el color varía de pardo oscuro en la superficie a pardo amarillento en el

fondo. El contenido de materia orgánica en estos suelos es alto, descomponiéndose con dificultad, dada la interacción de los coloides húmicos y alofánicos y su peso es bajo, debido a la presencia de la materia orgánica y materiales porosos.

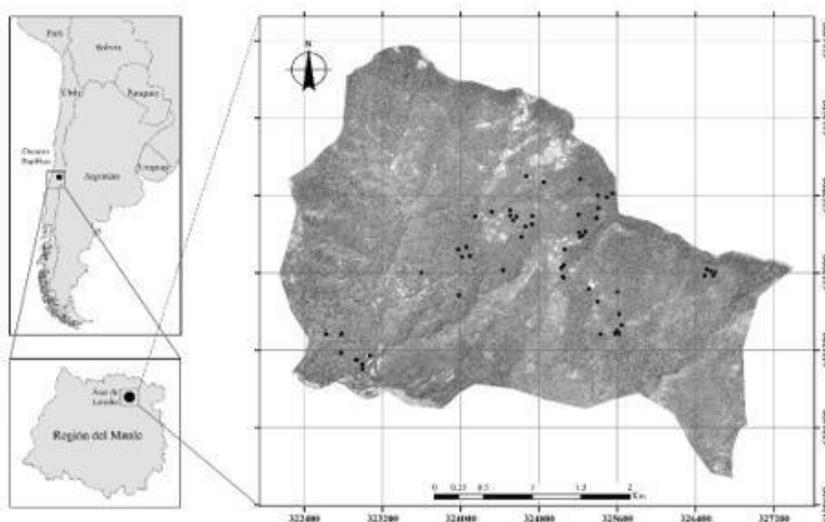
El sector se encuentra circunscrito dentro de la zona bioclimática templada submediterránea, con una precipitación media anual de unos 1.000 mm., concentrados entre abril y octubre y temperaturas medias entre los 8° C., en invierno y los 18 ° C., en verano. La altitud varía entre 650 y 1.500 msnm, en exposición predominantemente sur con topografía compleja y heterogénea (Ceballos 2015).

### Tamaño y selección de la muestra

A partir de información cartográfica preliminar, consistente en un modelo de elevación digital de terreno y un modelo de cobertura de copas LiDAR, obtenido en el área en el año 2011, se seleccionó una muestra de 60 parcelas cuyo objetivo, entre otros (Corvalán 2015), fue determinar el diámetro del cilindro nudoso central vivo y muerto del roble. La muestra fue restringida a terrenos con pendientes inferiores a 45 %, con un mínimo de 100 árboles por hectárea y, al menos, presencia de 60 % de la especie roble. La muestra estuvo dirigida a cubrir la mayor cantidad de combinaciones estructurales y de densidad de los rodales. Del total de parcelas, 18 de

ellas tenían forma y tamaño variable, y los 42 restantes fueron circulares de 200 m<sup>2</sup> cada una. Una vez delimitada la parcela, se procedió a medir y numerar todos los árboles mayores a 10 cm. de DAP, entre otras variables de interés (Corvalán 2015). Una vez medidos, los árboles se ordenaron en percentiles de DAP y se ubicó el percentil 87,5 o el más cercano a él, el

cual fue medido dendrométricamente. Este árbol representa objetivamente el cuartil superior del rodal de mayor desarrollo y potencial productivo. Se sustituyeron los árboles de borde, con daños fustales evidentes y con severas curvaturas. La ubicación espacial de las parcelas y árboles seleccionados se ilustra en la Figura 1.



**Fig. 1.** Ubicación del área de estudio y posición espacial de los árboles muestreados

## Mediciones del árbol

En cada árbol se midió el diámetro normal geométrico (DAP, cm.) y la altura total (H, m.) en pie. Una vez medido, fue volteado, se midió la longitud fustal y el árbol fue dividido en décimos de altura, en los que se seleccionó y midió el estado de la rama (viva o muerta) de mayor tamaño de cada decil y se determinó su altura de inserción (hdi). Para estimar los diámetros geométricos fustales donde se insertan las ramas (Dgi), se midieron los diámetros fustales aproximadamente cada un metro en su eje mayor y menor, con corteza, a partir del tocón hasta el ápice, para

evitar realizar mediciones cerca de la inserción de las ramas. A partir de estos datos, se interpoló linealmente Dgi en hdi.

Para cada árbol, se asumió que tanto el cilindro nudoso central vivo, como el muerto, corresponden al diámetro donde se ubican las ramas vivas y muertas en su posición más baja de altura del árbol. Su diámetro, como se señaló, fue interpolado a partir de diámetros fustales medidos cada un metro aproximadamente. El diámetro sobre el cilindro nudoso central fue calculado como:

$$Dscn^i = Dg_j / Dcn^i$$

[1]

donde:

$Dscn^i$  es el diámetro sobre el cilindro nudoso central tipo  $i$ :  $i$ =vivo, muerto

$Dg_j$  es el diámetro fustal en el extremo inferior de una troza de largo  $j$  metros

$Dcn^i$  es el diámetro del cilindro nudoso central tipo  $i$ :  $i$ =vivo, muerto

Los largos de trozo contemplados fueron  $j=1.2, 2.4$  y  $3.6$  m sobre el tocón.

## RESULTADOS

Las estadísticas de la muestra se señalan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Estadísticas descriptivas del árbol, posición y tamaño del cilindro nudoso central

		Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)
Parámetros del árbol	DAP (cm)	23.4	14.1	40.2	5.5	23.7
	H (m)	16.7	10.0	22.9	3.4	20.4
	Dg <sub>1.2</sub> (cm)	23.2	14.4	40.6	5.8	25.0
	Dg <sub>2.4</sub> (cm)	22.0	13.1	39.4	5.6	25.6
	Dg <sub>3.6</sub> (cm)	21.1	12.1	38.2	5.8	27.7
Ramas vivas	hdi (m)	7.1	2.2	13.9	2.8	39.4
	Dgi (cm)	17.8	10.9	35.7	5.0	28.3
	Dscn <sub>1.2</sub> (cm)	1.3	0.8	2.1	0.2	17.7
	Dscn <sub>2.4</sub> (cm)	1.3	0.9	1.9	0.2	17.1
	Dscn <sub>3.6</sub> (cm)	1.2	0.7	1.8	0.2	18.1
Ramas muertas	H di (m)	3.6	0.7	10.3	2.1	59.3
	Dgi (cm)	21.6	13.7	36.3	5.1	23.8
	Dscn <sub>1.2</sub> (cm)	1.1	0.8	1.9	0.1	13.4
	Dscn <sub>2.4</sub> (cm)	1.0	0.8	1.6	0.1	11.1
	Dscn <sub>3.6</sub> (cm)	1.0	0.7	1.5	0.1	13.0

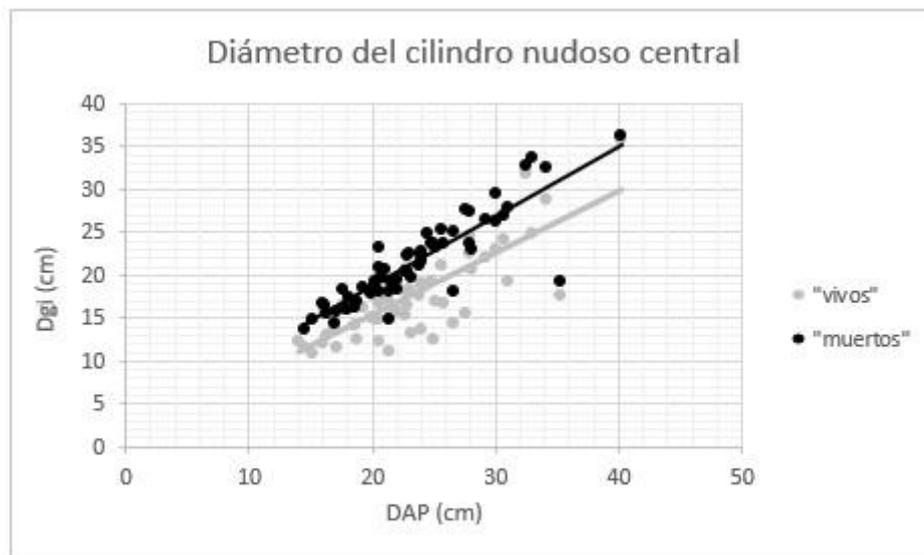
El tamaño medio de la muestra pertenece a los típicos árboles de renovales con valores extremos de DAP entre 14.1 y 40.2 cm. y altura total entre 10 y 22.9 m., alcanzando en promedio diámetros fustales a 1.2, 2.4 y 3.6 m. sobre el tocón de 23.2, 22.0 y 21.1 cm., respectivamente.

De acuerdo con la Tabla 1, los cilindros nudosos centrales tanto de nudos vivos, como de nudos muertos, se ubican a alturas en promedio de 3.6 y 7.1 metros sobre el suelo, respectivamente. Los diámetros fustales promedios referidos fueron de 21.6 y 17.8 cm. con una diferencia de 3.5 m. de altura y 3.8 cm. de diámetro

entre la primera rama viva y la primera rama muerta. Los diámetros fustales sobre el cilindro nudoso central muerto, medidos en el extremo menor de la troza de 1.2 m. de largo, son en promedio un 10 % mayor que el cilindro nudoso muerto. Para trozos de 2.4 y 3.6 m. de largo, no se observan diferencias entre ambos valores. Estas observaciones sugieren que el tamaño de los árboles, muestra en promedio, son los adecuados para iniciar el manejo a través de podas y raleos, ya que los nudos muertos más bajos se encuentran en promedio a 3.6 m. sobre el suelo, además, tienen los diámetros adecuados y, al menos, tiene una troza de 1.2 m. en proceso de oclusión natural.

Se relacionaron los diámetros de cilindro nudoso central vivo y muerto con el DAP, a través de un modelo

lineal del tipo  $D_{gl} = \alpha + \beta \cdot DAP$ , como se observa en la Figura 2 y Tabla 2.



**Fig. 2.** Diámetro del cilindro nudoso central de ramas vivas y muertas

Los parámetros estimados de la regresión se señalan en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Relación entre el cilindro nudoso central y el DAP

Cilindro nudoso central:	$\alpha$	$\beta$	Error estándar (cm)	R <sup>2</sup>	Valor F
Vivo	0.83371	0.72536***	3.06	0.6352	101***
Muerto	2.38771	0.81471***	2.48	0.7683	182.4***

Nota: \*\*\*valores  $p < 0.001$

Como era de esperar, los diámetros del cilindro nudoso central, tanto vivo como muerto, tienen una relación lineal con el DAP del árbol. A medida que este sube, el cilindro nudoso aumenta. Del análisis de la Figura 2 y Tabla 2, se deduce que las pendientes son muy significativas y resultan en una diferencia creciente entre los cilindros nudosos vivos y muertos. Estas diferencias, como se señaló, son en promedio de 3.8 cm. de diámetro, sin embargo, puede alcanzar a 5 cm. cuando el DAP es de 40 cm.

Análogamente, se evidencian relaciones lineales entre los diámetros del extremo inferior de trozas de diferentes largos y el DAP, como se señala en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Relación entre los diámetros del extremo menor de la troza y el DAP.

Longitud de la troza (m):	$\alpha$	$\beta$	Error estándar (cm)	R <sup>2</sup>	Valor F
1.2	-0.82643	1.02665***	1.178	0.9594	1369***
2.4	-1.31964*	0.99866***	1.112	0.9617	1455***
3.6	-2.72417**	1.01829***	1.518	0.9333	811.3***

Nota: \* valores  $p < 0.05$ ; \*\* valores  $p < 0.01$ ; \*\*\* valores  $p < 0.001$

Estas rectas pueden ser consideradas como «paralelas», aun cuando las pendientes no son iguales, pero muy cercanas al valor 1.0. La separación de las rectas se observa en la gradualidad del coeficiente  $\alpha$  que es crecientemente negativo, en la medida que la longitud de la troza se alarga en múltiplos de 1.2 m.; esto es, decrece el diámetro  $\alpha$  en la medida que aumenta la longitud de la troza.

Lo que efectivamente interesa en el control del cilindro nudoso central es la diferencia o proporción del diámetro fustal en el extremo menor de la troza

sobre el cilindro nudoso de las ramas muertas, que varían de acuerdo con el largo de la troza. Una vez que desaparecen las ramas muertas, la madera periférica, que se formará en la troza, contendrá las cicatrices de oclusión que se producen una vez que las ramas muertas se han caído. Esa información que resulta fundamental para poder referirse al diámetro del cilindro defectuoso central no se dispone en este estudio. Los diámetros sobre el cilindro nudoso central muerto, expresados como se señala en la ecuación [2] y expresados como función lineal del DAP y de la altura de inserción de la rama muerta más baja, se indican en la Tabla 4.

El modelo lineal que predice el diámetro sobre el cilindro nudoso central es:

$$D_{sni} = \alpha + \beta * DAP + \delta * h_i \quad [2]$$

Tanto los parámetros como la bondad de ajuste del modelo se señalan en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Relación entre el diámetro sobre el cilindro nudoso muerto, la altura de inserción de la rama y el DAP para diferentes largos de trozos

Longitud de la troza (m)	$\alpha$	$\beta$	$\delta$	Error estándar (%)	R <sup>2</sup>	Valor F
1.2	0.8970745***	0.0007403	0.0491586***	0.1038	0.5088	27.96***
2.4	0.832945***	0.002057	0.041602***	0.0663	0.6639	53.32***
3.6	0.722189***	0.004129*	0.045692***	0.071	0.6977	62.32***

Nota: \* valores  $p < 0.05$ ; \*\* valores  $p < 0.01$ ; \*\*\* valores  $p < 0.001$

Del análisis de los datos de la Tabla 5, se pueden deducir que existen diferentes combinaciones de DAP y alturas de inserción de las primeras ramas muertas, a partir de las cuales el extremo inferior de las trozas supera al cilindro nudoso central muerto. Para ello, se resuelven las ecuaciones para  $D_{scn}=1.0$ . Las alturas de inserción de las primeras ramas muertas se señalan en la tabla 5.

**Tabla 5.** Alturas de inserción de las primeras ramas muertas

**Tabla 5.** Altura de inserción de la rama y el DAP, a partir de la cual el diámetro sobre el fuste es igual al cilindro nudoso muerto central

DAP (cm)	Largo de troza (m)		
	1.2	2.4	3.6
	Altura de inserción de la rama (m)		
10	1.94	3.52	5.18
20	1.79	3.03	4.27
30	1.64	2.53	3.37
40	1.49	2.04	2.47

La Tabla 5 puede ser interpretada así, por ejemplo: «para que, en el extremo menor, una troza de 1.2 m., el diámetro sobre el cilindro nudoso muerto sea igual al diámetro del cilindro nudoso central, la primera

rama muerta debe estar a no menos de 1.94 m. sobre el suelo, cuando el DAP del árbol es de 10 cm». Sobre ese DAP y bajo esa altura, se espera no existan ramas muertas y, por lo tanto, el cilindro nudoso muerto ya esté contenido.

## DISCUSIÓN

El principal objetivo de este trabajo fue determinar los parámetros del árbol en los que el diámetro del cilindro nudoso de los renovales de *N. obliqua* se controla en forma natural por efecto de competencia y autosupresión. Se asume que el cilindro nudoso central queda contenido en el centro del árbol desde la posición de la rama muerta más baja, hasta la base del árbol y

que, a ese cilindro, se le debe agregar una zona de oclusión de nudos muertos para alcanzar el diámetro del cilindro defectuoso central y, a partir de ese diámetro, en lo adelante, producir madera libre de nudo (Park 1980). Sin duda, la falta de información sobre la geometría del cilindro nudoso central muerto en *N. obliqua* es un déficit que limita seriamente las propuestas silvícolas. Tanto las podas como los raleos alteran la forma fustal (Sutton y

Crowe 1975, Kozlowski y Pallardy 1977, Daniel *et al.* 1982) y pueden afectar los hábitos de ramificación (Harris 1975, Lewis *et al.* 1993, Pinkard 2002), especialmente en el desarrollo de las ramas residuales más bajas (Sonderman 1985, Lewis *et al.* 1993). Por ello, en este trabajo se describe por primera vez la relación existente entre el tamaño del árbol, medido a través del DAP, la altura de inserción de la primera rama y su relación con el diámetro sobre el cilindro nudoso central para diferentes largos de trozas basales, en condiciones naturales.

En condiciones naturales, la recesión de la copa depende de la reducción de las condiciones lumínicas (Pettersson 1997) y está causada por las condiciones de competencia entre y dentro de los árboles. El factor principal de control lumínico es la competencia entre árboles, pero en la parte inferior del fuste la competencia vertical puede ser relevante (Vestøl y Høibø 2000). Comparando los resultados de este trabajo con los de Vestøl y Høibø, (2000), realizados en Noruega y de Moberg (2001) en Suecia, en *Picea abies* en bosques naturales, se observa que siempre el diámetro del fuste a la altura de inserción de la primera rama viva en *N. obliqua* es mayor que el de *P. abies* en todas las posiciones de inserción y DAP donde ocurren las mayores ramas. Ello se advierte, al comparar las ecuaciones de diámetro del cilindro nudoso central vivo de este trabajo, con las ecuaciones presentadas en la Tabla 3 del trabajo de Vestøl y Høibø (2000) y con la ecuación (3.10) del trabajo de Moberg (2001). Esta diferencia puede deberse a que, en latifoliadas, las ramas suelen ser de mayor tamaño que en coníferas (Groot y Schneider 2011, Corvalán 2015). Al comparar este trabajo con el realizado por Hein y Spiecker (2007) en otras latifoliadas de Europa, los resultados resultan similares. Tanto en *Fraxinus excelsior* como *Acer pseudoplatanus*, el

diámetro equivalente al cilindro nudoso muerto central de *N. obliqua* es levemente superior a los primeros.

El cambio del tamaño del cilindro nudoso central muerto, señalado en la Figura 2 y Tabla 2, está de acuerdo con lo señalado por Björklund y Moberg (1999) en *Pinus sylvestris* en Suecia, en el sentido que aumenta el diámetro del cilindro nudoso central en la medida que aumenta el DAP del árbol. En cuanto al desplazamiento en la posición vertical del cilindro nudoso central muerto en la medida que aumenta la posición de la primera rama muerta, está de acuerdo con lo señalado por Hein y Spiecker (2007) y Corvalán (2015) en el sentido que la competencia controla el tamaño de la rama e influye en el radio de la rama ocluida, lo que sugiere que los sistemas silviculturales pueden establecerse en dos fases: primero, permitir el crecimiento de los árboles en altas densidades hasta que las ramas hayan muerto hasta una altura deseada en el fuste y, luego, una segunda etapa donde se pueden remover las copas para liberar el crecimiento diametral fustal de los árboles remanentes.

Los resultados de este estudio preliminar requieren mayores estudios básicos sobre longitud de oclusión en relación con los diámetros y ángulos de inserción de las ramas para poder determinar el diámetro del cilindro defectuoso central. Estos estudios deberían incluir el efecto de la sinuosidad de la médula y su efecto en el desplazamiento exterior de los diferentes cilindros nudosos que componen las trozas. De todas formas, los resultados aquí reportados permiten estimar la altura hasta la cual se puede considerar controlado el cilindro nudoso central a partir de condiciones naturales y ejecutar podas y raleos, con mediciones dendrométricas fáciles de realizar. Tal como lo señala Park (1980), los regímenes de poda son solo posibles cuando el tamaño de la troza y el

cilindro defectuoso central son  
conocidos.

## CONCLUSIONES

Para renovales no manejados de *N. obliqua*, se observa que:

El diámetro del cilindro nudoso central vivo y muerto aumenta en la medida que lo hace el diámetro normal del árbol.

El diámetro en el extremo menor de las trozas de 1.2, 2.4 y 3.6 aumenta en la medida que lo hace el diámetro normal, pero disminuye en altura cuando este permanece constante.

El diámetro fustal sobre el cilindro nudoso central muerto aumenta linealmente con el diámetro normal y la altura de inserción de la rama muerta, más baja del árbol.

## AGRADECIMIENTOS

Al Fondo de Investigación del Bosque Nativo FI046/2013 que financió la toma de datos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Besoain, E. Suelos volcánicos de Chile. INIA. 1985.

Björklund, L., Moberg, L. *Modelling the inter-tree variation of knot properties for Pinus sylvestris in Sweden*, 1999, (No. 207),

Ceballos, A.M. Combinación de Información Topográfica-

Estructural LiDAR y Teledetección Hiperespectral para estimar la diversidad Florística Vascular de un Bosque Mediterráneo Caducifolio en la Precordillera Andina del Maule, Chile. Memoria de Título. Escuela de pregrado, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2015. pp 83

- Corvalán, P. Diagrama de manejo de la densidad de rodal para el control del tamaño de ramas basales en bosques septentrionales altoandinos dominados por roble en la región del Maule. Santiago, Serie biomasa. Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. Departamento Gestión Forestal y de su Medio Ambiente, Universidad de Chile, 2015, pp 120.
- Corvalán, P. Caracterización del diámetro, ángulo de inserción y longevidad de ramas vivas axiales de *Nothofagus obliqua*. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 2017, 5(2), 127-139.
- Daniel, T., Helms, J., Baker, F. Principios de Silvicultura. Primera edición en español. De. *Mcgraw-Hül. México*. 1982
- Grace, J.C., Pont, D., Shermann, L., Woo, G., Aitchison, D. Variability in stem wood properties due to branches. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 2006, 36(2/3), 313.
- Groot, A., Schneider, R. Predicting maximum branch diameter from crown dimensions, stand characteristics and tree species. *The Forestry Chronicle*, 2011, 87(4), 542-551.
- Haig, I.T. *Forest resources of Chile as a basis for industrial expansion*. Forest Service, US Department of Agriculture. 1946.
- Harris, R.W. Pruning fundamentals. *Journal of Arboriculture*, 1975.
- Hein, S., Spiecker, H. Comparative analysis of occluded branch characteristics for *Fraxinus excelsior* and *Acer pseudoplatanus* with natural and artificial pruning. *Canadian journal of forest research*, 2007, 37(8), 1414-1426.
- Karaszewski, Z., Bembenek, M., Mederski, P.S., Szczepanska-Alvarez, A., Byczkowski, R., Kozłowska, A., Giefing, D.F. Identifying beechround wood quality-distribution of beech timber qualities and influencing defects. *Drewno. Prace Naukowe. Doniesienia. Komunikaty*, 2013, 56(189).
- Kozłowski, T.T, Pallardy, S.G. *Growth control in woody plants*. Elsevier.1997.
- Lewis, N.B, Ferguson, I.S., Sutton, W.R.J., Donald, D.G.M., Lisboa, H.B. *Management of Radiata Pine*. Inkata Press Pty Ltd/Butterworth-Heinemann. 1993
- Lowell, E.C, Maguire, D.A., Briggs, D.G., Turnblom, E.C., Jayawickrama, K.J., Bryce, J. Effects of silviculture and genetics on branch/knot attributes of coastal pacific northwest douglas-fir and implications for wood qualityA Synthesis. *Forests*, 2014, 5(7), 1717-1736.
- Moberg, L. Models of internal knot properties for *Picea abies*. *Forest ecology and management*, 2001,147(2), 123-138.
- Park. J.C. A grade index for pruned butt logs. *NJFS*, 1980, 10(2), 419-438.
- Park, J.C. Peeled veneer yields from pruned *Radiata Pine*. *En Proceedings of the conversion planning conference*. FRI Bulletin N° 128,1987, Pp 201-218.
- Petersson, H. Functions for predicting crown height of *Pinus sylvestris*

- and *Picea abies* in Sweden. *Scand J. For. Res.* 1997, 12(2): 179-188
- Pinkard, E.A. Effects of pattern and severity of pruning on growth and branch development of pre-canopy closure *Eucalyptus nitens*. *Forest Ecology and Management*, 2002, 157(1), 217-230.
- Sonderman, D.L. Stand density-A factor affecting stem quality of young hardwoods. 1985
- Sutton, W.R.J., Crowe, J.B. Selective pruning of radiata pine. *NZJ For. Sci*, 1975, 5(2), 171-195.
- Vestøl, G.I., Høibø, O.A. Internal distribution of sound and dead knots in *Picea abies* (L.) Karst. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 2000, 58(1-2), 107-114.
- Wang, C.S, Hein, S., Zhao, Z.G., Guo, J.J., Zeng, J. Branch occlusion and discoloration of *Betula alnoides* under artificial and natural pruning. *Forest Ecology and Management*, 2016, 375, 200-210