

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**  
**DEPARTAMENTO SILVICULTURA**



**COMPOSICION, ESTRUCTURA Y REGENERACION EN DOS  
AREAS EN LA RESERVA NACIONAL NONGUEN, REGION DEL**

**BIOBIO**

Por


**GABRIEL EDUARDO ROJAS TOBAR**

**MEMORIA PARA OPTAR  
AL TITULO DE  
INGENIERO FORESTAL**

**CONCEPCION – CHILE**

**2010**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**  
**DEPARTAMENTO SILVICULTURA**

The logo of the University of Concepcion is a shield-shaped emblem. It features a blue background with five white stars at the top. The central part of the shield is yellow and contains a stylized tree. The shield is surrounded by a laurel wreath. The word 'UNIVERSIDAD DE CONCEPCION' is written in a circular path around the shield.

**COMPOSICION, ESTRUCTURA Y REGENERACION EN DOS  
AREAS EN LA RESERVA NACIONAL NONGUEN, REGION DEL  
BIOBIO**

Por

**GABRIEL EDUARDO ROJAS TOBAR**

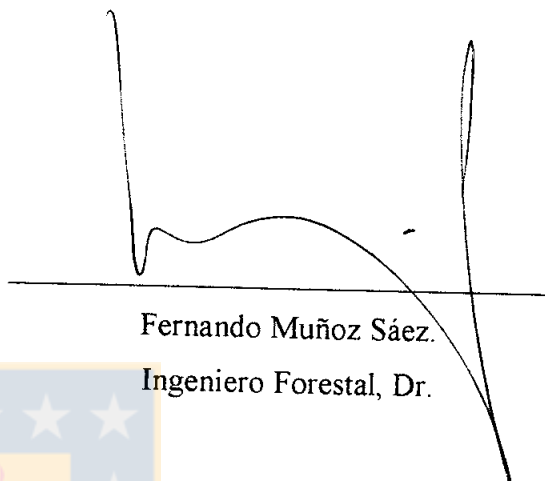
**MEMORIA PARA OPTAR  
AL TITULO DE  
INGENIERO FORESTAL**

**CONCEPCION - CHILE**

**2010**

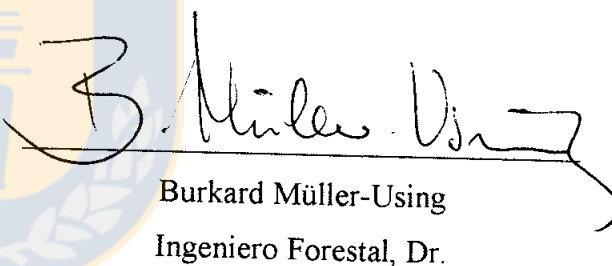
**COMPOSICION, ESTRUCTURA Y REGENERACION EN DOS  
AREAS EN LA RESERVA NACIONAL NONGUEN, REGION DEL  
BIOBIO**

Profesor Guía



Fernando Muñoz Sáez.  
Ingeniero Forestal, Dr.

Profesor Guía



Burkard Müller-Using  
Ingeniero Forestal, Dr.

Calificación de la memoria de título:

Fernando Muñoz Sáez

6,5

Burkard Müller-Using:

6,5

## INDICE DE MATERIA

CAPITULOS	PAGINAS
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVO GENERAL.....	4
2.1. Objetivos específicos.....	4
III. METODOLOGIA.....	5
3.1. Descripción del área de estudio.....	5
3.2. Muestreo realizado.....	6
3.3. Determinaciones y procesamiento de la información.....	8
IV. RESULTADOS .....	11
4.1 Participación en densidad y área basal de las especies de interés.....	11
4.2 Composición y cobertura.....	15
4.3 Índices de biodiversidad estructural.....	20
4.4 Regeneración.....	22
4.5 Edad e Incrementos.....	26
V. DISCUSION.....	28
5.1 Participación, composición y cobertura.....	28
5.2 Biodiversidad estructural forestal.....	30
5.3 Regeneración.....	30
5.4 Conservación.....	31
V. CONCLUSIONES.....	34
VI. RESUMEN.....	36
VII. SUMMARY.....	37
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	38
IX. APENDICE.....	43
9.1. Validación de datos.....	43
9.2. Análisis de consistencia.....	49
9.3. Análisis estadístico.....	51
9.4. Pruebas no paramétricas.....	54

X. ANEXOS.....	56
10.1. Tablas de variación, estadísticos descriptivos, prueba de homogeneidad de varianzas, test ANOVA y prueba de igualdad de las medias de los indicadores de biodiversidad, para la vegetación arbórea y regeneración.....	56
10.2. Regresiones.....	67
10.3. Datos de terreno.....	72
10.4. Funciones de volumen.....	89



## INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PAGINA
1 Tabla de rodal para Co-Ma (N (arb/ha), H (m), AB (m <sup>2</sup> /ha)).....	12
2 Tabla de rodal para CaC-Ma (N (arb/ha), H (m), AB (m <sup>2</sup> /ha)).....	12
3 Estadísticos de la variable área basal según especie y área.....	15
4 Ocupación del sitio según especie por área. ....	16
5 Área basal (m <sup>2</sup> /ha) por rangos de altura (m) según especie en Co-Ma.....	18
6 Área basal (m <sup>2</sup> /ha) por rangos de altura (m) según especie en CaC-Ma .....	18
7 Variación de los índices de Shannon ( $H'$ ), uniformidad ( $Ev$ ) y complementario de Simpson ( $1-D$ ) en función del número de individuos, área basal, de estratos y la proporción de las especies en el área y cada estrato, respectivamente.....	21
8 Regeneración de origen por semilla (plantas/ha) según especie en las áreas Co-Ma.....	23
9 Regeneración de origen por semilla (plantas/ha) según especie en el área CaC-Ma.....	23
10. Estadísticos estratificados (plantas/ha) por especie para la regeneración de origen por semilla en las áreas Co-Ma (der.) y CaC-Ma (iqz.).....	24
11 Regeneración de origen vegetativa según especie en CaC-Ma.....	24
12 Estadísticos estratificados (plantas/ha) por especie para la regeneración de origen vegetativa en CaC-Ma.....	24
13 Variación de los índices de Shannon ( $H'$ ), uniformidad ( $Ev$ ) y de Simpson ( $1-D$ ), para la regeneración total por semilla, en función del número de especies y la proporción de las especies en el área .....	26
 <u>En el Apéndice</u>	
1 A Identificadores duplicados por parcela para ambas áreas.....	44

2 A Total frecuencias analizadas en ambas áreas .....	44
3 A Validación de datos según especie para Co-Ma .....	44
4 A Validación de datos según especie para CaC-Ma.....	45
5 A Estadísticos descriptivos según variable para ambas áreas.....	45
6 A Identificadores duplicados por parcela de regeneración para ambas áreas .....	46
7 A Total de parcelas de regeneración analizadas según especie y origen en ambas áreas.....	46
8 A. Validación de datos de regeneración según especie para Co-Ma.....	47
9 A Validación de datos de regeneración según especie para CaC-Ma.....	47
10 A Total número de parcelas de regeneración analizadas para ambas áreas.....	48
11 A Estadísticos descriptivos por parcelas de regeneración según variable para ambas áreas.....	48
12 A Análisis estadístico para las variables de interés de las especies arbóreas en ambas áreas.....	51
13 A Estimadores para las variables de interés de las especies arbóreas en ambas áreas .....	52
14 A Pruebas de normalidad para las variables de interés de las especies arbóreas en ambos rodales.....	53
15 A Estadísticos descriptivos correspondientes a pruebas no paramétricas para ambas áreas .....	54
16 A Rangos para prueba de Friedman en ambas áreas .....	54
17 A Estadísticos de contraste(a) Prueba de Friedman.....	55
18 A Rangos promedio para prueba W de Kendall.....	55
19 A Estadísticos de contraste Coeficiente de concordancia de Kendall en ambas áreas.....	55

En el Anexo

1 B Variación de los índices de Shannon ( $H'$ ), uniformidad ( $E_v$ ) y de Simpson ( $1-D$ ) en función de $N$ (arb/ha) y la proporción de las especies en el área (1:Co-Ma, 2:CaC-ma).....	56
2 B Variación de los índices de Shannon ( $H'$ ), uniformidad ( $E_v$ ) y de Simpson ( $1-D$ ) en función de $AB$ ( $m^2$ ) y la proporción de las especies en el área..	56
3 B Variación de los índices de Shannon $H'(v)$ , uniformidad ( $E_v$ ) y de Simpson ( $1-D$ ) en función de la altura de estratos, del área y proporción de especies en cada estrato.....	57
4. B Variación de los índices de Shannon ( $H'$ ), uniformidad ( $E_v$ ) y de Simpson ( $1-D$ ), para la regeneración total de origen por semilla en función del número de especies y la proporción de las especies en cada área.....	58
5 B Estadísticos descriptivos al 95 % de grado de confianza, para los índices de diversidad estructural según variable en Co-Ma .....	58
6 B Estadísticos descriptivos al 95 % de grado de confianza, para los índices de diversidad estructural según variable en CaC-Ma.....	59
7 B Estadísticos descriptivos al 95 % de grado de confianza, para los índices de diversidad estructural de regeneración total de origen por semilla según variable.....	59
8 B Prueba de homogeneidad de varianzas para los índices de diversidad estructural de la masa arbórea según variable .....	60
9 B Prueba de homogeneidad de varianzas para los índices de diversidad estructural de regeneración total por semilla.....	60
10 B Tabla ANOVA para índices de diversidad estructural según especie para la variable $N$ .....	61
11 B Tabla ANOVA para índices de diversidad estructural según especie para la variable $AB$ .....	62
12 B Tabla ANOVA para índices de diversidad estructural según especie para la variable $V$ .....	63
13 B Tabla ANOVA para índices de diversidad estructural según especie para la regeneración total de origen por semilla.....	64
14 B Resumen de pruebas robustas de igualdad de las medias entre áreas, para	64



	índices de diversidad estructural según variable N .....	
15	B Resumen de pruebas robustas de igualdad de las medias entre áreas, para índices de diversidad estructural según variable AB .....	65
16	B Resumen de pruebas robustas de igualdad de las medias entre áreas, para índices de diversidad estructural según variable V.....	65
17	B Resumen de pruebas robustas de igualdad de las medias entre áreas, para índices de diversidad estructural de la regeneración total de origen por semilla.....	66
18	B Información obtenida en terreno de las especies arbóreas para el rodal Co-Ma	72
19	B Información obtenida en terreno de las especies arbóreas para el rodal Co-Ma	73
20	B Información obtenida en terreno de las especies arbóreas para el rodal Co-Ma	76
21	B Información obtenida en terreno de las especies arbóreas para Co-Ma.....	78
22	B Información obtenida en terreno de las especies arbóreas para el rodal CaC-Ma.....	80
23	B Información obtenida en terreno de las especies arbóreas para el rodal CaC-Ma.....	82
24	B Información obtenida en terreno para las especies de regeneración por semilla en cada parcela por ha en Co-Ma.....	83
25	B Información obtenida en terreno para las especies de regeneración por semilla en cada parcela por ha en CaC-Ma .....	84
26	B Árboles muestra de la especie <i>P. saligna</i> utilizados para la obtención de tarugos.....	85
27	B Incrementos obtenidos árbol dap 19 cm .....	85
28	B Incrementos obtenidos árbol dap 15 cm .....	87
29	B Incrementos obtenidos árbol dap 11cm .....	88

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PAGINA
<u>En el texto</u>		
1	Distribución de parcelas en el área de interés.....	7
2	Distribución de las parcelas de regeneración en la unidad muestral.....	7
3	Tarugos de incremento para la especie <i>P. saligna</i> .....	8
4	Volumen (m <sup>3</sup> /ha) por clase diamétrica según especie en el área Co-Ma.....	13
5	Volumen (m <sup>3</sup> /ha) por clase diamétrica según especie en el área CaC-Ma...	14
6	Volumen (m <sup>3</sup> /ha) por especie según área, Co-Ma (izq.), CaC-Ma (der.)....	15
7	Área basal relativa según rango de alturas para Co-Ma (inf.) y CaC-Ma (sup.).....	19
8	Altura promedio por especie para Co-Ma (iqz.) y CaC-Ma (der.).....	19
9	Incrementos corriente (segmentos) y medio anual (continua) para cada muestra de la especie <i>P. saligna</i> .....	27
10	Perfil vertical según área de estudio: Co-Ma (sup.) y CaC-Ma (inf.).....	29
<u>En el Apéndice</u>		
1 A	Relación di/hi en Co-Ma para el total y por especie.....	49
2 A	Relación di/hi en CaC-Ma para el total y por especie.....	50
<u>En el Anexo</u>		
1 B	Curva de regresión para las variables dap/altura para la especie <i>A. luma</i>	67
2 B	Curva de regresión para las variables dap/altura para la especie <i>N. dombeyi</i> .....	67
3 B	Curva de regresión para las variables dap/altura para la especie <i>L. sempervirens</i> .....	68

4 B	Curva de regresión para las variables dap/altura para la especie <i>P.saligna</i>	69
5 B	Curva de regresión para las variables dap/altura para la especie <i>C. mucronata</i> .....	69
6 B	Curva de regresión para las variables dap/altura para la especie <i>A. punctatum</i> .....	68
7 B	Curva de regresión para las variables dap/altura para la especie <i>C. alba</i> ...	70
8 B	Curva de regresión para las variables dap/altura para la especie <i>N. oblicua</i>	70
9 B	Curva de regresión para las variables dap/altura para la especie <i>L. philipiana</i> .....	71



## I. INTRODUCCION

La Cordillera de la Costa de Chile Central es reconocida como un hotspot, que alberga una gran biodiversidad en un espacio muy reducido (Stoll 2008), concentra la mayor riqueza de especies arbóreas y el mayor número de especies leñosas endémicas entre las Regiones de Coquimbo y de Los Lagos (Hechenleitner et al. 2005). La Región del Biobío contiene 690 especies de plantas vasculares nativas lo que representa aproximadamente el 51 % de la riqueza de especies regional y 13,5% de la riqueza nacional (Cavieres et al. 2005).

La formación boscosa *Pitavio-Nothofagetum dombeyi* o Bosque de Coigüe-Mañío de hojas largas, es una formación boscosa típica de las quebradas estrechas de la Cordillera de la Costa de Chile Central, cuyo estado de conservación es preocupante. Esta formación alberga una gran biodiversidad, especialmente de especies valdivianas (Stoll 2008).

Según Gajardo (1994, citado por Del Fierro et al. 1998), la comunidad Coihue-Mañío de hojas largas es escasa, encontrándose en quebradas de exposición sur, junto a los cursos de agua. Esta formación boscosa se presenta a menudo, cubriendo solo superficies reducidas. Cabe destacar además, que Mañío de hojas largas debido a su intermedia tolerancia a la sombra, es difícil encontrarlo bajo el dosel de otros árboles (Del Fierro y Pancel 1998).

En la actualidad son escasos los fragmentos de Bosques Nativos que aún subsisten en la Cordillera de la Costa (Cavieres et al. 2005). La complejidad de los ecosistemas costeros, la importancia de sus estrechos endemismos, su escasa superficie, su alto grado de deterioro histórico y fragmentación, hacen de esta área una de las más urgentes a conservar en el país (Smith-Ramírez et al. 2005). Uno de los fragmentos importantes lo constituye la formación boscosa de la Reserva Nacional Nonguén, ubicada en la provincia de Concepción.

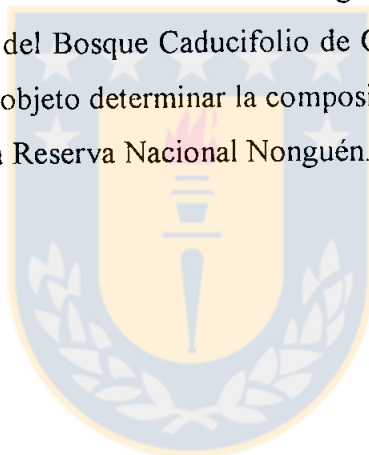
Según Donoso y Lara (1999) los bosques no son sólo productores de madera y otros productos tangibles, sino que esencialmente contienen los factores fundamentales para mantener la calidad del agua y del aire, el suelo y la biodiversidad, elementos esenciales para el desarrollo de la vida. En este contexto, cabe destacar que las características hidrológicas y calidad del agua en la Reserva Nacional Nonguén son catalogadas como de alta vulnerabilidad ambiental, por lo cual la mantención de su producción hídrica es muy dependiente de las condiciones y características a que esté sometida la parte alta y media de la cuenca, en especial aquella referida a la cobertura vegetal (EULA 2002), regulando la cantidad y calidad del agua de la cuenca, que en este caso, es utilizada por los habitantes de las ciudades de Concepción, Penco y Lirquén (Bordeu 2008).

- ✦ La vegetación nativa existente en la Reserva Nacional Nonguén corresponde al tipo forestal Bosque Caducifolio de Concepción, con la presencia de especies de tipo Esclerófilo y Valdiviano (EULA 2002), cuyo estado de conservación es considerado bueno a regular, constituyendo el remanente de mayor superficie y en mejor estado de conservación del Bosque Caducifolio de Concepción al norte del Río BíoBío (EULA 2002).
- ✦ A pesar de lo anterior, la biodiversidad de la Reserva Nacional Nonguén esta seriamente comprometida por actividades como tala ilegal para la producción de leña, extracción de Copihues (*Lapageria rosea*), caza clandestina, que afecta negativamente la conservación de la flora y fauna existentes en el predio CONAMA (2004). También es afectada por los incendios forestales, dada la cercanía de la población a la reserva y la presencia de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don y *Eucalyptus globulus* Labill, representando un alto riesgo para la biodiversidad de sus formaciones boscosas.

El fundo Nonguén fue creado el 25 de octubre de 1911 producto de la expropiación de alrededor de 30 predios. El objetivo fue la captación e instalación del servicio de agua potable de la ciudad de Concepción. Posteriormente, en Enero de 1990, según la Ley N° 18.885, el Estado autoriza desarrollar actividades de captación de agua potable y alcantarillado, disponiendo la constitución de sociedades anónimas para tal objeto,

pasando a manos de la empresa de servicios sanitarios del Biobío (ESSBIO S.A.) en abril de ese mismo año. Actualmente, el fundo Nonguén es administrado por la Corporación Nacional Forestal y se encuentra inserto en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), en la categoría de Reserva Nacional.

Por las razones anteriores surge la necesidad de conocer la estructura y funcionamiento de los ecosistemas autóctonos, terrestres y acuáticos del fundo; como también de aquellos con presencia de especies introducidas y de otros con problemas de degradación, como lo señala EULA (2002), esto dentro del contexto de priorizar la conservación y recuperación de los bosques nativos remanentes ubicados entre la Región de Valparaíso y la Región del Biobío (Lara et al. 2003); y conservar la cuenca productora de agua de la Reserva Nacional Nonguén, su diversidad biológica y la integridad ecosistémica del Bosque Caducifolio de Concepción (CONAMA 2004). El presente trabajo tiene por objeto determinar la composición, estructura y regeneración en dos áreas localizadas en la Reserva Nacional Nonguén.

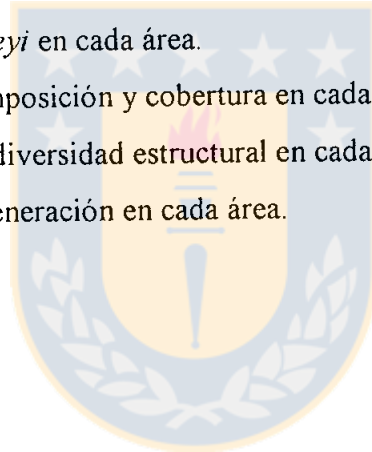


## II. OBJETIVO GENERAL

- Determinar y comparar la composición, estructura y regeneración entre dos áreas localizadas en la Reserva Nacional Nonguén.

### 2.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar variables dasométricas de las especies *Podocarpus saligna* y *Nothofagus dombeyi* en cada área.
- Determinar la composición y cobertura en cada área.
- Determinar la biodiversidad estructural en cada área.
- Cuantificar la regeneración en cada área.



### III. METODOLOGIA.

#### 3.1 Descripción del área de estudio

**Localización.** La Reserva Nacional Nonguén está situada en la zona superior de la cuenca del estero Nonguén, en los 73°00' de latitud sur y 36° 52' de longitud oeste. Su superficie aproximada es de 2.931 ha, de las cuales 600 ha pertenecen a la comuna de Concepción y las restantes 2.331 ha se encuentran dentro de la comuna de Chiguayante (EULA 2002).

**Clima.** Presenta un Clima Templado Cálido con Lluvias Invernales, con la existencia de una estación seca y otra lluviosa. Las temperaturas disminuyen según la latitud, observándose sectores con anomalías térmicas producto de la influencia que ejerce el relieve de la Cordillera de la Costa, con una temperatura media anual de 14 °C, con precipitaciones que varían sobre los 735 mm en promedio anual (EULA 2002).

**Suelo.** Los suelos son de origen metamórfico intrusivo, con aporte de nutrientes orgánicos producto del desarrollo de bosque nativo. Posee una alta susceptibilidad a la erosión, debido a su alto contenido de arcillas favoreciendo la escorrentía superficial y los procesos de erosión lineal. Son suelos vulnerables a procesos de deslizamientos de rocas y remociones en masa por deforestación, intensa ocupación del terreno o por un defectuoso trazado de caminos en sectores que presentan una topografía compleja (EULA 2002).

**Vegetación.** La vegetación nativa corresponde al tipo forestal Bosque Caducifolio de Concepción, con la presencia de especies de tipo Esclerófilo y Valdiviano (Gajardo 1994). Está caracterizado por la dominancia de especies del género *Nothofagus*, tales como: *Nothofagus obliqua* Mirb. Oerst. (roble), *Nothofagus dombeyi* Mirb. Oerst. (coihue), con la presencia de especies de tipo Esclerófilo, como *Cryptocaria alba* Mol. Looser (peumo), *Lithrea caustica* Mol. Hook. et Arn. (litre) y *Peumus boldus* Mol. (boldo); y de tipo Valdiviano, como *Aextoxicon punctatum* Ruiz et Pav. (olivillo), *Amomyrtus luma* Mol. D.Legrand et Kausel (luma), *Gevuina avellana* Mol. (avellano),

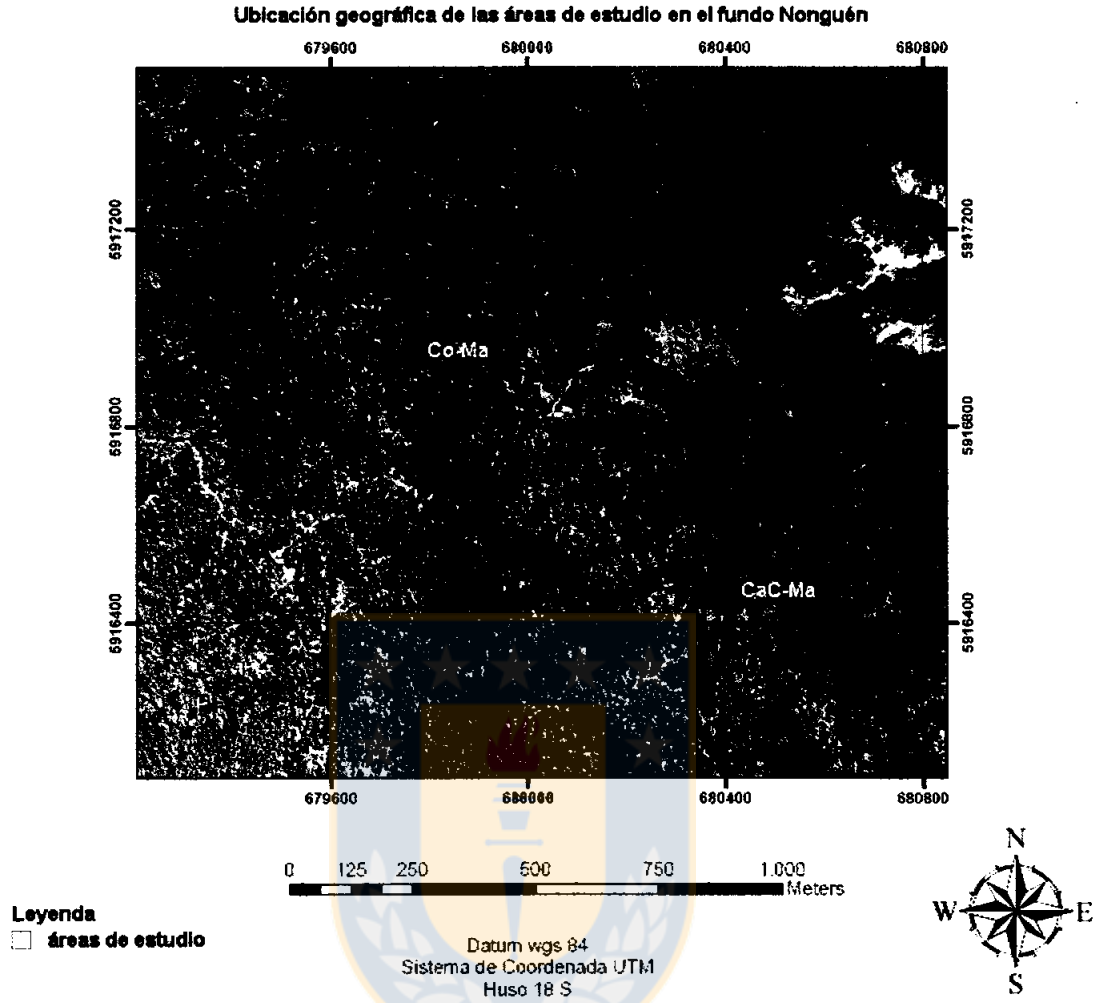


*Persea lingue* (Ruiz et Pav.) Nees ex Kopp (lingue), *Laurelia sempervirens* Ruiz et Pav. Tul. (laurel) y *Podocarpus saligna* D. Don. (mañío de hojas largas) (CONAMA 2004). La vegetación estudiada se localiza en dos áreas, cada una posee una superficie de 7 ha aproximadamente, estimada con la ayuda del Software ArcGis 9.2. Ambas se definieron según su composición florística como Coihue-Mañío (Co-Ma) y Caducifolio Concepción-Mañío (CaC-Ma), localizadas en la parte media y alta de la cuenca, con exposición SW para ambas áreas, y pendientes promedio de 22° y 33° respectivamente.

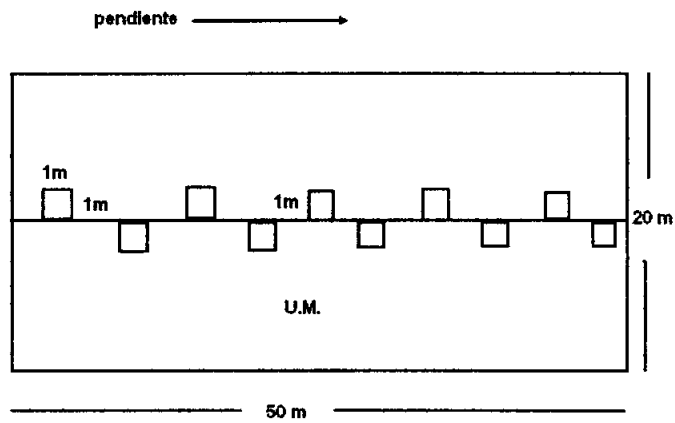
**Incendios.** No hubo evidencia de incendios recientes en las áreas de estudio.

### 3.2 Muestreo realizado

Se establecieron tres parcelas rectangulares de 1000 m<sup>2</sup> (20 x 50 m) en cada área, ubicadas en la parte alta, media y baja en la pendiente (Figura 1). En cada parcela se identificaron los árboles y se midió el Dap (cm) con huincha diamétrica y altura total (m) con hipsómetro marca SUUNTO, a todos los árboles mayores a 5 cm de Dap. La regeneración se determinó en 170 parcelas cuadradas de 1 m<sup>2</sup> establecidas siguiendo la línea central de la unidad muestral (Figura 2), registrándose todos los individuos provenientes de semilla y tocón. Se consideró regeneración inicial (RI) y regeneración establecida (RE) a los individuos menores y mayores a 1 m de altura, respectivamente. En Co-Ma se obtuvieron tres tarugos de incremento de la especie *P. saligna* con un barreno marca SUUNTO, cubriendo las clases 20, 15 y 10 cm de la distribución (Figura 3) (datos de terreno en Anexo 3 Tablas 18 al 29).



**FIGURA 1.** Vista general de los rodales estudiados distribución de parcelas.



**FIGURA 2.** Distribución de las parcelas de regeneración en la unidad muestral.

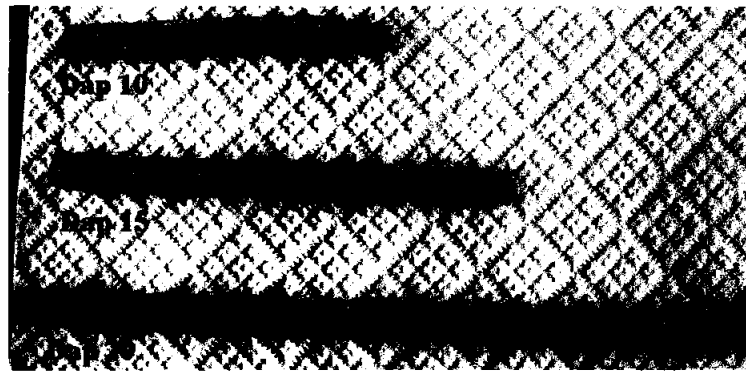


FIGURA 3. Tarugos de incremento para la especie *P. saligna*.

### 3.3 Determinaciones y procesamiento de la información

Se realizaron determinaciones de composición, cobertura, diversidad estructural forestal y regeneración, de acuerdo a:

**Composición.** La composición se determinó según la cantidad de individuos de cada especie registrados en cada rodal.

**Cobertura (m<sup>2</sup>).** La cobertura se determinó calculando la ocupación del sitio según densidad y área basal relativa, correlacionando área basal, rangos de altura por especie en cada rodal. El valor de importancia se obtuvo desde la tabla de rodal sumando las frecuencias y las coberturas relativas de cada especie en ambos rodales. Al sumar estas variables para cada especie se obtiene el valor, cuya máxima expresión sólo puede alcanzar a 200 (Ramírez et al. 1997).

**Diversidad estructural forestal.** Se calculó la diversidad, diferenciación vertical, uniformidad y diferenciación de especies, aplicando los índices de Shannon  $H'$  (1), de Shannon aplicado a estratos  $H'_{(v)}$  (2), uniformidad (Ev) (3) y el complementario del índice de Simpson (1-D) (4) (Del Río *et al.* 2003), en función del número de individuos (N), área basal (AB), estratos (V) y la proporción de especies en el rodal y en cada estrato (Anexo 1 Tablas 1, 2 y 3). Las diferencias entre los índices para ambas áreas de estudio, fueron analizadas con prueba de homogeneidad de varianzas, un test ANOVA de un factor, y pruebas de igualdad de las medias, en ningún caso se presentaron

diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) (Anexo 1 Tablas 8, 10, 11, 12, 14, 15 y 16). Previo al procesamiento se realizó validación de los datos, análisis de consistencia, análisis de normalidad y pruebas no paramétricas (Apéndice A, B, C y D). Todos los análisis se realizaron con la ayuda del software SPSS 15.0 para Windows. Los indicadores utilizados se presentan a continuación.

$$H' = -\sum p_i * \ln(p_i) + \frac{s-1}{2N} - \frac{1 - \sum p_i^{-1}}{12N^2} - \frac{\sum (p_i^{-1} - p_i^{-2})}{12N^3} \quad (1)$$

$$H'_{(v)} = -\sum \left( \frac{h * p_i}{n * h_i} \right) * \log_2 \left( \frac{h * p_i}{n * h_i} \right) \quad (2)$$

$$Ev = \frac{H'}{\ln(n)} \quad (3)$$

$$1 - D = 1 - \sum p_i^2 \quad (4)$$



donde,

$h$ : altura de la masa

$h_i$ : altura del estrato  $i$

$n$ : número de estratos

$N$ : número total de individuos de la muestra

$p_i$ : proporción por estrato

$s, (n)$ : número de especies

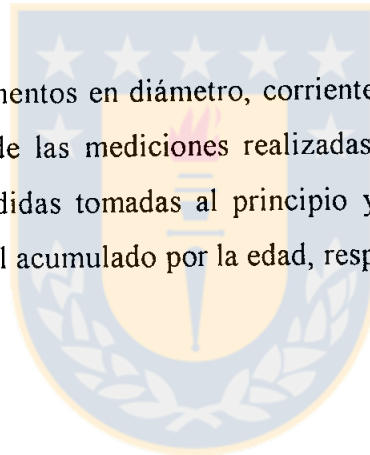
Los índices de diversidad estructural, ( $H'$ ) y ( $H'_{(v)}$ ) representan la abundancia relativa y la abundancia relativa por estratos, aumenta con el número de especies presentes en el rodal y toma mayores valores cuando las proporciones de las distintas especies son

similares. El segundo índice ( $E_v$ ) permite conocer el reparto de las especies en proporciones sin que influya el número de especies, y el último índice ( $1-D$ ) mide la diversidad ofreciendo información intermedia entre los dos primeros índices, varía entre 0, valor que toma cuando todos los individuos pertenecen al mismo grupo, y 1, si los individuos se reparten homogéneamente en los distintos grupos (Del Río et al. 2003).

**Regeneración (n).** En relación a la regeneración se calculó la diversidad, uniformidad y diferenciación de especies, aplicando los mismos índices (Anexo 1 Tabla 4) y test (Anexo 1 Tablas 9, 13, 17) para el estrato arbóreo.

**Edad (años).** Las edades para la especie *P. saligna* se obtuvieron mediante el conteo de los radios de crecimiento en cada muestra.

**Incrementos.** Los incrementos en diámetro, corriente y medio anual (ica, ima), fueron obtenidos directamente de las mediciones realizadas en cada muestra, calculando las diferencias entre las medidas tomadas al principio y al fin de un año en especial, y dividiendo el tamaño total acumulado por la edad, respectivamente (Aguayo 1998).



## IV. RESULTADOS

### 4.1 Participación en densidad, área basal y volumen de las especies de interés

El área Co-Ma tiene densidad de 615 arb/ha, área basal de 22,56 m<sup>2</sup>/ha y un volumen total de 220,69 m<sup>3</sup>/ha (Tabla 1). Las especies *P. saligna* y *N. dombeyi* representan el 28,5 y 27 % de la densidad, el 10 y 60,3% del área basal (Tabla 1), y el 67,9 y 8,3 % del volumen total (Figuras 3 y 5 izq.), respectivamente. *N. Dombeyi* se distribuye en todo el perfil diamétrico, en cambio, *P. saligna* se concentra en la mitad inferior de las clases diamétricas.

El área CaC-Ma tiene densidad de 375 arb/ha, área basal de 22,27 m<sup>2</sup>/ha y un volumen total de 274,41 m<sup>3</sup>/ha. Las especies *P. saligna* y *N. dombeyi* representan el 6,5 y 2,2% de la densidad, el 2,6 y 14,1% del área basal (Tabla 2), y el 1,8 y 17,9 % del volumen total (Figuras 4 y 5 der.), respectivamente. *N. Dombeyi* se distribuye solo en el perfil diamétrico superior, y *P. saligna* esta representado en dos clases diamétricas.

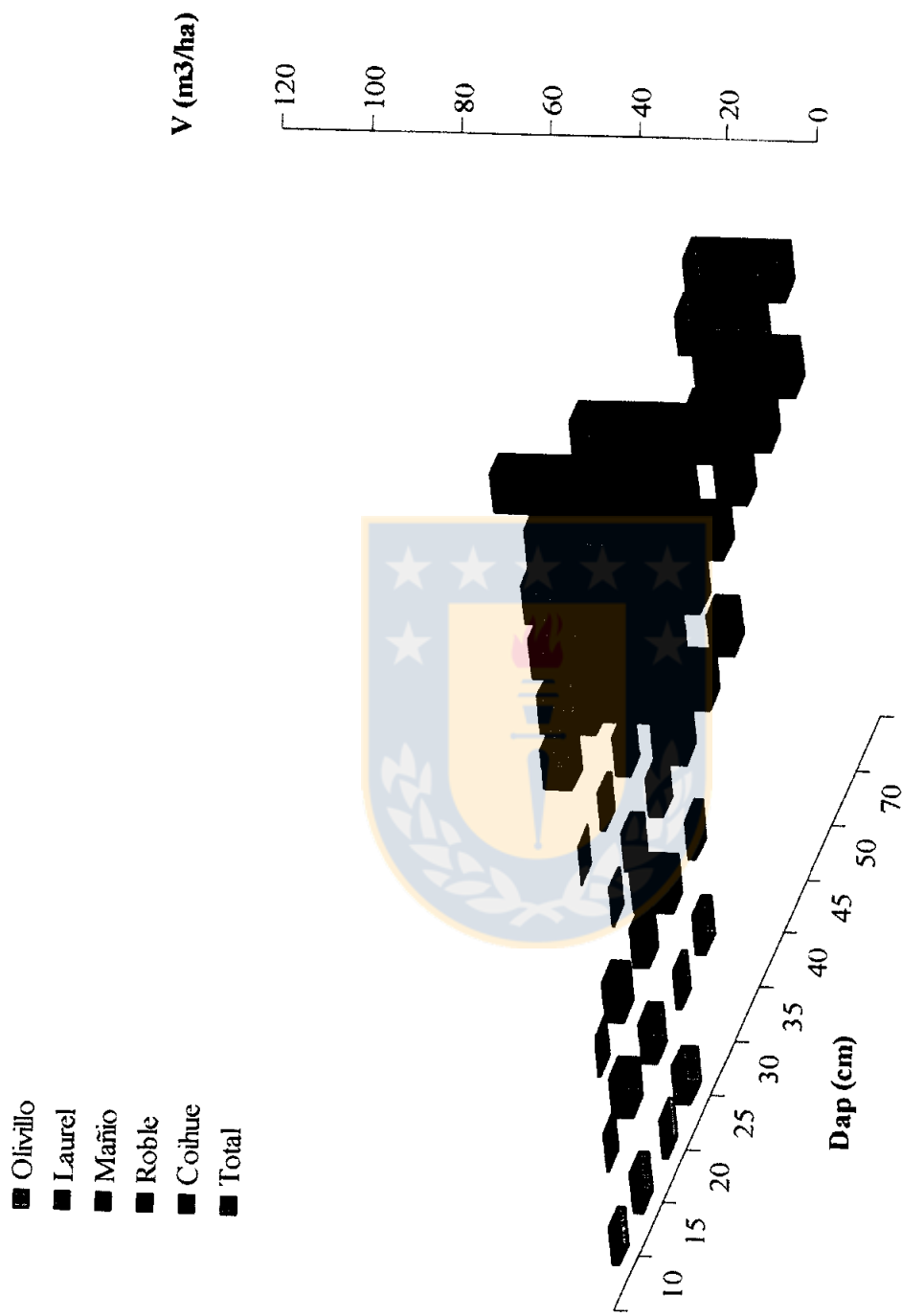
El número de árboles correspondientes a las clases diamétricas menores (hasta 15 y 20 cm) necesarios para igualar el AB (4 m<sup>2</sup>/ha aprox.) entre ambos sitios es 347 y 226 arb/ha, respectivamente.

**TABLA 1.** Tabla de rodal para Co-Ma (N (arb/ha), H (m), AB (m<sup>2</sup>/ha)).

Especie	Arrayán		Coihue		Laurel		Lingue		Maño		Naranjillo		Olivillo		Roble		Tepa		Total					
	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	AB			
Dap	3	8	5	0,03	21	9	0,17														68	0,13		
5								40	6	0,08	4	4	0,01	25	7	0,05								
10	3	8	5	0,03	21	9	0,17	79	10	0,62	11	10	0,09	36	9	0,28			4	10	0,03	157	1,23	
15	4	14	11	0,19	53	12	0,94	3	14	0,06	24	12	0,43	18	12	0,32	4	12	0,1	4	14	0,06	121	2,14
20			14	16	0,44	18	15	0,56			32	14	1,00	4	15	0,12	14	15	0,4				81	2,56
25			42	20	2,04	3	18	0,17			3	15	0,17	7	18	0,35	7	18	0,4				63	3,09
30			32	23	2,24	3	21	0,24									11	22	0,8				46	3,25
35			32	25	3,05												11	25	1,0				43	4,09
40			18	28	2,25												3	28	0,4				21	2,69
45			3	30	0,55																		3	0,55
50			7	31	1,40																		7	1,40
70			4	37	1,42																		4	1,42
Total	7	0,09	166	13,62	99	2,08	3	0,06	178	2,29	15	0,09	90	1,12	50	3,1	7	0,09	615	22,56				

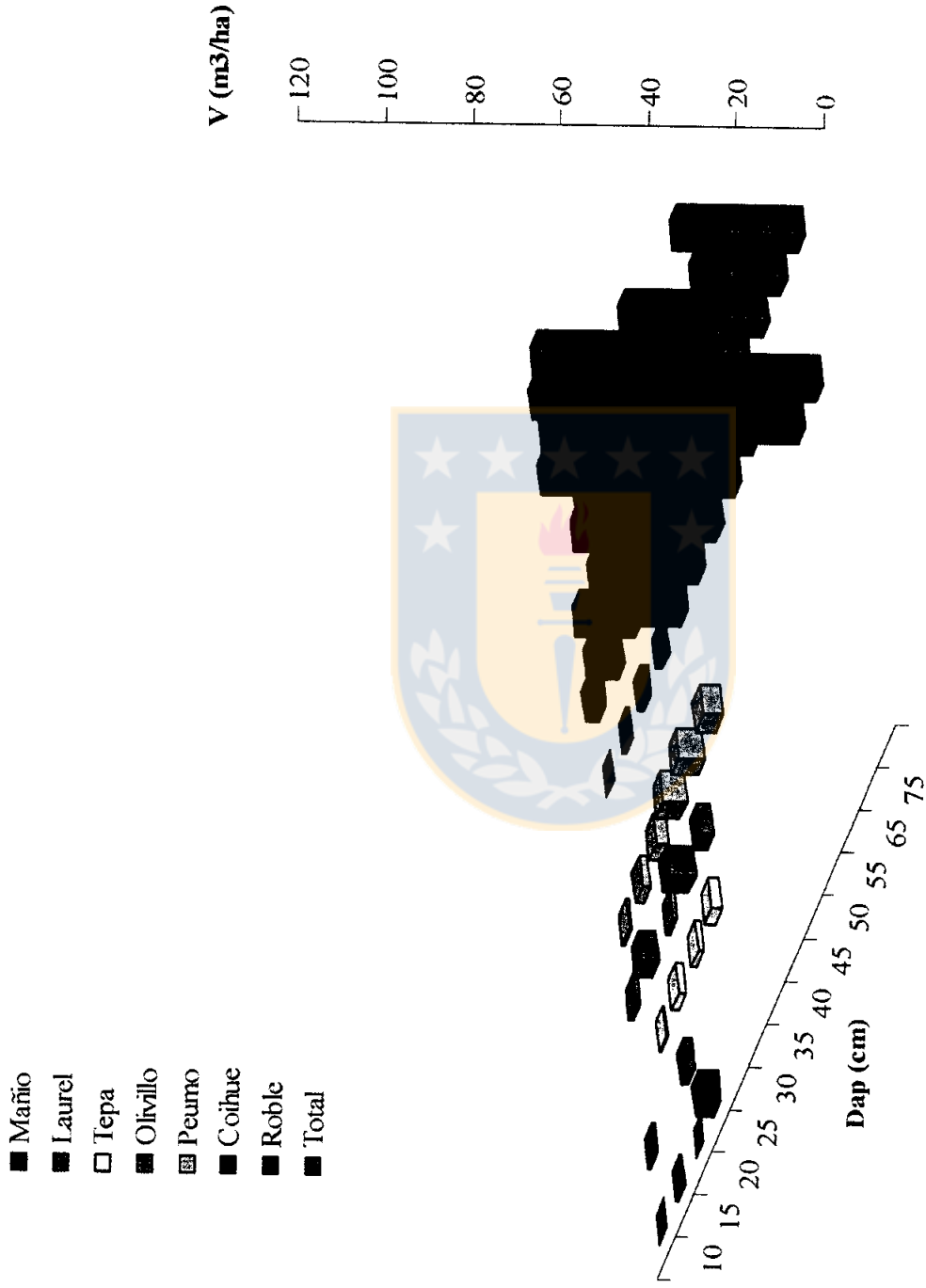
**TABLA 2.** Tabla de rodal para CaC-Ma (N (arb/ha), H (m), AB (m<sup>2</sup>/ha)).

Especie	Arrayán		Avellano		Coihue		Laurel		Maño		Olivillo		Peumo		Roble		Tepa		Total						
	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	N	H	AB				
Dap	16	8	4	13	0,07																	8	0,02		
5						4	6	0,01			4	7	0,01												
10	16	8	4	13	0,07	24	9	0,19	8	10	0,06	24	9	0,19	16	10	0,1	8	9	0,06			97	0,76	
15						8	15	0,26	16	14	0,51	4	15	0,13	12	18	0,4	8	15	0,24	4	14	0,07	64	1,14
20						8	15	0,26	16	14	0,51	4	15	0,13	12	18	0,4	8	15	0,24	8	17	0,25	56	1,77
25											12	18	0,60	12	22	0,6	4	18	0,20	4	18	0,19	32	1,59	
30											4	21	0,27	8	26	0,6	16	22	1,10	4	20	0,29	32	2,24	
35												4	30	0,4	20	25	1,94						24	2,33	
40															8	28	1,00						8	1,00	
45															20	31	3,20						20	3,20	
50															16	35	3,15						16	3,15	
55															8	38	1,93						8	1,93	
65																							4	1,35	
75																							4	1,80	
Total	16	0,13	4	0,07	8	3,15	37	0,46	24	0,58	81	1,77	69	2,37	116	12,97	20	0,79	375	22,27					



**FIGURA 4.** Volumen (m<sup>3</sup>/ha) por clase diamétrica según especie en el área Co-Ma.





**FIGURA 5.** Volumen ( $m^3/ha$ ) por clase diamétrica según especie en el área CaC-Ma.

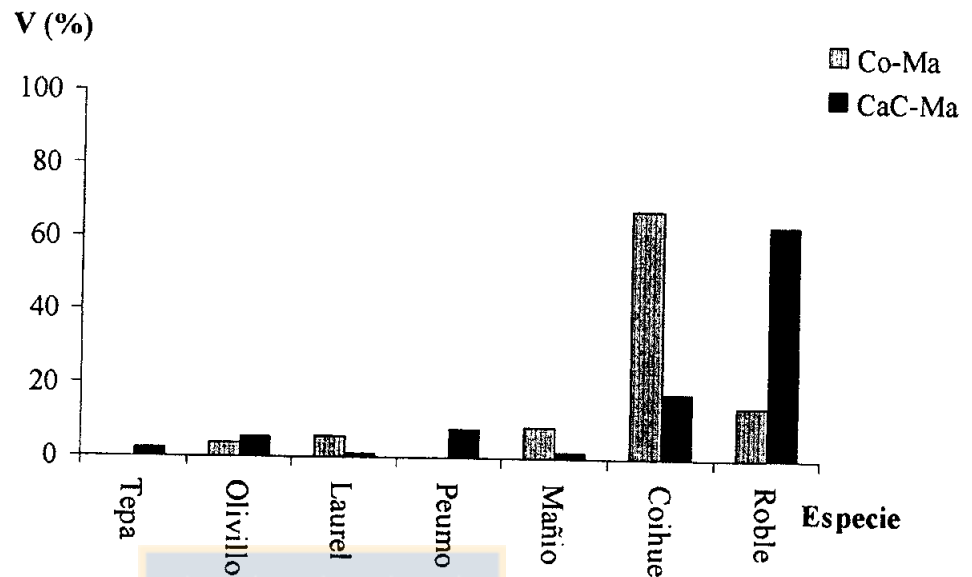


FIGURA 6. Volumen (%) por especie según área, Co-Ma (izq.), CaC-Ma (der.).

TABLA 3. Estadísticos de la variable área basal según especie y área.

Estadísticos (m <sup>2</sup> /ha)	Co-Ma	CaC-Ma
AB	5,12	5,05
S <sup>2</sup> <sub>(AB)</sub>	2,15	0,3
S <sub>(AB)</sub>	1,47	0,55
Error (20%)	1,02	1,01

#### 4.2 Composición y cobertura

En el área Co-Ma (Tabla 4) el valor de importancia más alto corresponde a *N. dombeyi* seguido de *P. saligna*, luego, en un valor intermedio figuran en orden decreciente las especies *L. sempervirens*, *N. obliqua* y *A. punctatum*. Posteriormente las especies con menores valores son *Citronella mucronata* (Ruiz & Pav.) D. Don (naranjillo), *Laureliopsis philippiana* (tepa), *Luma apiculata* (DC.) Burret (arrayán) y *P. lingue*, respectivamente.

En el área CaC-Ma (Tabla 4) los valores más altos corresponde en orden decreciente a *N. obliqua*, *A. punctatum*, *C. alba*. *N. dombeyi* ocupa un cuarto lugar de prioridad, seguido por *L. sempervirens* y *P. saligna*. Las especies con menores valores son *L. philippiana*, *L. apiculata* y *G. avellana*.

**TABLA 4.** Ocupación del sitio según especie por área.

Co-Ma				CaC-Ma			
Especie	Valor de Importancia	N (%)	AB (%)	Especie	Valor de Importancia	N (%)	AB (%)
Coihue	87,3	26,9	60,4	Roble	89	30,8	58,2
Mañío	39,1	28,9	10,2	Olivillo	29,5	21,6	7,9
Laurel	25,3	16,1	9,2	Peumo	29,1	18,5	10,6
Roble	22	8,2	13,8	Coihue	16,3	2,2	14,1
Olivillo	19,5	14,6	4,9	Laurel	11,8	9,8	2,0
Naranjillo	2,8	2,4	0,4	Mañío	9,1	6,5	2,6
Arrayán	1,6	1,2	0,4	Tepa	8,8	5,3	3,6
Tepa	1,6	1,2	0,4	Arrayán	4,9	4,3	0,6
Lingue	0,8	0,6	0,3	Avellano	1,4	1,1	0,3
Total	200	100,0	100,0	Total	200	100,0	100,0

En el área Co-Ma (Tabla 5) (Figura 6 inf.), el 54 % de AB total está concentrada en el estrato arbóreo intermedio. El estrato dominante cubre el 40% y el 6 % restante lo ocupa el estrato inferior

La ocupación del sitio según AB (%) en el área Co-Ma (Tabla 5) esta dominada por la especie *N. dombeyi* representada por el 60,4 % del total, además esta presente en todos los rangos de alturas, concentrada en el estrato dominante y codominante (Figura 7 izq.). *N. obliqua* está representado por el 13,8 % del área basal total, presente entre los rangos intermedios y codominante.

*P. saligna* ocupa el 10,2 % del área basal total (Tabla 5) seguido de las especies valdivianas *L. sempervirens*, *A. punctatum*, estableciendo un estrato intermedio de especies tolerantes (Figura 7 izq.). Luego, se encuentra un estrato arbóreo inferior compuesto por las especies *L. philippiana*, *C. mucronata*, *L. apiculata* y *P. lingue*.

En el área CaC-Ma (Tabla 6) (Figura 6 sup.), el 57,6 % está cubierto por el estrato dominante, el 39,8 % esa cubierto por el estrato intermedio, mientras que el 2,6 % restante lo ocupa el estrato inferior.

La ocupación del sitio según AB (%) en el área CaC-Ma (Tabla 6), está dominada por la especie *N. obliqua* representada por el 58,2 % del total, cubriendo toda la distribución de alturas, concentrada en el estrato dominante y codominante (Figura 7 der.). En cambio, *N. dombeyi* solo está presente en la clase diamétrica superior en el estrato dominante, cubriendo una superficie de 14,1 % respecto al área basal total.

El estrato intermedio (Tabla 6) es dominado por la especie *C. alba* que cubre el 10,6 % del área basal total, con individuos que superan los 20 m de altura, los que podrían considerarse pertenecientes al estrato codominante (Figura 7 der.). Luego se encuentran las especies *A. punctatum*, *L. philippiana*, *P. saligna*, está ultima, ocupando 2,58 % del área basal total y *L. sempervirens*. En el estrato inferior están las especies *L. apiculata* y *G. avellana*.

**TABLA 5.** Área basal (m<sup>2</sup>/ha) por rangos de altura (m) según especie en Co-Ma.

Especie	Rango de altura (m)							AB (m <sup>2</sup> /ha)	
	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	Total	%
Coihue	0,03	0,19	2,48	2,24	5,86	1,40	1,42	13,62	60,4
Roble		0,06	0,81	1,80	0,43			3,11	13,8
Mañío	0,70	1,60						2,29	10,2
Laurel	0,17	0,94	0,73	0,24				2,08	9,2
Olivillo	0,33	0,32	0,47					1,12	4,9
Naranjillo	0,01	0,09						0,09	0,4
Arrayán	0,03	0,06						0,09	0,4
Tepa		0,09						0,09	0,4
Lingue		0,06						0,06	0,3
<b>Total</b>	1,25	3,42	4,48	4,29	6,29	1,40	1,42	22,56	
<b>%</b>	5,55	15,18	19,88	19,02	27,89	6,21	6,27		100

**TABLA 6.** Área basal (m<sup>2</sup>/ha) por rangos de altura (m) según especie en CaC-Ma.

Especie	Rango de altura (m)							AB (m <sup>2</sup> /ha)	
	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	Total	%
Roble	0,06	0,14	0,44	3,04	4,20	3,15	1,93	13	58,2
Coihue							3,15	3,15	14,1
Peumo		0,42	0,38	1,17	0,39			2,37	10,6
Olivillo	0,20	0,57	0,73	0,27				1,77	7,9
Tepa		0,07	0,44	0,29				0,79	3,6
Mañío		0,58						0,58	2,6
Laurel	0,20		0,26					0,46	2,0
Arrayán	0,13							0,13	0,6
Avellano		0,07						0,07	0,3
<b>Total</b>	0,59	1,84	2,25	4,77	4,59	3,15	5,08	22,3	
<b>%</b>	2,64	8,27	10,08	21,44	20,60	14,16	22,82		100

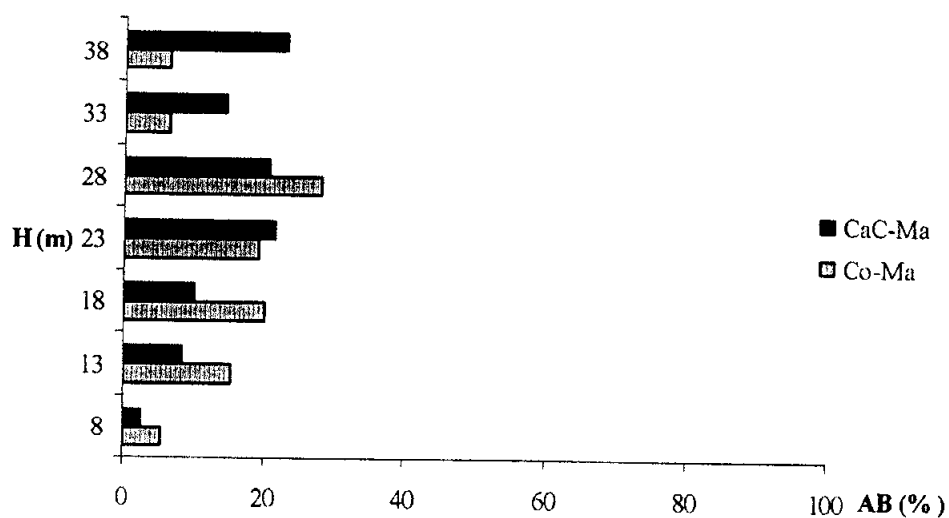


FIGURA 7. Área basal relativa según rango de alturas para Co-Ma (inf.) y CaC-Ma (sup.)

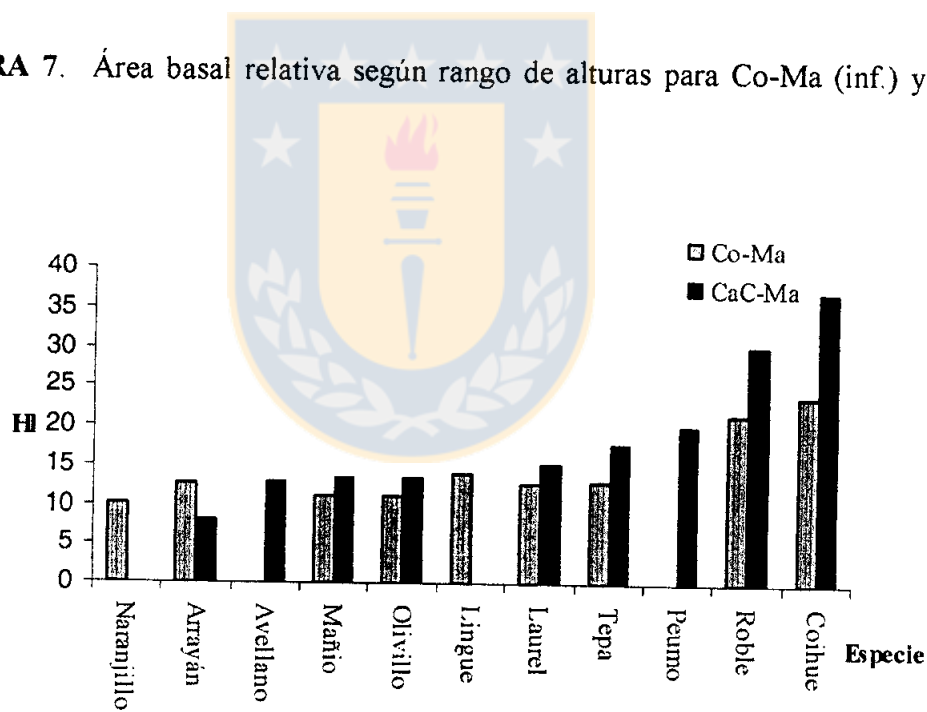


FIGURA 8. Altura promedio por especie para Co-Ma (iqz.) y CaC-Ma (der.).

### 4.3 Índices de biodiversidad estructural

El número total de especies arbóreas encontrado en ambas áreas fue de 9 (Anexo Tablas 22, 23, 24, 25, 26 y 27), con un mínimo de 6 en la parcela 1 y máximo de 7 en las parcela 2 y 3 para Co-Ma. En cambio, para CaC-Ma el número de especies encontradas fue 7, 6 y 3 en la parcela 1, 2 y 3 respectivamente.

El área Co-Ma presenta una mayor diversidad de especies ( $H'$ ) (Tabla 7), según densidad (N) y cobertura (AB), con valores de 1,58 y 1,28 respectivamente. En cambio, el área CaC-Ma tiene una mayor diversidad de especies según estratos (V) con 1.13. En ambas áreas, según N y AB, los individuos se reparten homogéneamente entre los distintas grupos (especies), con ( $Ev$ ) 0,83 y 0,68, respectivamente (Tabla 7). Sin embargo según V, una mayor cantidad de individuos pertenecen a un mismo grupo en Co-Ma respecto a CaC-Ma, con 0,35 y 0,51, respectivamente.

La mayor diversidad ( $1-D$ ) (Tabla 7), según N y AB la posee Co-Ma, con 0,75 y 0,61, respectivamente. En cambio según V, la mayor diversidad se encuentra en CaC-Ma, con 0,53.

La diversidad de especies ( $H'$ ) entre las parcelas varía (Tabla 7). En Co-Ma, la unidad más diversa es la parcela 3 según N y V, para AB es la parcela 1, con 1,70, 1,20 y 1,46, respectivamente. La unidad menos diversa es la parcela 1 según N y V, para AB es la parcela 2, con 1,49, 0,69 y 1,18, respectivamente. En CaC-Ma, la unida más diversa es la parcela 1 según N y AB, para V es la parcela 2, con 1,84, 1,34 y 1,25. La unidad menos diversa es la parcela 3 según N, AB y V, con 0,84, 0,6 y 1,02, respectivamente.

La repartición de los individuos ( $Ev$ ) entre los distintos grupos en las parcelas varía (Tabla 7). En Co-Ma, la unidad donde más homogéneamente se reparten los individuos según N y AB, es en la parcela 3 y 1, con 0,87 y 0,81, respectivamente. Sin embargo, según V una mayor cantidad de individuos pertenecen a un mismo grupo, sobre todo en la parcela 1, con 0,27. En CaC-Ma, la unidad donde mas homogéneamente se reparten los individuos, según N, AB y V, es la parcela 1, 2 y 3, con 0,94, 0,72 y 0,64,

respectivamente. Luego, donde una mayor cantidad de individuos pertenecen a un mismo grupo, según V es la parcela 1, con 0,4.

La diversidad ( $1-D$ ) entre las parcelas varía (Tabla 7). En Co-Ma la mayor diversidad según AB y V, la presentan la parcela 1 y 3, con 0,7 y 0,57, según N la diversidad es homogénea en la tres parcela, con 0,75 en promedio. La menor diversidad según AB y V la presenta la parcela 1 y 2, con 0,26 y 0,56, respectivamente. En CaC-Ma, la mayor diversidad según N, AB y V se encuentra en la parcela, 1, 2, con 0,82, 0,67 y 0,7. En cambio, la parcela 3 posee la menor diversidad según N, AB y V, con 0,48, 0,3 y 0,4, respectivamente.

**TABLA 7.** Variación de los índices de Shannon ( $H'$ ), uniformidad ( $Ev$ ) y complementario de Simpson ( $1-D$ ) en función del número de individuos, área basal, de estratos y la proporción de las especies en el área y cada estrato, respectivamente.

Área	Parcela	Índices N			Índices AB			Índices V		
		$H'$	$Ev$	$1-D$	$H'$	$Ev$	$1-D$	$H'_{(v)}$	$Ev$	$1-D$
Co-Ma	1	1,49	0,83	0,72	1,46	0,81	0,70	0,69	0,27	0,26
	2	1,55	0,80	0,75	1,18	0,61	0,56	0,97	0,35	0,49
	3	1,70	0,87	0,78	1,21	0,62	0,57	1,20	0,43	0,57
	Media	1,58	0,83	0,75	1,28	0,68	0,61	0,96	0,35	0,44
	Desv. típ.	0,11	0,04	0,03	0,15	0,12	0,08	0,25	0,08	0,16
	Error típ.	0,06	0,02	0,02	0,09	0,07	0,04	0,15	0,05	0,09
	CaC-Ma	1	1,84	0,94	0,82	1,34	0,69	0,59	1,11	0,40
2		1,49	0,83	0,73	1,30	0,72	0,67	1,25	0,48	0,7
3		0,84	0,77	0,48	0,60	0,54	0,30	1,02	0,64	0,4
Media		1,39	0,85	0,67	1,08	0,65	0,52	1,13	0,51	0,53
Desv. típ.		0,50	0,09	0,18	0,42	0,10	0,19	0,12	0,12	0,12
Error típ.		0,29	0,05	0,10	0,24	0,06	0,11	0,07	0,07	0,07



#### 4.4 Regeneración

*N. dombeyi* en Co-Ma (Tabla 8), es la especie que posee más plantas de regeneración inicial por superficie, representando el 32.4 % del total de regeneración de origen por semilla, no tiene regeneración establecida. En segundo lugar, se encuentra *P. saligna* representando aproximadamente el 28,1 % y 68,3 %, de regeneración inicial (RI) y establecida (RE) de origen por semillas, respectivamente. Luego, se encuentran las especies *Myrceugenia planipes* (Hook. et Arn.) O.Berg (pitrapitra), con el 11.7 % de RE y *A. punctatum*, representando, el 11,4 y 12,8 %, de RI y RE, respectivamente. Las especies *G. avellana*, *A. luma*, *C. mucronata*, *L. apiculata* y *L. philippiana* representan, 5,2, 4, 2,5 y 0,7 % de RI, aproximadamente. Sin embargo, *A. luma* y *L. philippiana* representa el 9,1 % y 9,8 % de la RE de origen por semilla.

En CaC-Ma (Tabla 9), la especie que posee una mayor RI y RE de origen por semilla, es *A. punctatum* representando el 39,4 y 56,1 % del total aproximadamente. Luego, se encuentra *P. saligna*, con 17,2 y 9,7 %, *C. mucronata*, 14,5 y 3,1 %, *A. luma*, 9,7 y 3,1 %, *N. obliqua*, 6,9 %, *L. philippiana*, 5,7 y 8,6 % *G. avellana*, 4 y 12,9 %, finalmente, *C. alba* con 2,6 y 6,5 % de RI y RE, respectivamente.

**TABLA 8.** Regeneración de origen por semilla (plantas/ha) según especie en las áreas Co-Ma.

Área	Co-Ma	
	RI	RE
Coihue	13372	
Mañio	11592	3066
PitraPitra	4838	
Olivillo	4688	575
Avellano	2141	
Luma	1635	409
Naranjillo	1635	
Arrayán	1020	
Tepa	294	441
<b>Total</b>	<b>41214</b>	<b>4492</b>

**TABLA 9.** Regeneración de origen por semilla (plantas/ha) según especie en el área CaC-Ma.

Área	CaC-Ma	
	RI	RE
Olivillo	6054	2943
Mañio	2637	509
Naranjillo	2227	163
Luma	1492	163
Roble	1068	
Tepa	879	453
Avellano	622	679
Peumo	396	339
<b>Total</b>	<b>15376</b>	<b>5249</b>

**TABLA 10.** Estadísticos estratificados (plantas/ha) por especie para la regeneración de origen por semilla en las áreas Co-Ma (der.) y CaC-Ma (iqz.).

Área	Co-Ma		CaC-Ma	
	RI	RE	RI	RE
N	8296,73	1485,20	3354,80	1264,67
$S^2_{(N)}$	5106453,92	517666,41	287307,78	988623,16
$S_{(N)}$	2259,75	719,49	536,01	994,30
Error (20%)	1659,35	297,04	670,96	252,93

La regeneración de origen vegetativa (plantas/ha) (Tabla 11), solo se registro en CaC-Ma, representada por las especies *A. punctatum* con 76,9 y 23,1 % y *L. philippiana*, 60,5 y 39,7%, para RI y RE, respectivamente

**TABLA 11.** Regeneración de origen vegetativa según especie en CaC-Ma.

Especie	RI	RE
Olivillo	1689	326
Tepa	509	214
Total	2197	539

**TABLA 12.** Estadísticos estratificados (plantas/ha) por especie para la regeneración de origen vegetativa en CaC-Ma.

Estadísticos st	RI	RE
N	744,09	157,22
$S^2_{(N)}$	348810,70	18010,34
$S_{(N)}$	590,60	134,20
Error (20%)	148,82	31,44

### Índices de biodiversidad estructural

El número total de especies de regeneración de origen por semilla encontrado en las áreas Co-Ma y CaC-Ma (Anexo Tablas 28 y 29), fue 9 y 8, respectivamente, con un mínimo de 5 en la parcela 1, máximo de 6 en las parcela 2 y 3 para Co-Ma. En cambio, para CaC-Ma el número de especies encontradas fue 6 en la parcela 2 y 7 en las parcelas 1 y 3, respectivamente.

El área que presenta una mayor diversidad ( $H'$ ) de especies de regeneración por semilla es CaC-Ma (Tabla 13), con un valor de 1,54. En cambio, para Co-Ma existe una menor diversidad de especies, con 1,17.

En ambas áreas, los individuos se reparten homogéneamente entre los distintos grupos (especies) ( $E_v$ ) (Tabla 13). En Co-Ma, se obtuvo un valor de 0,69. En cambio, CaC-Ma presenta un valor de 0,84.

La diversidad ( $1-D$ ) (Tabla 13), según especies de regeneración por semilla, es similar en ambas áreas, con 0,62 y 0,59, para Co-Ma y CaC-Ma, respectivamente.

La diversidad de especies ( $H'$ ) entre las parcelas varía (Tabla 13). En CaC-Ma, la unidad más diversa es la parcela 3, con 1,79. La unidad menos diversa es la parcela 2, con 1,36. En Co-Ma la unida más y menos diversa son las parcela 1 y 3, con 1,38 y 1,00, respectivamente.

La repartición de los individuos ( $E_v$ ) entre las parcelas varía (Tabla 13). En CaC-Ma, la unidad donde más homogéneamente se reparten los individuos entre los distintos grupos, es la parcela 3, con 0,92. En Co-Ma, los individuos también se reparten homogéneamente entre los distintos grupos con un valor máximo de 0,86, en la parcela 1, el valor más bajo se encuentran en la parcela 3, con 0,56.

La diversidad ( $1-D$ ) entre las parcelas varía (Tabla 13). En CaC-Ma, la mayor diversidad, la presentan la parcela 2, con 0,65. La menor diversidad corresponde a la

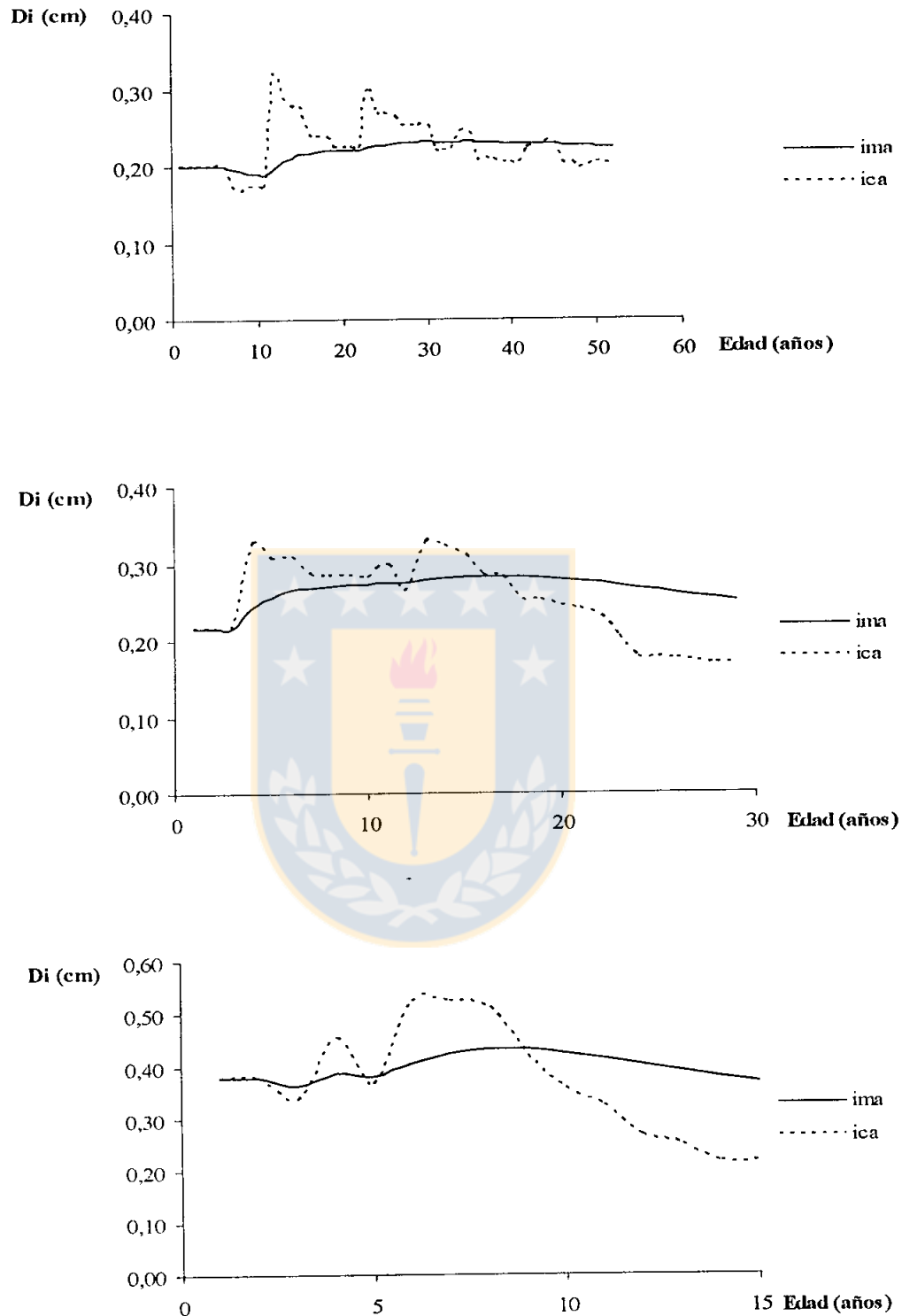
parcela 1, con 0,53. En Co-Ma, la mayor diversidad la presenta la parcelas 1, con 0,71 y la menor diversidad, se encuentra en la parcelas 2, con 0,54.

**TABLA 13.** Variación de los índices de Shannon ( $H'$ ), uniformidad ( $Ev$ ) y de Simpson ( $1-D$ ), para la regeneración total por semilla, en función del número de especies y la proporción de las especies en el área.

Área	Parcela	Índices		
		$H'$	$Ev$	$1-D$
Co-Ma	1	1,38	0,86	0,71
	2	1,13	0,63	0,54
	3	1,00	0,56	0,61
	Media	1,17	0,69	0,62
	Desv. típ.	0,22	0,18	0,09
	Error típ.	0,13	0,10	0,05
	CaC-Ma	1	1,53	0,85
2		1,36	0,76	0,65
3		1,79	0,92	0,59
Media		1,54	0,84	0,59
Desv. típ.		0,10	0,08	0,06
Error típ.		0,06	0,05	0,03

#### 4.5 Edad e Incrementos

Las edades observadas para las tres muestras (Figura 9) corresponden a 52, 29 y 15 años, respectivamente. Los incrementos diamétricos, corrientes y medios anuales máximos para cada muestra observados son, 0.320, 0.328, 0.524, y 0.232, 0.284, 0.435 cm, a los 12, 4 y 14, 6 y 7; y 30, 15, 8 años, respectivamente. Los incrementos mínimos son, 0,168, 0,168, 0,216, y 0,188, 0,216, 0,364 cm, a los 8, 29, 15, y 11, 22, 4 años, respectivamente. Los incrementos corriente y medio anual, para los últimos 10 años, corresponden a 0,210, 0,195, 0,361 y 0,226, 0,225, 0,408 cm, respectivamente.



**FIGURA 9.** Incrementos corriente (segmentos) y medio anual (continua) para cada muestra de la especie *P. saligna*.

## V. DISCUSION

### 5.1 Participación, Composición y Cobertura

Las áreas de estudio corresponderían, a un bosque de segundo crecimiento en estado fustal (INFOR 2007), sucesional medio (Aravena et al. 2002), con edades sobre 50 años para la especie *P. saligna*, multiespecífico remanente de estructura multiétanea, con un gran rango de clases diamétricas, con grandes individuos dominantes y emergentes. En los estratos intermedios, en donde, de no mediar una alteración las especies tolerantes reemplazarían a las intolerantes (Martínez 1999). En ambas áreas, está representado un bosque característico multiestratificado (Figura 10), compuesto por grandes ejemplares de las especies *N. dombeyi* y *N. obliqua*, elementos típicos del bosque valdiviano para la Cordillera de la Costa, y del bosque maulino, respectivamente. Estos, sobresalen y dominan en el estrato superior con alturas sobre los 35 m (Donoso et al. 1985, San Martín y Ramírez 1987, Stoll et al. 2006). Entre los elementos de Chile central, están presentes *C. alba* como codominante, con alturas hasta 30 m en el área CaC-Ma, y *C. mucronata*, con altura de 10 m en el área Co-Ma (San Martín y Ramírez 1987, Stoll et al. 2006), inserto en un estrato de especies tolerantes y desarrollo limitado, con especies típicas del bosque valdiviano para la Cordillera de la Costa como *A. punctatum*, *P. saligna*, *L. sempervirens*, y *A. luma*, con alturas hasta 20 m (Donoso et al. 1985, San Martín y Ramírez 1987, Stoll et al. 2006). Los estratos dominante e intermedio, cubren alrededor de un 80% de la superficie del suelo (Burschel et al. 1976).

La distribución de frecuencia por clase diamétrica de las especies tolerantes se aproxima a una distribución j-invertida, lo cual indica, que el bosque se mantiene creciendo vigorosamente (Oliver & Larson 1990 citado por Aravena et al. 2002). En contraste, especies intolerantes, como *N. dombeyi* en el área CaC-Ma, su distribución diamétrica está restringida al rango superior, característico de un bosque en fase de desmoronamiento, con un importante proporción de individuos enfermos y muertos en pie, en las clases menores e intermedias de la distribución diamétrica. Estas dos diferentes estructuras diamétricas, son características de estados sucesionales avanzados,

reflejando el contraste de los patrones de crecimiento y mortalidad de las especies tolerantes e intolerantes (Aravena et al. 2002).

La especie *P. saligna*, en las áreas estudiadas en la Reserva Nacional Nonguén, se desarrolla tanto en la presencia de *N. dombeyi* como de *N. obliqua*, lo que indicaría, que la especie, en el área estudiada, no se desarrollaría en un nicho ecológico específico (Müller-Using 2009 com. pers.).

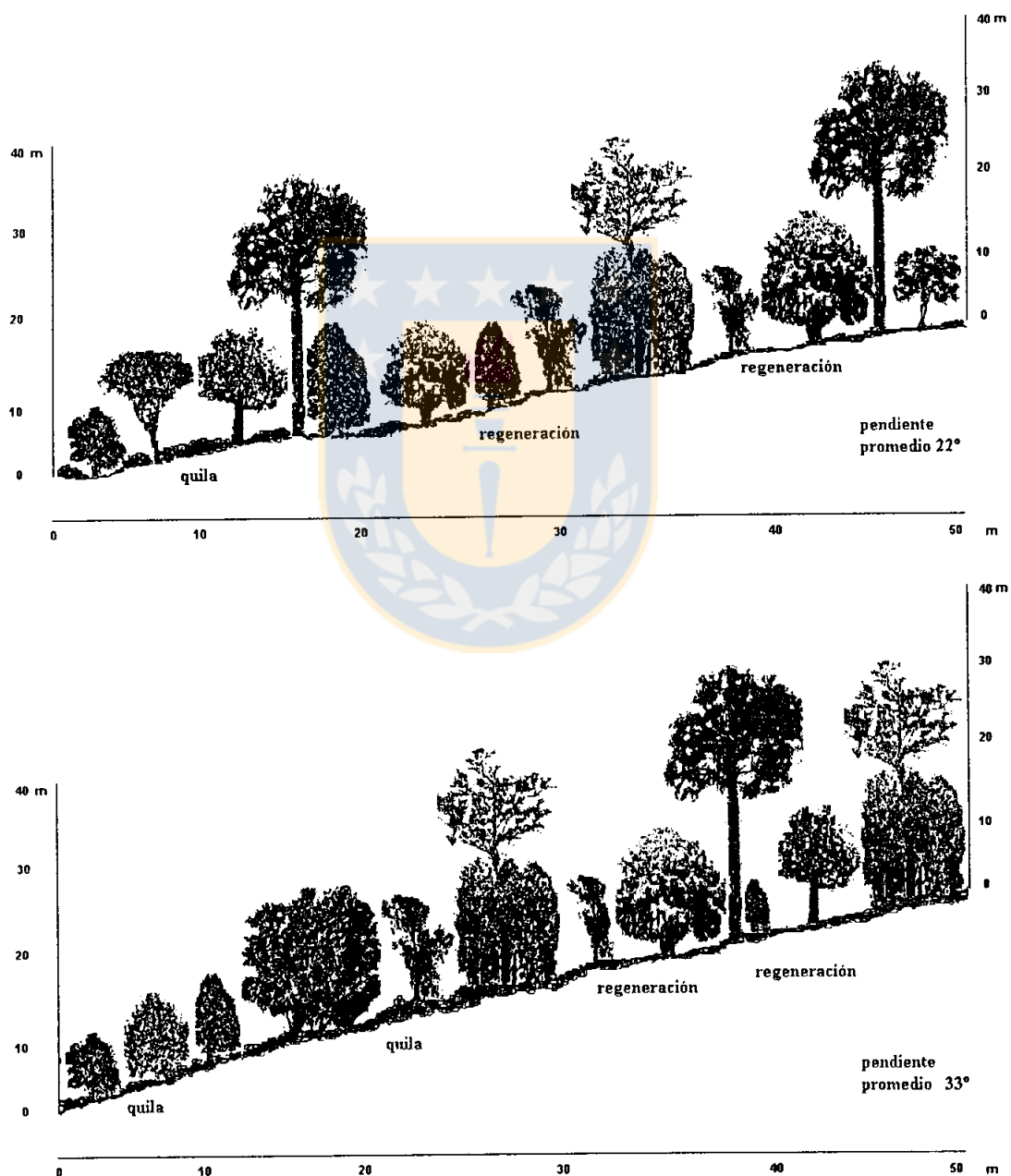


FIGURA 10. Perfil vertical según área de estudio: Co-Ma (sup.) y CaC-Ma (inf.).



## 5.2 Biodiversidad estructural forestal

La biodiversidad estructural forestal en ambas áreas difieren según variable N, AB y V, las unidades más diversas al considerar el número de especies, no son las más diversas según la cobertura y estratos. Los valores promedio del índice de biodiversidad de Shannon para el número de individuos, se sitúan con los niveles de biodiversidad estudiados existentes en Chile (Aravena et al. 2002, Becerra y Cruz 2000, Brun 1975).

La biodiversidad estructural forestal en la regeneración, para los valores promedio del índice de biodiversidad de Shannon para el número de individuos, en ambas áreas, son similares con los obtenidos en las especies arbóreas. Ambos áreas poseen una riqueza considerable de especies, entre ellas, catalogadas como amenazada (*C. mucronata*) y vulnerable (*P. saligna*).

La diversidad vegetal en la Reserva Nacional Nonguén está relacionada con la riqueza de la fauna que soporta la cuenca, conformando un sitio prioritario de conservación en la estrategia regional para la conservación de la biodiversidad (CONAMA 2004).

## 5.3 Regeneración

El límite de altura no es un buen criterio ecológico, si no es vinculado o correlacionado con el vigor de las plantas (Müller-Using 2009 com. pers.). La mayor cantidad de plantas no establecidas en Co-Ma, para las especies *N. dombeyi*, *P. saligna*, se debería a la capacidad de semillación abundante en períodos que fluctúan entre 3 y 5 años (Donoso et al. 2006), y a un abastecimiento suficiente de semillas en el banco, las que podrían germinar al producirse un claro (Donoso y Utreras 2006), para ambas especies, respectivamente. Sin embargo, no se registraron plantas establecidas para *N. dombeyi*, esto puede deberse, a la intolerancia a la sombra y a la dinámica regenerativa de la especie, ya que requiere perturbaciones de gran escala para establecerse y ausencia de especies competidoras tolerantes a la sombra (Donoso et al. 2006). La menor cantidad de plantas establecidas de *P. saligna*, se debería a la alta mortalidad y al descenso de la

densidad en claros por cierre del dosel, impidiendo el ingreso de luz y a la disminución en el porcentaje de materia orgánica (Donoso y Utreras 2006).

La regeneración es alta, por lo que no estaría en riesgo, las condiciones que permitirían el desarrollo de esta, sería la acción de aves granívoras y frugívoras, que podrían jugar un importante rol en la regeneración transportando y depositando semillas al interior del bosque, en los márgenes de este, y en los claros ocasionados por algún disturbio (Armesto et al. 2001, Aravena et al. 2002).

En CaC-Ma, existe una menor cantidad de plantas respecto al rodal Co-Ma, debido probablemente a la menor densidad y cobertura, a grandes huecos disminuyendo la humedad del sustrato, provocando condiciones ambientales desfavorables como, menor intensidad lumínica, o depredadores como el ave “chucáo” (Burschel et al. 1976).

#### **5.4 Conservación**

La Reserva Nacional Nonguén se encuentra inserto en el área clave para la biodiversidad, de muchos los boques nativos remanentes vulnerables. Para la conservación exitosa de este tipo de bosques se recomienda la realización de programas de rehabilitación y restauración con procesos que involucren regímenes de manejo, que controlen o eliminen los procesos amenazantes y fomenten la regeneración natural, incluyendo la propagación y reforestación de especies selectas dentro de sus hábitats originales o cercanos, monitoreando en forma continua las especies individuales, sus poblaciones y hábitats. Además de difundir efectiva y constantemente esta información (Hechenleitner et al. 2005).

La correcta evaluación de la biodiversidad provee información esencial para muchas ciencias biológicas, tales como la sistemática, biología de poblaciones y ecología, así como muchas ciencias aplicadas, tales como la biotecnología, ciencias del suelo, agricultura, silvicultura, pesca, biología de la conservación y ciencias ambientales (Moreno 2001).

Para monitorear el efecto de los cambios en el ambiente es necesario contar con información de la diversidad biológica en comunidades naturales y modificadas (diversidad alfa) y también de la tasa de cambio en la biodiversidad entre distintas comunidades (diversidad beta), para conocer su contribución al nivel regional (diversidad gamma) y poder diseñar estrategias de conservación y llevar a cabo acciones concretas a escala local (Moreno 2001).

Para aquellas áreas que queden fuera del SNASPE y del SNASPP, se debe fortalecer el cumplimiento de aquellas disposiciones de conservación de flora y fauna contempladas ya en la legislación vigente. Esto sería especialmente relevante en el caso de potenciales puentes biogeográficos entre unidades del SNASPE y/o sitios prioritarios, lo que permitiría el establecimiento de corredores entre unidades de conservación, con la consiguiente mantención de flujos génicos y aminoramiento del «efecto isla» (Muñoz et al. 1997).

El país debe aumentar las fuentes de financiamiento disponibles para las tareas de conservación biológica, a la vez que estimular vías no tradicionales de sustentabilidad económica de las iniciativas de conservación, tales como los incentivos económicos y el desarrollo de actividades que conjuguen objetivos de conservación y la generación de ingresos económicos, como el ecoturismo sustentable (Muñoz et al. 1997).

Para la conservación de la biodiversidad de los ecosistemas forestales de Chile se considera imprescindible promover las interacciones entre científicos, profesionales de las diversas áreas forestales, políticos y la comunidad toda. Es decir, definir y estimular tres niveles de trabajo: Investigación ecológica básica y aplicada de los ecosistemas forestales chilenos; Evaluación del impacto que para estos ecosistemas tienen los diferentes tipos de actividad humana; y el análisis de las condiciones sociales necesarias para promover formas de actividad humana compatibles con la preservación de la biodiversidad e integridad de los ecosistemas forestales (Rozzi et al. 1994).

El diseño de corredores biológicos en función de la red hidrográfica, es una alternativa factible para concretar los parches aislados. En Nonguén, ello permitiría la conexión de alrededor del 50 % de los parches. Además, aumentaría la disponibilidad de hábitat en 100 % para las especies asociadas a esta formación vegetacional (Pauchard et al. 2006).



## VI. CONCLUSIONES

La Reserva Nacional Nonguén, representa un bosque de segundo crecimiento en estado fustal, sucesional medio, multiespecífico remanente de estructura multiétanea, con un gran rango de clases diamétricas, con individuos dominantes y emergentes de especies intolerantes.

La vegetación arbórea en la Reserva Nacional Nonguén, está compuesta por especies intolerantes pertenecientes a comunidades de Chile central, del bosque maulino, en el estrato superior, y especies semitolerantes y tolerantes del bosque valdiviano para la Cordillera de la Costa, en los estratos inferiores.

En la Reserva Nacional Nonguén, la participación en densidad, área basal y volumen de la especie forestal *P. saligna*, al parecer, esta influenciada por la distribución diamétrica poblacional de la especie *N. dombeyi*, permitiendo el desarrollo de una formación típica de *Pitavio-Nothofagetum dombeyi*.

La Reserva Nacional Nonguén posee un nivel de biodiversidad estructural forestal situado con los niveles estudiados en Chile, varía al considerar, el número de especies, la cobertura y la participación por estratos. Posee una riqueza considerable de especies arbóreas y de regeneración, entre ellas, *C. mucronata* y *P. saligna* catalogadas vulnerables.

La regeneración en la Reserva Nacional Nonguén, es alta por lo que no estaría en riesgo, está depende de la dinámica regenerativa de las especies, de su productividad, de la alteración del hábitat, del sustrato y de un medio ambiente adecuado que permita la germinación y el establecimiento.

En Nonguén, para la Conservación de la cuenca es necesario el diseño de corredores biológicos en función de la red hidrográfica para la conexión de los parches remanentes.

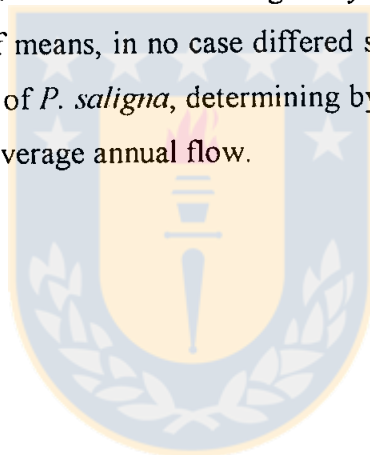


## VI. RESUMEN

Se realizó un inventario forestal en dos áreas, en la parte alta y media de la cuenca, en la Reserva Nacional Nonguén ubicada en la provincia de Concepción Región del Biobío 73°00' de latitud sur y 36° 52' de longitud oeste, la vegetación estudiada corresponde al Bosque Caducifolio de Concepción, con la presencia de especies de tipo Esclerófilo y Valdiviano, se midieron 3 parcelas rectangulares de 1000 m<sup>2</sup> (20 x 50 m) para la vegetación arbórea y, en cada unidad muestral siguiendo la línea principal, parcelas cuadradas de 1 x 1 m para la regeneración, con la información recogida se determinó la composición, estructura y regeneración. Además, se aplicaron los índices de biodiversidad estructural forestal de Shannon  $H'$ , de Shannon aplicado a estratos  $H'_{(v)}$ , uniformidad (Ev) y el complementario del índice de Simpson (1-D), Las diferencias entre los índices para ambas áreas de estudio, fueron analizadas con prueba de homogeneidad de varianzas, un test ANOVA de un factor, y pruebas de igualdad de las medias, en ningún caso se presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). También, se obtuvo tarugos de incremento de la especie *P. saligna*, determinando mediante el conteo de los radios de crecimiento, los incrementos en diámetro, corriente y medio anual (ica, ima).

## VII. SUMMARY

Forest inventory was conducted in two areas in the upper half of the watershed, Nonguén National Reserve in the province of Concepción Biobío Region  $73^{\circ} 00'$  south latitude and  $36^{\circ} 52'$  west longitude, vegetation studied is the Deciduous Forest of Concepción, in the presence of such species and Valdiviano Sclerophyll were measured 3 plots of 1000 m<sup>2</sup> rectangular (20 x 50 m) to the timberline and in each sampling unit along the main line, square plots of 1 x 1 m for regeneration, with information collected determined the composition, structure and regeneration. Furthermore, we apply the structural forest biodiversity indices of Shannon, Shannon applied to layers, uniformity (Ev) and the complement of Simpson index (1-D) Differences between rates for both areas of study were analyzed with test of homogeneity of variances, one-way ANOVA test, and tests of equality of means, in no case differed significantly ( $p < 0.05$ ). Also, we obtained blocks of increase of *P. saligna*, determining by counting the spokes of growth, increases in diameter, and average annual flow.





## VII. BIBLIOGRAFIA.

- Aguayo V. 1998. Uso del Instrumento Medidor de Tarugos de Incremento, Santiago: CONAF-GTZ Documento Técnico. Proyecto Manejo Sustentable del Bosque Nativo: 57 p.
- Aravena J., M. Carmona, C. Pérez & J. Armesto 2002. Changes in tree species richness, stand structure and soil properties in a successional chronosequence in northern Chiloé Island, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 339-360.
- Armesto J., I. Díaz, C. Papic & M. Willson 2001. Seed rain of fleshy and dry propagules in different habitats in the temperate rainforests of Chiloé Island, Chile. *Austral Ecology* 26: 311-320
- Becerra P. y G. Cruz 2000. Diversidad Vegetacional de la Reserva Nacional Malalcahuello, IX Región Chile. *Bosque* 21(2): 47-68.
- Bordeu A. 2008. Reserva Nacional Nonguén: Una oportunidad natural para Concepción Metropolitana. *Cuenca Urbanizada del Nonguén Efectos y Desafíos Futuros*. Universidad del Biobío. CONAMA BíoBío. Gobierno de Chile. Concepción, 30 de Mayo.
- Brun R. 1975. Estructura y Potencialidad de Distintos Tipos de Bosque Nativo en el Sur de Chile. *Bosque* 1(1):6-17.
- Burschel P., C. Gallegos, O. Martínez y W. Moll 1976. Composición y Dinámica Regenerativa de un Bosque Virgen Mixto de Raulí y Coigüe. *Bosque* 2(1):55-74.
- Cavieres L., M. Mihoc, A. Marticorena, C. Marticorena, C. Baeza y M. Arroyo 2005. Flora Vascular de la Cordillera de la Costa, en la Región del Biobío: Riqueza de

- especies, géneros, familias y endemismos. Fondecyt 1000364. Editorial Universitaria.
- CONAMA 2004. Plan de Manejo Reserva Nacional Nonguén (2008-2010) CONAMA BIOBIO. Ministerio de Bienes Nacionales Secretaría Ministerial Región del Biobío.
- Del Fierro P. y L. Pancel 1998. Experiencia Silvicultural del Bosque Nativo de Chile. Recopilación de antecedentes para 57 especies arbóreas y evaluación de prácticas silviculturales. Proyecto Manejo Sustentable del Bosque Nativo CONAF-GTZ.
- Del Río M., F. Montes, I. Cañuellas y G. Montero 2003. Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 12 (1): 159-176.
- Donoso C. y A. Lara. 1999. Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile. CONAF. WWF. Universidad Austral de Chile. Editorial Universitaria.
- Donoso C., F. Utreras 2006. *Podocarpus saligna* D. Don. Mañío, Mañío de hojas largas, Mañiu. Familia: Podocarpaceae. Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología. Chile: Ed. Claudio Donoso Zegers, 678 p.
- Donoso C., R. Deus, C. Cockbaine y H. Castillo 1985. Variaciones Estructurales del Tipo Forestal Coigüe-Rauli-Tepa. Bosque 7(1): 17-35.
- Donoso P., C. Donoso, C. Navarro y B. Escobar 2006. *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. Coihue, Coigüe. Familia: Fagaceae. Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología. Chile: Ed. Claudio Donoso Zegers, 678 p.
- EULA 2002. Estudio Básico Zonificación del Fundo Nonguén (Proyecto Código BIP 201 78 722), Universidad de Concepción. Secretaría Ministerial Región del Biobío.

- Gajardo R. 1994. La Vegetación natural de Chile: clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago.
- Hechenleitner V., P., M. F. Gardner, P. I. Thomas, C. Echeverría, B. Escobar, P. Brownless y C. Martínez A. 2005. Plantas Amenazadas del Centro-Sur de Chile. Distribución, Conservación y Propagación. Primera Edición. Universidad Austral de Chile y Real Jardín Botánico de Edimburgo. 188 pp.
- INFOR 2007. Ciencia e investigación forestal. Volumen 13 n°2 Agosto.
- Lara A., D. Soto, J. Armesto, P. Donoso y C. Wernli 2003. Componentes Científicos Clave para una Política Nacional sobre Usos, Servicios y Conservación de los Bosques Nativos Chilenos. Valdivia, Chile.
- Martínez A. 1999. Silvicultura Práctica en Renovales Puros y Mixtos y, Bosques Remanentes Originales del Tipo Forestal Ro-Ra-Co. Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile. CONAF. WWF. Universidad Austral de Chile. Editorial Universitaria.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Muñoz M., H. Núñez y J. Yáñez 1997. Libro rojo de los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad en Chile. Ambiente y Desarrollo. Septiembre VOL XIII – N° 2: 90 -99.
- Pauchard A., M. Aguayo, P. Alaback 2006. Cuantificando la Fragmentación del Paisaje: las métricas y sus significados ecológicos. Biodiversidad en ambientes fragmentados de Chile: patrones y procesos a diferentes escalas: Ed. Audrey A. Grez, Javier A. Simonetti, Ramiro O. Bustamante, 229 p.

- Ramírez C., C. San Martín y P. Ojeda. 1997. Muestreo y tabulación fitosociológica aplicados al estudio de los bosques nativos. *Bosque* 18(2): 19-27.
- Rozzi R, J. Armesto, J Figuroa 1994. Biodiversidad y conservación de los bosques nativos de Chile: una aproximación jerárquica. *Bosque* 15(2): 55-64.
- San Martín J. C. Ramírez 1987. Fitosociología de los *Nothofagus* de la Zona Mesomórfica Chilena. *Bosque* 8(2): 121-125.
- Smith-Ramírez C., J. Armesto y C. Valdovinos 2005. Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile. Editorial Universitaria. 708 p
- Stoll A. 2008. Estado de Conservación del Pitavio-Nothofagetum en la Cordillera Costera de la VII Región, Chile. Simposio II. Conservación de los bosques de *Nothofagus*. Segunda Reunión sobre *Nothofagus* en la Patagonia EcoNothofagus 2008 Esquel, Chubut, Argentina 22 al 24 de Abril.
- Stoll A., C. Sepúlveda y José San Martín 2006. Patrón florístico-estructural de la vegetación nativa remanente en el límite norte del Bosque Templado Costero de Chile: el caso de la quebrada Cayurranquil (VII Región, Chile). *Bosque* 27(1):64-71.