

**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES**



**CARACTERIZACIÓN DE LA EDAD Y EL CRECIMIENTO DIAMETRAL DE
LAS PRINCIPALES ESPECIES ARBOREAS DE UN BOSQUE ADULTO MIXTO
DE ROBLE-LAUREL - LINGUE**

Tesis presentada a la Facultad de
Ciencias Agropecuarias y Forestales
de la Universidad de La Frontera.
Como parte de los requisitos para optar
al Título de Ingeniero Forestal

JORGE ALEJANDRO MARINAO ALTAMIRANO

TEMUCO – CHILE

2005

**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES**



**CARACTERIZACIÓN DE LA EDAD Y EL CRECIMIENTO DIAMETRAL DE
LAS PRINCIPALES ESPECIES ARBOREAS DE UN BOSQUE ADULTO MIXTO
DE ROBLE-LAUREL - LINGUE**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera. Como parte de los requisitos para optar al Título de Ingeniero Forestal

JORGE ALEJANDRO MARINAO ALTAMIRANO

PROFESOR GUÍA: CHRISTIAN EDUARDO SALAS ELJATIB

TEMUCO - CHILE

2005

**CARACTERIZACIÓN DE LA EDAD Y EL CRECIMIENTO DIAMETRAL DE
LAS PRINCIPALES ESPECIES ARBOREAS DE UN BOSQUE ADULTO MIXTO
DE ROBLE-LAUREL-LINGUE**

PROFESOR GUÍA

Christian Salas Eljatib
Ingeniero Forestal

Nota: 7,0

PROFESORES CONSEJEROS

Alejandro Espinosa Sepúlveda
Ingeniero Forestal, M. Sc.

Nota: 6,8

Patricio Núñez Marín
Ingeniero Forestal

Nota: 6,5

CALIFICACIÓN PROMEDIO TESIS:

DEDICATORIA

Esta tesis esta dedicada a mis padres Gladys y Jorge, quienes me han dado todo su amor, comprensión y confianza para llevar a cabo uno de mis tantos sueños, y que de no ser por ellos nada de lo alcanzado hasta el momento hubiese sido posible. De igual forma se lo dedico a mi hermano Felipe, cuya constancia me ha ayudado a comprender que el esfuerzo y dedicación tienen tarde o temprano su recompensa.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a Dios por haberme dado la capacidad, la claridad y fuerza para superar todos los inconvenientes que se me plantearon en el camino.

De manera especial deseo agradecer a mi profesor guía Sr. Christian Salas, por la confianza depositada, además de su ferviente y constante aliento para durante el desarrollo de esta tesis.

Al profesor colaborador Sr. Alejandro Espinosa, cuya confianza y valiosos consejos han permitido desarrollar en mi persona un mayor interés a lo que he estudiado. De igual forma al profesor colaborador Sr. Patricio Núñez por su valioso aporte para el desarrollo de esta tesis.

También deseo agradecer a la familia Pérez Barra, especialmente a Cristian, Tatiana y Yenny, por la desinteresada ayuda, afecto y amistad brindada durante todo el desarrollo de mi carrera, y a quienes les debo gran parte todos mis logros universitarios.

A mis tíos, Edith y Mauro por la paciencia y cariño otorgado, haciéndome sentir como uno más de sus hijos.

A mis amigos Oscar Castillo, Luis Chávez, Inal Painemal, Ariel Marinao, Nolberto Silva, Antonio Gonzáles, Sergio Aravena, quienes colaboraron desinteresadamente durante la realización de esta tesis. De igual forma deseo agradecer a don Luciano y familia quienes me brindaron su ayuda durante la difícil y extenuante etapa de terreno.

Finalmente debo agradecer a todos mis compañeros y amigos con quienes compartí los momentos más gratos y difíciles durante este proceso universitario.

MUCHAS GRACIAS

INDICE DE MATERIAS

Contenido	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Tipo forestal Roble- Raulí-Coigüe	3
2.2 Subtipo remanentes originales	3
2.3 Crecimiento	4
2.3.1 Crecimiento en diámetro	5
2.3.2 Anillos de crecimiento	7
2.3.3 Expresiones del crecimiento	9
2.3.4 Antecedentes de crecimiento diametral para las especies en estudio	9
2.4 Edad	11
2.4.1 Antecedentes de edad para las especies en estudio	15
3. MATERIAL Y MÉTODO	17
3.1 Descripción del área de estudio	17
3.2 Selección de la muestra	19
3.3 Extracción de tarugos de incremento	20
3.4 Acondicionamiento y tratamiento de tarugos	21
3.4.1 Secado	22
3.4.2 Lijado	22
3.4.3 Tratamiento químico	23
3.5 Medición de edad a nivel del <i>DAP</i> y crecimiento radial	23
3.6 Cálculo y estimación de la variable <i>EDAP</i>	25
3.6.1 Ajuste y validación de modelos de <i>EDAP</i>	28
3.7 Cálculo del incremento diametral	30
4. RESULTADO Y DISCUSIÓN	33
4.1 Descripción de la muestra	33
4.2 Modelos de <i>EDAP</i>	36
4.3 Caracterización de la <i>EDAP</i>	39

4.4	Caracterización del crecimiento diametral	43
4.4.1	Desarrollo diametral	43
4.4.2	Tendencia del modelo según series de rendimiento	47
4.4.3	Series de incremento diametral	49
4.4.4	Incremento diametral actual	52
4.4.5	Incremento actual por dosel	56
5.	CONCLUSIONES	59
6.	RESUMEN	61
7.	SUMMARY	62
8.	LITERATURA CITADA	63
9.	ANEXOS	67

ÍNDICE DE CUADROS

Nº		Página
1.	Promedio y rangos de edad y DAP para especies en estudio	15
2.	VARIABLES medias de rodal para el bosque adulto mixto	18
3.	Modelos de <i>EDAP</i> utilizados para el ajuste	28
4.	Estadísticos descriptivos de la muestra para ajuste y validación de modelos de <i>EDAP</i>	37
5.	Modelos de <i>EDAP</i> seleccionadas para las especies en estudio	37
6.	<i>EDAP</i> promedio por especie con sus respectivos estadísticos descriptivos	39
7.	Estadística descriptiva para el IPA10 por especie	52
8.	Estadística descriptiva para el IPA40 por especie	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº		Página
1.	(a) Ubicación del predio y (b) ubicación del bosque en estudio	17
2.	Etapas de la extracción de tarugos de incremento. (a) Inserción del taladro de incremento; (b) extracción del tarugo y (c) guardado del tarugo	21
3.	Perfil transversal y radial	22
4.	Instrumento medidor de tarugos de incremento	23
5.	Medición del ancho de anillos de crecimientos	24
6.	Tipos de tarugos de incremento. (a) tarugo completo; (b) tarugo incompleto y (c) tarugo incompleto tangencial	25
7.	Formas de anillos en tarugos incompletos tangenciales	31
8.	Proporción volumétrica de la muestra por especie	34
9.	Tipo de tarugos extraídos a árboles muestras	35
10.	Gráficos de caja para la <i>EDAP</i> por especie	42
11.	Curvas de rendimiento diametral por especie	44-45
12.	Tendencia del modelo seleccionado por especie	48
13.	Series de incremento para el IPA40 años por especies	50
14.	Gráficos de caja para el IPA 10 e IPA 40	55
15.	Gráficos de caja para el IPA10 por especie y agrupado por dosel	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Nº		Página
1.	Formulario de registro de <i>EDAP</i> y crecimiento radial acumulado.	68
2.	Cálculos y errores de la adaptación del método de rectificación de radio propuesto por Liu (1986).	70
3.	Ajuste, validación y selección de modelos de <i>EDAP</i> .	76
5.	Estadística descriptiva para el IPA10 por doseles.	77

1. INTRODUCCIÓN

El bosque nativo es un recurso con un gran potencial, que manejado en forma sustentable, puede producir inmensos beneficios económicos y ambientales. Sin embargo, gran parte del recurso forestal nativo se encuentra degradado a consecuencia del abandono, en épocas pasadas, de prácticas forestales que no aseguraron una producción de calidad y un aprovechamiento integral del bosque (Souter, 2000).

Esta visión refleja el estado del bosque mixto de Roble-Laurel-Lingue, asociación boscosa original del centro sur de la depresión intermedia que producto de innumerables alteraciones antrópicas por medio de quemas y talas indiscriminadas ha provocado que actualmente se encuentre restringida en términos de superficie, limitando su estado de conservación.

Los bosques adulto de esta asociación original, clasificados según la tipología forestal como bosques remanentes originales, son escasos, encontrándose sólo algunos bosquetes de carácter relictual (Donoso, 1981). Estos bosques destacan desde una perspectiva silvícola por su elevada concentración volumétrica, la presencia de especies nobles como *Nothofagus obliqua* (Roble), *Eucryphia cordifolia* (Ulmo), *Lauriopsis philippiana* (Tepa) *Laurelia sempervirens* (Laurel) y *Persea lingue* (Lingue) de alta cotización en el mercado maderero, y la amplia diversidad de productos no madereros capaz de generar.

Por otra parte, también adquieren una gran relevancia científica, dado el avanzado estado de desarrollo, complejidad, diversidad y riqueza biológica, constituyendo una fuente importante para la investigación y el desarrollo de nuevos estudios.

A nivel de sus componentes arbóreos aún existe un escaso conocimiento del comportamiento y valores que pueden alcanzar algunas variables tales como la edad, la cual es considerada primordial para el análisis de la historia e interpretación de la dinámica del bosque.

Similar situación se visualiza para el crecimiento, del cual además se desconoce su variabilidad y potencialidad especialmente en condiciones microclimáticas adecuadas (Donoso 1993). El conocimiento de las tasas de crecimiento bajo condiciones naturales ofrece relevante información para comprender el comportamiento biológico de las especies forestales, lo cual a su vez, resulta un aporte al conocimiento autoecológico, y por otro lado, permite al silvicultor planificar actividades silvícolas y proyectar rendimientos futuros del bosque.

El objetivo general del presente estudio es caracterizar la edad y el crecimiento diametral de las principales especies arbóreas de un bosque adulto mixto de Roble-Laurel-Lingue. Para el logro del objetivo general se han planteado los siguientes objetivos específicos:

- Analizar la edad actual de Olivillo, Tapa, Laurel, Lingue, Ulmo y Roble en el bosque adulto mixto.

- Analizar el crecimiento diametral a nivel de árbol individual, por especie y dosel.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tipo forestal Roble- Raulí-Coigüe.

Donoso (1993), considera difícil la delimitación de este tipo forestal debido principalmente a lo diverso de su origen y por el traslapamiento gradual con otros tipos forestales a través de zonas ecotonales. En términos generales este tipo forestal se desarrolla entre el paralelo 36°30' (río Ñuble, Itata) y el paralelo 40°30'S, entre los 100 y los 1.000 m.s.n.m en ambas cordilleras particularmente en las laderas interiores y valles cordilleranos (Donoso, 1981).

La tipología forestal subdivide al tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe en los subtipos renoval y bosque secundario puro, bosques degradados y bosques remanentes originales (Donoso, 1981).

2.2 Subtipo remanentes originales.

Los bosques remanentes originales cubrían gran parte de la depresión intermedia del centro sur de Chile entre las provincias Malleco y Llanquihue. Estos ocuparon los mejores terrenos razón por lo cual fueron talados y quemados, para luego destinarlos a actividades agrícolas y ganaderas (San Martín *et al.*, 1991; Martínez, 1998).

Los bosques remanentes originales presentan estructura multietánea donde *Nothofagus obliqua* (Roble) está representado por algunos individuos en el estrato emergentes, con *DAP* sobre los 50 cm, acompañado además por *Eucryphia cordifolia* (Ulmo) (Veblen, 1985). Los doseles restantes están formados por especies tolerantes como *Laurelia sempervirens* (Laurel), *Persea lingue* (Lingue) y *Aextoxicon punctatum* (Olivillo), presentando, esta última especie, una regeneración continua lo que se manifiesta a través de una curva de tipo J invertida en su distribución diamétrica (Donoso, 1993).

Este tipo de bosque se sitúa en estados sucesionales avanzados alcanzando una edad de 400 años, y próxima a la condición clímax, razón por lo cual son considerados relictos boscosos

(Donoso 1993), y en donde, de no actuar alteraciones exógenas a gran escala, las especies tolerantes terminarán por reemplazar a las especies intolerantes (Veblen y Donoso, 1987).

Según Donoso (1981), estos bosques alcanzan densidades entre los 500 y más de 1.000 árb/ha, con grandes árboles que desarrollan volúmenes y áreas basales considerables. Neumann (2001) determinó para un bosque remanente original ubicado en la Comuna de Panguipulli, valores de densidad y área basal de 633 árb/ha y 71,8 m²/ha respectivamente. Por otra parte Salas (2001), en una caracterización de un relicto boscoso ubicado al noroeste de Temuco, indica que el bosque adulto mixto perteneciente a este subtipo, posee una densidad 680 árb/ha, con un área basal y volumen promedio de 97 m²/ha y 1.184 m³/ha respectivamente.

2.3 Crecimiento

El crecimiento corresponde al incremento gradual de tamaño de un individuo, población u objeto en un determinado periodo de tiempo (Donoso, 1993; Prodan *et al.*, 1997).

Álvarez y Grosse (1978) y Prodan *et al.* (1997), indican que la estimación del crecimiento es una etapa fundamental en el manejo forestal. Esta información permite definir y planificar tratamiento silvícola adecuados, proyectar crecimiento para un periodo determinado, ordenar una masa forestal, conocer antecedentes de productividad que aporta un sitio, entre otros.

Para efecto de la ordenación forestal, Rothermel (2000), considera esencial determinar el cupo de corta o tasa de aprovechamiento, cifra que se fundamenta en el incremento del patrimonio forestal según su situación real, es decir según la distribución de especies, el estado de desarrollo, los sitios de producción y el clima en que se encuentra el predio. En tanto para la ecología, Donoso (1993) reconoce la importancia de conocer antecedentes de crecimiento de las especies forestales para interpretar las variaciones estructurales y los procesos dinámicos que regulan el establecimiento de una comunidad forestal.

Las especies arbóreas poseen diferentes tasas de crecimiento, influenciadas principalmente por características genéticas, y al mismo tiempo diferentes velocidades de crecimiento en las distintas etapas de su vida (Donoso, 1993). Sin embargo elementos del medio ambiente como factores del suelo (características físicas, composición química, humedad del suelo y contenido bacteriano), características topográfica (pendiente, elevación, exposición), factores climáticos (temperatura, precipitación, velocidad del viento, humedad del aire) y la competencia entre especies, influyen constantemente sobre el crecimiento a nivel individual y poblacional (Bruce y Schumacher, 1965; Husch *et al.*, 1972; Donoso, 1993; Prodan *et al.*, 1997). Pero la competencia puede ser un factor de menor trascendencia ya que es fácilmente modificable a través de tratamientos silviculturales (Husch *et al.*, 1972), lo que resulta ser una ventaja para el silvicultor al momento de mejorar el rendimiento de la masa.

Tal es la cantidad de variables que influyen en el crecimiento que cualquier estimación de éste tiene un carácter relativo y más aún cuando se carece de información que permita realizar una mejor planificación silvícola (Álvarez y Grosse, 1978).

2.3.1 Crecimiento en diámetro.

El crecimiento es normalmente expresado en términos de volumen, sin embargo este parámetro se encuentra afectado por errores en la altura y a veces la forma del árbol, por lo que el uso del área basal posee ciertas ventajas puesto que es el resultado de la medición de directa del diámetro, parámetro que está menos afecto a errores (Prodan *et al.*, 1997).

Para Rothermel (2000), la edad tiene un efecto sobre el crecimiento diametral, sin embargo, éste es muy complejo, influyendo más el tipo de especie, las condiciones genéticas del individuo y el espacio que tiene a su disposición cada árbol individual.

Por otra parte Núñez *et al.* (1992), indican que el crecimiento en diámetro ha sido considerado una variable importante para entender el desarrollo de las especies en condiciones naturales, pudiendo diferir cual es el crecimiento mínimo esperado para una especie. Chauchard *et al.* (2001), utiliza el crecimiento diametral como parámetro para

interpretar la dinámica del crecimiento de *Notohofagus dombeyi* (Coigüe) por la directa relación que posee con el área basal, volumen y tamaño de las copas, además de su fácil y exacta medición.

El crecimiento diametral a nivel de árbol individual o de rodal puede ser extraído a partir de mediciones periódicas de parcelas permanentes, análisis del tallo o tarugos de incremento en parcelas temporales (Prodan *et al.*, 1997). Para García (1992) las mediciones del crecimiento basadas en el análisis de los anillos anuales, han permitido complementar o reemplazar información de unidades muestrales para el desarrollo de modelos de crecimiento.

Las mediciones del crecimiento a través de tarugos de incrementos es uno de los métodos frecuentemente usados en inventarios forestales (García, 1992), permitiendo una predicción del crecimiento bastante buena, aunque no ofrece información confiable acerca del crecimiento del rodal a menos que pueda ser predicha la mortalidad (Prodan *et al.*, 1997). Sin embargo el proceso de extracción y análisis de los tarugos puede llegar a ser caro y de un alto costo en tiempo para su ejecución (García, 1992).

Para Meyers (1952) citado por Prodan *et al.* (1997), el error en la determinación del crecimiento depende básicamente del número de tarugos a extraer, por lo mismo recomienda entre 50 a 100 tarugos. Similar recomendación es formulada por Hildebrandt (1966) citado por van Laar y Akça (1997), quien indica que para producir estimaciones de crecimiento con errores no mayores a un 10 y 20% se requiere de 40 a más árboles.

García (1992), señala que los tarugos de incremento son comúnmente extraídos de una submuestra de árboles en unidades muestrales, a través de una selección al azar o cubriendo uniformemente todo el rango diamétrico del bosque. Para la selección de esta submuestra, Spurr (1952) citado por Prodan *et al.* (1997), sugiere estratificar y obtener muestras en forma proporcional a la contribución en volumen de cada clase diamétrica. Para van Laar y Akça (1997), la información obtenida de tarugos que cubren a todas las clases diamétricas del rodal, puede ser utilizada para obtener estimadores de regresión, obtener el crecimiento

diametral de árboles dentro de cada clase de diámetro o la estimación del crecimiento diametral promedio de una especie.

Las mediciones de crecimiento diametral a través de tarugos de incremento puede estar afectada por errores debido a la deformación y compresión del tarugos por efecto del taladro, y la reducción del tamaño entre el tiempo de extracción y medición del tarugo (van Laar y Akça, 1997). Lo último se refiere al error producto de la contracción del tarugo por efecto de la deshidratación, lo cual puede ser evitado guardándolos en bolsas plásticas, o simplemente rehidratándolos al remojarlos en agua por algunas horas, procedimiento a que además permite un mayor contraste entre los anillos (Blanco, 1992). Sin embargo, la contracción del tarugo suele ser insignificante, si se considera que en términos generales la contracción radial de la madera promedia un 5%, valor que se presenta en mayor magnitud en coníferas que en latifoliadas (Junta de Acuerdo de Cartagena, 1989; citado por Aguayo *et al.*, 2001). A través de pruebas preliminares Aguayo *et al.* (2001) determinaron, a nivel general, un valor promedio de contracción de 1,33% para tarugos de especies de la Reserva Nacional Valdivia tales como *Laureliopsis philippiana* (Tepa), *Dirmys winteri* (Canelo), *Podocarpus nubigena* (Mañío macho), *Saxegothaea conspicua* (Mañío hembra), *Eucryphia cordifolia* (Ulmo) y *Nothofagus dombeyi* (Coigüe) entre otras, concluyendo finalmente que la contracción radial no afectaría a la distancia entre anillos de crecimiento.

Las anomalías en el crecimiento de los anillos (anillos falsos y ausentes) también inducen al sesgo en la medición del ancho de los anillos anuales.

2.3.2 Anillos de crecimiento.

Los anillos de crecimiento corresponden a capas de xilema vistas en las secciones transversales de tallos y raíces (Esau, 1985).

La formación de los anillos de crecimiento es parte del crecimiento en diámetro o crecimiento secundario, proceso que a su vez es resultado de la actividad del meristema secundario o cambium que produce xilema hacia el interior y floema hacia el exterior. La actividad del cambium es periódica provocando una mayor división celular en ciertas

épocas del año, condición que caracteriza a las especies de regiones templadas (Jensen y Salisbury, 1988).

Durante el comienzo del periodo activo, el cambium produce xilema con células grandes y de paredes delgadas a lo que se denomina madera de primavera. Al incrementar la temperatura y se reduce la cantidad de agua disponible se forman células más pequeñas y con paredes más gruesas, conocidas como madera de verano (Jensen y Salisbury, 1988), de esta forma ambos tejidos constituyen un anillo anual. La diferencia estructural entre la madera de primavera y de verano determinan la visibilidad del anillo anual (Esau, 1985), permitiendo el registro o medición de un año de edad y crecimiento en diámetro.

Los anillos de crecimiento pueden presentar algunas anomalías, ejemplo de esto es la formación de anillos adicionales en un periodo de crecimiento, denominados anillos falsos. Para Esau (1985) la formación de anillos falsos es el resultado de la interrupción del crecimiento estacional por condiciones climáticas adversas, enfermedades u otros agentes, que reanudado más tarde produce una segunda capa de crecimiento dentro de una misma temporada. Este tipo de anillo es característicos de especies arbórea subtropicales (Daniel *et al.*, 1982).

Otra anomalía, presentada también bajo condiciones adversas, corresponde a la ausencia de anillos de crecimiento en la base del árbol o también denominado anillos ausentes. Daniel *et al.*(1982) indican que los anillos ausentes se producen por una insuficiencia de la producción de hormonas y carbohidratos ocasionando la formación de un pequeño anillo en la copa que no alcanza a prolongarse hasta la base del árbol. La ausencia de este tipo de anillo es común en árboles de dosel inferior especialmente de especies intolerantes (Phipps, 1985). Para Daniel *et al.*(1982), la sobrepoblación y la formación de copas de poco vigor también son condicionantes para la formación de estos anillos.

Por otra parte, Esau (1985) señala que el ancho de los anillos está influenciado por las condiciones ambientales externas, razón por la cual es muy variable. El mismo autor indica que los árboles desarrollados en condiciones uniformes presentan los anillos en disposición

concéntrica, sin embargo, factores de tipo mecánico, químico y fisiológico pueden condicionar un crecimiento excéntrico, y a veces tan pronunciado que los anillos no se disponen completamente alrededor del eje.

2.3.3 Expresiones del crecimiento.

Según el periodo de tiempo (Prodan *et al.*, 1997), el crecimiento puede ser expresado de tres formas: incremento anual corriente, incremento periódico anual e incremento medio anual

El incremento anual corriente (ICA) corresponde a diferencia entre las dimensiones medidas al comienzo y final de un año de crecimiento. A veces es necesario expresar el crecimiento por periodos en vez de año a año, para lo cual se utiliza el incremento periódico anual (IPA). Este corresponde a la diferencia entre las dimensiones medidas al comienzo y final de un periodo dividido por el número de años del periodo. Por último el incremento medio anual (IMA), corresponde al crecimiento promedio alcanzado a distintas edades (Bruce y Schumacher, 1965).

Las curvas del ICA, IPA e IMA son derivadas de la curva de crecimiento o rendimiento, es decir, el tamaño alcanzado a distintas edades. Las curvas del ICA e IMA de cierta forma están relacionadas, ya que ambas se interceptan en el máximo valor de la curva del IMA (Husch *et al.*, 1972). Según Bruce y Schumacher (1965), cuando la influencia del ciclo climático o de otro ciclo no es totalmente eliminado ambas curvas son de forma irregular y pueden cruzarse varias veces.

2.3.4 Antecedentes de crecimiento diametral para las especies en estudio.

Los antecedentes de crecimiento diametral para especies del bosque adulto de Roble-Laurel-Lingue son prácticamente nulos, sin embargo el escaso registro que se posee para algunas de ellas proviene de otros tipos de bosques y de plantaciones forestales.

Para Tapa, Morales (1981) citado por Donoso (1993), determinó en un bosque del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe ubicado en la comuna de Panguipulli, crecimientos periódicos para los últimos 10 años de 0,25 cm/año. Estimaciones realizadas por Monfil *et al.*(1995), indican que el crecimiento diametral para Tapa en bosques manejados de Chiloé pueden alcanzar hasta 0,6 cm/año. Estas estimaciones están basadas en mediciones de tarugos de incremento en árboles liberados y en análisis de renovales manejados.

Vita (1977) proporciona antecedentes de crecimiento en altura y diámetro para algunas especies nativas y exóticas en el arboretum del Centro Experimental Forestal de Frutillar, en la Provincia de Llanquihue, X región. Las especies estudiadas se establecieron en pequeñas plantaciones con un distanciamiento de 1,5*1,5m, y sin manejo al momento de las mediciones, asumiendo además un porcentaje de mortalidad igual para todas las especies. De acuerdo a lo anterior, en una plantación de Laurel de 137 y 32 árboles Vita (1977) determinó crecimientos medios anuales en diámetro de 0,8 y 0,9 cm/año, a una edad de 12 y 9 años respectivamente.

Gantz (1994), citado por Barría (1996), señala que Ulmo en un renoval de monte bajo, presenta un crecimiento medio anual de 0,36 cm/año a los 25 años. La misma especie en renovales de 10 a 50 años ubicados en la Isla de Chiloé, presenta un crecimiento medio anual de 0,21 a 0,59 cm/año (Corvalán, 1987; citado por Donoso, 1993). Los crecimientos anteriores resultan ser bajos en comparación con los valores de crecimiento que pueden alcanzar en plantaciones, presentando según Vita (1977) un crecimiento medio anual de hasta 1cm/año a una edad de 13 años. Al momento de la medición la plantación presentaba 27 individuos, por lo que es comprensible que los crecimientos sean mayores. Barría (1996), por su parte señala que en una plantación mixta de Roble, Raulí y Ulmo ubicada en el Fundo Riñihue, en la X región, con una edad de 14 años y densidad total de 2.320 árb/ha, Ulmo presenta un IMA de 0,65 cm/año, alcanzando un máximo valor a los 13 años con 0,66 cm/año.

Los registros de crecimiento diametral para Roble están concentrados en individuos relativamente jóvenes que conforman los renovales, desconociéndose valores para su etapa

adulta. Autores como Donoso (1988); Núñez *et al.* (1992) y Donoso *et al.*(1993), han estudiado el crecimiento diametral de Roble en renovales ubicados entre la VI y X región, encontrando valores medios que oscilan entre los 0,26 y 0,69 cm/año a una edad entre los 28 y 66 años aproximadamente, presentado además su máximo incremento periódico para los últimos 5 años entre los 10 y 30 años con valores de 0,55 a 0,95 cm/año aproximadamente (Donoso *et al.*,1993).

Marín (2002) por su parte, para individuos del dosel superior de renovales de Roble, en el predio Rucamanque, IX región, determinó un crecimiento diametral promedio de 0,34 cm/año para los últimos 5 años, a una *EDAP* promedio de 65 años.

2.4 Edad

La edad de los árboles es considerada una de las variables importantes en la estructura y dinámica del bosque (Steubing *et al.*, 2002). Esta es definida como el periodo de tiempo transcurrido desde la germinación (van Laar y Akça, 1997).

Rothermel (2000), para efecto de la ordenación forestal, señala que la edad es una variable importante al momento de manejar recursos del bosque nativo, por lo cual su determinación no debería estar restringida solamente a las plantaciones forestales. El mismo autor señala que en la práctica de la ordenación, la edad promedio en conjunto con estándares preestablecido (tablas) resulta ser el único parámetro suficientemente operativo y barato para la planificación forestal en grandes extensiones y en forma periódica.

La determinación de la edad no es un proceso fácil (Bruce y Schumacher, 1965) y más aún si se trata de especies establecidas en condiciones naturales. Caso contrario son las plantaciones a las cuales generalmente se les lleva un registro de la fecha de plantación.

Según van Laar y Akça, (1997), la edad en árboles individuales puede ser obtenida a través de:

- a) La cuantificación del número internudos, siempre que sean identificables. Este método sólo puede ser aplicable en algunas coníferas.
- b) La cuantificación del número de anillos anuales a la altura del tocón en árboles volteados, adicionando el número de años estimado para alcanzar la altura del tocón.
- c) La cuantificación del número de anillos en tarugos de incremento extraídos a nivel del diámetro a 1,3 m de altura, es decir, a nivel del *DAP*, o bajo él adicionando el número estimado de años para alcanzar la altura de extracción.

El conteo de anillos a través de tarugos de incremento es uno de los métodos más utilizados para estudios de edad en bosques naturales ya que constituye un método no destructivo, aplicable en árboles en pie. Para Steubing *et al.* (2002), representa una técnica sencilla y de fácil manejo para obtener información de la edad de un árbol.

Sin embargo, esta técnica puede tener algunas complicaciones. Para Gutiérrez (2002), los problemas pueden originarse cuando los tarugos no alcanzan el centro del árbol, por lo que el número de anillos de la porción de radio perdido debe ser estimada por algún método. El mismo autor, al desarrollar un estudio dendrocronológico de un rodal del Tipo Forestal Siempreverde en Chiloé, indica que la pudrición central del fuste fue uno de los principales factores que impidieron llegar a la médula del árbol. Dentro del mismo contexto, aunque diferente situación experimentó Lorimer (1980) al estudiar la estructura de edad de bosques adultos vírgenes de coníferas y especies latifoliadas caducifolias del suroeste de Carolina del Norte, donde algunos de los tarugos extraídos no alcanzaron el centro del árbol producto de la dureza de la madera y debido a que el radio del árbol resultó ser mayor al largo del taladro utilizado, situación que constituye un problema netamente de carácter técnico y por lo tanto evitable, ya que para alcanzar el centro del árbol se debe contar con un taladro de dimensiones ideales para cumplir con el objetivo planteado. Para estimar el número de anillos faltante en estos tarugos, Lorimer (1980), utilizó curvas de regresión tomando como variable independiente el diámetro a la altura de extracción del tarugo.

Otro problema radica en la presencia anillos anormales (anillos ausentes y falsos) que pueden generar sobreestimación o subestimación de la edad (Bruce y Schumacher, 1965; Phipps 1985; Lusk y Ogden, 1992; van Laar y Akça, 1997; Gutiérrez, 2002).

Como último problema, Gutiérrez (2002) indica que el muestreo es raramente efectuado a nivel del suelo, por lo que el tiempo tomado por el árbol para alcanzar la altura de muestreo debe ser estimado. Sin embargo esta estimación toma importancia al momento de trabajar en bosque nativo, ya que bajo condiciones naturales el establecimiento entre individuos de una misma o de especies diferentes puede ser muy variable, obteniendo estimaciones de edad con un alto error.

La estimación por efecto de la altura de muestreo puede ser minimizada en parte mediante la extracción de tarugos a nivel de tocón, fijada a una altura de 0,3 m, siendo el número de anillos registrados a esta altura considerada simplemente como la edad del árbol, aunque en términos de rigurosidad biológica no lo sea. Cuando la extracción de tarugo se efectúa a árboles longevos, que generalmente presentan gran e irregular diámetro de tocón, los tarugos extraído a esta altura pocas veces alcanzan el centro del árbol, situación que además es condicionada por la pudrición que pueden presentar algunos individuos, por lo que, según Gutiérrez (2002), es necesario extraer tarugos a mayor altura.

Para evitar la estimación del número de años hasta alcanzar la altura de muestreo y reducir porcentajes de tarugos que no alcancen el centro del árbol, simplemente se incorporan a los estudios de edad nuevas variables de tiempo basado en el número de anillos presente a una altura del fuste. Lorimer (1980) por ejemplo utiliza la “edad a 1 m de altura” para el estudio de estructura de edad y disturbios históricos en bosques vírgenes.

Autores como Nigh (1995), Chauchard *et al.* (2001), Salas y García (2005) establecen la ventaja de trabajar con la edad a la altura pecho o también denominada *EDAP* como variable de tiempo. El uso de esta variable evita las incidencias sobre el crecimiento de una serie de factores que ocurren antes que el árbol alcance 1,3 m de altura (Nigh, 1995; Chauchard *et al.*, 2001), más aún si se trabaja con el crecimiento en altura o en diámetro.

Por su parte Chauchard *et al.* (2001), establecen que el crecimiento en diámetro se establece convencionalmente a la altura de 1,3 m, por lo que cuando el árbol posee un *DAP* igual a 0 el árbol ya tiene una edad determinada, esto se evita usando la *EDAP*. Por otra parte Salas y García (2005), establecen los beneficios estadísticos de la *EDAP* para la modelación del crecimiento en altura de Roble, por su baja variabilidad y alta relación estadística con los rendimientos.

Nigh (1995), entrega tres enfoques de la *EDAP* para efecto de la modelación altura- edad. Estas son las siguientes:

1° La *EDAP* es el número de anillos completos presente a la altura de 1,3 m (altura del pecho), por lo tanto al número de anillos contados a la altura del pecho se le descuenta un año de crecimiento debido a que generalmente el anillo externo está en pleno desarrollo, siendo aún un anillo parcial.

2° La segunda definición establece que la *EDAP* es el número de años que el árbol ha tomado para alcanzar la altura de 1,3 m. Según esta definición al número de anillos contados a la altura del pecho se le resta 0,5 (asumido como valor promedio) debido a que el anillo externo en pleno desarrollo sólo representaría 0,5 años de crecimiento.

3° Como última definición, establece que la *EDAP* corresponde al número de anillos completos e incompletos presente a la altura de 1,3 m. Por lo tanto su cálculo es determinado simplemente contando los anillos a la altura del pecho.

Como conclusión Nigh (1995), señala que si la definición y el modelo desarrollado no son compatibles, la predicción altura-edad puede estar afectada por errores o sesgos, lo que igual se traduciría a la determinación del índice de sitio. Finalmente este autor recomienda la definición tres, la cual entrega mayor consistencia a los modelos de altura-edad.

2.4.1 Antecedentes de edad para las especies en estudio.

La edad para especies del bosque adulto de Roble-Laurel-Lingue a sido poco estudiada, sólo algunos trabajos de análisis de la estructura y dinámica efectuados en estos bosques, hacen alusión a la edad, aunque en forma general y enfocada principalmente para las especies dominantes del bosque. Uno de los escasos estudios es el realizado por Neumann (2001), quien determinó para un bosque adulto de Roble-Laurel-Lingue, ubicado en la comuna de Panguipulli, rangos de edad de brinzales y edades promedio para Olivillo, Tapa, Lingue y Roble (Cuadro 1).

Cuadro 1. Promedio y rangos de edad y *DAP* para especies en estudio.

Especie	Edad Promedio (años)	n	Rango de edades brinzales (años)	Rango de edades árboles (años)	Diámetro Promedio (cm)	Rango de diámetro (cm)
Olivillo	195	43	23-85	30-371	41,09	6,6 – 77
Tapa	77	13	30-33	26-275	21,66	5,3 – 90
Roble	274	1	-	274	81,5	81,5
Lingue	39	1	-	39	7,2	7,2

(Fuente: Neumann, 2001)

Una de las grandes falencias del estudio Neumann (2001) radica en la selección de individuos, la cual sólo se efectuó en una de las tres parcelas efectuadas en terreno, logrando como resultado el muestreo de un sólo individuo de Roble y Lingue cuyas edades no pueden considerarse como valores promedios y representativos de la especie en el bosque. Por lo tanto para ambas especies la información de edad resulta ser inconsistente impidiendo inferir la edad que pueden alcanzar en condiciones naturales. Sin embargo, para Olivillo y Tapa, Neumann (2001) logró establecer valores más consistentes, logrando además visualizar a través de un análisis de regresión, con 22 individuos de Olivillo y 11 de Tapa, la estrecha relación entre el *DAP* y la edad manifestado a través de valores del coeficiente de determinación (R^2) de 0,8042 y 0,8908 para Olivillo y Tapa respectivamente.

Para especies similares Álvarez (1982), determinó entre las clases diamétricas 10 y 50 cm un rango de edad que fluctuaba entre los 29 a 117 años para Tapa, 81 a 152 años para

Olivillo y 62 a 149 años para Ulmo. Estas edades fueron estimadas a través de ecuaciones de regresión, utilizando como variables independientes el *DAP*, y en las cuales se determinó un coeficiente de correlación (*r*) de 0,94, 0,80 y 0,96 para Tapa, Olivillo y Ulmo respectivamente.

En Roble particularmente la edad ha sido determinada con mayor consistencia a nivel de renewal, es así como Donoso *et al.*, (1993) en un estudio realizado en renovales de Roble y Raulí de 40 localidades entre las provincias de Curicó y Llanquihue, determinó para Roble una edad promedio de 38 años con un rango de edad que va desde los 22 a 60 años de edad. Similares valores de edad para renovales registraron Núñez *et al.*, (1992), aunque con una edad máxima de 66,3 años.

Para renovales de Roble en el área de protección “Radal 7 Tazas”, ubicado en la provincia de Curicó, VII región, Donoso (1988) determinó rangos de edades entre los 28 y 48 años.

Para individuos del dosel superior, de tres rodales de renewal de Roble, en el predio Rucamanque, Tapia (2003) determinó edades promedio por rodal entre 75,9 y 93,3 años, valores que superan ampliamente a los rangos establecidos por Donoso (1988), Núñez *et al.* (1992) y Donoso *et al.* (1993).

Utilizando como variable de tiempo la *EDAP*, Marín (2002) para individuos del dosel superior de un rodal renewal de Roble en el predio Rucamanque, determinó un valor promedio de 65 años con un mínimo de 52 años y un máximo de 74 años.

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Descripción del área de estudio.

El estudio se llevó a cabo en el Predio Rucamanque de propiedad de la Universidad de La Frontera, situado en los 38° 39' Latitud Sur y 72° 35' Longitud Oeste, en la comuna de Temuco, Provincia de Cautín, Novena Región. El predio está ubicado a 12,2 Km de Temuco por el camino a Chol- Chol, tramo Trabunco – Los Copihues (Figura 1a).

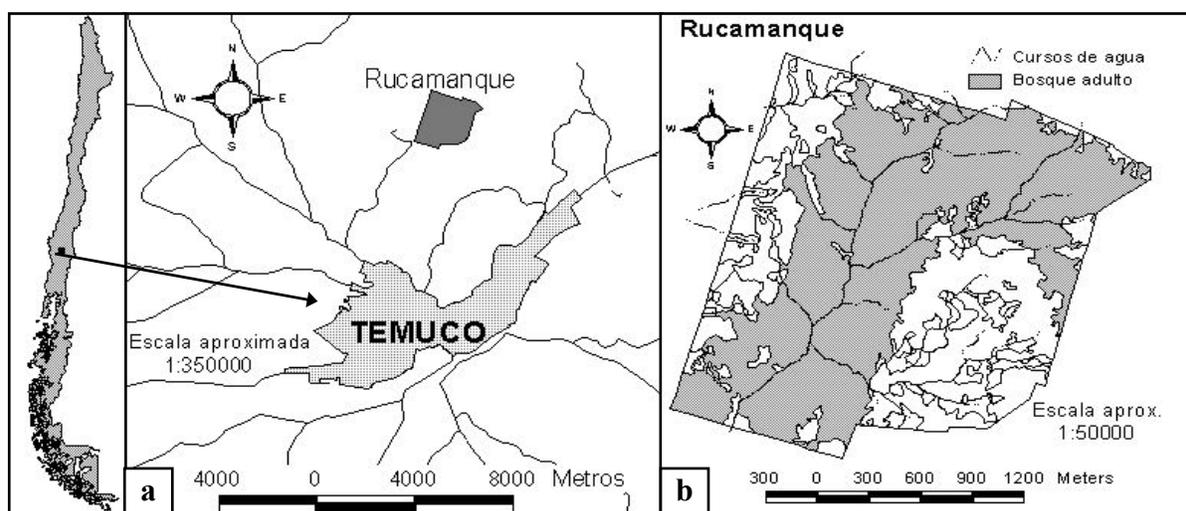


Figura 1. (a) Ubicación del predio y (b) ubicación del bosque en estudio.

El clima de la zona de tipo frío y húmedo con un promedio anual de precipitación de 1.311 mm, caída principalmente entre marzo y septiembre. La temperatura media anual es de 16° C (Bürgmann, 1998; citado por Salas, 2001).

Según la altitud es posible identificar dos tipos de suelos: los trumaos ubicado en los rangos altitudinales superiores (entre los 400 –500 msnm) y suelos de transición entre trumaos y rojo arcillosos ubicados a menor altitud, caracterizándose por la presencia de cenizas volcánicas y arcilla en los horizontes inferiores (Frank, 1999, citado por Salas, 2001).

En el predio se desarrollan las asociaciones boscosas de bosque adulto mixto (*Lapagerio-Aextoxiconetum punctatii*) y el renewal de roble (*Nothofago-Perseetum lingue*) (Ramírez *et al.*, 1989) que cubren 229,7 y 70,3 há respectivamente (Salas, 2001).

Según la tipología forestal propuesta por Donoso (1981) el bosque adulto mixto, zona donde se desarrolló el presente estudio (Figura 1b), pertenece al Tipo Forestal Roble–Raulí–Coigüe, específicamente al subtipo forestal remanente original.

El bosque adulto mixto posee una estructura multietánea y multiespecífica, compuesto principalmente por *Aextoxicon punctatum* (Olivillo), *Nothofagus obliqua* (Roble), *Eucryphia cordifolia* (Ulmo), *Laurelia sempervirens* (Laurel), *Persea lingue* (Lingue), *Laureliopsis philippiana* (Tepa) y *Weinmannia trichosperma* (Tineo) (Salas, 2001).

Las variables medias brutas registradas para el bosque adulto mixto se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Variables medias de rodal para el bosque adulto mixto

Densidad (árb/ha)	Área basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)
741,17	92,57	950,72

Fuente: Salas y Araos (2004)

3.2 Selección de la muestra.

Dentro del proyecto de investigación DIUFRO 110201¹, en donde se enmarca esta tesis, se replantearon en el bosque adulto mixto 10 unidades muestrales, nueve de las cuales poseen una superficie de 1000 m² (50*20 m) y una de 10.000 m². (100*100 m), distribuidas al azar y ubicadas en rodales que representan la densidad normal del bosque.

La muestra se obtuvo dentro de estas unidades muestrales, en las cuales se encuentran marcados y enumerados todos los árboles de diámetro mayor o igual a 5 cm, los que además poseen el registro de las siguientes variables (Salas 2002b):

- Especie
- Estado: vivo o muerto
- Dosel: posición sociológica del árbol dentro del dosel arbóreo.
- *DAP*: diámetro a la altura del pecho medido a 1,3 m de altura.
- Origen: forma de regeneración de la especie.
- Sanidad: grado de daño que presenta el fuste.
- Forma: morfología del fuste.
- Rama: presencia y estado de las ramas.
- Condición de copa: forma y estado de la copa.
- Ubicación en coordenadas X e Y
- Radio de copas en dirección Norte, Sur, Este y Oeste (sólo para algunos árboles)
- Altura total y altura comienzo de copa (sólo para algunos árboles)

La selección por especie consideró un número de 30 árboles muestras para Tapa, Lingue, Laurel, Ulmo y Roble y 75 para Olivillo, los cuales fueron seleccionados en forma proporcional a la participación del volumen bruto por clase diamétrica con respecto al volumen bruto total (Salas, 2002b), utilizando las tablas de rodal y existencia elaboradas para cada especie en el bosque.

¹ Salas, 2002. Proyecto de investigación DIUFRO N°110201: Ajuste de Modelos Estimadores de Edad y Crecimiento en Diámetro para las especies arbóreas del Predio Rucamanque. Departamento de Ciencias Forestales, Universidad de La Frontera. Temuco, Chile.

El procedimiento de la selección proporcional al volumen fue el siguiente:

- El volumen bruto presente en cada clase diamétrica se representó en forma porcentual con respecto al volumen bruto total de la especie en el bosque.
- El porcentaje obtenido se expresó en términos de número de árboles por clase de diámetro, al multiplicarlo por el número total de árboles muestras (30 o 75 árboles según la especie), obteniendo así el número de árboles muestra por cada clase de diámetro.

La selección de los árboles en cada clase de diámetro se realizó al azar, tratando de cubrir la variedad de información presente en el bosque tanto en dosel, sanidad, forma y origen entre otros.

Cuando el tamaño y/o distribución diametral de la muestra por especie no fue posible completarla con los individuos de las unidades muestrales, se procedió a seleccionar, al azar, individuos ubicados fuera de ellas hasta completar la muestra, registrando a estos las mismas variables propuesta para los árboles de las unidades muestrales (Salas, 2002 b).

3.3 Extracción de tarugos de incremento.

A cada árbol muestra se le extrajo un tarugo a la altura del *DAP*, sobre la pendiente y en forma perpendicular al fuste tratando de alcanzar la médula (Figura 2a). Esta actividad se ejecutó tomando los cuidados necesarios para evitar roturas del tarugo o desprendimiento de la corteza al momento de la extracción del tarugo (Figura 2b).

Los árboles muestras con pudrición a nivel del *DAP* o inclinación pronunciada no se les extrajo tarugo, siendo reemplazados por otro árbol de la misma especie y clase diamétrica.

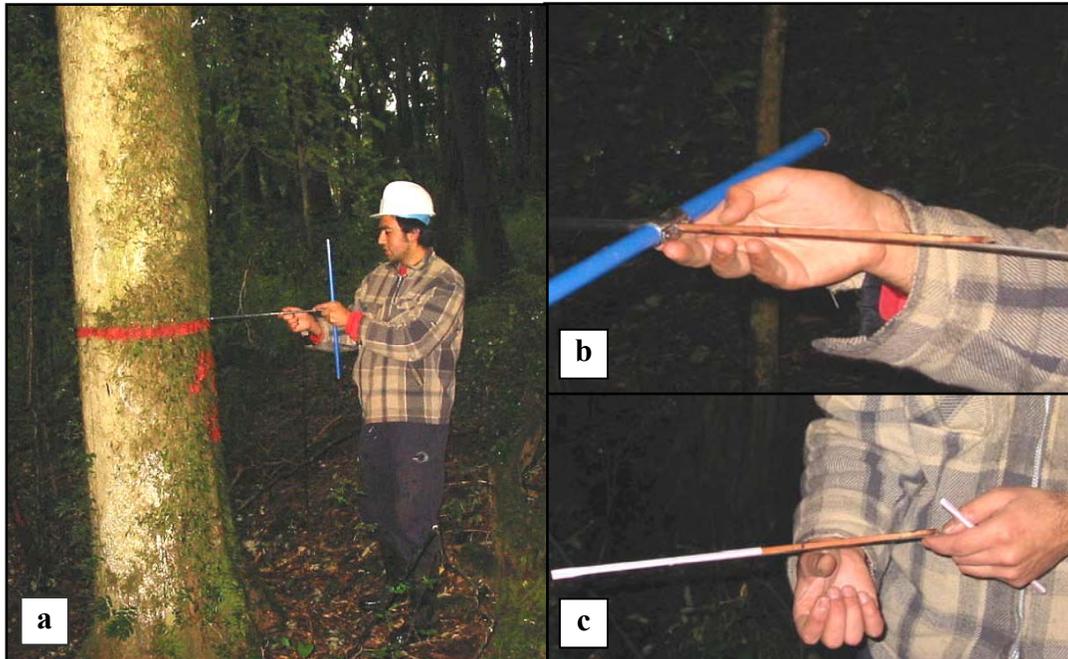


Figura 2. Etapas de la extracción de tarugos de incremento. (a) Inserción del taladro de incremento; (b) extracción del tarugo y (c) guardado del tarugo.

Los tarugos extraídos se guardaron en bombillas plásticas (Figura 2c), de 5 mm de diámetro aproximadamente, para facilitar el transporte y evitar posibles daños (Salas, 2002b). Las bombillas fueron sellada y rotuladas consignando el número del árbol, especie, número de la parcela y número del rodal (Salas, 2002b). El rotulado se realizó en el extremo de la bombilla que contiene la corteza (Phipps, 1985).

3.4 Acondicionamiento y tratamiento de tarugos.

Los tarugos fueron llevados al Laboratorio de Crecimiento Forestal del Departamento de Ciencias Forestales de la Universidad de la Frontera, en donde se les aplicó un acondicionamiento, consistente en un secado, lijado y en algunos casos un tratamiento químico. Cada etapa de dicho acondicionamiento y tratamiento se explica a continuación.

3.4.1 Secado.

Los tarugos se secaron a temperatura ambiente, siendo la finalidad de este proceso otorgar mayor rigidez al tarugo para que soportarán y se facilitarán otros tratamientos de acondicionamiento posteriores (Aguayo *et al.*,2001).

Los tarugos secos se pegaron con adhesivo en molduras de maderas siendo necesario, en esta etapa, identificar el perfil transversal que representa el tarugo en el leño del árbol (Figura 3), lo cual se denota por medio de la diferencia de textura en la superficie del tarugo.

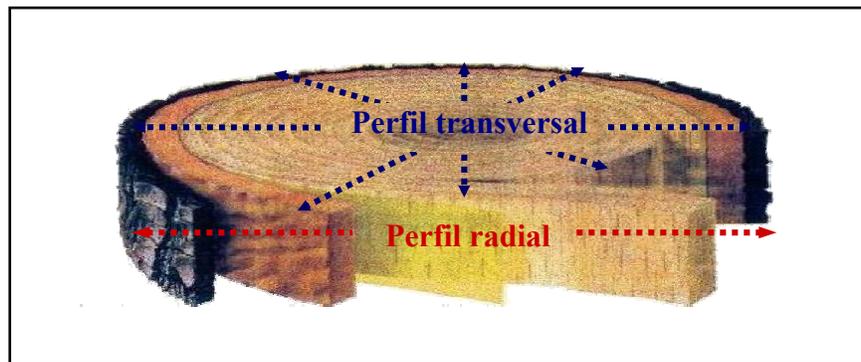


Figura 3. Perfil transversal y radial.

El pegado del tarugo debe dejar expuesto la superficie del perfil transversal y no la radial, ya que es en el perfil transversal donde se visualiza de mejor modo los anillos de crecimiento, evitando posteriores errores en el conteo y medición anillos. En esta misma instancia las molduras se codificaron con la numeración dada a cada tarugo.

3.4.2 Lijado.

Los tarugos se lijaron con cuatro tipos diferentes de lijas (N° 80, N° 180, N° 240 y N° 400) pasando desde la más gruesa a la más fina. La finalidad es mejorar la superficie del tarugo facilitando la visualización y medición de los anillos (Aguayo *et al.*, 2001).

3.4.3 Tratamiento químico.

Según Aguayo *et al.* (2001), esta etapa debe llevarse a cabo cuando aplicados los procesos antes descritos, aún se dificultan la visión de los anillos de crecimiento.

Dentro de las especies estudiadas, sólo los tarugos de Tapa presentaron tal problema por lo que para mejorar el contraste de los anillos se aplicó una solución de phloroglucinol, sustancia especialmente elaborada para teñir anillos en especies de porosidad difusa.

La solución se aplicó con un pincel, dejando reposar por unos 30 segundos, para luego aplicar una solución de ácido clorhídrico al 50%, hasta que los anillos comenzaran a adquirir una coloración rojiza. Luego los tarugos se secaron a temperatura ambiente.

3.5 Medición de edad a nivel del *DAP* y crecimiento radial.

La medición del incremento radial se realizó con un instrumento medidor de tarugos de incremento (Figura 4), perteneciente a la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ) y empleado en el estudio de crecimiento de especies forestales nativas en el marco del Plan de Ordenación de la Reserva Nacional Valdivia (Aguayo *et al.*,2001).



Figura 4. Instrumento medidor de tarugos de incremento.

Este instrumento electrónico digital consta con una lupa estereoscópica y un display de precisión de 0,01 mm que entrega las mediciones de crecimiento radial acumulado del tarugo.

La cuantificación del crecimiento radial se basa en la medición del ancho de los anillos (Figura 5), es decir, distancia entre el comienzo de la madera de primavera y fin de la madera de verano. Aguayo *et al* (2001) establecen que no es necesario hacer más de dos mediciones de crecimiento por tarugo, puesto que una de las ventajas de este instrumento es su gran precisión.

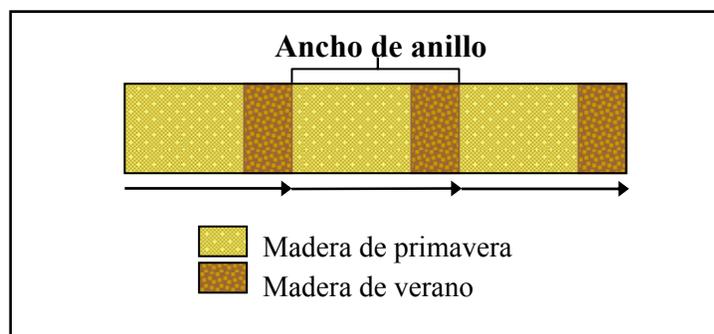


Figura 5. Medición del ancho de anillos de crecimientos.

Por otra parte, la variable de tiempo utilizada corresponde a la *EDAP*, para la cual se adoptó la definición N°3 dada por Nigh (1995). La cuantificación de esta variable se realizó mediante el conteo del número de anillos presente en el tarugo de incremento.

Posterior a la medición y conteo de los anillos, cada tarugo fue clasificado en una de las siguientes categorías:

- Tarugo completo: correspondiente a aquellos tarugos que alcanzaron la médula del árbol (Figura 6a).
- Tarugo incompleto: correspondiente a aquellos tarugos que no alcanzaron el centro y tampoco la médula del árbol (Figura 6b).
- Tarugo incompleto tangencial: correspondiente a aquellos tarugos que si bien llegaron al centro del árbol no alcanzaron la médula, pasando en forma tangencial (Figura 6c).

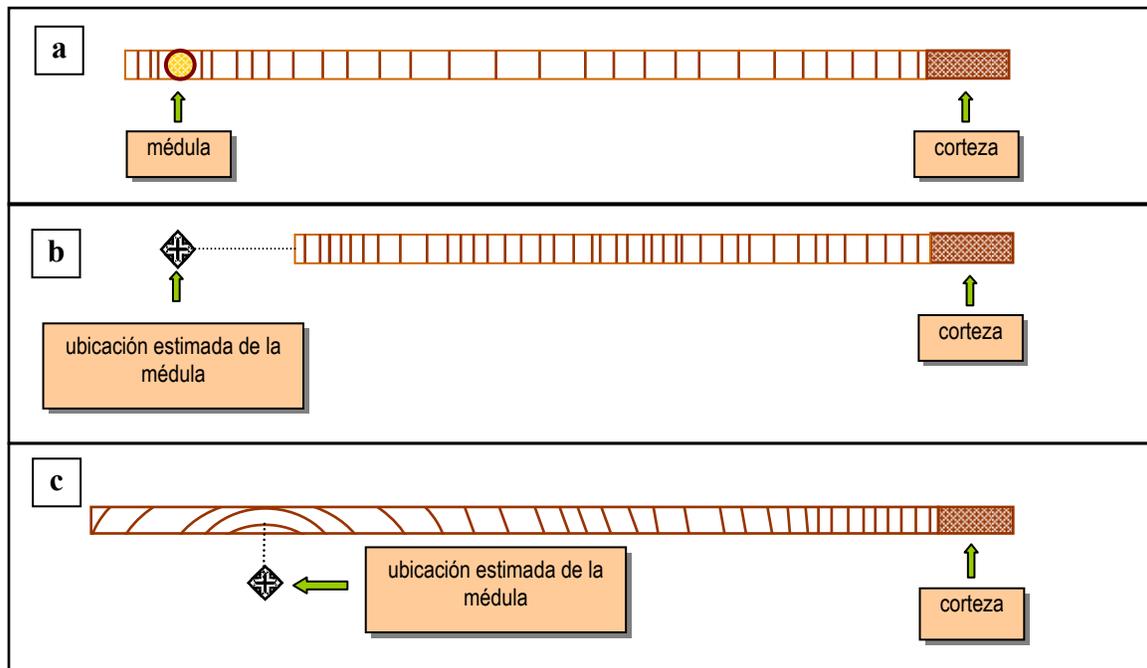


Figura 6. Tipos de tarugos de incremento. (a) tarugo completo; (b) tarugo incompleto y (c) tarugo incompleto tangencial.

El tipo de tarugo, cuantificación del número de anillos y crecimiento radial acumulado, más otras variables del tarugo como el espesor de corteza radial, largo del tarugo sin corteza y distancias laterales para algunos anillos (sólo para tarugos incompleto tangenciales) se registraron en el formulario CREC-01 (Anexo 1).

3.6 Cálculo y estimación de la variable *EDAP*.

Durante esta etapa se estimó la *EDAP* para los tarugos incompletos e incompletos tangenciales. Los tarugos completos no pasaron por esta etapa, ya que estos presentan la totalidad de los anillos y por lo tanto la *EDAP* real, la cual se registró al momento de la medición.

El primer paso fue determinar la porción de radio faltante para alcanzar la médula del árbol (R_f), es decir, la distancia entre el primer anillo registrado en el tarugo y la ubicación estimada de la médula. El cálculo de R_f según el tipo de tarugo fue el siguiente:

- En tarugos incompletos se asumió la ubicación de la médula en el centro del árbol, por lo que R_f se determinó de acuerdo a la siguiente expresión:

$$R_f = ((DAP*10)/2) - LTc \quad (3.1)$$

R_f = radio faltante para alcanzar la médula del árbol (en mm)

DAP = diámetro del árbol medido a 1,3 m de altura (cm)

LTc = largo del tarugo con corteza (mm)

- En tarugos incompletos tangenciales, R_f se estimó a través de una adaptación del método de Liu (1986) para la rectificación de radios en tarugos fuera del centro² (Anexo 2). Esta adaptación se efectuó debido a la deformación que presentaban los tarugos en la sección cercana a la corteza, nula inclinación de algunos anillos y por último, la variabilidad de información que proporciona cada anillo en cuanto a los valores de R_f , debido a un crecimiento poco concéntrico. Esto último hizo necesario obtener un valor promedio de R_f , capturado a través de varias mediciones de distancias laterales a distintos anillos inclinados elegidos aleatoriamente y cercanos al primer anillo del tarugo. La adaptación del método (Anexo 2) permitió rectificar el primer anillo presente en el tarugo, es decir, estimar R_f , y por otro lado, rectificar crecimiento radial de los diez primeros anillos del tarugo.

Obtenido los valores de R_f se procedió a determinar el número de anillos faltantes, por lo cual, para todos los tarugos incompletos e incompletos tangenciales, cuando R_f presentó valores menores o iguales a 5 cm, el número de anillos faltantes se estimó a través del incremento radial promedio de los 10 primeros años presente en el tarugo. Por lo tanto la estimación de la $EDAP$ quedó definida como:

$$EDAP = A_{tar} + \left[R_f / IPAC_{(10)} \right] \quad (3.2)$$

² Denominación dada por Liu (1986) a tarugos incompletos tangenciales.

donde:

$EDAP$ = número de anillo estimados nivel del DAP .

A_{tar} = número de anillos contados en el tarugo.

R_f = porción de radio faltante para alcanzar la médula (mm).

$IPAc_{(10)}$ = incremento radial promedio de los primeros 10 anillos presentes en el tarugos de incremento (mm/año).

Cabe señalar que sólo para tarugos incompletos tangenciales el crecimiento radial ($IPAc_{(10)}$) fue corregido a través de la adaptación del método de Liu (1986) (Anexo 2).

Cuando los tarugos presentaron un R_f mayor a 5 cm, la estimación del número de anillos faltante se realizó a través de un modelo de $EDAP$. Para aplicar este modelo R_f se expresó en diámetro, multiplicándolo por dos. Finalmente la $EDAP$ se estimó como:

$$EDAP = A_{tar} + A_{mod} \quad (3.3)$$

donde:

$EDAP$ = número de anillos estimados nivel del DAP .

A_{tar} = número de anillos contados en el tarugo.

A_{mod} = número de anillos faltantes estimados a través del modelo de $EDAP$.

Para Roble se utilizó un modelo ajustado por Salas y Marinao (2004) para árboles del dosel superior de los renovales del Roble contiguo al bosque adulto mixto. Se recurrió a este modelo producto que el diámetro que representa R_f se encontraba bajo el rango mínimo de distribución diametral de Roble en el bosque adulto mixto. Su utilización se basa en el supuesto de que los árboles de Roble presente actualmente en el bosque adulto fueron árboles que antiguamente formaron parte del dosel superior del bosque en etapa juvenil, o sea en estado de renoval, y por lo tanto, su crecimiento diametral inicial debió haber sido similar a los de los árboles del dosel superior de los renovales actuales del predio considerando además que ambos tipos de bosques se desarrollaron en condiciones de sitio similares.

Debido a que algunos tarugos de Roble presentaban un valor de R_f , expresado en diámetro, mayor al rango superior de diámetro de ajuste del modelo de Salas y Marinao (2004), fue necesario ajustar un nuevo modelo. Este nuevo modelo, al igual que los modelos de las restantes especies, se ajustaron durante el presente estudio, y cuyo procedimiento se explica en la sección 3.6.1.

Sólo para el análisis de la *EDAP*, se eliminaron para Olivillo y Ulmo aquellos tarugos donde faltaba más de 20 cm radio para alcanzar la médula y que representaban menos del 50% del radio del árbol. Para Roble, en cambio, se descartaron aquellos tarugos donde faltaba más de 30 cm y que representaban menos del 50% radio. La *EDAP*, en estos casos, fue estimada a través del modelo ajustado para determinar el número de anillos faltante pero con la diferencia que se aplicó directamente el *DAP* del árbol como variable estimadora de *EDAP*.

3.6.1 Ajuste y validación de modelos de *EDAP*.

Se ajustaron 2 modelos por especie (Cuadro 3), de expresión matemática simple y biológicamente aceptables, de modo que otorgaran confiabilidad al momento de extrapolar. Estos modelos consideran como variable independiente al *DAP*.

Cuadro 3. Modelos de *EDAP* utilizados para el ajuste.

Modelo	Expresión	Fuente
1	$EDAP = b_0 * DAP^{b_1}$	Lorimer (1980)
2	$EDAP = b_0 * \exp(b_1/DAP)$	Salas y Marinao (2004)

donde:

b_0, b_1 = coeficientes de los modelos

EDAP = número de anillos a la altura de 1.3 m

DAP = diámetro a la altura de 1.3 m

El ajuste de los modelos se realizó a través de un análisis estadístico general, utilizando datos de *EDAP* real proporcionados por tarugos completos y datos de *EDAP* estimados provenientes de tarugos incompletos tangenciales con un R_f menor a 2,5 cm para Tapa, Laurel, Lingue, y Olivillo, y menor a 5 cm para Ulmo. Para Roble, el ajuste se realizó con la unión de datos de *EDAP* provenientes de árboles del dosel superior de los renovales, más los datos estimados de *EDAP* con el modelo ajustado por Salas y Marinao (2004).

El procedimiento para la selección del mejor modelo fue el siguiente:

- a) *Análisis gráfico*: se efectuó un análisis gráfico de los datos a través de gráficos de caja y diagrama de dispersión. El primero permitió apreciar la dispersión del conjunto de datos e identificar valores atípicos; es decir, observaciones que se alejan de manera poco usual del resto de los datos (Montgomery y Runger, 1996), los cuales fueron eliminados y el segundo permitió apreciar el grado de correlación.
- b) *Ajuste de modelos*: el ajuste del modelo 1 se realizó a través del método de mínimos cuadrados ordinarios (Visauta, 1997), en cambio el modelo 2, de tipo no lineal, se ajustó a través de algoritmos de estimación iterativos del método de Levenberg-Marquardt (Visauta, 1998). Ambos modelos se ajustaron con el programa estadístico SPSS versión 9.0.
- c) *Validación de los modelos*: Por medio de una autovalidación con los datos de ajuste se determinó la capacidad predictiva de los modelos a través de indicadores de exactitud y sesgo como es el error cuadrático medio (ECM) y la diferencia agregada (DA) respectivamente (Salas, 2002a).

Error cuadrático medio (ECM)

$$ECM = \left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (EDAP_i - EDAP_{est_i})^2}{n}} \right) \quad (3.4)$$

Diferencia agregada (DA)

$$DA = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (EDAP_i - EDAP_{est_i})}{n} \right) \quad (3.5)$$

Donde:

n = número de observaciones de la muestra.

$EDAP_i$ = $EDAP$ observada para la i -ésima observación.

$EDAP_{est_i}$ = $EDAP$ estimada para la i -ésima observación.

d) Selección del modelo: Se aplicó la metodología propuesta por Salas (2002) para la selección de modelos, la cual consiste en realizar un ranking de los mejores modelos, asignando el valor de 1 al modelo ajustado de menor valor de ECM, hasta completar la asignación de todos los modelos. Igual procedimiento se realiza a la DA, asignando el valor de 1 a la ecuación ajustada con DA más cercana a 0. Finalmente, los puntajes son sumados, siendo el modelo con menor puntaje el más exacto, razón por lo cual fue seleccionado como mejor modelo. Cuando los modelos ajustados presentaron igual puntaje, se optó por seleccionar aquel modelo que presentaba mayor coeficiente de determinación (R^2).

3.7 Cálculo del incremento diametral.

Las mediciones de crecimiento radial acumulado fueron transformadas a crecimiento diametral acumulado. Con estos datos, se procedió al cálculo de los parámetros de crecimiento para cada anillo o $EDAP$ del tarugo, a nivel de árbol individual. Estas variables fueron: el incremento anual corriente (ICA), incremento medio anual (IMA) calculado sólo para tarugos completo, e incremento anual periódico (IPA) para los periodos de 3, 5, 10 20, 30 y 40 años.

Las expresiones matemáticas para el cálculo de cada uno de los incrementos (Prodan *et al.*, 1997) son los siguientes:

a) Incremento anual corriente $ICA = df - di$ (3.5)

donde:

df = crecimiento diametral acumulado final

di = crecimiento diametral acumulado inicial

b) Incremento medio anual $IMA = \frac{de}{e}$ (3.6)

donde:

de = crecimiento diametral acumulado a cierta *EDAP*

e = *EDAP*

a) Incremento anual periódico $IPA = \frac{df - di}{p}$ (3.7)

donde:

df = crecimiento diametral acumulado final

di = crecimiento diametral acumulado inicial

p = número de años del periodo (3,5, 10,20,30 y 40 años)

En tarugos incompletos tangenciales, sólo se trabajó con la sección del tarugos donde los anillos se hacen recto (Figura 7) ya que las mediciones de los anillos inclinado provocan sobreestimación del crecimiento (Liu, 1986). Esta restricción sólo permitió calcular el ICA e IPA.

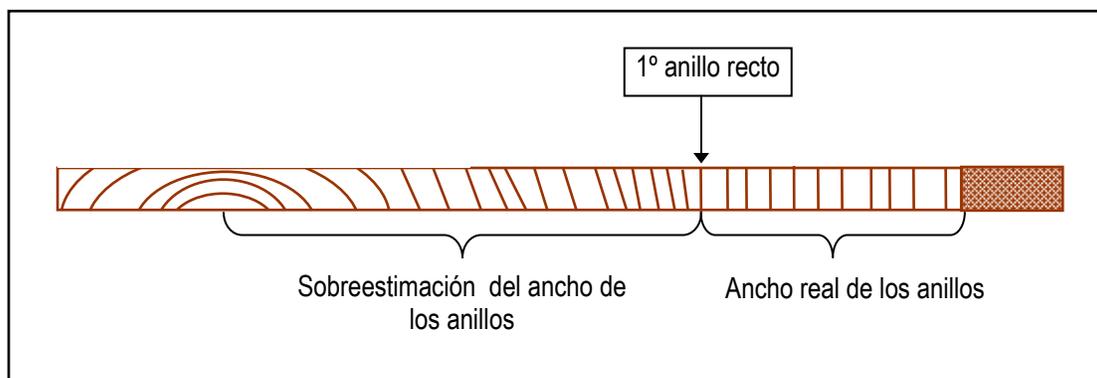


Figura 7. Formas de anillos en tarugos incompletos tangenciales.

Del total de incremento calculado a cada tarugo, se seleccionaron para el análisis final las siguientes variables:

- Las series de rendimiento, es decir, el crecimiento diametral acumulado de cada tarugo, medido en cm.
- Series de incremento del IPA40, es decir el incremento diametral para un periodo de 40 años, registrado para cada anillo del tarugo.
- IPA de los últimos 10 y 40 años.

La selección del incremento periódico (IPA) como variable de análisis del crecimiento, se debió a que su cálculo no dependía del tipo de tarugo, situación que no fue posible para el IMA en tarugos que no llegaron a la médula, evitando de este modo, cualquier tipo de estimación en el crecimiento. Se desechó además el ICA por su gran irregularidad, condición que no permitía apreciar claramente una tendencia del incremento.

Para el análisis de las series de incremento se consideró el IPA40 años, debido a la longevidad que pueden alcanzar las especies estudiadas, lo cual hace necesario incorporar períodos más prolongados, y por otro lado, las curvas para este periodo mantienen tendencias más estables y claras, permitiendo una mejor interpretación del incremento en el tiempo. Sin embargo, para el análisis de incremento actual se incluyó el IPA10, por ser una de las variables comúnmente utilizada en estudios de crecimiento diametral, constituyendo un parámetro base para la comparación.

4. RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción de la muestra.

La muestra por especie quedó conformada finalmente por 77 individuos de Olivillo, 33 de Tapa, 31 de Lingue y 30 árboles de Roble, Ulmo y Laurel.

Para Laurel, Ulmo y Roble, la muestra se completó con individuos seleccionados fuera de las unidades muestrales, en tanto la mayor presencia de individuos de Olivillo, Tapa y Lingue dentro de éstas, permitió completar sin problemas el tamaño muestral requerido, la cual incluso fue aumentada levemente, dada las condiciones favorables para la selección.

La selección proporcional al volumen por clase diamétrica, resultó ser adecuada permitiendo una representación con al menos un individuo por clase diamétrica, manteniendo, en general, una similitud en la proporcionalidad y tendencia del volumen total bruto del bosque para todas las especies estudiadas (Figura 8).

El porcentaje volumétrico de la muestra se concentró principalmente en las clases diamétricas donde se encuentra el mayor volumen porcentual del bosque, sin embargo en todas las especies se presenta al menos una clase diamétrica donde el volumen porcentual muestral resultó ser levemente superior al del bosque. Esto se debe básicamente al número de árboles seleccionados y al gran desarrollo que pueden alcanzar los individuos de clases diamétricas superiores, los cuales a nivel individual pueden llegar a duplicar en volumen a los árboles de las clases diamétricas baja y por lo tanto mantienen una alta representación con respecto al volumen total de la muestra.

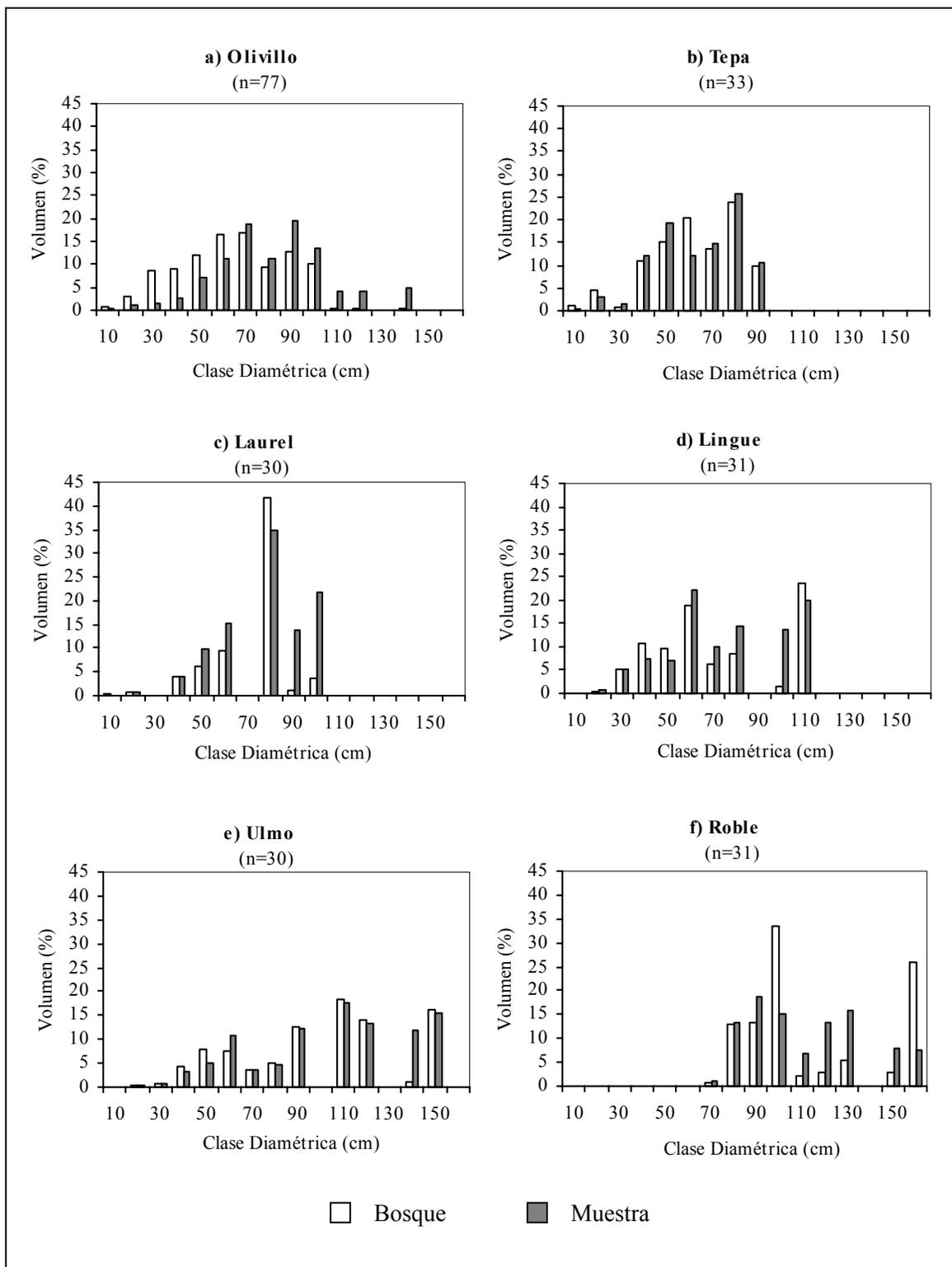


Figura 8. Proporción volumétrica de la muestra por especie.

El porcentaje del tipo de tarugo, extraído al total de muestra (231 individuos) se resume en la siguiente figura.

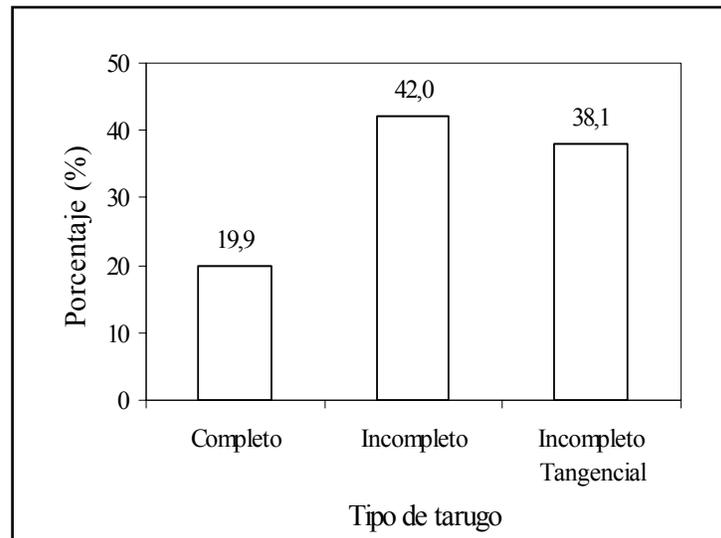


Figura 9. Tipo de tarugos extraídos a árboles muestras.

Un alto porcentaje de tarugos (80,1%) no alcanzaron la médula (Figura 9). La categoría correspondiente a tarugos incompletos presentó la mayor proporción, a consecuencia de la dureza de la madera que impidió la entrada normal del taladro de incremento, acrecentado además por el gran desarrollo diametral de algunas especies. Similar apreciación realiza Lorimer (1980). Este tipo de tarugo se presentó en la totalidad de individuos de Roble, así como en algunos individuos de Olivillo y Ulmo. Por otro, lado el alto grado de pudrición central (a pesar de un aparente buen estado sanitario externo) presente en la gran parte de los individuos de Ulmo, condicionó la extracción de este tipo de tarugo.

Los tarugos incompletos tangenciales presentaron un porcentaje levemente inferior (38,1%), representado mayoritariamente en Tapa y Laurel debido posiblemente a que los anillos de crecimiento de estas especies (independiente de la forma del fuste) no se disponen concéntricamente alrededor del árbol por lo que la médula se desplaza de su ubicación central o simplemente producto de una mala maniobrabilidad del taladro al momento de tarugar.

El 19,9% correspondió a tarugos completos, cuya extracción se concentró principalmente en aquellos individuos de las clases diamétricas inferiores (bajo los 50 cm) de especies de maderas blandas, como Lingue, Olivillo, Laurel y Tapa. El bajo porcentaje de tarugos completos, y por ende el alto porcentaje de tarugos que no alcanzaron la médula, dejan de manifiesto una de las problemáticas al trabajar con tarugos de incremento (Gutiérrez, 2002) y por otro lado evidencian la variabilidad y complejidad que presentaría el bosque en avanzado estado de desarrollo al momento de implementar y ejecutar este tipo de estudios. Sin embargo el porcentaje obtenido resulta ser bueno si se considera la diversidad de condiciones que pueden presentar los individuos en el bosque, las que en general no son favorables para la extracción de este tipo de tarugo. En términos comparativos, sin embargo, no es posible reafirmar o rechazar lo favorable del resultado obtenido, dada la poca claridad o simplemente la nula alusión sobre la cantidad de tarugos extraídos con igual características, en estudios similares.

4.2 Modelos de *EDAP*.

Los modelos ajustados y seleccionados por especie permitieron estimar y completar el número de anillos faltantes en algunos tarugos sin médula, satisfaciendo de este modo los propósitos del presente estudio.

Debido al escaso porcentaje de tarugos completos, los que proporcionaron datos de *EDAP* real, fue necesario incluir para el ajuste, datos de *EDAP* provenientes de tarugos incompletos tangenciales, lo cual permitió aumentar el tamaño de muestra por especie y así lograr un mejor ajuste de los modelos. Los estadígrafos descriptivos de la muestra utilizada se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Estadísticos descriptivos de la muestra para ajuste y validación de modelos de *EDAP*.

Estadígrafos Descriptivos	Olivillo		Tepa		Laurel		Lingue		Ulmo		Roble	
	DAP (cm)	EDAP (años)										
n	43	43	27	27	18	18	11	11	11	11	50	50
Promedio	35,8	201,3	30,1	150,5	43,4	185	30,5	108,3	31,5	168	62,8	169,4
Mínimo	10,5	69	7	38	6,4	21	7,7	19	9,7	84	27,2	60
Máximo	89,2	366	69	266	86,1	363	58	180	67,6	353	125,5	410
Desv. Est	21,7	85,0	19,2	74,9	27,1	114,4	17,9	59,2	20,3	91,2	25,5	117,6
CV (%)	60,6	42,2	63,8	49,7	62,5	61,8	58,6	54,6	64,5	54,3	40,6	69,5

Para Olivillo, Roble y Tepa se logró reunir con un mínimo de datos aceptable para el ajuste. Las dos variables utilizadas, *DAP* y *EDAP*, no presentaron datos atípicos ni extremos que pudieran incidir negativamente en el ajuste, pero sí una alta variabilidad viéndose reflejado en valores del coeficiente de variación (CV%) superiores al 40 % (Cuadro 4).

Los dos modelos ajustados por especie con sus respectivos indicadores de validación se presentan en el anexo 3, en tanto el modelo finalmente seleccionado se presenta a continuación en el cuadro 5.

Cuadro 5. Modelos de *EDAP* seleccionados para las especies en estudio.

Especie	Modelo	R ²	ECM (%)	DA (%)
Olivillo	$EDAP = 20,876121 * DAP^{0,641204}$	0,82675	15,70%	1,37%
Tepa	$EDAP = 10,646170 * DAP^{0,786984}$	0,91508	16,82%	0,33%
Laurel	$EDAP = 480,9088472 * \exp(-35,3862994/DAP)$	0,88721	20,17%	2,99%
Lingue	$EDAP = 246,6627081 * \exp(-20,40251201/DAP)$	0,90966	15,66%	-0,05%
Ulmo	$EDAP = 12,096915 * DAP^{0,76922}$	0,95842	12,36%	1,00%
Roble	$EDAP = 1024,862824 * \exp(-112,0580369/DAP)$	0,91055	20,57%	0,84%

En términos generales todos los modelos seleccionados (Cuadro 5) presentaron un alto coeficiente de determinación (R^2), expresándose con un valor máximo de 0,958 en el modelo de Ulmo. Los valores del R^2 para el modelo de Olivillo y Tapa resultaron ser levemente superiores a los registrados por Neumann (2001), lo cual demuestra una mejor relación entre *DAP-EDAP* que *DAP*-edad, resultado evidente si se considera por definición cualquier aumento en la *EDAP*, o sea la aparición de nuevo anillo de crecimiento, involucra necesariamente un aumento en el *DAP*.

A pesar de ejecutar una autovalidación, los modelos seleccionados presentaron un ECM moderadamente alto, fluctuando entre un 12,36% para el modelo de Ulmo y un máximo de 20,57% para Roble, tales valores son el resultado de la alta variabilidad del *DAP* y *EDAP* en la muestra utilizada. Contrariamente al ECM y producto de la autovalidación, los modelos seleccionados presentaron bajos sesgos, expresándose en valores porcentuales de la DA inferiores al 3%. Los resultados de DA indican que cinco de los modelos subestiman *EDAP*, la excepción corresponde al modelo de Lingue, el cual presenta una DA negativa. En términos comparativos, los estudios de edad que realizan un análisis de regresión para estimar de edad de algunos árboles, no alcanzan la etapa de validación, en estos sólo se realiza un análisis en donde el R^2 es considerado como estadígrafo indicador y decidor de la ventaja del modelo ajustado.

La revalidación a futuro de estos modelos con un mayor tamaño de la muestra, utilizando exclusivamente información de tarugos completo, u otra fuente de datos alternativa como puede ser el aprovechamiento de árboles caídos o simplemente la aplicación de metodologías destructivas a través del volteo de árboles permitirían hacerlas más consistentes y confiables.

4.3 Caracterización de la *EDAP*.

Con la información procedente de tarugos completos, más la estimación de la *EDAP* en aquellos tarugos que no alcanzaron la médula (sección 3.6), se pudo determinar finalmente la *EDAP* para cada individuo por especies. En el cuadro 6 se presenta los estadígrafos descriptivos para la *EDAP*.

Cuadro 6. *EDAP* promedio por especie con sus respectivos estadísticos descriptivos.

Estadígrafos Descriptivos	Olivillo		Tepa		Laurel		Lingue		Ulmo		Roble	
	EDAP (años)	DAP (cm)										
n	77	77	33	33	30	30	31	31	30	30	30	30
Media	268,6	53,5	176,2	37,3	230,5	54,1	162,3	47,6	269,7	58,8	341,3	101,3
Mínimo	69	10,5	38	7	21	6,4	19	7,7	84	9,7	262	72
Máximo	489	137,2	333	85,4	413	102,3	362	107,5	556	145	500	156,5
Desv. Est.	112,2	30,3	88,8	23,9	114,5	28	80,8	23,9	137	36,8	66,6	21,3
CV (%)	41,8	56,7	50,4	64,2	49,7	51,8	49,8	50,3	50,8	62,6	19,5	21

Según los estadísticos obtenidos para la *EDAP* de cada especie, Roble presenta actualmente la mayor *EDAP* promedio, con 341 años, con una variabilidad menor al 20% para un rango diametral de 72 a 156,5 cm. Antecedentes de edad proporcionados por Neumann (2001) para esta especie, no pueden ser utilizados para efectos de comparación, ya que solo considera un individuo, lo cual no refleja la edad que puede alcanzar la especie en el bosque. Esto sin duda constituye un grave error, si se considera primordial determinar con consistencia la edad de una de las especies formadora del bosque actual, tomando en cuenta además su avanzado estado de desarrollo. Por otra parte las edades determinadas por Donoso (1988), Núñez *et al.* (1992), Donoso *et al.* (1993), Marín (2002), Tapia (2003) para los renovales de Roble resultan ser obviamente muy inferiores, esperándose que en 200 a 300 años más, aproximadamente, de no mediar alteraciones naturales o antrópicas, puedan alcanzar una condición similar a la de un bosque adulto.

Por debajo de Roble se encuentra Ulmo, con una *EDAP* promedio de 269 años, presentando una alta variabilidad (sobre 50 %) y amplio rango diamétrico muestral. La gran diferencia de *EDAP* con respecto a Roble, radica en que Ulmo presenta individuos más jóvenes

establecidos actualmente en el dosel medio del bosque, no así Roble que sólo está representado en el dosel superior.

De acuerdo a los máximos valores de *EDAP*, Ulmo y Roble presentan los individuos más longevos existentes actualmente en el bosque con 556 y 500 años respectivamente, ratificando para ambas la condición de especies primarias del bosque. Sin embargo, la discrepancia entre los valores máximo de *EDAP* y la dinámica sucesional de este bosque, la cual establece la aparición en primera instancia de Roble junto a algunas especies invasoras originales como Ulmo (Veblen y Donoso, 1987), tendrían posiblemente su explicación en procesos naturales habrían provocado la muerte y desaparición de los individuos de Roble de más avanzada *EDAP*. La longevidad mostrada por Ulmo y Roble es alta en comparación con la longevidad que pueden alcanzar otras especies forestales en bosques adultos. Gutiérrez (2002) por ejemplo para una bosque adulto del tipo forestal Siempreverde determinó que los individuos más longevos poseían 498 y 382 años correspondiente a *Saxegothaea conspicua* (Mañío hembra) y *Weinmannia trichosperma* (Tineo), respectivamente.

Similar a la *EDAP* promedio de Ulmo, muestra Olivillo con 268 años, valor que resulta ser superior a los valores promedio determinado por Neumann (2001) aunque para un rango diamétrico mucho menor (6,6 a 77 cm), evidenciando el mayor grado de antigüedad que alcanza la especie dentro del bosque en estudio. Por otro lado la longevidad que puede llegar a alcanzar Olivillo en condiciones naturales, con una *EDAP* máxima de 485 años, no deja de ser despreciable.

Laurel, por su parte presenta una *EDAP* promedio de 230 años, con un valor máximo de 413 años y una alta variabilidad, que alcanza un 49,8%.

Tepa y Lingue presentan una *EDAP* promedio más baja en relación con las restantes especies estudiadas, con valores de 176 y 162 años, respectivamente. Tepa, alcanza un valor promedio comparativamente mayor al registrado por Neumann (2001), para un rango diametral similar, sin embargo, esta comparación puede resultar poco consistente dado el

escaso número de árboles muestreado por el autor. Lingue, por su parte, si bien presenta valores máximos más altos que Tapa, su promedio en *EDAP* es levemente inferior.

La supremacía en más de 90 años, de los valores máximos y promedio, de Olivillo con respecto a Tapa y Lingue no concuerdan con lo que se podría esperar para estas especies, ya que para su condición de especies tolerantes, la teoría sucesional establece que son las últimas en establecerse, por lo cual se presume una *EDAP* similar entre ellas. Sin embargo, esta diferencia parece ser normal en bosques adultos de Roble-Laurel-Lingue, lo cual queda ratificado en los resultados entregados por Neumann (2001), donde Olivillo alcanzó una edad mayor, con una diferencia de al menos 96 años, tanto en los valores máximo y promedio, con respecto a Tapa.

En cuanto a la dispersión de la *EDAP* de la muestra (Figura 10), las especies Olivillo, Laurel, Ulmo, Tapa y Lingue, presentaron una amplia y alta variabilidad de *EDAP*, lo cual se debe a la presencia de regeneración..

Roble presentó una dispersión de *EDAP* más homogénea, con una amplitud o rango de menor, debido a que no presenta actualmente individuos jóvenes en el bosque. Esta especie muestra datos atípicos de *EDAP*, los cuales si bien desde el punto de vista estadístico debieron ser eliminados para el análisis, se incluyeron, ya que éstos no serían atípicos desde el punto de vista forestal puesto que representan árboles viejos pocos frecuentes.

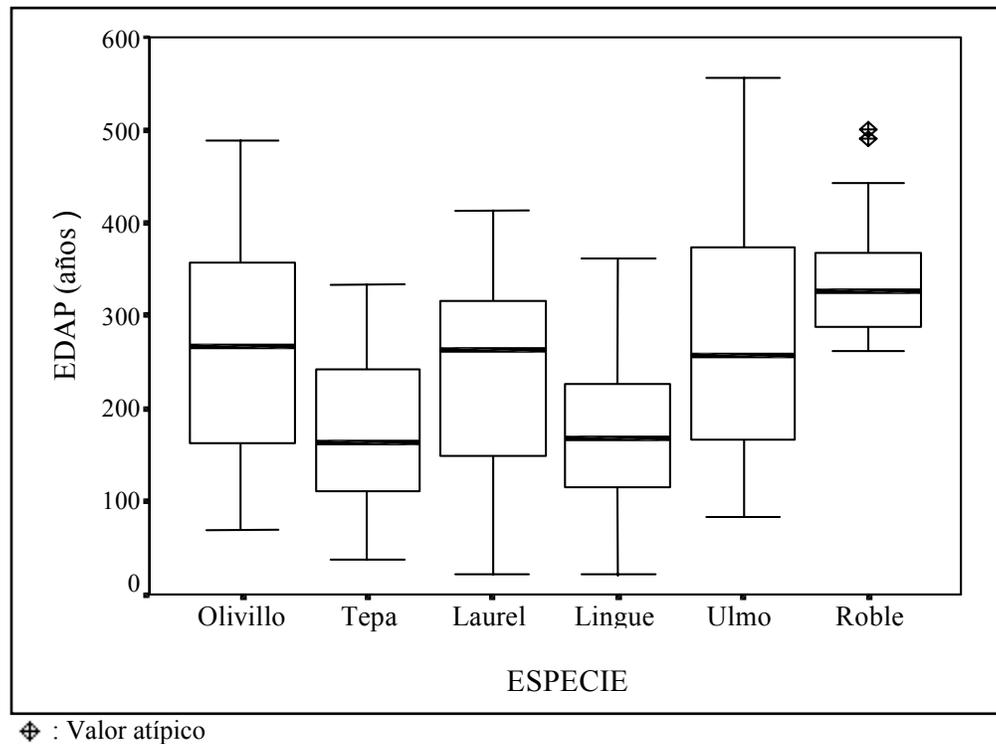


Figura 10. Gráficos de caja para la *EDAP* por especie.

Según los valores máximos (límite superior del gráfico de caja), algunos individuos de Olivillo, Laurel, Ulmo y Roble sobrepasan los 400 años, coincidiendo con el tiempo estimado por Donoso (1993) para que un bosque de Roble-Laurel-Lingue que tras un largo proceso sucesional esté próximo al clímax. Los individuos más longevos de Lingue y Tapa, en cambio no sobrepasan los 400 años. El análisis numérico indicaría que ambas habrían sido las últimas especies en incorporarse al bosque, razonamiento que pierde total validez por no considerar la mortalidad, proceso natural que suele ser común en estos bosques dada su alta competencia, o bien alteraciones antrópicas que pudieran haber influido en la composición inicial del bosque.

En cuanto a los niveles mínimos, lo más destacable lo muestra Roble donde el último individuo regenerado sobreviviente, tendría alrededor de los 250 años, lo cual evidencia que actualmente en el bosque, Roble no estaría recibiendo las condiciones necesarias para su regeneración, la cual según su autoecología está dada por requerimiento de luz, por lo

tanto se espera que esta especie tienda a desaparecer a menos que ocurran alteraciones exógenas a gran escala (Veblen y Donoso, 1987).

En general, la escasa información de edad existente para las especies estudiadas, limita la base informativa para efecto de comparación, lo cual impide discutir con más detalles los antecedentes proporcionados en este estudio. Si bien Neumann (2001), es uno de los pocos autores que proporciona valores consistentes para algunas especies, sus registros están basados en la edad, variable que difiere de la *EDAP*, por lo que la comparación entre ambas si bien no es la ideal, toma relevancia para reafirmar la supremacía en años que alcanzaron, en el presente estudio, Olivillo y Tapa evaluado en términos de *EDAP*, ya que al ser una variable de tiempo registrada a mayor altura (1,3 m) biológicamente presenta un menor número de anillos que el evaluado a nivel de suelo, por lo tanto su expresión en términos de edad haría suponer un aumento del número de años, lo cual acrecentaría aún más la diferencia con los valores de edad entregado por Neumann (2001).

4.4 Caracterización del crecimiento diametral.

4.4.1 Desarrollo diametral.

Con el crecimiento diametral acumulado obtenido de las mediciones efectuadas en tarugos de incremento se definieron curvas o series de rendimiento a nivel de árbol individual agrupada por especie, las cuales se presentan en la figura 11.

Olivillo presenta un desarrollo diametral lento, alcanzando un diámetro de 50 cm a una *EDAP* entre los 200 y 320 años y un diámetro de 100 cm sobre los 400 años (Figura 11a). Las curvas de rendimiento muestran además a individuos con un desarrollo diametral que superan la tendencia normal del conjunto curvas, lo que puede ser efecto de un desarrollo bajo condiciones favorables, muestra de ello es que los 50 cm y 100 cm de diámetro lo alcanzan cerca de los 120 y 350 años respectivamente. Al observar los primeros 100 años de *EDAP*, también queda en evidencia el bajo desarrollo diametral donde esta especie alcanza un diámetro de 10 a 30 cm aproximadamente.

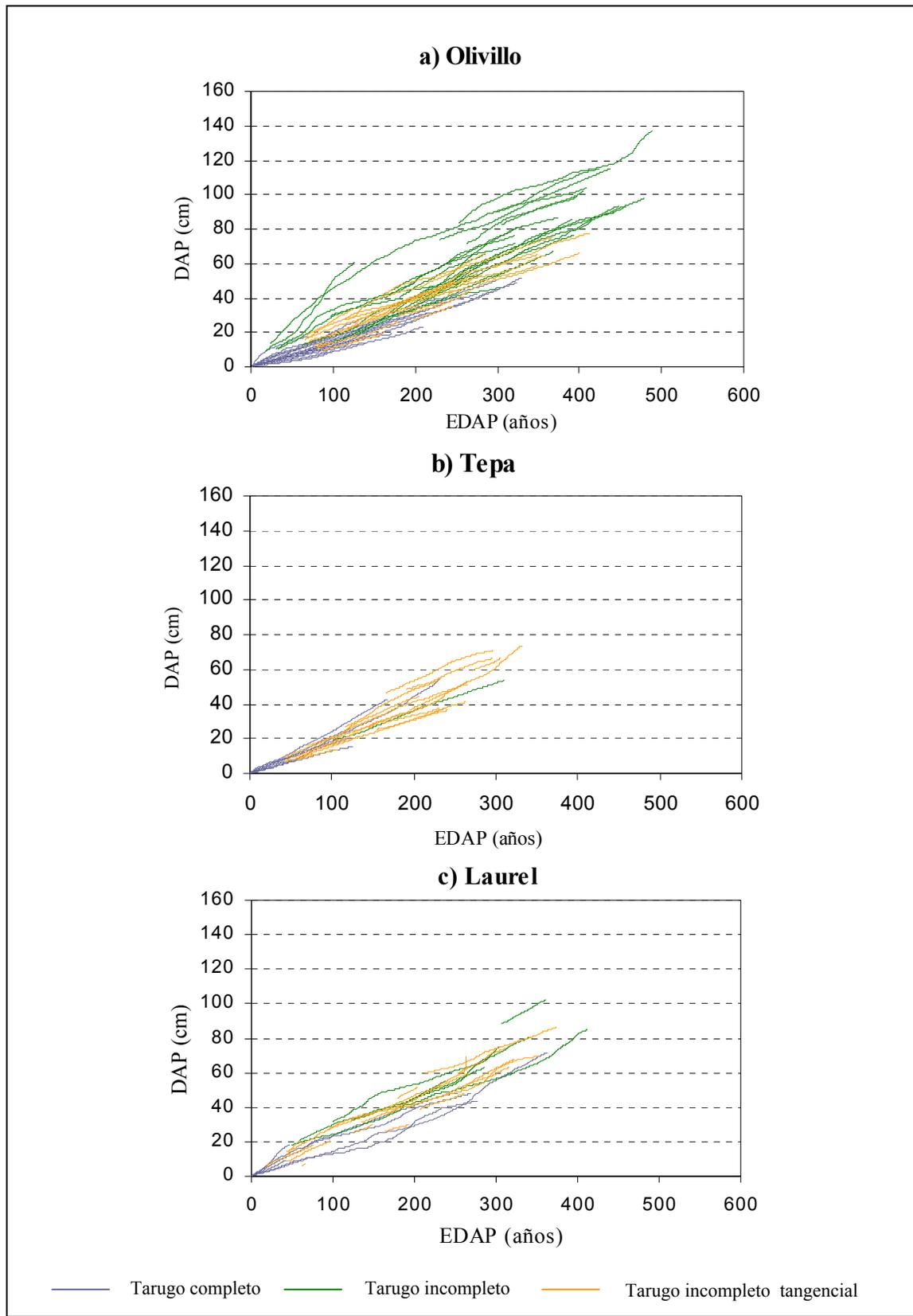


Figura 11. Curvas de rendimiento diametral por especie.

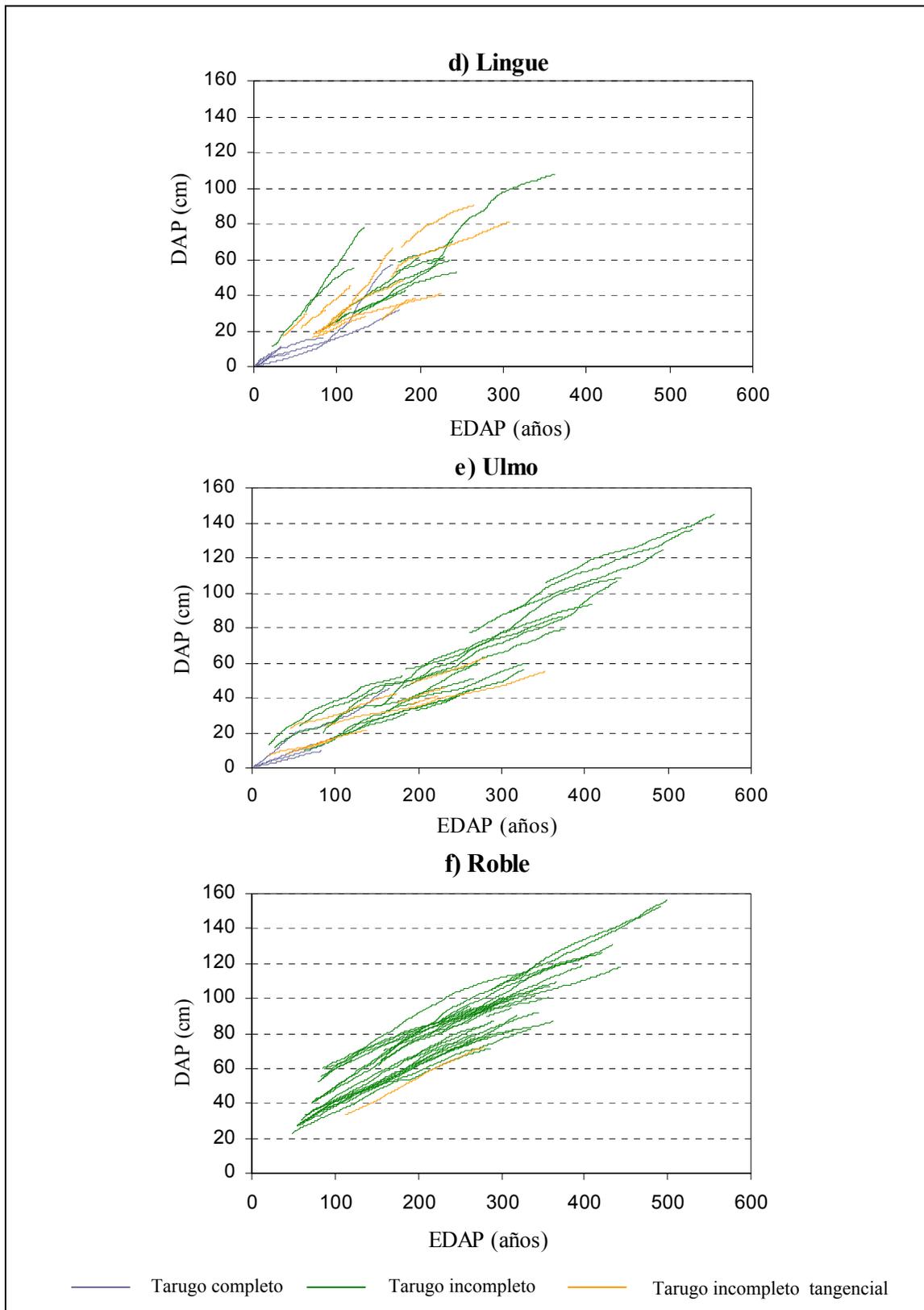


Figura 11. (Continuación).

Las curvas de rendimiento de Tapa (Figura 11b) se presentan claramente más homogéneas que en Olivillo, alcanzando un diámetro máximo cercano a los 75 cm de diámetro a una *EDAP* de 330 años aproximadamente, en tanto un *DAP* de 50 cm lo alcanza entre los 190 y 290 años, aproximadamente, situación muy similar a Olivillo. El bajo desarrollo diametral también lo evidencia en las etapas temprana donde a los 100 años puede alcanzar diámetros de 15 a 25 cm aproximadamente.

Por otra a parte, Laurel (Figura 11c), presenta curvas de rendimiento poco homogéneas, alcanzando un *DAP* de 50 cm entre los 170 y 270 años, aproximadamente, en cambio los 100 cm lo hace a los 350 y más años. Durante los primeros 100 años, Laurel alcanza un diámetro máximo entre los 15 a 30 cm aproximadamente.

De acuerdo a la figura 11d, Lingue presenta gran variabilidad en curvas de rendimiento y un alto desarrollo diametral, constituyendo junto a Roble una de las especies estudiadas de mayor productividad. Esta especie alcanza un *DAP* de 50 cm entre los 90 y 190 años, aproximadamente, en tanto los 100 cm lo alcanza a los 310 años, aproximadamente, tiempo menor al que alcanza Olivillo, Tapa y Laurel para los mismos diámetro. A una *EDAP* 100 años se puede apreciar que esta especie alcanza un diámetro de 16 a 60 cm, ratificando de este modo su alto rendimiento en diámetro, condición que podría indicar una alta capacidad para aprovechar recursos lumínicos ante pequeñas apertura del dosel, condición que además es necesaria para su regeneración y establecimiento.

El desarrollo diametral para Ulmo se prolonga actualmente sobre los 500 años, alcanzando diámetros de 140 cm aproximadamente (Figura 11e). Esta especie alcanza un diámetro de 50 cm entre los 180 y 320 años, aproximadamente, rango muy similar al de Olivillo. Los 100 cm, en cambio, lo consigue entre los 350 y 420 años, aproximadamente, siendo similar a los rangos establecidos para Olivillo y Laurel. A los 100 años, Ulmo puede alcanzar un diámetro de 17 a 35 cm, rango levemente superior al de Olivillo, Tapa y Laurel e inferior a Lingue y Roble para la misma *EDAP*.

Roble, muestra series de rendimientos muy irregulares y distribuidas en forma paralela (Figura 11f), lo que de algún modo indicaría que muchos de los árboles actuales del bosque adulto pudieron no haber sido árboles dominantes toda su vida. Esta especie logra un desarrollo diametral hasta 150 cm a los 480 años, aproximadamente. Además, muestra alta tasa de crecimiento, alcanzando los 50 cm de diámetro entre los 120 y 180 años, aproximadamente, en tanto los 100 cm lo consigue a una *EDAP* entre los 240 y 350 años. A los 100 años, también se corrobora el buen desarrollo, alcanzando diámetro de entre 35 y 60 cm.

4.4.2 Tendencia de los modelos según series de rendimiento.

Al sobreponer la tendencia de los modelos seleccionados (Cuadro 5) junto a las series de rendimiento, a las cuales para efecto del análisis se les invirtió las variables dejando la *EDAP* en función del *DAP*, exhibieron gráficamente una estrecha relación por lo menos dentro de los rangos de ajuste de cada modelo (Figura 12).

Si se analiza detalladamente los modelos de Laurel y Lingue (Figuras 12c y 12d respectivamente) manifiestan sobre el límite superior del rango de ajuste, 86,1 y 58 cm de *DAP* respectivamente, una tendencia más baja en relación con las series de rendimiento, lo mismo sucede bajo el límite diametral mínimo de ajuste (6,4 cm para Laurel y 7,7 cm para Lingue). Por lo anterior, estos modelos no otorgarían información confiable al momento de extrapolar, por lo cual su uso sólo es aconsejable para individuos cuyo *DAP* se encuentre dentro del rango de ajuste.

El modelo de Roble (Figura 12f), muestra una buena relación sobre los 60 cm de *DAP* aproximadamente, bajo este evidencia una subestimación de la *EDAP*. Lo importante es que en este caso para individuos de Roble del bosque adulto, donde la distribución diametral se sitúa dentro de un rango de 72 y 156,5 cm, el modelo muestra una buena relación con las series de rendimiento. Por lo tanto el uso de este modelo debería ser sólo para individuos del bosque adulto a pesar que su ajuste y validación involucrara la *EDAP* de individuos del renoval.

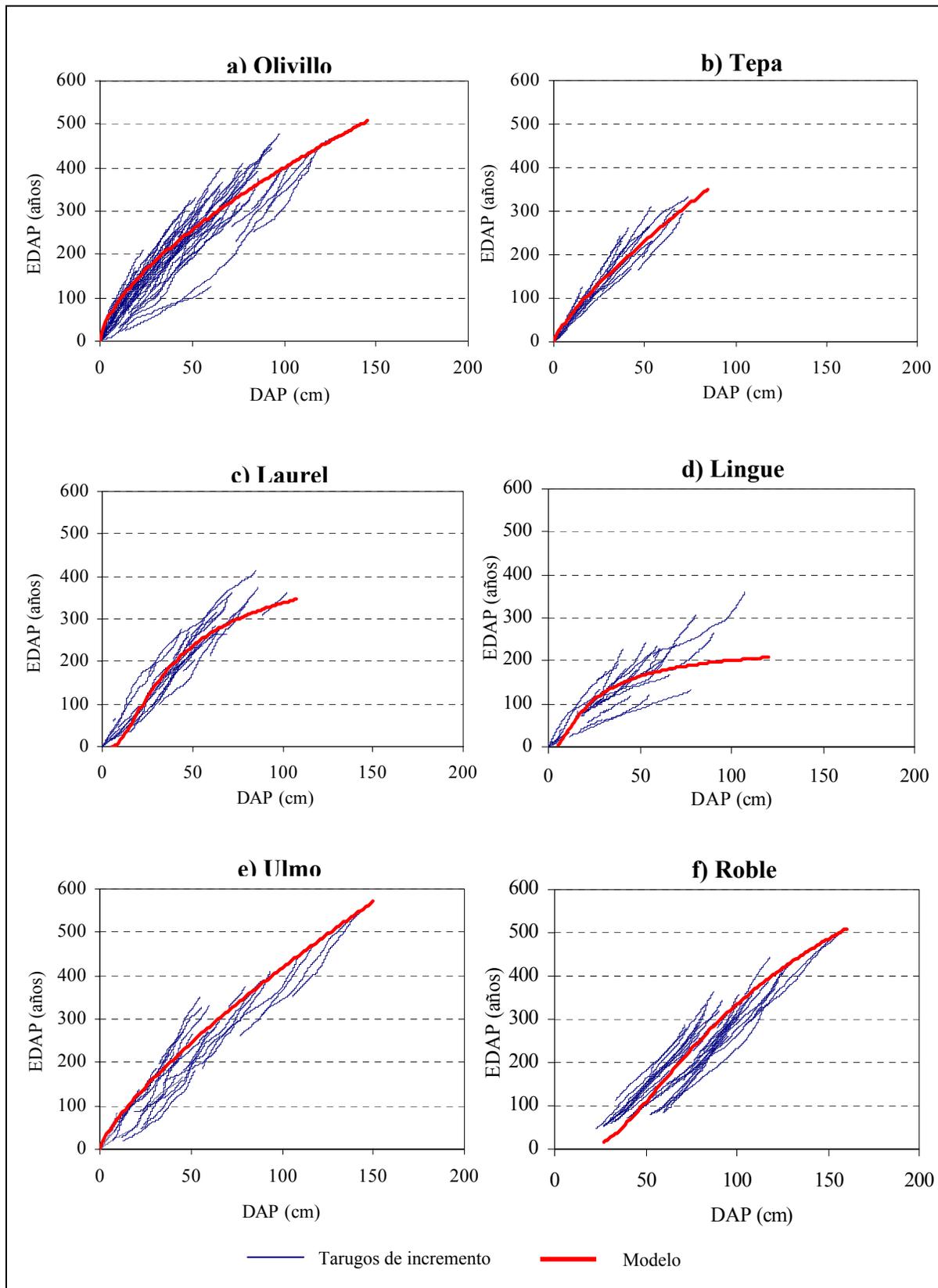


Figura 12. Tendencia del modelo seleccionado por especie.

Los modelos de Olivillo, Tapa y Ulmo (Figuras 12a, 12b y 12e respectivamente) por su parte muestran una mejor relación con las series de rendimiento tanto dentro como fuera de los rangos de ajuste, haciéndolos más consistentes y confiables para la extrapolación.

4.4.3 Series de incremento diametral.

La caracterización del incremento histórico se basó en el análisis gráfico de las series de incremento para un período de 40 años (IPA40) de árboles individuales por especie.

En términos generales las curvas del IPA40 (Figura 13) presentan patrones de crecimiento irregular, marcados por abruptas y continuas alzas y bajas de los incrementos. Lo anterior ocurriría cuando los árboles están expuestos a gran intensidad lumínica, seguido de una posterior supresión de árboles más grandes o de igual tamaño, evidenciando además la ascensión de individuos a doseles superiores por la muerte de algún individuo (Lorimer 1985). Sólo en Roble (Figura 13f) se puede apreciar levemente una tendencia, la cual muestra una disminución progresiva del incremento a medida que aumenta la *EDAP*, situación típica de especies que conforman parte de renovales como lo fue alguna vez Roble.

A nivel de detalle, las curvas de incremento periódico para Olivillo (Figura 13a) se presentan irregulares alcanzando un IPA40 máximo 0,66 cm/año a los 99 años, aunque también posee algunos valores altos de 0,42 y 0,44 cm/año a una *EDAP* de 279 y 489 años respectivamente. El incremento mínimo en cambio se acerca a los 0,06 y 0,08 cm/año produciéndose los 47 y 216 años respectivamente. En general IPA40 fluctúa y se concentra mayoritariamente entre 0,1 y 0,3 cm/año para el IPA40.

En Tapa (Figura 13b), las series de incremento muestran valores máximos cercano a los 0,37 cm/año a una *EDAP* de 333 años y de 0,34 cm/año a los 231 años, incrementos máximos que no logran superar los valores de crecimiento diametral estimados para Tapa en renovales manejados de Chiloé (Monfil *et al.*, 1995). El incremento mínimo se encuentra cercano a los 0,11 cm/año produciéndose a los 126 y 220 años. A pesar de la irregularidad

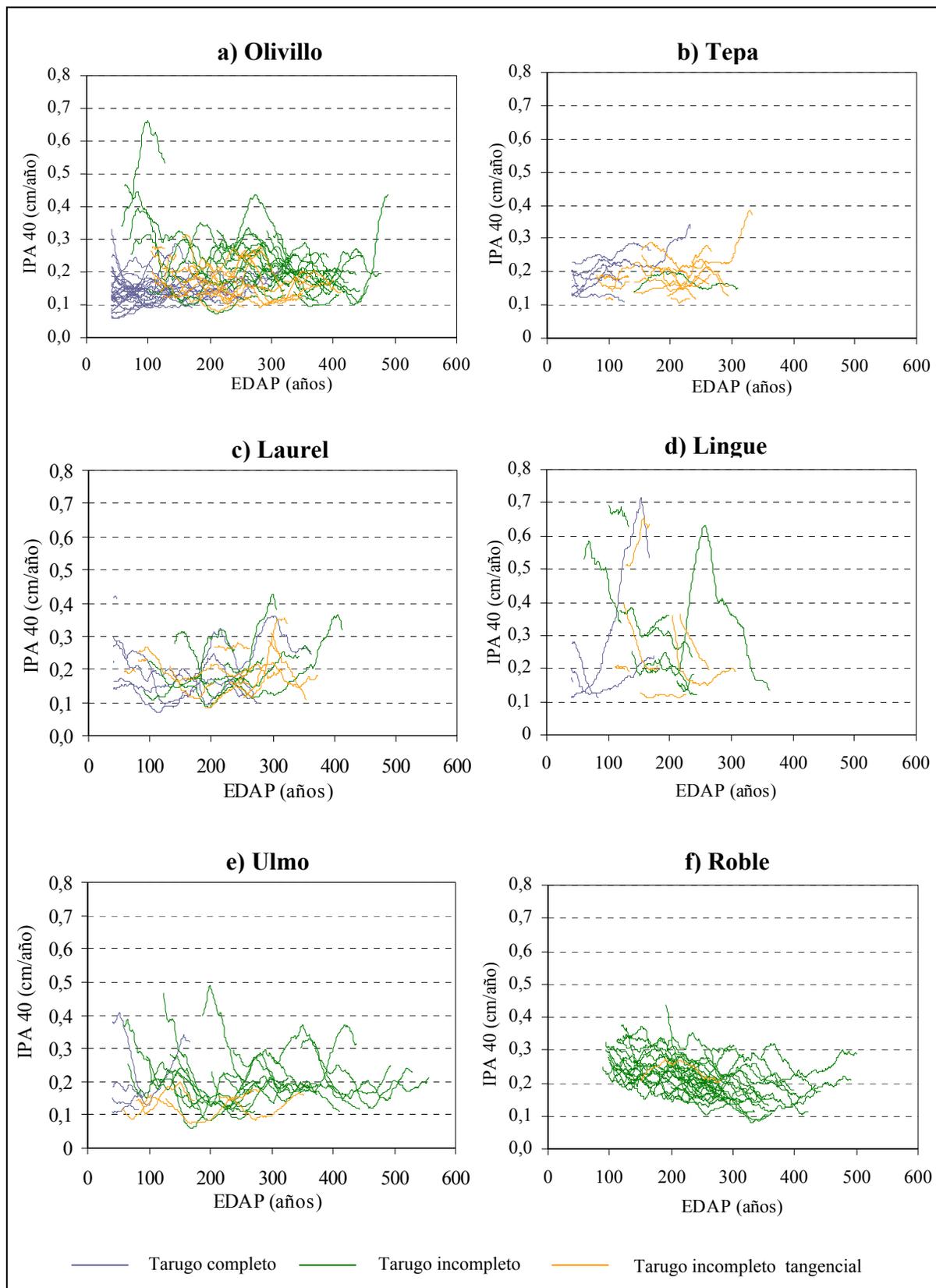


Figura 13. Series de incremento para el IPA40 años por especies.

de las curvas se puede distinguir una concentración mayoritaria del IPA40 entre los 0,12 a 0,28 cm/año.

Para Laurel (Figura 13c), el IPA40 máximo alcanza los 0,42 cm/año a los 303 años, seguido por un incremento de 0,36 cm/año entre los 300 a 322 años y a los 408 años. El incremento mínimo se presenta a los 120 años con 0,07 cm/año. Dentro de la irregularidad se puede apreciar que los valores fluctúan mayoritariamente en un rango que va desde los 0,08 y 0,31 cm/año.

Al igual que en análisis del rendimiento, Lingue muestra gran irregularidad y heterogeneidad entre sus series incrementos (Figura 13d). Esta especie alcanza valores máximos de IPA40 de 0,71 y 0,67 cm/año a los 150 y 126 años respectivamente. Los valores mínimos se encuentran entre los 0,11 y 0,12 cm/año. Los altos incrementos alcanzados por esta especie, se debe posiblemente a una mejor capacidad para el aprovechamiento de luz. Al contrario con las restantes especies, no se aprecia notoriamente un rango donde se concentren la mayoría de los incrementos.

Por su parte Ulmo (Figura 13e) presenta valores máximos de 0,47 y 0,46 cm/año a los 202 y 124 años respectivamente, y un incremento mínimo de 0,06 y 0,07 cm/año a los 177 años. La mayor parte de los incrementos se concentran entre los 0,1 a 0,3 cm/año. Los incrementos anteriormente descrito, se asemejan a los valores de incremento registrado para renovales por Gantz (1994), citado por Barría (1996).

En Roble (Figura 13f) se presenta una disminución progresiva del incremento, alcanzando valores máximos de 0,42 cm/año a los 192 años, seguido de valores de 0,37 y 0,36 cm/año a la EDAP 122 y 158 años. El incremento mínimo alcanza los 0,08 cm/año entre los 340 a 350 años. Debido a que la mayoría de los tarugos no alcanzaron la médula, no existe información del IPA40 para los primeros 90 años, periodo en el cual y de acuerdo a la tendencia mostrada por las curvas de incremento, es posible que los individuos de Roble alcancen valores mayores al incremento periódico al máximo registrado.

De los resultados anteriores destaca la capacidad que poseen las especies para alcanzar máximos incrementos a *EDAP* superiores, sobre los 100 años e incluso los 200, manteniendo durante un largo periodo de tiempo su facultad para reaccionar a posibles aperturas en el dosel. Los máximos incrementos además marcan una notable diferencia entre especies donde Lingue es capaz, a lo largo de su periodo de vida, de alcanzar altos crecimientos diametrales, valores que posiblemente podría haber mostrado Roble para los primeros 90 años donde no se tiene información, considerando además como referencia que para un IPA5 y durante su estado de renewal Roble puede alcanzar los máximos incremento periódicos entre los 10 y 30 años con valores de los 0,55 a 0,95 cm/año, aproximadamente (Donoso *et al*,1993).

4.4.4 Incremento diametral actual.

Para analizar el crecimiento de los últimos 10 y 40 años se eliminaron, para cada variable, los datos atípicos y extremos. Los estadígrafos descriptivos del IPA10 e IPA 40 se exponen en los cuadros 7 y 8 respectivamente.

Cuadro 7. Estadística descriptiva para el IPA10 por especie.

Estadígrafos descriptivos	Olivillo		Tepa		Laurel		Lingue		Ulmo		Roble	
	IPA10 (cm/año)	EDAP (años)										
n	72	77	30	33	26	30	30	31	29	30	30	30
Media	0,166	268,6	0,157	176,2	0,188	230,5	0,237	162,3	0,151	269,7	0,174	341,3
Mínimo	0,058	69	0,088	38	0,061	21	0,080	19	0,099	84	0,093	262
Máximo	0,286	489	0,271	333	0,277	413	0,573	362	0,295	556	0,263	500
Desv. Est.	0,048	112,2	0,050	88,8	0,058	114,5	0,130	80,8	0,053	137	0,049	66,6
CV (%)	29,2	41,8	31,8	50,4	30,6	49,7	54,8	49,8	35,0	50,8	28,2	19,5

Durante los últimos 10 años y a una *EDAP* promedio de 162 años, Lingue presentó el incremento diametral más alto con un valor promedio de 0,237 cm/año, con un máximo de 0,573 cm/año pero con una alta variabilidad ratificada con un CV(%) sobre el 50%.

Con un IPA10 promedio más bajo, aunque a una *EDAP* promedio muy superior a Lingue, se presentó Laurel con 0,188 cm/año, y un incremento diametral máximo que no supera los 0,3 cm/año. Tanto el incremento máximo como el promedio determinado para Laurel y a una *EDAP* que sobrepasa los 200 años resultan ser muy inferior a los crecimientos medio entregados por Vita (1977), para dos pequeñas plantaciones de una edad de 9 y 12 años. Si bien los valores entregado por Vita (1977), están expresados en términos de incremento medio (IMA) existe comparativamente una semejanza con el IPA 10 ya que ésta última involucra un promedio para un periodo similar.

Roble, presenta un incremento diametral promedio de 0,174 cm/año, alcanzando un valor máximo de 0,263 y un mínimo de 0,093 cm/año. Esta especie además presenta un incremento más homogéneo expresado en un CV(%) de 28,2%, valor inferior al resto de las especies. El incremento expuesto por Roble en estado adulto es muy inferior a los valores en que normalmente oscilan los incremento en estado de renoval descrito en los estudios realizados por Donoso *et al.*,(1993), Donoso (1988), Núñez *et al.* (1992) y Marín (2002) para renovales en un rango de edad entre los 28 y 66 años. Sin embargo, el máximo incremento registrado para Roble en este estudio, alcanza similaridad al rango inferior de crecimiento determinado para la especie en renoval, por lo que a *EDAP* avanzada aún existe cierta la probabilidad de lograr incrementos semejantes, aunque no los mejores, a la de un renoval adulto.

Para Olivillo se registró a una *EDAP* promedio de 268 años, un incremento promedio de 0,166 cm/año, con un IPA10 máximo de 0,286 cm/año y una variabilidad levemente baja, alcanzando un 29,2 %.

Tepa y Ulmo registraron un IPA10 promedio similar aunque con leve superioridad de Tepa, constituyendo ambas, en las especies con el más bajo crecimiento para el periodo. Tepa registró un IPA10 promedio de 0,157 cm/año con un máximo de 0,271 cm/año. El valor promedio de Tepa, resultó ser inferior al crecimiento entregado por Morales (1981) citado por Donoso (1994) en un bosque del Tipo forestal Coigüe- Raulí-Tepa, aunque superado por el IPA10 máximo entregado en este estudio. Por su parte Ulmo presentó un incremento

promedio de 0,151 cm/año para una *EDAP* promedio de 269 años, con un incremento máximo de 0,295, valor muy inferior al registrado por Gantz (1994), citado por Barría (1996), en un renoval de monte bajo. La diferencia se amplía aún más al compararlas con el incremento de plantaciones jóvenes donde Barría (1996) y Vita (1977) han registrado incrementos medio a una edad de 14 y 13 años de 0,65 cm/año y hasta 1cm/año respectivamente.

Al analizar los incremento con un periodo de tiempo más amplio, como es el caso del IPA40 (Cuadro 8), se distingue claramente una baja considerable en los CV(%) para la mayor parte de las especies, donde sólo Laurel muestra una alza del CV(%), aunque leve.

Cuadro 8. Estadística descriptiva para el IPA40 por especie.

Estadígrafos Descriptivos	Olivillo		Tepa		Laurel		Lingue		Ulmo		Roble	
	IPA40 (cm/año)	EDAP (años)										
n	68	77	22	33	23	30	19	31	24	30	25	30
Mínimo	0,085	268,6	0,111	176,2	0,098	230,5	0,112	162,3	0,110	269,7	0,104	341,3
Máximo	0,273	69	0,214	38	0,377	21	0,359	19	0,228	84	0,212	262
Media	0,163	489	0,159	333	0,214	413	0,208	362	0,154	556	0,162	500
Desv. Est.	0,045	112,2	0,028	88,8	0,072	114,5	0,077	80,8	0,033	137	0,032	66,6
CV (%)	27,5	41,8	17,5	50,4	33,5	49,7	36,8	49,8	21,1	50,8	20,0	19,5

Con respecto al IPA40 (Cuadro 8), Laurel y Lingue registraron los incrementos diametrales promedios más altos con 0,214 y 0,208 cm/año respectivamente, alcanzando además valores máximos similares que sobrepasan levemente los 0,3 cm/año. Más abajo y con incrementos muy similares aparecen Olivillo y Roble, en tanto Tepa y Ulmo constituyeron las especies que durante este periodo presentaron los incrementos más bajos con 0,159 y 0,154 cm/año respectivamente.

Según estadística descriptiva para del IPA10 e IPA40 (Cuadro 7 y 8 respectivamente), establecen que Lingue, Roble y Olivillo han experimentado un alza de sus crecimientos promedio durante los últimos años, ya que el incremento periódico promedio de los últimos 10 años supera al incremento promedio de los últimos 40 años. Esta alza de crecimiento es

mayor en Lingue y menor en Olivillo. Situación inversa muestran Laurel, Tapa y Ulmo, los cuales han presentado durante los últimos años una baja de sus incrementos promedio. La reducción más importante la ha experimentado Laurel.

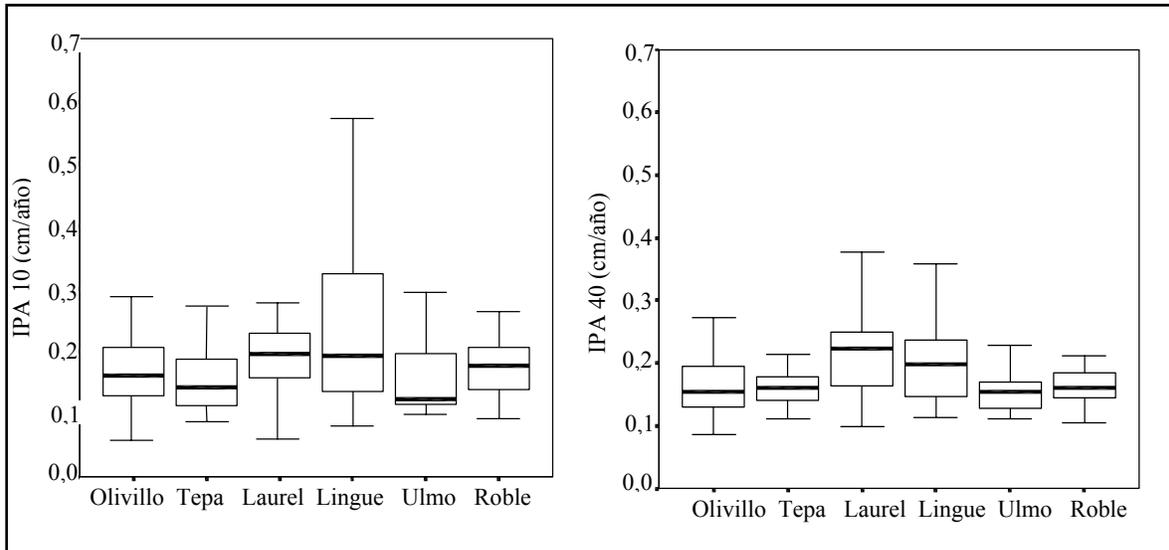


Figura 14. Gráficos de caja para el IPA10 e IPA40.

En cuanto a la dispersión de los valores del IPA (Figura 14), Lingue posee un amplio rango de crecimiento diametral y el máximo crecimiento en IPA10, evidenciando una alta heterogeneidad. Las demás especies en tanto, muestran un IPA10 más homogéneo, con rangos de crecimientos similares. Para el IPA 40 la situación cambia notoriamente, la variabilidad del crecimiento por cada especie disminuye lo cual se aprecia a través la menor amplitud de los extremos de los gráficos. Sin embargo Laurel, Lingue y Olivillo en menor grado, han presentado crecimientos con mayor variabilidad. Las restantes especies han mantenido un crecimiento, en los últimos 40 años, más homogéneo alcanzando valores máximos y mínimos similares.

4.4.5 Incremento actual por dosel.

Debido a que algunas especies, Lingue principalmente, presentaron *EDAP* bajo los 40 años en los doseles inferiores, se consideró el IPA10 para el análisis de incremento actual por dosel. La distribución del IPA10 por dosel se presenta en la Figura 15, en tanto sus estadígrafos se muestran en el anexo 4.

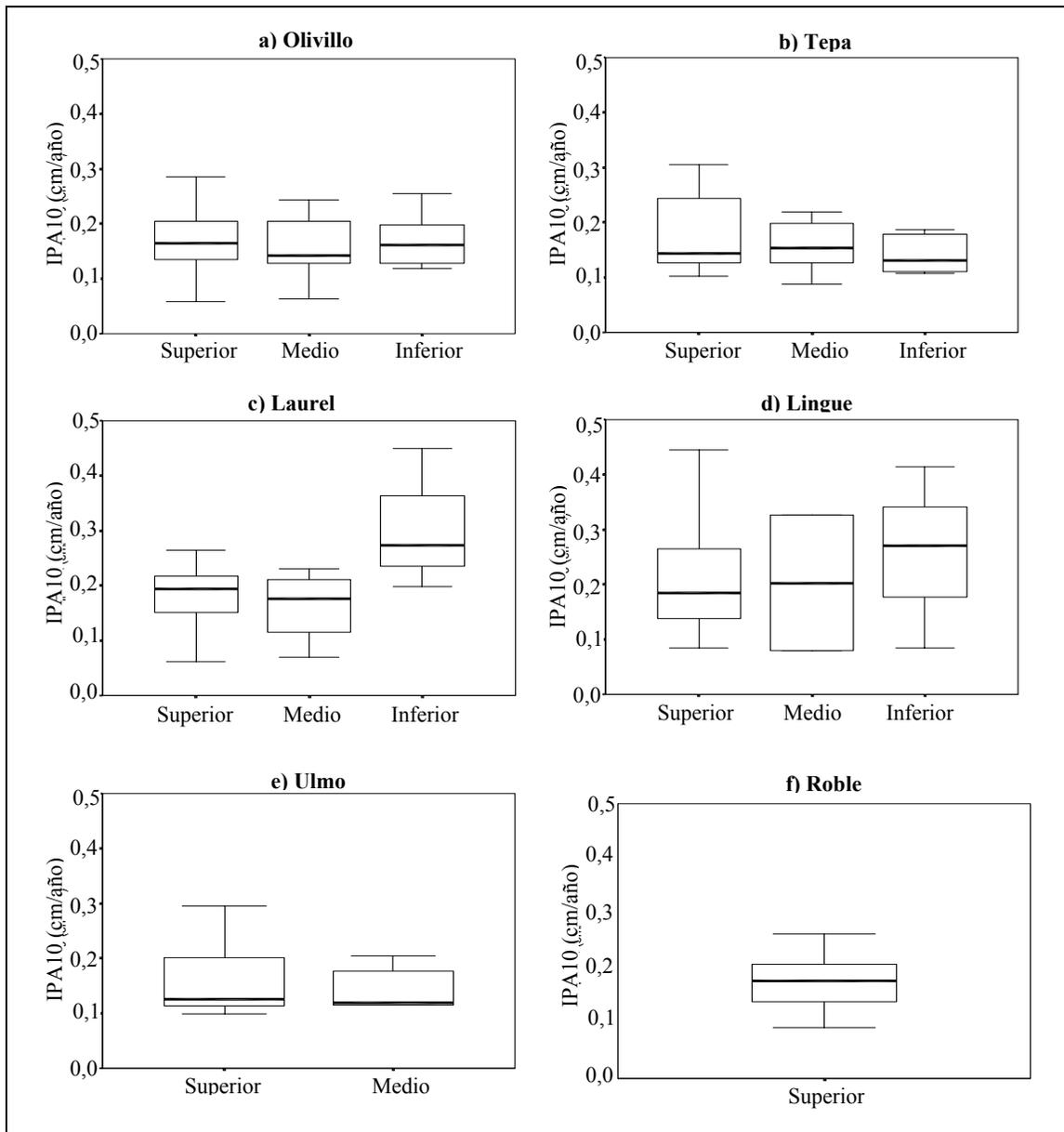


Figura 15. Gráficos de caja para el IPA10 por especie y agrupado por dosel.

En términos generales, la figura 15 muestra que Lingue es la especie con crecimientos más heterogéneos a nivel de los tres doseles del bosque, presentando un rango de IPA10 que va desde los 0,08 y 0,45 cm/año aproximadamente y con un CV(%) que sobrepasa los 45% (Anexo 4). El resto de las especies en cambio presentan variabilidad similar.

Al analizar más detalladamente los gráficos de caja por dosel, se aprecia claramente que durante los últimos 10 años Laurel ha presentado en el dosel inferior un incremento promedio mayor que en los doseles restantes (Figura 15c), producto posiblemente a que la mayor parte de los individuos muestreados hayan estado recibiendo luz directa en sus copas por aperturas recientes en el dosel promoviendo una reacción favorable de su incremento, ante la reducción y estabilización progresiva del crecimiento de los individuos de los doseles superiores que han permanecido por mayor tiempo a la exposición lumínica. Similar condición presentan Lingue y en mucho menor grado Olivillo, la cual si bien no se aprecia claramente en los gráficos de caja (Figuras 15d y 15a respectivamente), si se ratifica a nivel del IPA10 promedio por dosel (Anexo 4). De acuerdo a los valores promedios las mayores diferencias de crecimiento se muestran en Laurel y Lingue lo que podría estar condicionado por la aptitud para aprovechar pequeños claros del bosque en estados juveniles.

Situación totalmente distinta se aprecia en Tapa (Figura 15d), donde el gráfico de caja del dosel superior está levemente desplazado hacia arriba, condición que establece la supremacía de los incrementos en este dosel, para disminuir progresivamente en el dosel medio e inferior respectivamente. Por su parte Ulmo (Figura 15e), si bien no posee individuos en el dosel inferior, muestra también mayores crecimientos en el dosel superior.

Según los valores promedios de la estadística descriptiva dosel (Anexo 4), establece que en el dosel superior los mayores IPA10 promedio lo presentan Lingue con 0,213 cm/año, seguido por Laurel, Tapa y Roble con 0,184, 0,175 y 0,174 cm/año respectivamente. Ulmo en cambio presenta un crecimiento más bajo con un IPA10 de 0,152 cm/año. En el dosel medio se aprecia un similar orden de crecimiento por especies aunque con valores levemente más bajos. En el dosel inferior en cambio, el mayor crecimiento lo presenta

Laurel 0,299 cm/año, seguido de Lingue, Olivillo y Tapa con valores de 0,256, 0,172 y 0,143 cm/año, respectivamente.

5. CONCLUSIONES

La dureza de la madera, la pudrición central y el gran desarrollo diametral, resultaron ser los factores que condicionaron una menor proporción de tarugos completos en la muestra, situación que no fue impedimento para determinar la *EDAP* a las especies en estudio.

Los modelos seleccionados permitieron estimar de buen modo el número de anillos faltantes en tarugos que no alcanzaron la médula, aunque, sin embargo, es tarea futura mejorar su consistencia a través de un mayor tamaño muestral con valores reales de *EDAP*.

Según la *EDAP* promedio de las seis especie estudiadas, Roble resultó ser la especie más antigua del bosque, mientras que la especie más joven correspondió a Lingue.

En cuanto al crecimiento diametral, Lingue es la especie que actualmente posee la mayor tasa de crecimiento diametral, siendo además única capaz de alcanzar, bajo condiciones naturales, un desarrollo e incremento diametral similar al experimentado por Roble durante su etapa juvenil.

Los modelos seleccionados reflejaron al menos dentro del rango de ajuste una buena relación con las series de crecimiento, sólo el modelo 2 experimentó un mejor comportamiento fuera de los estos rangos, por lo que su utilización asegura una buena extrapolación de la *EDAP*.

Las series de incremento de Roble mostraron una tendencia típica de especies que conforman parte de renovales, diferenciándose totalmente de la tendencia mostrada por las restantes especies estudiadas.

A pesar de no presentar información para los primeros 100 años, es posible establecer de acuerdo a la tendencia, que Roble alcanza sus máximos de incrementos a menor *EDAP*, característica que resultó ser totalmente distinta para las restantes especies, las cuales son capaces de alcanzar sus mayores tasas de incremento incluso a *EDAP* avanzada.

El crecimiento diametral de Laurel, Lingue y Olivillo fue mayor en el dosel inferior.

6. RESUMEN

Se midió la edad y el crecimiento diametral utilizando tarugos de incremento obtenidos a la altura del pecho (1.3m) en árboles individuales de *Aextoxicon punctatum* (Olivillo), *Laureliopsis philippiana* (Tepa), *Laurelia sempervirens* (Laurel), *Persea lingue* (Lingue), *Eucryphia cordifolia* (Ulmo) y *Nothofagus obliqua* (Roble) en un bosque adulto mixto de Roble-Laurel-Lingue ubicado en Rucamanque, IX región.

Como variable de tiempo se utilizó la edad a la altura del pecho (*EDAP*), definida como el número de anillo a 1.3m, en tanto para el crecimiento diametral se utilizó el incremento anual periódico de 10 y 40 años. Fue necesario ajustar y validar de un modelo para estimar el número de anillos faltantes en algunos tarugos sin médula.

Los resultados determinaron que Roble es la especie de mayor *EDAP* promedio con 341,3 años, sin embargo el individuo más longevo lo registró Ulmo con 556 años. De las 6 especies estudiadas Lingue constituye la más joven presentado una *EDAP* promedio de 162,3 años.

El análisis de las series de rendimiento e incremento periódico determinó que Lingue y Roble poseen un rápido desarrollo diametral. A nivel de dosel, durante los últimos 10 años Laurel, Lingue y Olivillo, han presentado un mayor incremento promedio en el dosel inferior.

7. SUMMARY

Diameter growth and age was measured using increment cores obtained at breast height of individual trees of *Aextoxicon punctatum* (Olivillo), *Laureliopsis philippiana* (Tepa), *Laurelia sempervirens* (Laurel), *Persea lingue* (Lingue), *Eucryphia cordifolia* (Ulmo) and *Nothofagus obliqua* (Roble) in un-even aged stands at Rucamanque Forest, IX region of Chile.

Breast-height age (i.e., number of rings at breast height) was use as a variable of time, while periodic annual increment of the last 10 and 40 years was used as a variable of diameter growth. Also to adjust and to validate a model to estimate the number of missing rings on incomplete cores

The species Roble of more *EDAP* average with 341,3 years, however the oldest individual was Ulmo, with 556 years. Of the 6 studied species, Lingue constituted the youngest with 162,3 year-old average.

The yield series and periodic increment analysis determined that Lingue and Roble have high diametrical development. At canopy level, during the last 10 years Laurel, Lingue and Olivillo, presented higger increment average in the lower canopy than in other canopy levels.

8. LITERATURA CITADA

- AGUAYO, V., PANCEL, L., EMANUELLI, P., MUÑOZ, W., VÁSQUEZ, P. y REYES, G.** 2001. Instrumento medidor de tarugos de incremento: Documento de Trabajo II. Proyecto manejo sustentable del bosque nativo. CONAF/GTZ. Concepción, Chile. 57 p.
- ÁLVAREZ, E.** 1982. Análisis de la estructura y dinámica, de los bosques vírgenes y alterados en el Fundo San Martín. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Austral de Chile, Valdivia. 114 p.
- ÁLVAREZ, S. y GROSSE, H.** 1978. Antecedentes generales y análisis para el manejo de lenga (*Notohofagus pumilio*. OPEP. et Endl. Krasser) en Alto Mañihuales, Aysén. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 144 p.
- BARRÍA, L.** 1996. Comparación de la estructura y crecimiento de una plantación de Roble-Raulí, con una de Roble-Raulí-Ulmo, en la provincia de Valdivia. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 109 p.
- BLANCO, R.** 1992. Descripción de la metodología para la extracción y medición de tarugos. Ciencia e Investigación Forestal (Chile). 6 (2): 105-116.
- BRUCE, D. y SCHUMACHER, F.** 1965. Medición Forestal. Trad. Por R. Palazón y J. Nieto. Tercera edición. Editorial Herrero, S.A. Ciudad de México, México. 474 p.
- CHAUCHARD, L., SBRANCIA, R., RABINO, A., GONZÁLEZ, M. y MARESCA, L.** 2001. Modelos de crecimiento diamétrico para *Notohofagus dombeyi*. Bosque (Chile). 22 (2): 53-68
- DANIEL, T, HELMS, J. y BAKER, F.** 1982. Principios de Silvicultura. Trad. por R.Elizondo. Segunda Edición. Editorial McGraw-Hill. México. 487 p.
- DONOSO, C.** 1981. Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile. Proyecto Investigación y Desarrollo Forestal FO: DP/CHI/76/003. Documento de trabajo N°38. Santiago, Chile. 70 p.
- DONOSO, C.** 1993. Bosques templados de Chile y Argentina: variación, estructura y dinámica. Cuarta edición. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 484 p.
- DONOSO, P.** 1988. Caracterización y proposiciones silvícolas para renovales de roble (*Notohofagus obliqua*) y raulí (*Notohofagus alpina*) en el área de protección "Radial 7 Tazas", VII región. Bosque (Chile). 9(2): 103-114.
- DONOSO, P., DONOSO, C y SANDOVAL, V.** 1993. Proposición de zonas de crecimiento de renovales de roble (*Notohofagus obliqua*) y raulí (*Notohofagus alpina*) en su rango de distribución natural. Bosque (Chile). 14(2): 37-55.

- ESAU, K.** 1985. Anatomía vegetal. Trad. por J. Ponds. Tercera edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 779 p.
- GARCIA, O.** 1992. Sampling for tree-ring analysis. In: Wood, G. and Turner, B. (eds.) Integrating Forest Information Over Space and Time, Proceedings of the International IUFRO Conference. ANUTECH Pty Ltd, Canberra, Australia. 17 p.
- GUTIERREZ, G.** 2002. Aplicación de una metodología dendroecológica en un rodal del Tipo Forestal Siempreverde en la Isla Grande de Chiloé (comuna de Ancud, X Región de Los Lagos). Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 63 p
- HUSCH, B., MILLER, C. y BEERS, T.** 1972. Forest mensuration. The Ronald Press Company. Segunda edición. New York, Estados Unidos. 410 p.
- JENSEN, W. Y SALISBURY F.** 1988. Botánica. Trad. M. Leal. Segunda Edición. Editorial Mc Graw-Hill. Mexico. 762 p.
- LIU, C.** 1986. Rectifying radii on off-center increment cores. Forest Science (USA). 32(4): 1058-1061.
- LORIMER, C.** 1980. Age structure and disturbance history of a southern appalachian virgin forest. Ecology (USA). 61: 1169 – 1184.
- LORIMER, C.** 1985. Methodological considerations in the analysis of forest disturbance history. Canadian Journal of Forest Research (Canadá). 15: 200 – 213.
- LUSK, C. y OGDEN, J.** 1992. Age structure and dynamics of a podocarp–broadleaf forest in Tongariro National Park, New Zealand. Journal of Ecology (Inglaterra). 80: 379 – 393.
- MARIN, M.** 2002. Modelos de crecimiento diametral para roble (*Nothofagus obliqua* ((Mirb.) Oerst)) en el predio Rucamanque, IX región, Chile. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 69 p.
- MARTÍNEZ, A.** 1998. Silvicultura práctica en renovales puro y mixto y bosques remanentes originales del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe. En: Silvicultura de los bosques nativos de Chile. Editado por C. Donoso y A. Lara. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 421p.
- MONFIL, T., OTERO, L., CONTRERAS, A., BARRALES, M. y OJEDA, I.** 1995. Manejo e Industrialización de los Bosques Nativos para el Desarrollo Socio-Económico de Chiloé. CONAF. Chiloé, Chile. 23 p.
- MOTGOMERY, D. y RUNGER, G.** 1996. Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería. Trad. por E. Urbina. Editorial McGraw-Hill. México. 1110 p.

- NEUMANN, R.** 2001. Análisis estructura y dinámica de un bosque Remanente Original de Roble-Laurel-Lingue, en el Fundo “San Julián” Comuna de Panguipulli, X región. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 103 p.
- NIGH, G.** 1995. Compatibility improvements and bias reduction in Height-Age Models. Published by Forestry Division Services Branch. Ministry of Forest. Research report; 03. Victoria, Canada. 10 p.
- NÚÑEZ, P., REAL, P., GREZ, R., SANDOVAL, V. y KRAUSE, G.** 1992. Proyecto diagnóstico y caracterización del estado actual y proposiciones de metodología para evaluar el bosque nativo de la Empresa Soc. Forestal Millalemu S. A. Etapa II: Proposiciones y evaluaciones de intervenciones silvícolas. Valdivia, Chile. 150p.
- PHIPPS, R.** 1985. Collecting, preparing, crossdating, and measuring tree increment cores. U.S. Geological survey. Water-Resources investigation report 88-4148. Virginia. USA. 48 p.
- PRODAN, M., PETERS, R., COX, F. y REAL, P.** 1997. Mensura forestal. IICA. San José, Costa Rica. 561 p
- RAMÍREZ, C., SAN MARTÍN, J., HAUENSTEIN, E. y CONTRERAS, D.** 1989. Estudio fitosociológico de la vegetación de Rucamanque (Cautín, Chile). *Stvdia Botánica* 8: 91-115 p.
- ROTHERMEL, H.** 2000. Manejo sustentable del bosque nativo: su potencial económico. Series de documentos Experiencia de cooperación N°6/00. DED-CONAF. Santiago, Chile. 114 p.
- SALAS, C.** 2001. Caracterización básica del relicto de biodiversidad Rucamanque. *Bosque Nativo (Chile)*. 29: 3 - 9.
- SALAS, C.** 2002a. Ajuste y validación de ecuaciones de volumen para un relicto del bosque de Roble-Laurel-Lingue. *Bosque (Chile)*. 23 (2): 81 – 92.
- SALAS, C.** 2002b. Manual de Instrucciones de terreno para instalación y medición de parcelas permanentes. Proyecto DIUFRO 1100201: Ajuste de modelos estimadores de edad y crecimiento en diámetro para las especies arbóreas del Predio Rucamanque. Temuco, Chile. 15 p.
- SALAS, E. y ARAOS, I.** 2004. Procesamiento base de datos validada (2003). Parcelas permanentes de investigación predio Rucamanque. Informe interno N° 4, Proyecto de investigación DIUFRO N° 110201. Departamento de Ciencias Forestales, Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 21 p.

- SALAS, C y MARINAO, J.** 2004. Modelo estimador de la *EDAP* en función del diámetro a la altura del pecho para *Nothofagus obliqua* (Roble). Informe interno N°1, Proyecto de investigación DIUFRO N° 1100201. Departamento de Ciencias Forestales, Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 5p
- SALAS, C. y GARCIA, O.** 2005. Height growth development of mature *Nothofagus obliqua*. Submitted to Forest Ecology and Management.
- SAN MARTÍN, C., RAMÍREZ, C., FIGUEROA, H y OJEDA, N.** 1991. Estudio sinecológico de Roble-Laurel-Lingue del centro sur de Chile. *Bosque (Chile)*. 12(2): 11-27.
- SOUTER, R.** 2000. Bosque nativo chileno: un recurso para el desarrollo. Segunda versión. Proyecto CONAF/GTZ. Santiago, Chile. 92 p.
- STEUBING, L., GODOY, R. y ALBERDI, M.** 2002. Métodos de Ecología Vegetal. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 345 p.
- TAPIA, B.** 2003. Modelo de Índice de Sitio para renovales adultos de roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst) en el predio Rucamanque, IX región, Chile. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 63 p.
- VAN LAAR, A. Y AKÇA, A.** 1997. Forest mensuration. Cuvillier Verlag. Göttingen. Germany. 418 p
- VEBLEN, T.** 1985. Stand dynamics in Chilean *Nothofagus* forest. In: The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Editors T. Pickett and P. White. Academic Press Inc. New York, USA. 35-51 p.
- VEBLEN, T y DONOSO, C.** 1987. Alteración y dinámica regenerativa de las especies chilenas de *Nothofagus* de la región de Los Lagos. *Bosque (Chile)*. 8 (2): 133-142.
- VISAUTA, B.** 1997. Análisis estadístico con SPSS para Windows: estadística básica. Editorial McGraw-Hill. Madrid, España. 304 p.
- VISAUTA, B.** 1998. Análisis estadístico con SPSS para Windows: estadística multivariante. Volumen II. Editorial McGraw-Hill. Madrid, España. 358 p.
- VITA, A.** 1977. Crecimiento de algunas especies forestales nativas y exóticas en el Arboretum del Centro Experimental Forestal Frutillar X región. *Boletín técnico* N° 47. Universidad de Chile. Santiago. 16p.

9. ANEXOS

Anexo 1. Formulario de registro de EDAP y crecimiento radial acumulado.

FORMULARIO CREC-01

Tarugo de incremento

Rodal (n°)	<input type="text"/>	Tipo de tarugo	<input type="text"/>	Fecha de medición	<input type="text"/>
Parcela (n°)	<input type="text"/>	Tipo corteza	<input type="text"/>	Responsable	<input type="text"/>
Árbol (n°)	<input type="text"/>	Dist. Total (mm)	<input type="text"/>	Digitador	<input type="text"/>
Especie	<input type="text"/>	EC (mm)	<input type="text"/>		
DAP (cm)	<input type="text"/>				

	Ancho Tarugo	a	b
1			
2			
3			
4			
5			
6			

N°	Dist (mm)	N°	Dist (mm)	N°	Dist (mm)	N°	Dist (mm)	N°	Dist (mm)	N°	Dist (mm)	N°	Dist (mm)	N°	Dist (mm)	N°	Dist (mm)	N°	Dist (mm)
1		41		81		121		161		201		241		281		321		361	
2		42		82		122		162		202		242		282		322		362	
3		43		83		123		163		203		243		283		323		363	
4		44		84		124		164		204		244		284		324		364	
5		45		85		125		165		205		245		285		325		365	
6		46		86		126		166		206		246		286		326		366	
7		47		87		127		167		207		247		287		327		367	
8		48		88		128		168		208		248		288		328		368	
9		49		89		129		169		209		249		289		329		369	
10		50		90		130		170		210		250		290		330		370	
11		51		91		131		171		211		251		291		331		371	
12		52		92		132		172		212		252		292		332		372	
13		53		93		133		173		213		253		293		333		373	
14		54		94		134		174		214		254		294		334		374	
15		55		95		135		175		215		255		295		335		375	
16		56		96		136		176		216		256		296		336		376	
17		57		97		137		177		217		257		297		337		377	
18		58		98		138		178		218		258		298		338		378	
19		59		99		139		179		219		259		299		339		379	
20		60		100		140		180		220		260		300		340		380	
21		61		101		141		181		221		261		301		341		381	
22		62		102		142		182		222		262		302		342		382	
23		63		103		143		183		223		263		303		343		383	
24		64		104		144		184		224		264		304		344		384	
25		65		105		145		185		225		265		305		345		385	
26		66		106		146		186		226		266		306		346		386	
27		67		107		147		187		227		267		307		347		387	
28		68		108		148		188		228		268		308		348		388	
29		69		109		149		189		229		269		309		349		389	
30		70		110		150		190		230		270		310		350		390	
31		71		111		151		191		231		271		311		351		391	
32		72		112		152		192		232		272		312		352		392	
33		73		113		153		193		233		273		313		353		393	
34		74		114		154		194		234		274		314		354		394	
35		75		115		155		195		235		275		315		355		395	
36		76		116		156		196		236		276		316		356		396	
37		77		117		157		197		237		277		317		357		397	
38		78		118		158		198		238		278		318		358		398	
39		79		119		159		199		239		279		319		359		399	
40		80		120		160		200		240		280		320		360		400	

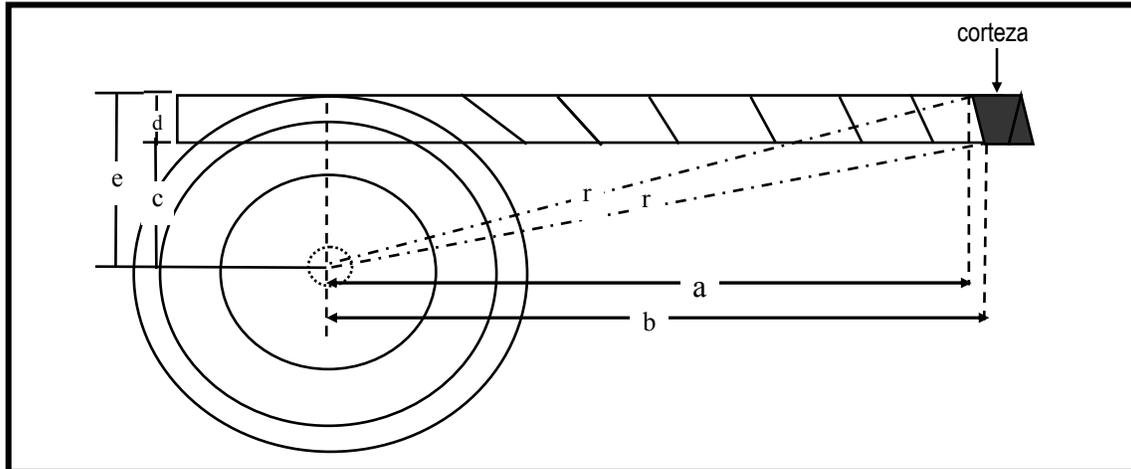
Código	Tipo de tarugo
1	Tarugo completo
2	Tarugo incompleto
3	Tarugo incompleto tangencial

Código	Tipo de corteza
1	Corteza completa
2	Corteza incompleta

Anexo 2. Cálculos y errores de la adaptación del método de rectificación de radio propuesto por Liu (1986).

2.1 Rectificación de radio en tarugos tangenciales según la metodología de Liu (1986).

Modelo geométrico para la rectificación de radio en tarugos incompletos tangenciales (Fuente: Liu, 1986)



▪ Fórmula para rectificación de radio.

$$r = \sqrt{(1/4d^2)(a^4 + b^4 + d^4 + 2(a^2d^2 + b^2d^2 - a^2b^2))}$$

esta fórmula se deriva del teorema de Pitágoras en donde

$$r^2 = a^2 + e^2 \quad \text{ó} \quad r^2 = b^2 + c^2 \quad \text{y en donde } e = c + d$$

2.2 Adaptación del método de Liu (1986) para estimación de variables en tarugos tangenciales.

a) Estimación de radio faltante para alcanzar la médula del árbol (R_f) en tarugos tangenciales.

Pasos:

1º Rectificación del radio de 6 anillos, seleccionados al azar, según el método de Liu (1986).

2º Cálculo de c para cada radio rectificado según teorema de Pitágoras.

$$c_i = \sqrt{(re_i^2 - b_i^2)}$$

donde:

c_i = distancia entre la base inferior del tarugo, en el centro del arco del primer anillo, y la ubicación estimada de la médula para un radio rectificado i

re_i = radio rectificado de para un anillo i

b_i = distancia, medida en la base inferior del tarugo, desde el centro del arco del primer anillo hasta un anillo i .

3° Cálculo de c promedio.

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{n}$$

donde:

\bar{c} = distancia promedio entre la base inferior del tarugo, en el centro del arco del primer anillo, y la ubicación estimada de la médula de los 6 radios rectificados.

c_i = distancia entre la base inferior del tarugo, en el centro del arco del primer anillo, y la ubicación estimada de la médula para un radio rectificado i

n = número de anillos rectificados (n=6)

4° Rectificación del radio del primer anillo visible en el tarugo¹

$$r_1 = \sqrt{\bar{c}^2 + b_1^2}$$

donde:

r_1 = radio rectificado del primer anillo del tarugo

\bar{c} = distancia promedio entre la base inferior del tarugo, en el centro del arco del primer anillo, y la ubicación estimada de la médula de los 6 radios rectificados.

b_1 = distancia, medida en la base inferior del tarugo, desde el centro del arco del primer anillo hasta el límite del mismo

¹ Corresponde al radio faltante para alcanzar la médula (R_f)

b) Crecimiento radial corregido para los primeros anillos presente en el tarugo.

Pasos:

1º Rectificación del anillo N° 1 y N°11 presente en el tarugo.

$$r_1 = \sqrt{\bar{c}^2 + b_1^2}$$

$$r_{11} = \sqrt{\bar{c}^2 + b_{11}^2}$$

donde:

r_1 = radio rectificado del primer anillo del tarugo

r_{11} = radio rectificado del anillo N°11 presente en el tarugo

\bar{c} = distancia promedio entre la base inferior del tarugo, en el centro del arco del primer anillo, y la ubicación estimada de la médula de los 6 radios rectificados.

b_1 = distancia, medida en la base inferior del tarugo, desde el centro del arco del primer anillo hasta el límite del mismo

b_{11} = distancia, medida en la base inferior del tarugo, desde el centro del arco del primer anillo hasta el anillo N° 11.

2º Cálculo del incremento radial.

$$IPAc_{(10)} = \frac{(r_{11} - r_1)}{10}$$

$IPAc_{(10)}$ = incremento radial corregido para un periodo de 10 años

r_1 = radio rectificado del primer anillo del tarugo

r_{11} = radio rectificado del anillo N°11 presente en el tarugo

2.3 Determinación del error en la rectificación de radios e incremento radial a través de la adaptación del método de Liu (1986).

a) Rectificación de radios.

N° medición	d	a	b	Radio rectificado ²	c
1	4,54	41,38	43,94	49,04	21,78
2	4,54	55,56	57,59	62,02	23,03
3	4,54	77,54	79,01	82,31	23,07
4	4,54	85,60	86,83	89,35	21,09
5	4,54	92,11	93,28	95,75	21,62
6	4,54	100,67	101,75	104,06	21,81
PROMEDIO					22,07
DESV. EST.					0,81
CV %					3,65 %

N° anillo	Distancia radial acumulada medida en el tarugo ³ (mm)	Distancia radial real acumulado (mm)	Distancia radial rectificadora (mm)	Error (mm)
1		2,83		
2		4,56		
3		7,17		
4		9,8		
5		14,16		
6		19,34		
7	9,75	23,49	24,12 ⁴	-0,63
8	16,49	27,53	27,55	-0,02
9	23,34	32,04	32,12	-0,08
10	27,46	35,21	35,23	-0,02
11	31,72	38,78	38,64	0,14
12	34,8	41,23	41,21	0,02
13	36,91	43,1	43,00	0,10
14	39,83	45,61	45,53	0,08
15	43,94	49,27	49,17	0,10
16	46,98	51,98	51,90	0,08
17	51,42	55,91	55,95	-0,04
18	55,3	59,55	59,54	0,01
19	57,59	61,8	61,67	0,13
20	60,53	64,7	64,43	0,27
21	63,26	67,15	67,00	0,15
22	66,39	70,09	69,96	0,13
23	70,7	74,22	74,06	0,16

² Rectificación del radio por método de Liu (1986)

³ Corresponde a la variable b (ver modelo geométrico)

⁴ Porción de radio faltante para alcanzar la médula (R_f).

24	72,78	76,11	76,05	0,06
25	75,38	78,52	78,54	-0,02
26	79,01	82,07	82,03	0,04
27	80,02	83,13	83,01	0,12
28	83,42	86,31	86,29	0,02
29	86,83	89,54	89,59	-0,05
30	88,42	91,04	91,13	-0,09
31	89,98	92,72	92,65	0,07
32	93,28	95,86	95,85	0,01
33	95,62	98,16	98,13	0,03
34	97,84	100,35	100,30	0,05
35	101,75	104,11	104,12	-0,01
36	105,78	108,04	108,06	-0,02

Indicadores del error para los radios	
ECM	0,15 mm
ECM (%)	0,22%
DA	0,03 mm
DA(%)	0,04%

b) Rectificación del incremento radial.

Nº anillo	Incremento Radial real (mm/año)	Incremento corregido (mm/año)	Error (mm/año)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8	4,04	3,42	0,62
9	4,51	4,57	-0,06
10	3,17	3,11	0,06
11	3,57	3,41	0,16
12	2,45	2,57	-0,12
13	1,87	1,80	0,07
14	2,51	2,53	-0,02
15	3,66	3,64	0,02
16	2,71	2,73	-0,02
17	3,93	4,05	-0,12
18	3,64	3,59	0,05
19	2,25	2,13	0,12
20	2,9	2,75	0,15
21	2,45	2,57	-0,12
22	2,94	2,96	-0,02
23	4,13	4,10	0,03
24	1,89	1,99	-0,10
25	2,41	2,49	-0,08
26	3,55	3,49	0,06
27	1,06	0,97	0,09
28	3,18	3,28	-0,10
29	3,23	3,30	-0,07
30	1,5	1,54	-0,04
31	1,68	1,51	0,17
32	3,14	3,21	-0,07
33	2,3	2,28	0,02
34	2,19	2,16	0,03
35	3,76	3,82	-0,06
36	3,93	3,94	-0,01

Indicadores de error para el incremento radial	
ECM	0,14 mm
ECM (%)	4,87%
DA	0,02 mm
DA (%)	0,73%

Anexo 3. Ajuste, validación y selección de modelos de *EDAP*.

Especies	Modelos	Coeficientes		R ²	Indicadores de validación				Selección del modelo		
		b ₀	b ₁		ECM (años)	ECM (%)	DA (años)	DA (%)	Ranking ECM	Ranking DA	Ranking final
Olivillo	1	20,876121	0,641204	0,82675	31,60	15,70%	2,76	1,37%	1	2	3*
	2	395,087012	-19,094440	0,80944	36,68	18,22%	1,50	0,75%	2	1	3
Tepa	1	10,646170	0,786984	0,91508	25,32	16,82%	0,49	0,33%	2	1	3*
	2	323,470348	-18,064933	0,88446	25,00	16,60%	1,54	1,02%	1	2	3
Laurel	1	4,881876	0,959004	0,87767	38,95	21,05%	4,99	2,70%	2	1	3
	2	480,9088472	-35,386299	0,88721	37,32	20,17%	5,54	2,99%	1	2	3*
Lingue	1	3,002718	1,048015	0,91591	26,44	24,42%	-0,36	-0,33%	2	2	4
	2	246,6627081	-20,402512	0,90966	16,95	15,66%	-0,06	-0,05%	1	1	2*
Ulmo	1	12,096915	0,76922	0,95842	20,77	12,36%	1,68	1,00%	1	1	2*
	2	431,4183991	-25,056582	0,88735	29,18	17,37%	3,56	2,12%	2	2	4
Roble	1	0,174734	1,633492	0,88499	40,81	24,09%	5,75	3,39%	2	2	4
	2	1024,862824	-112,05804	0,91055	34,84	20,57%	1,41	0,84%	1	1	2*

(*) Modelo seleccionado.

Anexo 4. Estadística descriptiva para el IPA10 por doseles.

DOSEL SUPERIOR

Estadígrafos descriptivos	Olivillo			Tepa			Laurel			Lingue			Ulmo			Roble		
	DAP (cm)	EDAP (años)	IPA10 (cm/año)															
n	43	43	43	13	13	13	19	19	19	23	23	23	24	24	24	30	30	30
Mínimo	30,1	135	0,058	41,8	168	0,102	23,2	96	0,061	24,2	64	0,085	19,4	104	0,099	71,5	262	0,093
Máximo	115,1	479	0,286	85,4	333	0,305	102,3	413	0,265	107,5	362	0,445	145	556	0,295	156,5	500	0,263
Media	71,0	334,9	0,167	61,6	262,6	0,175	67,4	284,6	0,184	52,1	187,5	0,213	68,6	307,8	0,152	101,3	341,3	0,174
Desv. Est	20,9	76,1	0,048	14,8	46,3	0,070	21,4	77,3	0,053	21,4	72,7	0,100	34,4	125,2	0,056	21,3	66,6	0,049
CV (%)	29,4	22,7	28,8	23,9	17,6	39,7	31,7	27,2	29,0	41,1	38,8	46,8	50,1	40,7	36,6	21,0	19,5	28,2

DOSEL MEDIO

Estadígrafos descriptivos	Olivillo			Tepa			Laurel			Lingue			Ulmo		
	DAP (cm)	EDAP (años)	IPA10 (cm/año)												
n	19	19	19	11	11	11	4	4	4	2	2	2	5	5	5
Mínimo	13,4	88	0,063	7,8	41	0,088	43,1	149	0,070	18,5	83	0,080	9,7	84	0,115
Máximo	65,5	285	0,244	46,6	239	0,218	57,1	313	0,230	33,5	86	0,326	31,4	187	0,205
Media	29,5	189,5	0,160	24,9	131,5	0,158	47,6	222,5	0,163	26,0	84,5	0,203	17,3	110,6	0,146
Desv. Est	13,0	57,6	0,050	13,3	59,9	0,047	6,4	74,8	0,068	10,6	2,1	0,174	8,3	43,2	0,042
CV (%)	43,9	30,4	31,5	53,3	45,6	29,8	13,4	33,6	41,9	40,8	2,5	85,5	48,3	39,0	28,7

DOSEL INFERIOR

Estadígrafos descriptivos	Olivillo			Tepa			Laurel			Lingue		
	DAP (cm)	EDAP (años)	IPA10 (cm/año)									
n	10	10	10	7	7	7	4	4	4	3	3	3
Mínimo	10,5	69	0,118	7	38	0,107	12	42	0,199	7,7	19	0,084
Máximo	19,3	163	0,255	22,4	134	0,186	21,1	76	0,449	11,2	42	0,414
Media	13,3	110,0	0,172	13,4	84,7	0,143	15,6	55,8	0,299	9,9	31,3	0,256
Desv. Est	2,5	27,8	0,050	5,7	36,1	0,036	3,9	15,3	0,106	1,9	11,6	0,165
CV (%)	18,8	25,2	29,3	42,6	42,6	25,4	25,0	27,5	35,5	19,5	37,0	64,7