

U N I V E R S I D A D   D E   C O N C E P C I O N

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento Manejo de Bosques y Medio Ambiente

ECUACIONES DE CRECIMIENTO PARA CINCO CONIFERAS EXOTICAS

PROCEDENTES DEL SECTOR LOS GUINDOS RESERVA FORESTAL



CLAUDIO GERMAN SEPULVEDA AMOYADO

MEMORIA DE TITULO PRESENTADA A LA  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES DE  
LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCION PARA  
OPTAR AL TITULO DE INGENIERO FORESTAL.

CONCEPCION - CHILE

1995

**ECUACIONES DE CRECIMIENTO PARA CINCO CONIFERAS EXOTICAS  
PROCEDENTES DEL SECTOR LOS GUINDOS RESERVA FORESTAL  
DE MALLECO.**

Profesor asesor




---

**Jaime R. García Sandoval**  
Profesor asociado  
Ingeniero Forestal



Director Departamento  
de Manejo de Bosques y  
Medio Ambiente



---

**Fernando Drake Aranda**  
Profesor Asociado  
Ingeniero Forestal

Decano Facultad  
de Ciencias Forestales



---

**Dr. Jaime Millán Herrera**  
Profesor Titular  
Ingeniero Forestal



A Dios...

A mi madre...

A mi esfuerzo...

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar debo dar las gracias a mi madre, Sra. María Amoyado, por su apoyo, bondad y comprensión durante todos estos años.

Agradesco de manera muy especial a don Jaime García, profesor asesor, por el aporte y apoyo recibido durante la realización de la presente memoria de título.

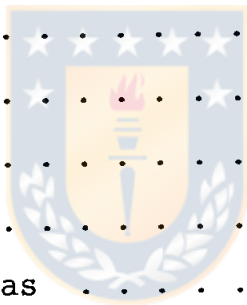
Agradesco a los profesores Adán Flores y César Chavarría, pertenecientes al departamento de Ciencias Básicas del Campus Chillán de la Universidad de Concepción, por su aporte.

Por último, quiero agradecer a todas aquellas personas que contribuyeron de una u otra forma en el logro de mi objetivo final.

## INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I INTRODUCCION . . . . .	1
II REVISION BIBLIOGRAFICA . . . . .	3
2.1 Descripción de especies . . . . .	3
2.1.1 <u>Chamaecyparis lawsoniana</u> (A. Murr.) Parl. .	3
2.1.2 <u>Cupressus lusitánica</u> Mill.. . . . .	5
2.1.3 <u>Picea ovobata</u> Ledeb . . . . .	7
2.1.4 <u>Pinus strobus</u> Linn . . . . .	8
2.1.5 <u>Pinus nigra</u> sp . . . . .	9
2.2 Antecedentes sobre crecimiento . . . . .	10
2.2.1 Ecuaciones de crecimiento . . . . .	15
III MATERIALES Y METODO . . . . .	22
3.1 Materiales . . . . .	22
3.2 Método . . . . .	24
3.2.1 Funciones de crecimiento . . . . .	27
IV RESULTADOS Y DISCUSION . . . . .	30
4.1 Crecimiento acumulado en altura . . . . .	30
4.1.1 Funciones de crecimiento para la altura . .	30
4.2 Crecimiento acumulado en DAP . . . . .	33
4.2.1 Funciones de crecimiento para el DAP . . .	34
4.3 Crecimiento acumulado en área basal . . . . .	37
4.3.1 Funciones de crecimiento para el área basal . . . . .	38

4.4	Crecimiento acumulado en volumen . . . . .	41
4.4.1	Funciones de crecimiento para el volumen . . . . .	42
4.5	Incremento medio anual y corriente . . . . .	44
4.5.1	Incremento medio anual y corriente para la altura . . . . .	46
4.5.2	Incremento medio anual y corriente para el DAP . . . . .	49
4.5.3	Incremento medio anual y corriente en área basal . . . . .	50
4.5.4	Incremento medio anual y corriente en volumen . . . . .	54
4.6	Factores de forma natural y artificial . . . . .	58
V	CONCLUSIONES . . . . .	59
VI	RESUMEN . . . . .	62
	SUMMARY . . . . .	64
VII	BIBLIOGRAFIA . . . . .	66
VIII	APENDICES . . . . .	72
	APENDICE 1 Figuras . . . . .	73
	APENDICE 2 Tablas . . . . .	78



## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PAGINA
	<u>En el Texto</u>	
1	Crecimiento acumulado en altura total, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal y ecuaciones de crecimiento. . . . .	32
2	Crecimiento acumulado en DAP, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal y ecuaciones de crecimiento . .	36
3	Crecimiento acumulado en área basal, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal y ecuaciones de crecimiento . . . . .	39
4	Crecimiento acumulado en volumen total, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal y ecuaciones de crecimiento . . . . .	45
5	Incremento medio anual y corriente en altura total, para el árbol de área basal media por especie, procedente de ecuaciones de incremento corriente . . . . .	48
6	Incremento medio anual y corriente en DAP, para el árbol de área basal media por especie, procedente de ecuaciones de incremento corriente . . . . .	51
7	Incremento medio anual y corriente en área basal, para el árbol de área basal media por especie, procedente de ecuaciones de incremento corriente . . . . .	53
8	Incremento medio anual y corriente en volumen total, para el árbol de área basal media por especie, procedente de ecuaciones de incremento corriente . . . . .	56

En el Apéndice 1

1A	Incremento medio anual y corriente en altura total, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal . . . .	74
2A	Incremento medio anual y corriente en DAP, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal . . . . .	75
3A	Incremento medio anual y corriente en área basal, correspondiente al árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal . . . . .	76
4A	Incremento medio anual y corriente en volumen total, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal . . . .	77





## INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
<u>En el Texto</u>		
1	Información dasométricas de los rodales en estudio . . . . .	23
2	Altura total para el árbol de área basal media por especie y su edad al momento de la corta, procedente del análisis fustal . . . . .	30
3	Ecuaciones que mejor describen el crecimiento acumulado en altura total, para el árbol de área basal media por especie, con sus respectivos indicadores de bondad de ajuste . . . . .	31
4	Ecuaciones que mejor describen el crecimiento acumulado en DAP, para el árbol de área basal media por especie, con sus respectivos indicadores de bondad de ajuste . . . . .	37
5	Ecuaciones que mejor describen el crecimiento acumulado en área basal, para el árbol de área basal media por especie, con sus respectivos indicadores de bondad de ajuste . . . . .	40
6	Ecuaciones que mejor describen el crecimiento acumulado en volumen total, para el árbol de área basal media por especie, con sus respectivos indicadores de bondad de ajuste . . . . .	43
<u>En el Apéndice 2</u>		
1 A	Crecimiento acumulado en altura total a diferentes edades, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal . . . . .	79
2 A	Crecimiento acumulado en DAP a diferentes	

	edades, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal. . . .	80
3 A	Crecimiento acumulado en área basal a diferentes edades, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal . . . .	81
4 A	Crecimiento acumulado en volumen total a diferentes edades, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal . . . . .	82
5 A	Incremento medio anual en altura total a diferentes edades, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal . . . . .	83
6 A	Incremento medio anual en DAP a diferentes edades, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal . . . .	84
7 A	Incremento medio anual en área basal a diferentes edades, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal . . . . .	85
8 A	Incremento medio anual en volumen total a diferentes edades, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal . . . . .	86
9 A	Incremento corriente en altura total a diferentes edades, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal . . . . .	87
10 A	Incremento corriente en DAP a diferentes edades, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal . . . . .	88
11 A	Incremento corriente en área basal a diferentes edades, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal . . . .	89
12 A	Incremento corriente en volumen total a diferentes edades, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal . . . . .	90
13 A	Coeficientes de regresión para cada ecuación que describe el crecimiento acumulado en altura total, en el árbol de área basal media por especie, con sus respectivos indicadores	

	estadísticos . . . . .	91
14 A	Coeficientes de regresión para cada ecuación que describe el crecimiento acumulado en DAP, en el árbol de área basal media por especie, con sus respectivos indicadores estadísticos . . . . .	92
15 A	Coeficientes de regresión para cada ecuación que describe el crecimiento acumulado en área basal, en el árbol de área basal media por especie, con sus respectivos indicadores estadísticos . . . . .	93
16 A	Coeficientes de regresión para cada ecuación que describe el crecimiento acumulado en volumen total, en el árbol de área basal media por especie, con sus respectivos indicadores estadísticos . . . . .	94
17 A	Incremento medio anual y corriente para el árbol de área basal media por especie, obtenidos del análisis fustal y ecuaciones de crecimiento . . . . .	95
18 A	Factores de forma natural a distintas edades, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal . . . . .	96
19 A	Factores de forma artificial a distintas edades, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal . . . . .	97
20 A	Factores de forma natural y artificial obtenidos a los 63 años y al momento de la corta y, valores máximos y mínimos con sus respectivas edades, correspondientes al árbol de área basal media por especie . . . . .	98

## I INTRODUCCION

La industria forestal en nuestro país sustenta su actividad en las plantaciones de especies exóticas, las que se encuentran representadas en una alta proporción por Pinus radiata D. Don, con una participación de un 80 % (INFOR-CORFO, 1993), además de las recientes plantaciones con especies del genero Eucalyptus.

La importancia de las especies exóticas, como recurso forestal de rápido crecimiento, radica en la posibilidad de satisfacer demandas específicas de productos que no siempre pueden ser generados por el bosque nativo, ya sea por las características propias de sus maderas o por sus reducidas tasas de crecimiento (INFOR-CORFO, 1986).

Sin embargo, la concentración del patrimonio forestal sólo en Pinus radiata D. Don podría verse afectado por problemas fitosanitarios propios de los monocultivos, haciéndose necesario el estudio de nuevas especies que a futuro contribuyan a diversificar las actuales plantaciones, incorporando nuevas superficies de suelos forestales, dando satisfacción a nuevas demandas (INFOR-CORFO, 1986).

El presente estudio contempla el análisis de las especies de Chamaecyparis lawsoniana, Cupressus lusitánica, Picea

ovobata, Pinus strobus y Pinus nigra, especies de las cuales se dispone de poca información respecto a su crecimiento en Chile. Puesto que la información de crecimiento sobre las especies forestales es fundamental para el manejo de las plantaciones, el presente trabajo tiene como objetivo describir el patrón de crecimiento de las especies antes mencionadas, ajustando ecuaciones de crecimiento teóricas y semiteóricas a las variables altura total, DAP sin corteza, área basal y volumen total.

Las especies en estudio proceden de la Reserva Forestal de Malleco, IX Región.



## II REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Descripción de especies

A continuación se describe cada una de las especies consideradas en el presente estudio, la información corresponde al lugar de origen, países donde son cultivadas y antecedentes de nuestro país.

#### 2.1.1 Chamaecyparis lawsoniana (A. Murr.) Parl.

Especie originaria de Estados Unidos y plantada en zonas templadas de Europa. Las condiciones climáticas en su lugar de origen se caracterizan por inviernos húmedos, veranos secos y nebulosos con temperaturas uniformes. Las precipitaciones anuales fluctúan entre 1650 y 1780 mm en los faldeos costeros y hasta 2550 mm en las partes más elevadas; en tanto que la nieve caída es de 2.5 a 5 cm en la zona costera, superando los 254 cm en las partes de mayor altitud. La temperatura en verano varía entre 15.5 y 18°C, en tanto que en invierno entre 6 y 7.5°C (USDA Forest Service 1965; Elgueta et al., 1971).

Chamaecyparis lawsoniana crece en una amplia variedad de suelos, pero es más frecuente en aquellos de textura media, creciendo bien y con buen desarrollo en los limos arcillosos

y arenosos de las terrazas costeras de Coos Bay. Su ubicación altitudinal varía desde el nivel del mar hasta 1500 m.s.n.m. (USDA Forest Service, 1965; Elgueta et al., 1971).

En su lugar de origen, Chamaecyparis lawsoniana conforma rodales mixtos naturales, donde inicialmente mantiene una posición de dominancia hasta una edad aproximada de 25 años, posteriormente es sobrepasado por sus especies acompañantes, entre ellas el Pino oregón, produciéndose de esta forma una reducción en sus tasas de crecimiento. Chamaecyparis lawsoniana es una especie tolerante y de larga vida, siendo capaz de responder a los raleos hasta avanzada edad. En rodales mixtos naturales, el Pino oregón muere gradualmente después de los 250 a 300 años raleando al Chamaecyparis lawsoniana (USDA Forest Service, 1965).

La especie puede alcanzar un crecimiento medio en DAP de 27.2 cm a los 100 años; pero en la madurez puede alcanzar un DAP de 180 cm (USDA Forest Service, 1965; Elgueta et al., 1971).

En nuestro país, provincia de Llanquihue X Región, una plantación de Chamaecyparis lawsoniana de 11 años, con una densidad de 2266 árboles/ha y un área basal de 43.0 m<sup>2</sup>/ha presenta un DAP de 15.5 cm y una altura de 6.4 m en el árbol de área basal media (Wrann y Barros, 1980).

### 2.1.2 Cupressus lusitánica Mill.

Su área de dispersión natural es México y Guatemala, crece en zonas de climas templados y hasta altitudes de 3500 m.s.n.m., prefiriendo suelos profundos y húmedos (FAO, 1955; Martínez, 1979).

En Nueva Zelanda Cupressus lusitánica crece preferentemente en climas húmedos, con lluvias no inferiores a 1000 mm al año y a altitudes de 310 m.s.n.m.. La especie requiere inviernos suaves, abundancia de calor y humedad durante las otras estaciones, suelos bien drenados y de una fertilidad mínima; además de ser sensible al daño por viento (Bannister et al., 1963).

La mayor altura alcanzada por Cupressus lusitánica en diferentes sitios de Nueva Zelanda y Portugal es de 30.5 m, pero con excepciones de 42 m (Bannister et al., 1963).

Bannister et al. (1963), sostienen que en Nueva Zelanda se encontró un máximo crecimiento en diámetro, en condiciones favorables, de 2.5 cm/año, sobre los 20 años en árboles aislados. En tanto que para árboles creciendo en bosques cerrados el incremento en diámetro de los árboles dominantes es de alrededor de 1.5 cm/año a los 20 años para decrecer a 0.8 cm/año después de los 40 años. En tanto que el



crecimiento alcanzado por plantaciones de Cupressus lusitánica presenta una altura media de 27.4 m, un DAP de 60 cm y un incremento medio anual de 14 m<sup>3</sup>/ha a una edad de rotación de 50 años.

En Kenya Cupressus lusitánica presenta un incremento medio anual de 21 m<sup>3</sup>/ha con rotaciones de 30 a 35 años (Parry, 1956, citado por Bannister et al., 1963).

En Sao Paulo, Brasil, la especie presenta un incremento medio anual de 20 m<sup>3</sup>/ha, con rotaciones de 20 a 30 años (Carvalho, 1954, citado por Bannister et al., 1963).

En Colombia se ha detectado que la especie, puede presentar fluctuaciones en volumen del orden de 30 a 300 m<sup>3</sup>/ha, para variaciones de índice de sitio de 7 a 21 m respectivamente, considerando una edad base de 15 años (Tschinkel, 1972).

Cupressus lusitánica presenta una considerable plasticidad respecto a las exigencias ecológicas, es por ello que en nuestro país se distribuye desde Valparaíso a Puerto Montt (Rodríguez, 1975). En rodales de Cupressus lusitánica creciendo en la Reserva Forestal de Malleco se pudo observar que el peso de la nieve suele provocar ruptura en algunas ramas, especialmente en rodales no raleados. Situación que limitaría su dispersión altitudinal a una altura no superior

a los 800 m.s.n.m., dependiendo de la latitud; en tanto que en el llano central las condiciones de sitio son menos propicias que en la Cordillera de Los Andes para el desarrollo del ciprés (Rodríguez, 1975).

### 2.1.3 Picea ovobata Ledeb.

Especie ampliamente distribuida en Europa, desde el nivel del mar hasta los 2400 m de altitud (Martínez, 1979). En Rusia forma extensos bosques, no pasando al sur de los 50° de latitud; además de ser una especie ampliamente plantada en norteamérica para la elaboración de pulpa (Carnevale, 1955).

Presenta buenos crecimientos en suelos frescos, profundos, rico en humus, pero en climas húmedos puede crecer en terrenos pobres. Se caracteriza por presentar un crecimiento inicial lento y un sistema radicular poco profundo, además de ser una especie tolerante (Carnevale, 1955).

En su hábitat natural, durante su madurez, puede alcanzar una altura de 60 m y un diámetro de 150 cm (Martínez, 1979).

Tortorelli (1942), citado por Carnevale (1955), afirma que Picea ovobata alcanzó un crecimiento de 10 m de altura y un diámetro de 10 cm a una edad de 14 años en Argentina (Ushuaia, Tierra del Fuego), existiendo además regeneración

natural bajo las copas de los árboles mayores, situación que acredita una buena aclimatación de la especie.

En nuestro país, en la localidad de Frutillar, X Región, un ensayo de Picea ovobata presentó una altura media de 4.6 m y un diámetro medio de 8.3 cm a una edad de 15 años, además el crecimiento medio anual en altura fue de 0.3 m y de 0.6 cm en diámetro (Wrann y Barros, 1980).

#### 2.1.4 Pinus strobus Linn.

Se encuentra en el sur de Canadá desde el sureste de Manitoba a Newfoundland, por todos los estados del norte y este de los Estados Unidos de Norteamérica, desde Minnessota y por el noreste de Iowa hasta la costa Atlántica, extendiéndose al sur por los montes Apalaches hasta el norte de Georgia. Una variedad de esta especie se encuentra al sur de México y Guatemala (Elgueta et al., 1971).

Pinus strobus prospera en climas frescos y húmedos con temperaturas de verano promedio entre 17°C a 22.5°C, con precipitaciones de 500 a 2000 mm (Elgueta et al., 1971).

En su lugar de origen la especie crece entre los 350 y 1200 m.s.n.m., pudiendo alcanzar alturas entre 25 y 40 metros y un DAP entre 60 y 110 cms (Martínez, 1979).

Pinus strobus puede adaptarse a diversas condiciones agroclimáticas; prefiriendo terrenos frescos, húmedos, profundos y tolerando la sombra de otras especies. En la zona cordillerana de Neuquén, Argentina, hacia el sur hasta 800 metros de altura y en suelo húmedo crece aunque con cierta lentitud, sufriendo los efectos del peso de la nieve y siendo algo propenso al ataque de hongos (Carnevale, 1955).

La madera presenta color blanco o blanco amarillento, blanda, liviana fácil de trabajar, sin nudos adecuada para carpintería (Carnevale, 1955).

#### 2.1.5 Pinus nigra sp.

El rango natural de dispersión es el sureste de Europa y montañas del centro, con climas templados frescos o templados fríos, siendo capaz de crecer sobre 1830 m.s.n.m. en Sicilia, presenta ramas frágiles a la caída de la nieve lo cual limita su dispersión altitudinal (FAO, 1955; Carnavale, 1955).

Pinus nigra se desarrolla en varios tipos de suelos, creciendo bien en terrenos secos, relativamente pobres, profundos; rechazando los suelos compactos y muy húmedos, lo que la hace una especie resistente a la sequía (FAO, 1955; Carnevale, 1955).

En nuestro país, en el secano costero de la VI Región, una plantación de Pinus nigra de 10 años presenta un área basal de 7.5 m<sup>2</sup>/ha para una densidad de 900 árboles/ha y una altura media de 5.4 m (Barros y Rojas, 1980). En tanto que en la provincia de Llanquihue, X región, una plantación de 11 años y 1900 árboles/ha, con un área basal de 14.4 m<sup>2</sup>/ha presenta un DAP de 10.6 cm y una altura de 5.8 m en el árbol de área basal media (Wrann y Barros, 1980).

## 2.2 Antecedentes sobre crecimiento

**Tipos de crecimiento.** Kozlowski (1971), sostiene que el crecimiento en los árboles se manifiesta en dos direcciones producto de dos tipos de crecimiento, un crecimiento primario a través del cual un árbol aumenta en altura generando un tejido primario, y un crecimiento secundario que le permite crecer en grosor, generando un tejido secundario; ambos tipos de crecimiento dependen de la actividad de los tejidos meristemáticos, los que constituyen una pequeña fracción de la masa del árbol.

El crecimiento en longitud se realiza por actividad de puntos de crecimiento apical en las células meristemáticas, las que se dividen para producir nuevas células. El crecimiento en longitud, ocurrido en las yemas apicales, consta de las fases de división celular, elongación,

diferenciación y maduración de células (Kramer y Kozlowski, 1960; Kozlowski, 1971).

El crecimiento en grosor tiene su origen en el cámbium vascular, ubicado entre el xilema y el floema, el cual corresponde a una delgada capa de tejido meristemático que cada año proporciona xilema adicional e incide en la formación de floema, éstas nuevas capas de tejido se insertan anualmente entre las antiguas, produciendo así un incremento a través del fuste (Kramer y Kozlowski, 1960; Kozlowski, 1971).

**Anillos de crecimiento.** Los anillos de crecimiento son producto de la actividad periódica del cámbium, correspondiendo al xilema producido durante el período de crecimiento, ubicándose en las secciones de tallos y raíces de los árboles; presentando además variadas características según la especie y condiciones de crecimiento (Esau, 1985).

González et al. (1991), sostienen que el estudio de los anillos de crecimiento presentes en los árboles, conocido como análisis de tallo, permite conocer como varían las características dimensionales de un individuo o de una comunidad completa a través del tiempo.

**Variables de crecimiento.** Puede ser complejo establecer en

términos numéricos las relaciones entre el crecimiento de los árboles y su medio, ya que se requiere realizar un análisis de todos los componentes del ecosistema interactuando entre sí (Daniel et al., 1982).

El crecimiento de árboles individuales en sitios particulares es influenciado por una serie de factores, tales como clima, suelo, edad, características genéticas y status competitivo (Bruce y Shumacher, 1965; Husch et al., 1972; Tomé et al., 1989).

Spurr y Barnes (1980), sostienen que el crecimiento arbóreo responde más a la escasez de agua que a cualquier otro factor de sitio; lo cual afecta el crecimiento tanto en longitud como en grosor de los árboles.

El crecimiento en altura es controlado por los factores inalterables del sitio, excepto cuando la densidad de la masa es muy baja o extremadamente elevada (Daniel et al., 1982). Además los patrones de crecimiento en altura no sólo varían en diferentes partes dentro del rango de las especies sino también por diferencias de suelo o topografía (Barnes y Spurr, 1980).

El crecimiento, a nivel de árbol individual, puede ser expresado en términos de variables, tales como altura,

diámetro, área basal, volumen, biomasa, peso, etc. Las estimaciones del crecimiento en altura y área basal presentan la ventaja de ser directas, no así la estimación del volumen que suele ser función de las variables mencionadas en primer término y, a veces, también de la forma.

El crecimiento en DAP suele ser adoptado como un estimador del crecimiento en diámetro del resto del fuste, esto se debe a que el crecimiento en DAP es un indicador del crecimiento en diámetro a lo largo del fuste y del crecimiento en volumen del árbol (Chapman y Meyer, 1949).

Según Daniel et al. (1982), el incremento en área basal es una medida de la capacidad que tienen los árboles o los rodales para producir xilema, crecimiento que está controlado por factores genéticos y medio ambientales.

Una de las expresiones más completas del crecimiento en un árbol es el volumen, al respecto Kramer y Kozlowski (1960), sostienen que la interacción de los factores ambientales de un hábitat particular o sitio, en el crecimiento de los árboles, puede ser expresada en términos de volumen de madera producida.

**Elementos descriptivos del crecimiento.** El crecimiento de



cualquier organismo viviente se puede asociar al desarrollo de una curva sigmoidea, cuya forma característica varía según cada situación de genotipo y ambiente (Asmman, 1970; Husch et al., 1972; Drapper y Smith, 1981).

La variación a través del tiempo de las características dimensionales de los individuos de una comunidad, es probablemente la variable silvícola más relevante del punto de vista del análisis de las posibilidades de producción y de manejo de una agrupación específica. Esta variable, comúnmente llamada tasa de crecimiento, ha sido estudiada en la mayoría de los bosques de interés económico (González et al., 1991).

La curva de crecimiento acumulado, muestra la dimensión total de un árbol alcanzada a cualquier edad particular, distinguiéndose tres etapas: juventud, madurez y senectud. Durante la juventud el crecimiento es lento, pero después se acelera hasta alcanzar la plenitud en la madurez. Durante la senectud el crecimiento disminuye hasta que la característica alcanza su máxima dimensión donde la curva se hace asintótica con respecto al tamaño máximo alcanzable (Asmman, 1970; Husch et al., 1972).

El aumento de tamaño de un árbol o rodal se considera dentro de un lapso de tiempo determinado, como por ejemplo día, mes,

año o década. El incremento corriente (ICO) corresponde a las diferencias anuales entre crecimientos sucesivos de una variable de crecimiento de un árbol, que al ser graficada respecto a sus edades forman una curva de incremento para una variable de crecimiento determinado; esta curva puede ser considerada como la curva diferencial o la primera derivada de la curva de crecimiento acumulado (Asmman, 1970).

Generalmente resulta complejo medir los crecimientos año a año a nivel de árbol individual o rodal, razón por la cual se suele hacer cada cierto lapso de tiempo, denominándose incremento periódico (IP). Cuando se divide el crecimiento alcanzado dentro de un período por el número de años del período se obtiene el incremento periódico anual (IPA) (Hush et al., 1972).

Al dividir el crecimiento total por el número de años en que ello ocurre, se obtiene el incremento medio anual (IMA). Cuando se intersectan las curvas de incremento medio anual e incremento corriente se encuentra la culminación del incremento medio anual, definiendo la rotación biológica de un rodal (Daniel et al., 1982).

### **2.2.1 Ecuaciones de crecimiento**

Somers et al. (1991), sostienen que el crecimiento

experimentado por alguna variable de crecimiento en un árbol, puede ser descrito por medio de ecuaciones de crecimiento, lo cual permite tomar decisiones importantes respecto a los recursos, siendo aplicadas en predicciones de crecimiento y rendimiento o análisis de alternativas de nuevas prácticas silvícolas.

Los modelos de crecimiento no lineal han sido utilizados para describir patrones de crecimiento a través del tiempo, siendo aplicables en muchos campos, tales como biología, ciencias forestales y ecología. En general, el tipo de modelo empleado en un área y problema específico dependerá de la naturaleza del crecimiento (Draper y Smith, 1981).

Sweda (1984), clasifica las funciones de crecimiento en empíricas o experimentales, cuasi-teóricas y teóricas.

Las ecuaciones empíricas se obtienen en base al conocimiento de la forma de la curva de crecimiento acumulado asemejando esta forma, a la que describen funciones matemáticas; ejemplos de funciones empíricas son los polinomios de grado dos o tres, dependiendo el caso en estudio, donde la variable independiente es la edad del individuo (Sweda, 1984).

Los modelos cuasi-teóricos originalmente fueron construidos sobre principios racionales, pero perdieron el sentido

teórico por manipulación artificial hecha precisamente para mejorar la calidad del ajuste, un ejemplo de ello lo constituye la ecuación de Prodan (Prodan, 1961, citado por Sweda, 1984), que consistió en una generalización de la ecuación de Mitscherlich al agregar un exponente.

Las ecuaciones teóricas se derivan a partir de supuestos generales basados exclusivamente en la razón, no incluyendo ninguna referencia sobre aspectos de crecimiento de algún individuo particular. Entre las ecuaciones teóricas podemos mencionar la Mitscherlich, Logística y Gompertz.

Sweda (1984) clasifica las ecuaciones teóricas en diferentes clases, según las características matemáticas que presenten. Estas ecuaciones son: la exponencial, la Mitscherlich, la Logística, la Gompertz, la Von Bertalanffy's y otras.

Entre las ecuaciones de crecimiento teórica la más simple es la exponencial. La ecuación parte del supuesto de que la tasa de crecimiento  $dy/dt$  de una población o de un individuo a una edad "t", es proporcional al tamaño "Y" alcanzado a la edad "t":

$$dy/dt = K * Y$$

donde "K" es la tasa intrínseca de crecimiento. Integrando la

ecuación diferencial anterior con respecto a la edad, es obtenida la ecuación exponencial:

$$Y = Y_0 * \exp ( K * t )$$

donde "Y<sub>0</sub>" es el tamaño inicial.

La función de Mitscherlich o ecuación de reacción química monomolecular, se basa en el supuesto de la existencia de un límite asintótico de crecimiento "C<sub>1</sub>" y que la tasa de crecimiento "dy/dt" a cualquier edad "t" es proporcional a la diferencia entre el límite "C<sub>1</sub>" y el tamaño "Y" alcanzado a esa edad. El supuesto puede ser representado a través de la ecuación diferencial:

$$dy/dt = C_3 * ( C_1 - Y )$$

"C<sub>3</sub>" representa la tasa intrínseca de crecimiento. Al integrar la ecuación diferencial se obtiene la función de crecimiento acumulado.

$$Y = C_1 * ( 1 - ( C_1 - Y_0 / C_1 ) * \exp ( - C_3 * t ) )$$

con "Y<sub>0</sub>" representando el tamaño inicial. Al reemplazar el término (C<sub>1</sub> - Y<sub>0</sub> / C<sub>1</sub>) por el parámetro "C<sub>2</sub>" la ecuación de Mitscherlich se reduce a:

$$Y = C1 * ( 1 - C2 * \exp ( - C3 * t ) )$$

La función Logística o ecuación autocatalítica o de Robertson's, supone que la tasa de crecimiento "dy/dt" a cualquier edad "t" dada, es proporcional no sólo a la diferencia entre el máximo tamaño alcanzable "C1" y el tamaño corriente "Y", sino que también al mismo tamaño corriente. Los supuestos se expresan en la siguiente ecuación diferencial :

$$dy/dt = L * y * ( C1 - y )$$

"L" representa la tasa intrínseca de crecimiento, al integrar la ecuación mencionada se obtiene:

$$Y = C1 / ( 1 + \exp ( C2 - C3 * t ) )$$

con "C2" y "C3" parámetros introducidos relacionados con el tamaño inicial "Yo" al igual que la tasa intrínseca de crecimiento "L".

La ecuación de Gompertz considera como supuesto que la tasa de crecimiento "dy/dt" a cualquier edad "t" es proporcional al tamaño corriente "Y" y, a la diferencia entre los logaritmos del máximo tamaño alcanzable "C1" y el tamaño corriente, los supuestos se expresan por intermedio de la

ecuación diferencial como:

$$dy/dt = C3 * Y * ( \ln ( C1 ) - \ln ( y ) )$$

donde la tasa intrínseca de crecimiento se representa por "C3". Al integrar la ecuación diferencial obtenemos:

$$Y = C1 * \exp ( - \exp ( C2 - C3 * t ) )$$

donde "C2" corresponde a un parámetro introducido relacionado con el tamaño inicial "Yo" .

La ecuación de Relaciones Polimórficas, ecuación semi-teórica, usada por Sprinz et al. (1989), considera que cada individuo presenta un patrón de desarrollo único "C3", una tasa intrínseca de crecimiento "C2" y un tamaño máximo alcanzable "C1", obteniéndose la siguiente ecuación de crecimiento:

$$Y = C1 * ( 1 - \exp ( - C2 * t ) ) ^ C3$$

Las ecuaciones de Mitscherlich, Logística y de Gompertz fueron usadas en la representación del crecimiento radial del fuste de árboles de Picea glauca (Moench) Voss y de Pinus banksiana Lamb., obteniendo excelentes predicciones del crecimiento acumulado en radio (Sweda, 1984).

Sprintz et al. (1989) utilizan la ecuación de Prodan, pero con el nombre de Ecuación de Relaciones Polimórficas, para estimar el crecimiento acumulado en altura media y dominante en rodales establecidos de Pinus taeda L., con la finalidad de determinar si la fuente de semillas afecta el desarrollo del rodal.





### III MATERIALES Y METODO

#### 3.1 Materiales

La información de crecimiento con la cual se desarrolló la presente memoria de título, procede de dos rodales mixtos de coníferas exóticas sin manejo (Tabla 1), ubicados en el sector los Guindos, Reserva Forestal de Malleco, IX Región. La Reserva Forestal de Malleco se encuentra a 75 km de Collipullí, con coordenadas geográficas de 38° 15' latitud sur y 71° 55' longitud este. Las especies en estudio corresponden a los árboles de área basal media de Chamaecyparis lawsoniana, Cupressus lusitánica, Picea obovata, Pinus strobus y Pinus nigra, cuyas edades fluctúan entre 63 y 70 años. Se consideró el árbol de área basal media por especie por ser representativo de las características promedios de un rodal (Heikurinen y Kershaw 1986, citado por Espinosa, 1988).

Los suelos de la Reserva Forestal de Malleco en su totalidad son de clase VII y VIII del tipo trumao de pendiente fuerte, caracterizados por su estabilidad frente a la erosión cuando se conserva una cobertura permanente de vegetación boscosa o arbustiva, además de una alta capacidad de retención de humedad (FAO, 1975).

La clasificación taxonómica de las especies procede de estudios realizados por la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción.

TABLA 1. INFORMACION DASOMETRICA DE LOS RODALES EN ESTUDIO.


ESPECIE	RODAL	AREA BASAL TOTAL (m <sup>2</sup> /ha)	DENSIDAD (arb./ha)
CUPRESSUS SP.	A	231.5	665
PINUS STROBUS	4.2 ha	7.0	24
ESPECIES DE PINO		50.1	195
CH. LAWSONIANA		11.3	49
PICEA OVOBATA		10.3	81
SEQUOIA SP.		3.5	6
CEDRUS SP.		1.3	2
ABIES SP.		0.6	10
CUPRESSUS SP.	B	158.8	438
ABIES SP.	2.4 ha.	0.6	4
ESPECIES DE PINO		15.3	32

FUENTE: Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales (1992)

Para la zona en estudio se reunió información climática durante los años 1948 a 1953 (períodos de análisis), obteniéndose una temperatura media anual de 13.5°C con una máxima en Enero de 19°C y una media en Julio de 7.5°C. La precipitación media anual es de 4096 mm, registrándose un 59.7 % durante el invierno, un 10.4 % en Otoño, un 21.8 % durante la primavera y un 8 % en el verano. Durante el año se presentan 2 meses secos con precipitaciones inferiores a 30 mm (FAO, 1975).

La zona en estudio, durante los períodos de análisis, presentó un clima templado lluvioso, con precipitaciones anuales sobre los 3720 mm, con más de 2000 mm durante el invierno, 890 mm en primavera, 500 mm en otoño y 330 mm en verano. En tanto que las precipitaciones sólidas son escasas y cubren las altas montañas. La temperatura promedio anual fluctúa entre los 13 y 14°C, con una oscilación térmica diaria en los meses de verano bastante amplia, durante el día la temperatura llega próxima a los 30°C, para descender durante la noche a temperaturas cercanas a los 5°C (Almeyda, 1975, citado por FAO, 1975).

### 3.2 Método



El presente estudio de crecimiento, basado en el árbol de área basal media por especie, consideró el crecimiento en las variables altura total, DAP sin corteza, área basal y volumen sólido sin corteza, para árboles cuyas edades fluctuaban entre 63 y 70 años. Debido que el crecimiento en sus primeros años esta sujeto a factores aleatorios, se consideró como período de estudio desde los 10 años hasta el momento de la corta, además que las funciones de crecimiento predicen valores negativos bajo ésta edad.

Para determinar el crecimiento histórico se efectuó un análisis de tallo, midiendo los anillos de crecimiento de las

rodela obtenidas por cortes transversales a distintas alturas del fuste (Prodan, 1965 citado por Cubillos, 1987). Se hicieron parcelas de muestreo para obtener el área basal, información con la cual se calculó el área basal media por especie y posteriormente el árbol de área basal media y su respectivo diámetro cuadrático, una vez conocido éste valor fue seleccionado el árbol más cercano a dicho diámetro por cada especie para ser volteado. De los árboles volteados se extrajo una rodela a la altura del tocón y las siguientes de la parte superior de las trozas aprovechables, cada 3.6 m y 2.0 m. Posteriormente fueron medidos los anillos de crecimiento considerando dos radios orientados en 90 grados, para reducir el efecto de excentricidad, pasando ambas líneas por la médula y utilizando una regla graduada en milímetros. Con la información obtenida se confeccionó un registro del crecimiento en diámetro sin corteza para cada rodela a distintas alturas del fuste.

En cada árbol de área basal media por especie, se consideró el método gráfico de análisis de tallo propuesto por Bruce y Shumacher (1965), para obtener el crecimiento acumulado en altura a distintas edades.

Debido a la no existencia de una rodela a la altura del DAP, el crecimiento acumulado en esta variable se obtuvo interpolando la información de crecimiento entre la rodela a

la altura del tocón y la inferior de la primera troza, para cada año de vida del árbol de área basal media.

Para obtener el crecimiento en área basal, a distintas edades, se consideró la fórmula de superficie de una circunferencia y, el diámetro a la altura del pecho.

El cálculo del volumen sólido sin corteza se hizo para cada troza y año de vida del árbol de área basal media por especie. El volumen en la zona del tocón se calculó por medio de la fórmula de volumen de un cilindro, en tanto que para el resto del árbol se calculó en base a la fórmula para un cono truncado (Cailliez, 1980).

La información de crecimiento acumulado en altura, DAP sin corteza, área basal y volumen total obtenida del análisis fustal se hizo para cada año de vida de las distintas especies, desde los 10 años hasta el momento de la corta, información que fue considerada para el ajuste de las funciones de crecimiento.

Con la información procedente del análisis fustal, se obtuvo el factor de forma natural y artificial para los árboles de área basal media por especie, considerando cada año de vida del individuo desde los 15 años hasta el momento de la corta, obteniéndose factores de forma máximo, mínimo, a una edad

común de 63 años y valores al momento de la corta.

### 3.2.1 Funciones de crecimiento

A las curvas de crecimiento acumulado en altura total, DAP, área basal y volumen total, procedente del análisis fustal y, que representan valores de crecimiento acumulado anual, se le ajustaron cuatro ecuaciones de crecimiento cuya variable independiente corresponde al tiempo. Los modelos de crecimiento considerados fueron los siguientes:

1. Ecuación de Mitscherlich (Sweda, 1984).

$$Y = C1 * ( 1 - C2 * EXP ( - C3 * t ) )$$

C1 : tamaño máximo alcanzable

$$C2 = ( C1 - Y_0 ) / C1$$

C3 : tasa intrínseca de crecimiento .

2. Ecuación Logística (Sweda, 1984).

$$Y = C1 / ( 1 - EXP ( C2 - C3 * t ) )$$

C1 : tamaño máximo alcanzable

$$C2 = \ln ( ( C1 - Y_0 ) / Y_0 )$$

$$C3 = C1 * L$$

L : tasa intrínseca de crecimiento

3. Ecuación Gompertz (Sweda, 1984).

$$Y = C1 * \text{EXP} ( - \text{EXP} ( C2 - C3 * t ) )$$

C1 : tamaño máximo alcanzable

$$C2 = \ln ( \ln ( C1 / Y_0 ) )$$

C3 : tasa intrínseca de crecimiento

4. Ecuación de Prodan (Prodan, 1961, citado por Sweda, 1984).

$$Y = C1 * ( 1 - \text{EXP} ( - C2 * t ) ) ^ C3$$

C1 : tamaño máximo alcanzable

C2 : tasa intrínseca de crecimiento

C3 : patrón de desarrollo único

Para todas las ecuaciones:

Y : variable de crecimiento (altura, dap, área basal o volumen ssc)

t : edad del árbol (años)

Y<sub>0</sub> : dimensión inicial de la variable de crecimiento

C1, C2 y C3 coeficientes de regresión.

El ajuste de las ecuaciones a los datos reales de crecimiento, se hizo con el software estadístico Statgrahapics para funciones no lineales. En la estimación de las constantes iniciales requeridas por el programa, se utilizó la metodología propuesta por Alder de estimación de constantes iniciales para funciones no lineales y no reducibles a una forma lineal (Alder et al., 1980).

En la selección de la mejor función por variable de crecimiento y especie, se consideró los estadígrafos error cuadrático medio (ECM), desviación estándar residual (DER) y la media de la suma de los cuadrados de las desviaciones (MSCD). Las ecuaciones que presentaron los mejores indicadores de bondad de ajuste para cada variable de crecimiento por especie, fueron derivadas respecto a la variable independiente tiempo, obteniéndose ecuaciones de incremento corriente (ICO).



## IV RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Crecimiento acumulado en altura

Los datos de crecimiento acumulado en altura, para los árboles de área basal media por especie procedentes del análisis fustal (Tabla 1A), presentan un comportamiento sigmoideo (Figura 1), pero con variaciones propias por especie, donde cada individuo alcanza una altura final específica a una edad particular (Tabla 2).

TABLA 2. ALTURA TOTAL PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE Y SU EDAD AL MOMENTO DE CORTA, PROCEDENTE DEL ANALISIS FUSTAL.

ESPECIE	ALTURA (m)	EDAD (años)
<u>Chamaecyparis lawsoniana</u>	27.7	63
<u>Cupressus lusitánica</u>	30.7	70
<u>Picea obovata</u>	30	63
<u>Pinus strobus</u>	31.9	65
<u>Pinus nigra</u>	31.9	70

#### 4.1.1 Funciones de crecimiento para la altura

Según los indicadores de bondad de ajuste (Tabla 3), es posible afirmar que la ecuación de Mitscherlich es quien

mejor representa los patrones de crecimiento acumulado en altura total para el árbol de área basal media de Chamaecyparis lawsoniana y Cupressus lusitánica. Por otro lado, las mejores predicciones del crecimiento acumulado en altura son obtenidas por la ecuación de Prodan para Picea ovobata y Pinus nigra; en tanto que la función Gompertz es quien mejor representa el crecimiento acumulado en altura para Pinus strobus (figura 1).

TABLA 3. ECUACIONES QUE MEJOR DESCRIBEN EL CRECIMIENTO ACUMULADO EN ALTURA TOTAL, PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, CON SUS RESPECTIVOS INDICADORES DE BONDAD DE AJUSTE.

ESPECIE	ESTADIGRAFOS			FUNCION
	ECM (%)	DER	MSCD	
E1	2.33	0.4227	0.1856	MITSCHERLICH
E2	1.01	0.2202	0.0502	MITSCHERLICH
E3	1.01	0.1993	0.0413	PRODAN
E4	1.39	0.2958	0.0908	GOMPERTZ
E5	1.54	0.2981	0.0921	PRODAN

E1 :Chamaecyparis lawsoniana

E2 :Cupressus lusitánica

E3 :Picea ovobata

E4 :Pinus strobus

E5 :Pinus nigra

A continuación se presentan las ecuaciones que predicen el crecimiento acumulado en altura total con los mejores indicadores estadísticos, a nivel de árbol de área basal media por especie y, sus respectivos coeficientes obtenidos en el análisis de regresión no lineal (Tabla 13A).

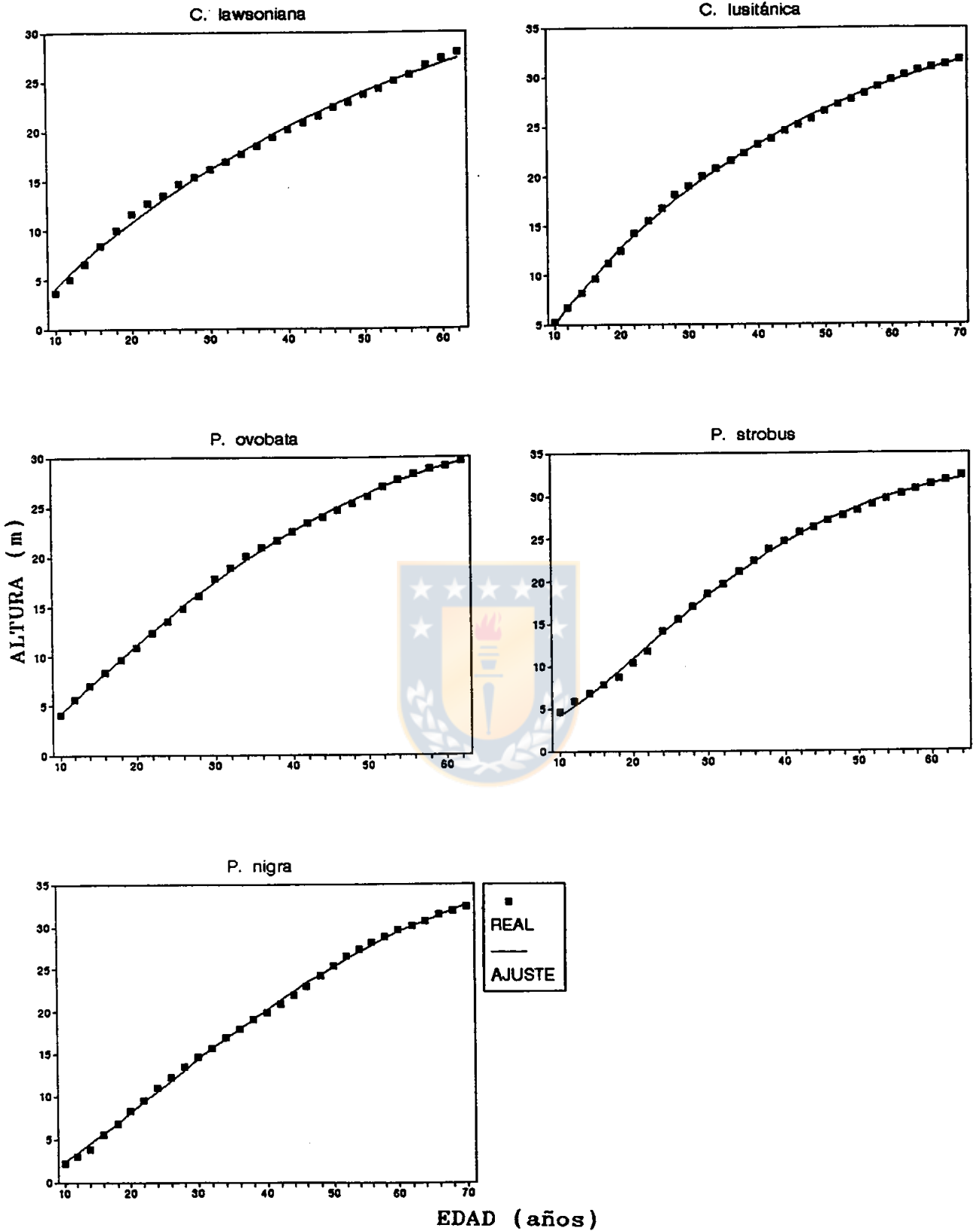


FIGURA 1. Crecimiento acumulado en altura total, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal y ecuaciones de crecimiento.

1. Chamaecyparis lawsoniana

Ecuación de Mitscherlich

$$\text{ALTURA} = 38.7726 * (1 - 1.10173 * \text{EXP}(-0.021186 * \text{EDAD})) \dots \text{ (m)}$$

2. Cupressus lusitánica

Ecuación de Mitscherlich

$$\text{ALTURA} = 38.7495 * (1 - 1.1263 * \text{EXP}(-0.02586 * \text{EDAD})) \dots \text{ (m)}$$

3. Picea ovobata

Ecuación de Prodan

$$\text{ALTURA} = 40.9831 * (1 - \text{EXP}(-0.02325 * \text{EDAD}))^{1.1511} \dots \text{ (m)}$$

4. Pinus strobus

Ecuación de Gompertz

$$\text{ALTURA} = 34.7062 * \text{EXP}(-\text{EXP}(1.3469 - 0.0599 * \text{EDAD})) \dots \text{ (m)}$$

5. Pinus nigra

Ecuación de Prodan

$$\text{ALTURA} = 41.9727 * (1 - \text{EXP}(-0.03127 * \text{EDAD}))^{2.1571} \dots \text{ (m)}$$

## 4.2 Crecimiento acumulado en DAP

Según la información del análisis fustal (Tabla 2A), Chamaecyparis lawsoniana presenta una curva de crecimiento acumulado en DAP cuya pendiente es alta hasta una edad de 30 años, posteriormente ésta disminuye y se mantiene

relativamente estable hasta alcanzar un DAP final de 55.7 cm a los 63 años. Picea ovobata y Pinus nigra presentan un patrón de crecimiento en DAP semejante, con una elevada pendiente hasta una edad aproximada de 40 años para posteriormente presentar una reducción en sus tasas de crecimiento y alcanzar un DAP final de 54.3 cm y 55.2 cm a los 63 y 70 años respectivamente. Cupressus lusitánica y Pinus strobus presentan una curva de crecimiento acumulado en DAP que asemeja una forma lineal en un amplio rango de su trayectoria, alcanzando un DAP final de 65.7 y 73.7 cm a edades de 70 y 65 años respectivamente (figura 2).

#### 4.2.1 Funciones de crecimiento para el DAP

Es posible afirmar (Tabla 4) que la función Mitscherlich es quien mejor predice el crecimiento acumulado en DAP para el árbol de área basal media de Chamaecyparis lawsoniana y Pinus nigra. En tanto que la ecuación de Prodan obtiene los mejores ajustes en el DAP para Picea ovobata y Pinus strobus. Por último, la mejor descripción del crecimiento acumulado en DAP para Cupressus lusitánica, es hecha por la ecuación de Gompertz (Figura 2).

A continuación se presentan las ecuaciones que predicen el crecimiento acumulado en DAP sin corteza con los mejores indicadores de bondad de ajuste, a nivel de árbol de área

basal media por especie, con sus respectivos coeficientes obtenidos en el análisis de regresión no lineal (Tabla 14A).

1. Chamaecyparis lawsoniana

Ecuación de Mitscherlich

$$\text{DAP} = 55.5778 * (1 - 1.5776 * \text{EXP}(-0.0625 * \text{EDAD})) \dots \text{(cm)}$$

2. Cupressus lusitánica

Ecuación de Gompertz

$$\text{DAP} = 95.6292 * \text{EXP}(-\text{EXP}(1.3889 - 0.03369 * \text{EDAD})) \dots \text{(cm)}$$

3. Picea obovata

Ecuación de Prodan

$$\text{DAP} = 54.3718 * (1 - \text{EXP}(-0.06881 * \text{EDAD}))^{3.4000} \dots \text{(cm)}$$

4. Pinus strobus

Ecuación de Prodan

$$\text{DAP} = 105.2164 * (1 - \text{EXP}(-0.02159 * \text{EDAD}))^{1.4609} \dots \text{(cm)}$$

5. Pinus nigra

Ecuación de Prodan

$$\text{DAP} = 58.3137 * (1 - \text{EXP}(-0.05452 * \text{EDAD}))^{3.6161} \dots \text{(cm)}$$

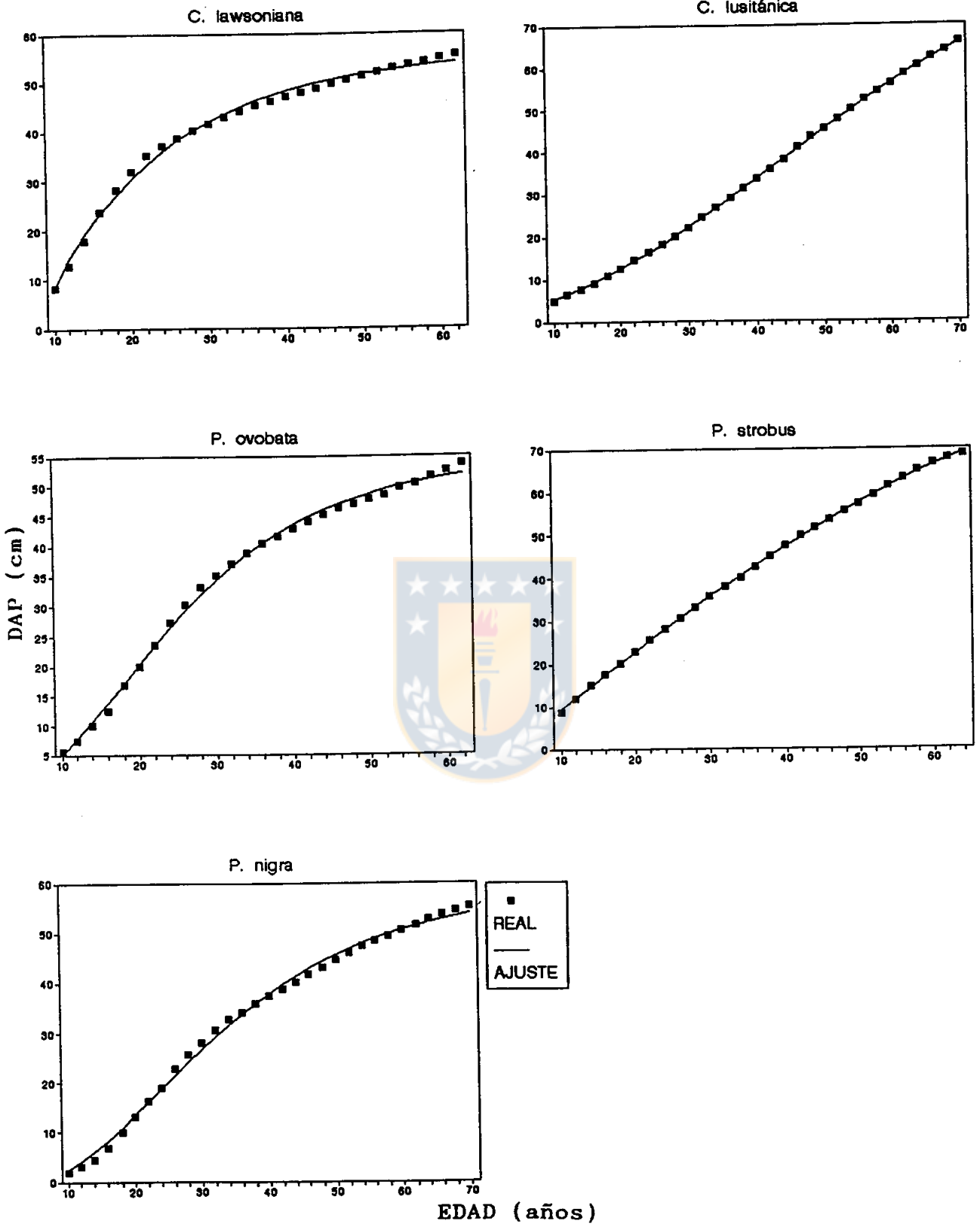


FIGURA 2. Crecimiento acumulado en DAP, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal y ecuaciones de crecimiento.

TABLA 4. ECUACIONES QUE MEJOR DESCRIBEN EL CRECIMIENTO ACUMULADO EN DAP, PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, CON SUS RESPECTIVOS INDICADORES DE BONDAD DE AJUSTE.

ESPECIE	ESTADIGRAFOS			FUNCION
	ECM(%)	DER	MSCD	
E1	2.41	1.0160	1.0760	MITSCHERLICH
E2	0.62	0.2154	0.0480	GOMPERTZ
E3	2.21	0.8039	0.6720	PRODAN
E4	0.62	0.2664	0.0744	PRODAN
E5	2.90	0.9804	1.0000	PRODAN

E1 :*Chamaecyparis lawsoniana*      E4 :*Pinus strobus*  
 E2 :*Cupressus lusitánica*          E5 :*Pinus nigra*  
 E3 :*Picea ovobata*

#### 4.3 Crecimiento acumulado en área basal

Según la información procedente del análisis fustal (Tabla 3A), considerada para el árbol de área basal media por especie, se obtuvo que Chamaecyparis lawsoniana presenta una curva de crecimiento acumulado en área basal cuya pendiente inicial es elevada hasta una edad de 26 años, para posteriormente permanecer relativamente estable y alcanzar un área basal de 0.2436 m<sup>2</sup> a los 63 años. Picea ovobata y Pinus nigra presentan una curva de crecimiento acumulado en área basal con características comunes, una baja tasa de crecimiento inicial hasta una edad de 20 años para posteriormente aumentar y mantenerse relativamente estable, alcanzando valores finales de 0.232 m<sup>2</sup> y 0.2391 m<sup>2</sup> a las edades de 63 y 70 años respectivamente. Cupressus lusitánica



y Pinus strobus presentan una curva de crecimiento acumulado en área basal común entre ellas, pero con características particulares a nivel de cada especie, la pendiente es inicialmente reducida hasta una edad de 30 años, posteriormente ésta se incrementa notoriamente, alcanzando un área basal final de 0.3397 m<sup>2</sup> y 0.3736 m<sup>2</sup> respectivamente a las correspondientes edades de 70 y 65 años (Figura 3).

#### 4.3.1 Funciones de crecimiento para el área basal

En base a los indicadores de bondad de ajuste (Tabla 5), es posible afirmar que la ecuación de Prodan es quien mejor describe el crecimiento acumulado en área basal para el árbol de área basal media de Picea ovobata, Pinus nigra y Pinus strobus; en tanto que la función de Gompertz describe eficientemente el crecimiento acumulado en área basal para Cupressus lusitánica y Chamaecyparis lawsoniana (Figura 3).

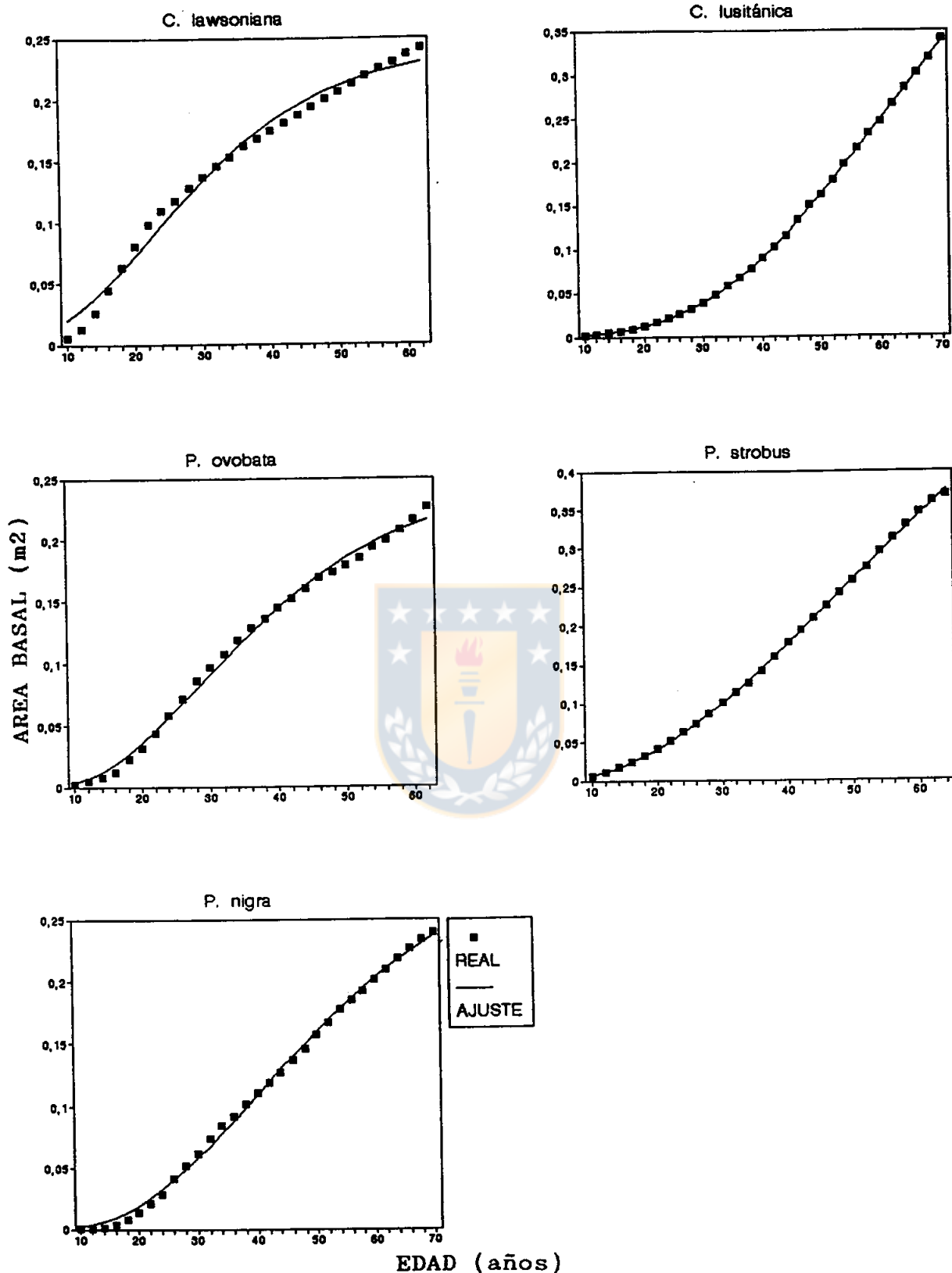


FIGURA 3. Crecimiento acumulado en área basal, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal y ecuaciones de crecimiento.

TABLA 5. ECUACIONES QUE MEJOR DESCRIBEN EL CRECIMIENTO ACUMULADO EN AREA BASAL, PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, CON SUS RESPECTIVOS INDICADORES DE BONDAD DE AJUSTE.

ESPECIE	ESTADIGRAFOS			FUNCION
	ECM (%)	DER	MSCD	
E1	5.37	0.0080	0.00006	GOMPERTZ
E2	1.02	0.0012	0.00000	GOMPERTZ
E3	4.00	0.0047	0.00002	PRODAN
E4	1.27	0.0021	0.00000	PRODAN
E5	3.09	0.0039	0.00001	PRODAN

E1 :*Chamaecyparis lawsoniana*  
 E2 :*Cupressus lusitánica*  
 E3 :*Picea ovobata*

E4 :*Pinus strobus*  
 E5 :*Pinus nigra*

A continuación se presentan las ecuaciones que predicen el crecimiento acumulado en área basal con los mejores indicadores de bondad de ajuste, a nivel de árbol de área basal media por especie, y sus respectivos coeficientes obtenidos en el análisis de regresión no lineal (Tabla 15A).

1. *Chamaecyparis lawsoniana*

Ecuación de Gompertz

$$A. \text{ basal} = 0.2445 * \text{EXP}(-\text{EXP}(1.6235 - 0.0711 * \text{EDAD})) \dots \dots (m2)$$

2. *Cupressus lusitánica*

Ecuación de Gompertz

$$A. \text{ basal} = 0.7248 * \text{EXP}(-\text{EXP}(2.0793 - 0.0335 * \text{EDAD})) \dots \dots (m2)$$

3. *Picea ovobata*

Ecuación de Prodan

$$A. \text{ basal} = 0.2511 * (1 - \text{EXP}(-0.0566 * \text{EDAD}))^5.0262 \dots \dots \dots (m2)$$

#### 4. Pinus strobus

Función de Prodan

$$A. \text{ basal} = 0.8557 * (1 - \text{EXP}(-0.0220 * \text{EDAD}))^2.9536 \dots \dots \dots (m2)$$

#### 5. Pinus nigra

Ecuación de Prodan

$$A. \text{ basal} = 0.3190 * (1 - \text{EXP}(-0.0398 * \text{EDAD}))^4.7205 \dots \dots \dots (m2)$$

#### 4.4 Crecimiento acumulado en volumen

En base a la información de crecimiento del análisis fustal (Tabla 4A), se obtuvo que Chamaecyparis lawsoniana presenta una curva de crecimiento acumulado en volumen total con una reducida pendiente inicial hasta los 16 años, después la pendiente aumenta notoriamente hasta los 28 años, posteriormente las tasas de crecimiento tienden a permanecer estables y la curva alcanza un volumen final de 2.0 m<sup>3</sup> a los 63 años. Cupressus lusitánica y Pinus strobus presentan curvas de crecimiento volumétrico semejante, con una reducida pendiente inicial que se mantiene hasta los 20 años, para después aumentar considerablemente y obtener crecimientos finales de 3.4 y 4.2 m<sup>3</sup> a edades de 70 y 65 años respectivamente. Picea obovata y Pinus nigra presentan una

curva de crecimiento acumulado en volumen total con una baja pendiente inicial hasta una edad aproximada de 25 años, para posteriormente aumentar y mantener una tendencia relativamente lineal y alcanzar un volumen total de 1.9 m<sup>3</sup> y 2.8 m<sup>3</sup> a edades de 63 y 70 años respectivamente (Figura 4). A su vez el crecimiento en volumen presenta incrementos medios anuales crecientes en todas las especies en estudio.

Considerando que el crecimiento en volumen expresa el crecimiento total de un árbol de manera más completa, se consideró esta variable como elemento de comparación entre los crecimientos de las distintas especies. La comparación fue hecha considerando la máxima edad común entre especies (63 años), obteniéndose los siguientes crecimientos en orden decreciente: Pinus strobus (4.0 m<sup>3</sup>), Cupressus lusitánica (2.6 m<sup>3</sup>), Pinus nigra (2.4 m<sup>3</sup>), Chamaecyparis lawsoniana (2.0 m<sup>3</sup>) y Picea obovata (1.9 m<sup>3</sup>).

#### 4.4.1 Funciones de crecimiento para el volumen

La ecuación de Prodan predice con los mejores indicadores de bondad de ajuste (Tabla 6) el crecimiento acumulado en volumen, para los árboles de área basal media por especie de Cupressus lusitánica, Picea obovata y Pinus nigra. En tanto que la función de Gompertz representa eficientemente el patrón de crecimiento acumulado en volumen total para

Chamaecyparis lawsoniana y Pinus strobus (Figura 4 ).

TABLA 6. ECUACIONES QUE MEJOR DESCRIBEN EL CRECIMIENTO ACUMULADO EN VOLUMEN TOTAL, PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, CON SUS RESPECTIVOS INDICADORES DE BONDAD DE AJUSTE.

ESPECIE	ESTADIGRAFOS			FUNCION
	ECM (%)	DER	MSCD	
E1	5.22	0.0510	0.0027	GOMPERTZ
E2	1.53	0.0165	0.0002	PRODAN
E3	4.57	0.0370	0.0014	PRODAN
E4	1.60	0.0256	0.0007	GOMPERTZ
E5	1.44	0.0157	0.0003	PRODAN

E1 :Chamaecyparis lawsoniana      E4 :Pinus strobus  
 E2 :Cupressus lusitánica      E5 :Pinus nigra  
 E3 :Picea ovobata

A continuación se presentan las ecuaciones que predicen el crecimiento acumulado en volumen total con los mejores indicadores de bondad de ajuste, a nivel de árbol de área basal media por especie y, sus respectivos coeficientes obtenidos en el análisis de regresión no lineal (Tabla 16A).

### 1. Chamaecyparis lawsoniana

Ecuación de Gompertz

$$\text{VOLUMEN} = 2.1618 * \text{EXP}(-\text{EXP}(1.8013 - 0.0583 * \text{EDAD})) \dots\dots (m3)$$

### 2. Cupressus lusitánica

Ecuación de Prodan

$$\text{VOLUMEN} = 118.1496 * (1 - \text{EXP}(-0.00575 * \text{EDAD}))^3.2285 \dots\dots (m3)$$

3. Picea ovobata

Ecuación de Prodan

$$\text{VOLUMEN} = 2.6489 * (1 - \text{EXP}(-0.0410 * \text{EDAD}))^4.8115 \dots \dots \dots (\text{m}^3)$$

4. Pinus strobus

Ecuación de Gompertz

$$\text{VOLUMEN} = 6.5324 * \text{EXP}(-\text{EXP}(2.3162 - 0.0484 * \text{EDAD})) \dots \dots \dots (\text{m}^3)$$

5. Pinus nigra

Ecuación de Prodan

$$\text{VOLUMEN} = 4.4887 * (1 - \text{EXP}(-0.0380 * \text{EDAD}))^6.4244 \dots \dots \dots (\text{m}^3)$$

## 4.5 Incremento medio anual y corriente

Al comparar el incremento medio anual (IMA) procedente de los datos reales y los estimados por medio de las ecuaciones de crecimiento, se obtuvo un buen nivel de precisión, en lo que respecta a magnitud y edad de culminación de las distintas variables de crecimiento por especie (Tabla 17A).

Considerando las ecuaciones de incremento corriente (ICO) que describen las diferentes variables de crecimiento por especie, se obtuvo una aceptable representación de los valores reales de incremento corriente, situación que se refleja en la trayectoria que describen las diferentes curvas a través del ciclo de vida de cada especie y variable

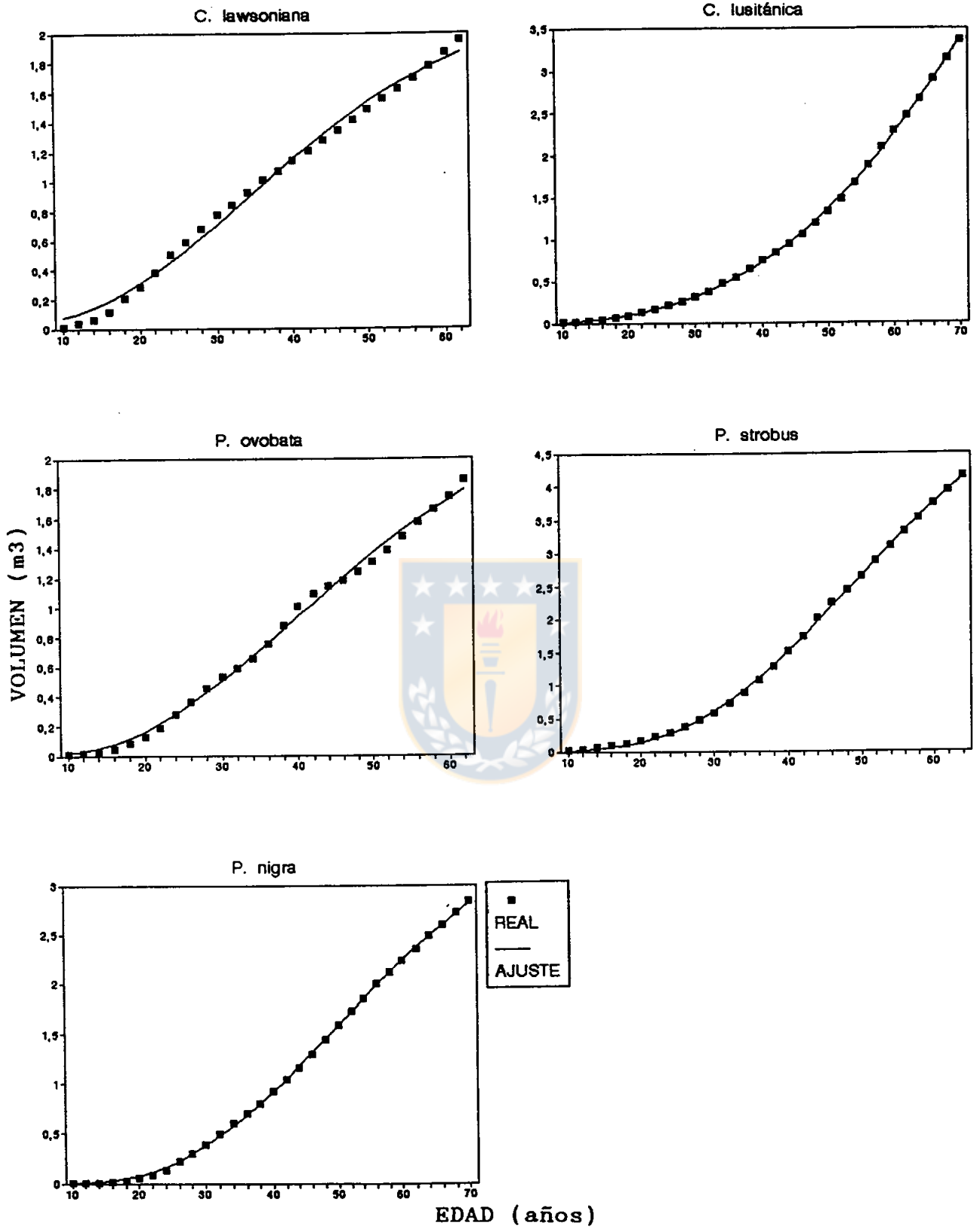


FIGURA 4. Crecimiento acumulado en volumen total, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal y ecuaciones de crecimiento.



de crecimiento.

En base a la información del análisis fustal se pudo verificar que el incremento medio anual culminó primero en altura y DAP, posteriormente ocurre la culminación en área basal excepto para Cupressus lusitánica y Picea obovata; en tanto que el crecimiento en volumen total aún no ha llegado a su edad de culminación (Tabla 17A).

#### 4.5.1 Incremento medio anual y corriente para la altura

Según los datos del análisis fustal para el incremento medio anual y corriente en altura total (Tabla 5A y 9A), se obtuvo que el incremento medio anual ha culminado en todas las especies, pero la culminación a más temprana edad la presenta Chamaecyparis lawsoniana a los 20 años con una magnitud de 0.6 m. Por otro lado, la culminación más tardía del incremento medio anual en altura la presenta Pinus nigra, con una magnitud de 0.5 cm a los 38 años (Tabla 17A) (Figura 1A).

La especie que presentó el máximo incremento corriente en altura total es Pinus strobus, con una tasa de 1.3 m a los 24 años; a diferencia de Picea obovata que presentó el menor incremento corriente, 0.9 m a los 21 años (Tabla 17A) (Figura 1A).

A continuación se presentan las ecuaciones de incremento corriente (ICO) para la altura total, con sus respectivos coeficientes de regresión (Figura 5).

1. Chamaecyparis lawsoniana

Ecuación de Mitscherlich derivada

$$\text{Altura} = 38.7726 * 1.1017 * 0.0211 * \text{EXP}(-0.0211 * \text{EDAD}) \dots \dots \dots (\text{m})$$

2. Cupressus lusitánica

Ecuación de Mitscherlich derivada

$$\text{Altura} = 38.7495 * 1.1263 * 0.0258 * \text{EXP}(-0.0258 * \text{EDAD}) \dots \dots \dots (\text{m})$$

3. Picea ovobata

Ecuación de Prodan derivada

$$\text{Altura} = 35.2816 * 1.8783 * 0.0388 * \text{EXP}(-0.0388 * \text{EDAD}) * (1 - \text{EXP}(-0.0388 * \text{EDAD}))^{(1.8783 - 1)} \dots \dots \dots (\text{m})$$

4. Pinus strobus

Ecuación de Gompertz derivada

$$\text{Altura} = 34.7062 * 0.0598 * \text{EXP}(1.3469 - 0.0598 * \text{EDAD}) * \text{EXP}(-\text{EXP}(1.3469 - 0.0598 * \text{EDAD})) \dots \dots \dots (\text{m})$$

5. Pinus nigra

Ecuación de Prodan derivada

$$\text{Altura} = 41.9727 * 2.1571 * 0.0312 * \text{EXP}(-0.0312 * \text{EDAD}) * (1 - \text{EXP}(-0.0312 * \text{EDAD}))^{(2.1571 - 1)} \dots \dots \dots (\text{m})$$

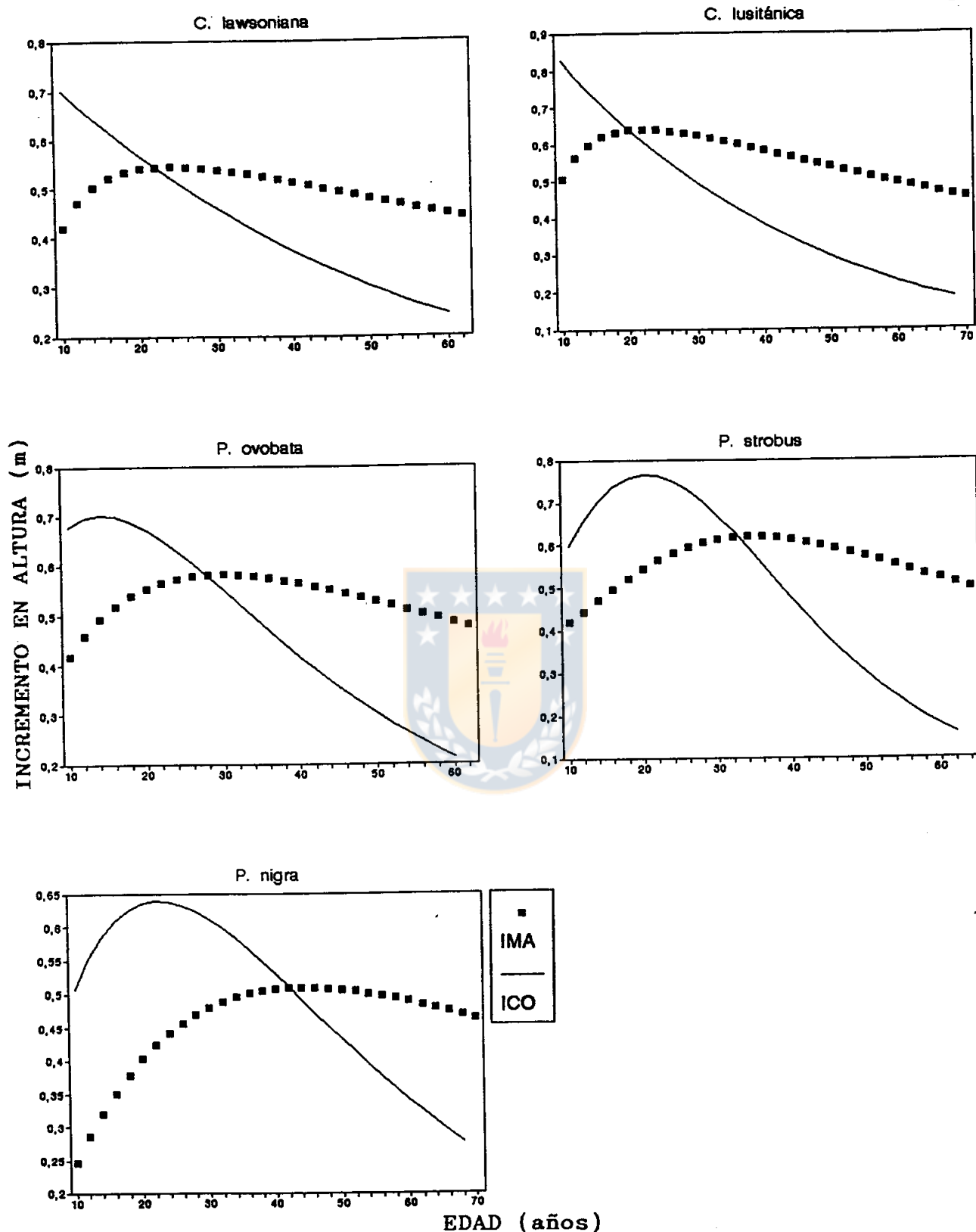


FIGURA 5. Incremento medio anual y corriente en altura total, para el árbol de área basal media por especie, procedente de ecuaciones de incremento corriente.

#### 4.5.2 Incremento medio anual y corriente para el DAP

Considerando la información de incremento medio anual y corriente procedente del análisis fustal (Tabla 6A y 10A), para el árbol de área basal media por especie, se obtuvo que el incremento medio anual en DAP culmina tempranamente en Chamaecyparis lawsoniana en comparación a las demás especies, presentando una magnitud de 1.6 cm a los 21 años. A su vez, Cupressus lusitánica presenta la más tardía culminación, con una magnitud de 0.9 cm a los 60 años (Tabla 17A) (Figura 2A).

El máximo incremento corrientes en DAP, entre las distintas especies en estudio, corresponde a Chamaecyparis lawsoniana con una tasa de 2.8 cm a los 15 años. Por otro lado, Cupressus lusitánica presenta el menor incremento corriente, con una magnitud de 1.6 cm a los 32 años (Tabla 17A) (Figura 2A).

A continuación, se presentan las ecuaciones de incremento corriente (ICO) en DAP, con sus respectivos coeficientes de regresión (Figura 6).

##### 1. Chamaecyparis lawsoniana

Ecuación de Mitscherlich derivada

$$\text{DAP} = 55.5778 * 1.5776 * 0.0625 * \text{EXP}(-0.0625 * \text{EDAD}) \dots \dots \dots (\text{cm})$$

2. Cupressus lusitánica

Ecuación de Gompertz derivada

$$DAP = 95.6292 * 0.0337 * \exp(1.3889 - 0.0337 * EDAD) * \exp(-\exp(1.3889 - 0.0337)) \dots \dots \dots (cm)$$

3. Picea ovobata

Ecuación de Prodan derivada

$$DAP = 54.3718 * 3.4000 * 0.0688 * \exp(-0.0688 * EDAD) * (1 - \exp(-0.0688 * EDAD))^{(3.4000 - 1)} \dots \dots \dots (cm)$$

4. Pinus strobus

Ecuación de Prodan derivada

$$DAP = 105.2164 * 1.4609 * 0.0216 * \exp(-0.0216 * EDAD) * (1 - \exp(-0.0216 * EDAD))^{(1.4609 - 1)} \dots \dots \dots (cm)$$

5. Pinus nigra

Ecuación de Prodan derivada

$$DAP = 58.3137 * 3.6161 * 0.05452 * \exp(-0.05452 * EDAD) * (1 - \exp(-0.05452 * EDAD))^{(3.6161 - 1)} \dots \dots \dots (cm)$$

4.5.3 Incremento medio anual y corriente en área basal

Considerando el incremento medio anual y corriente obtenido del del análisis fustal (Tabla 7A y 11A), para los árboles de área basal media por especie, es posible afirmar que Chamaecyparis lawsoniana presentó una temprana edad de

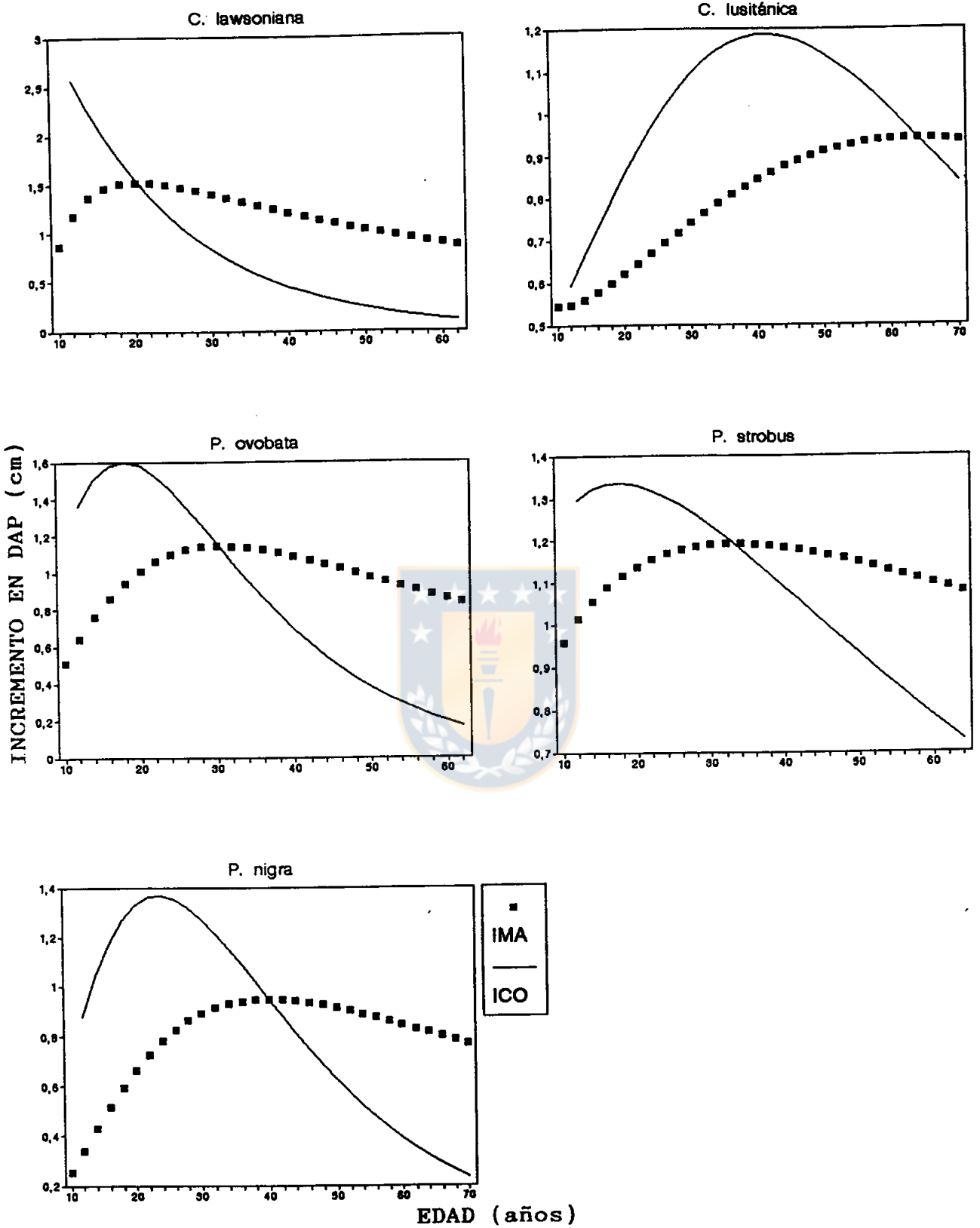


FIGURA 6. Incremento medio anual y corriente en DAP, para el árbol de área basal media por especie, procedente de ecuaciones de incremento corriente.

culminación del incremento medio anual en área basal, con una magnitud de 0.0046 m<sup>2</sup> a los 27 años. Por otro lado, el incremento medio anual en Cupressus lusitánica y Picea ovobata aún no culmina (Tabla 17A) (Figura 3A).

Entre los máximos valores de incremento corriente, alcanzados por las distintas especies, se obtuvo que la mayor tasa de crecimiento la presentó Cupressus lusitánica con un valor de 0.0122 m<sup>2</sup> a los de 64 años; a diferencia de Pinus nigra que presentó el valor más bajo, con una magnitud de 0.0072 m<sup>2</sup> a los 25 años (Tabla 17A) (Figura 3A).

A continuación se presentan las ecuaciones de incremento corriente (ICO) en área basal, con sus respectivos coeficientes de regresión (Figura 7).

### 1. Chamaecyparis lawsoniana

Ecuación de Gompertz derivada

$$A. \text{ basal} = 0.2445 * 0.0711 * \text{EXP}(1.6235 - 0.0711 * \text{EDAD}) * \text{EXP}(-\text{EXP}(1.6235 - 0.0711 * \text{EDAD})) \dots \dots \dots (m^2)$$

### 2. Cupressus lusitánica

Ecuación de Gompertz derivada

$$A. \text{ basal} = 0.7248 * 0.0335 * \text{EXP}(2.0793 - 0.0335 * \text{EDAD}) * \text{EXP}(-\text{EXP}(2.0793 - 0.0335 * \text{EDAD})) \dots \dots \dots (m^2)$$

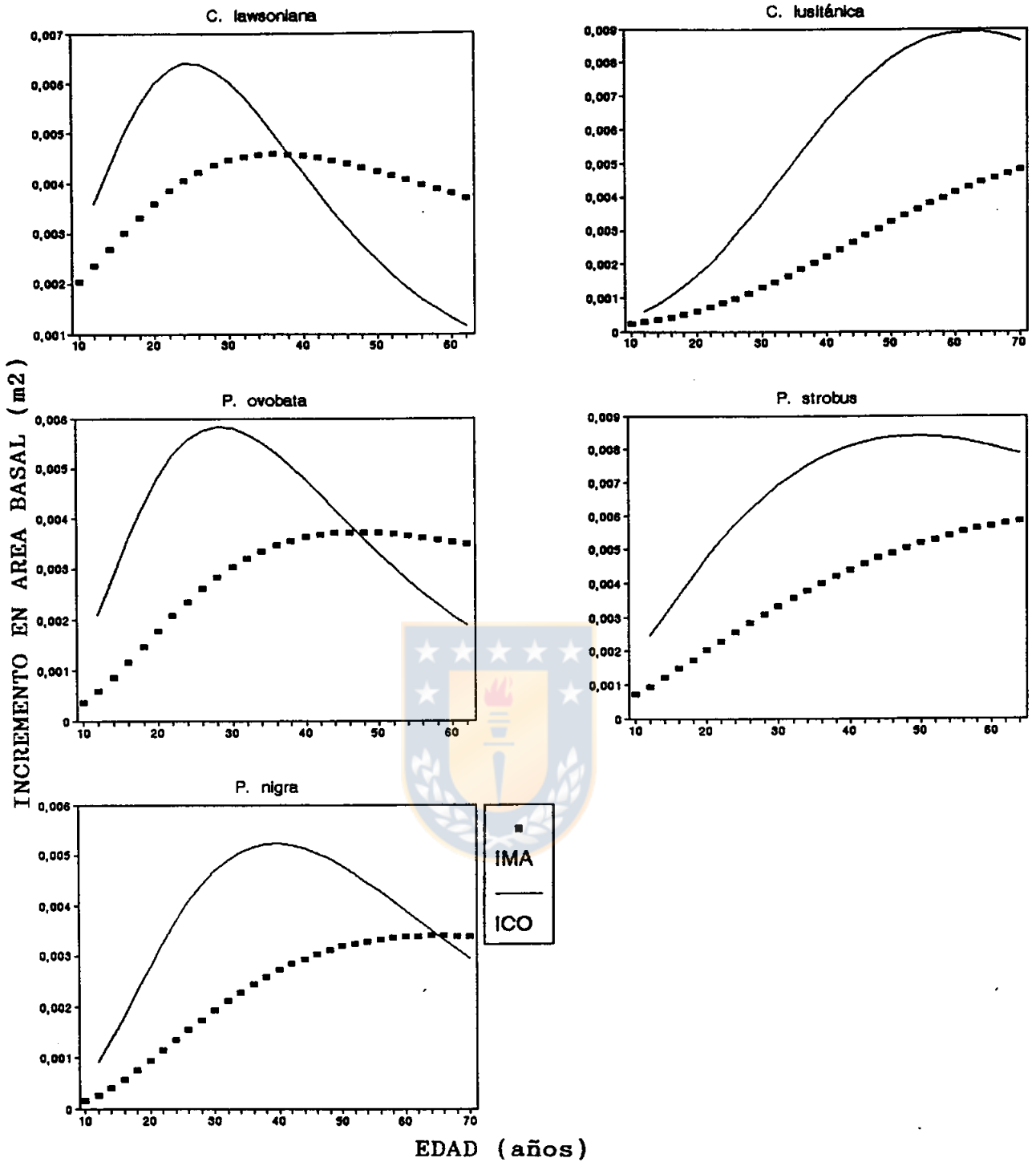


FIGURA 7. Incremento medio anual y corriente en área basal, para el árbol de área basal media por especie, procedente de ecuaciones de incremento corriente.



### 3. Picea ovobata

Ecuación de Prodan derivada

$$A. \text{ basal} = 0.2511 * 5.0262 * 0.0566 * \text{EXP}(-0.0566 * \text{EDAD}) * (1 - \text{EXP}(-0.0566 * \text{EDAD}))^{(5.0262 - 1)} \dots \dots \dots (m2)$$

### 4. Pinus strobus

Ecuación de Prodan derivada

$$A. \text{ basal} = 0.8557 * 2.9536 * 0.0220 * \text{EXP}(-0.0220 * \text{EDAD}) * (1 - \text{EXP}(-0.0220 * \text{EDAD}))^{(2.9536 - 1)} \dots \dots \dots (m2)$$

### 5. Pinus nigra

Ecuación de Prodan derivada

$$A. \text{ basal} = 0.3190 * 4.7205 * 0.0398 * \text{EXP}(-0.0398 * \text{EDAD}) * (1 - \text{EXP}(-0.0398 * \text{EDAD}))^{(4.7205 - 1)} \dots \dots \dots (m2)$$

#### 4.5.4 Incremento medio anual y corriente en volumen

Considerando la información de incremento medio anual y corriente procedente del análisis fustal (Tabla 8A y 12A), para el árbol de área basal media por especie, es posible afirmar que el incremento medio anual en volumen total aún no ha culminado en las distintas especies estudiadas, situación que sugiere que las curvas de incremento corriente e incremento medio anual aún no se intersectan (Tabla 17A) (Figura 4A).

Entre los máximos valores de incremento corriente en volumen total, considerando las distintas especies en estudio, se obtuvo que la máxima tasa de crecimiento la presenta Pinus strobus, con una magnitud de 0.1361 m<sup>3</sup> a una edad de 44 años. A su vez, Chamaecyparis lawsoniana presentó la menor tasa de crecimiento, con una magnitud de 0.0653 m<sup>3</sup> a los 23 años (Tabla 17A) (Figura 4A).

A continuación se presentan las ecuaciones de incremento corriente (ICO) en volumen total, derivadas de las funciones de crecimiento acumulado en volumen (Figura 8).

### 1. Chamaecyparis lawsoniana

Ecuación de Gompertz derivada

$$\text{VOLUMEN} = 2.1618 * 0.0583 * \text{EXP}(1.8013 - 0.0583 * \text{EDAD}) * \text{EXP}(-\text{EXP}(1.8013 - 0.0583 * \text{EDAD})) \dots \dots \dots (\text{m}^3)$$

### 2. Cupressus lusitánica

Ecuación de Prodan derivada

$$\text{VOLUMEN} = 118.1496 * 3.2285 * 0.0058 * \text{EXP}(-0.0058 * \text{EDAD}) * (1 - \text{EXP}(-0.0058 * \text{EDAD}))^{(3.2285 - 1)} \dots \dots \dots (\text{m}^3)$$

### 3. Picea ovobata

Ecuación de Prodan derivada

$$\text{VOLUMEN} = 2.6489 * 4.8115 * 0.041 * \text{EXP}(-0.041 * \text{EDAD}) * (1 - \text{EXP}(-0.041 * \text{EDAD}))^{(4.8115 - 1)} \dots \dots \dots (\text{m}^3)$$

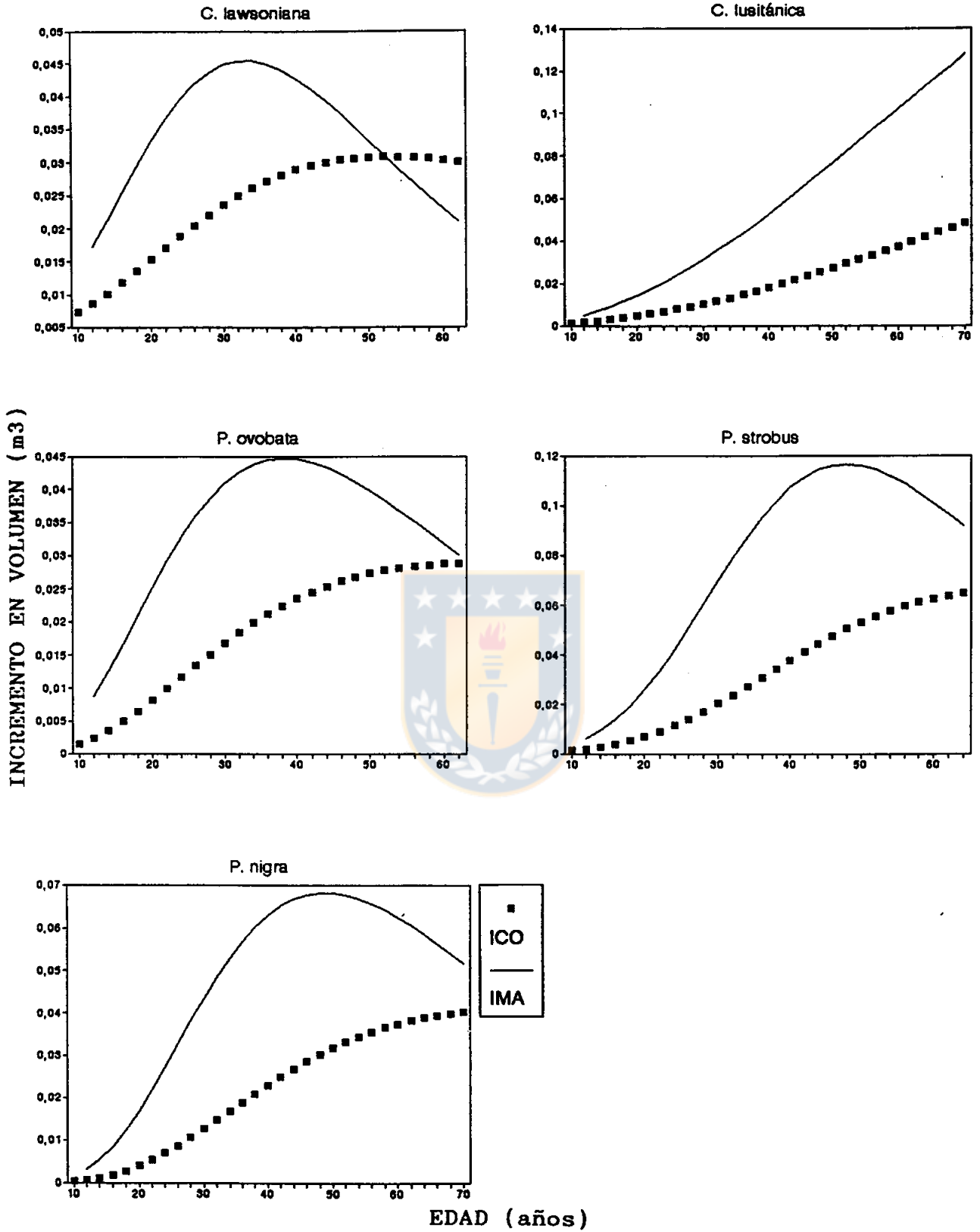


FIGURA 8. Incremento medio anual y corriente en volumen total, para el árbol de área basal media por especie, procedente de ecuaciones de incremento corriente.

4. Pinus strobus

Ecuación de Gompertz derivada

$$\text{VOLUMEN} = 6.5324 * 0.0484 * \text{EXP}(2.3162 - 0.0484 * \text{EDAD}) * \text{EXP}(-\text{EXP}(2.3162 - 0.0484 * \text{EDAD})) \dots \dots \dots (\text{m}^3)$$

5. Pinus nigra

Ecuación de Prodan derivada

$$\text{VOLUMEN} = 4.4887 * 6.4244 * 0.0380 * \text{EXP}(-0.038 * \text{EDAD}) * (1 - \text{EXP}(-0.0380 * \text{EDAD}))^{(6.4244 - 1)} \dots \dots \dots (\text{m}^3)$$

En base a los indicadores de bondad de ajuste obtenidos para cada ecuación por variable de crecimiento analizada, es posible afirmar que las ecuaciones semiteóricas presentan una mayor flexibilidad que las teóricas, en la representación de los valores reales de crecimiento acumulado, como es el caso de la ecuación de Prodan. Por el contrario, se obtuvo que la ecuación Logística presentó las mayores dificultades en la descripción del crecimiento, producto de la simetría respecto a su punto de inflexión, lo cual la hace más rígida.

Las especies en estudio, las cuales componían dos rodales mixtos, crecieron en condiciones homogéneas de sitio, pero presentaron diferentes niveles de crecimiento entre ellas al hacerlas comparables en volumen a la máxima edad común de 63 años.

#### 4.6 Factores de forma natural y artificial

Se calcularon los factores de forma artificial y natural para los árboles de área basal media por especie, considerando como diámetros de referencias el Dap y el diámetro al 10% de la altura total de árbol respectivamente, desde los 15 años hasta el momento de la corta (Tablas 18A y 19A). Se determinaron los factores de forma máximo y mínimo, con sus respectivas edades de ocurrencia y, valores alcanzados a los 63 años y al momento de la corta (Tabla 20A).

Al considerar los factores de forma natural y artificial a la edad de 63 años (máxima edad común entre especies), se pudo notar diferencias entre ambos factores de forma, situación que se debe a que los árboles en estudio presentan una altura aproximada de 30 m entre los 63 años y momento de corta, implicando que el diámetro del cilindro a un 1/10 de la altura total del árbol se encuentra alrededor de 3.0 m del suelo (Tabla 20A).

Considerando como edad de comparación los 63 años, es posible afirmar que Pinus nigra y Pinus strobus son las especies que presentan los factores de forma natural y artificial más altos, a diferencia de Picea obovata y Chamaecyparis lawsoniana que presentaron los valores más bajos (Tabla 20A).

## V CONCLUSIONES

Cada una de las especies de Chamaecyparis lawsoniana, Cupressus lusitánica, Picea obovata, Pinus strobus y Pinus nigra presentó un patrón de crecimiento particular para el crecimiento en altura total, DAP, área basal y volumen total evaluadas a nivel de árbol de área basal media por especie, procedente de dos rodales mixtos de coníferas exóticas, creciendo en condiciones homogéneas de sitio.

La ecuación semiteórica de Prodan demostró ser más flexible que las ecuaciones teóricas de Mitscherlich y Gompertz en la descripción de los patrones de crecimiento acumulado de altura total, DAP, área basal y volumen total en el árbol de área basal media por especie. A su vez, la ecuación Logística presentó problemas de ajuste, producto de la simetría respecto a su punto de inflexión y avanzada edad de las especies. A continuación se presenta para cada especie, la función que logró predecir el crecimiento con los mejores indicadores de bondad de ajuste por variable:

Chamaecyparis lawsoniana : Altura total (Mitscherlich), área basal (Gompertz), DAP (Mitscherlich) y volumen total (Gompertz).

Cupressus lusitánica : Altura total (Mitscherlich), DAP

(Gompertz), área basal (Gompertz) y volumen total (Prodan).

Picea ovobata : Altura total (Prodan), DAP (Prodan), área basal (Prodan) y volumen total (Prodan).

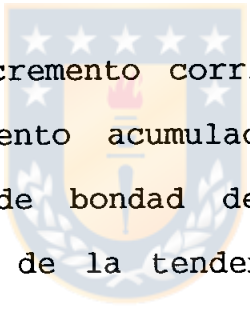
Pinus strobus : Altura total (Gompertz), DAP (Prodan), área basal (Prodan) y volumen total (Gompertz).

Pinus nigra : Altura total (Prodan), DAP (Prodan), área basal (Prodan) y volumen total (Prodan).

Considerando la máxima edad común entre los árboles de área basal media por especies (63 años), se obtuvo los siguientes crecimientos en volumen acumulado en orden descendente: Pinus strobus (4.0 m<sup>3</sup>), Cupressus lusitánica (2.6 m<sup>3</sup>), Pinus nigra (2.4 m<sup>3</sup>), Chamaecyparis lawsoniana (2.0 m<sup>3</sup>) y Picea ovobata (1.9 m<sup>3</sup>).

Del análisis fustal se obtuvo que el incremento medio anual ha culminado en altura y DAP en Chamaecyparis lawsoniana, Cupressus lusitánica, Picea ovobata, Pinus strobus y Pinus nigra. En área basal el incremento medio anual aún no culmina en Cupressus lusitánica y Picea ovobata; a diferencia del volumen, que aún no culmina en ninguna de las especies en estudio.

El incremento corriente ha culminado en todas las variables de crecimiento del árbol de área basal media por especie. Es así, como el máximo incremento corriente en altura total lo alcanzó Pinus strobus (1.3 m) a los 24 años. En DAP el máximo incremento corriente lo presentó Chamaecyparis lawsoniana (2.8 cm) a los 15 años. En área basal el mayor incremento corriente es alcanzado por Cupressus lusitánica (0.012 m<sup>2</sup>) a los 64 años; en tanto que el máximo incremento corriente en volumen total lo presenta Pinus strobus (0.1361 m<sup>3</sup>) a los 44 años.



Las ecuaciones de incremento corriente, derivadas de las funciones de crecimiento acumulado que presentaron los mejores indicadores de bondad de ajuste, lograron una aceptable descripción de la tendencia de los incrementos corrientes reales tanto en magnitud como edad de culminación.

Al la edad común de 63 años entre las diferentes especies se obtuvo que Pinus nigra y Pinus strobus presentaron los mayores factores de forma, con un factor de forma natural de 0.47 en ambas especies y un factor de forma artificial de 0.36 y 0.35 respectivamente. Por otro lado, Picea obovata y Chamaecyparis lawsoniana presentaron los valores más bajos, con un factor de forma natural de 0.40 en ambas especies y factores de forma artificial de 0.27 y 0.29 respectivamente.



## VI RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo describir el patrón de crecimiento en las variables altura total, DAP, área basal y volumen total del árbol de área basal media de Chamaecyparis lawsoniana, Cupressus lusitánica, Picea ovobata, Pinus strobus y Pinus nigra, cuya información de crecimiento se obtuvo de un análisis fustal. Las especies en estudio conformaban dos rodales mixtos, con edades de 63 a 70 años, en condiciones homogéneas de sitio en el sector Los Guindos, Reserva Forestal de Malleco, novena Región, Chile.

A los patrones reales de crecimiento acumulado de las distintas variables por especies se le ajustaron cuatro modelos de naturaleza intrínsecamente no lineal a través de un análisis de regresión no lineal. Entre los modelos probados se obtuvo que la ecuación de Prodan, de origen semi-teórico, presentó un alto grado de flexibilidad frente a las ecuaciones teóricas de Mitscherlich, Gompertz y Logística. A su vez, las ecuaciones que presentaron los mejores indicadores de bondad de ajuste fueron derivadas respecto a la variable independiente tiempo para obtener ecuaciones de incremento corriente.

El máximo incremento corriente en altura fue para Pinus strobus (1.3 m) a los 24 años, en DAP correspondió a

Chamaecyparis lawsoniana (2.8 cm) a los 15 años, en área basal fue para Cupressus lusitánica (0.012 m<sup>2</sup>) a los 64 años y en volumen el máximo incremento corriente lo presentó Pinus strobus (0.1361 m<sup>3</sup>) a los 44 años. A su vez, el incremento medio anual ha culminado en todas las especies para las variables altura total y DAP; no así en área basal, donde el incremento medio anual aún no culmina en Cupressus lusitánica y Picea ovobata. En tanto que el incremento medio anual en volumen aún no culmina para las diferentes especies.



## SUMMARY

The present study had as an objective to describe the pattern of growing in the height, DBH, basal area variables and the tree volume of mean basal area of Chamaecyparis lawsoniana, Cupressus lusitánica, Picea obovata, Pinus strobus and Pinus nigra. The information of growing was obtained from a stem analysis. The species in study were part of two mixed stands from 63 to 70 years in homogeneous site conditions at The Guindos area Reserva Forestal of Malleco, 9 th Region, Chile.

Four essentially non linear nature models were adjusted to the real patterns of acumulated growing of the different variables by species through a non linear regression analysis. Among the tested models it was obtained that the Prodan equation, of a semitheoretical origin, presented a high degree of flexibility against the theoretical equations of Mitscherlich, Gompertz and Logistics. At the same time, the aquations wich presented the best indicators of goodness of fit were derived respect to the time independent variable for obtaining equations of current increment.

The maximum current increment in hight for Pinus strobus (1.3 m) aged 24, the DBH corresponded to Chamaecyparis lawsoniana (2.8 cm) aged 15, the basal area was for Cupressus lusitánica (0.012 m<sup>2</sup>) aged 64 and the maximum current increment in

volume was presented by Pinus strobus (0.1361 m<sup>3</sup>) aged 44. The annual mean increment has culminated in species for the height and DBH variables, but not in basal area in which the annual mean increment still not culminate in Cupressus lusitánica y Picea ovobata. The annual mean increment in volume still not culminate for species.



## VII BIBLIOGRAFIA

1. Alder, H., F. Figueroa y P. Cornejo. 1980. Cálculo Numérico. Inst. de Matemáticas. Univ. de Concepción. Concepción, Chile.
2. Assmann, E. 1970. The Principles of forest yield study. Pergamon Press. Hungría. 506 p.
3. Barros, A. y P. Rojas. 1980. Crecimiento de especies de los géneros Pinus y Eucalyptus. Secano Costero-VI Región. Informe Técnico N° 93. INFOR. Santiago, Chile.
4. Bannister, M. y R. Orman. 1963. Cupressus lusitánica as potential timber tree for New Zealand. New Zealand Forest Service Reprint N° 1.
5. Bruce, D. y F. Schumacher. 1965. Medición forestal. Trad. por Palazón y Meza. Centro Regional de Ayuda Técnica. AID. México. Edit. Herrero. 474 p.
6. Cailliez, F. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. Roma. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estudio Montes 22/1. V. 1, 92 p.

7. Carnevale, J. 1955. Arboles Forestales, Descripción de Cultivos. Tercera edición. Buenos Aires.
8. Chapman, H. and W. H. Meyer. 1949. Forest mensuration. New York. McGraw-Hill, New York, U.S.A.
9. Cubillos, V. 1987. Modelos de crecimiento diametral para algunos renovales de raulí. Ciencia e Investigación Forestal N°1. INFOR-Chile.
10. Daniel, W.T., J.A. Helmes and F.S. Backer. 1982. Principios de silvicultura. (1ª Ed.). McGraw-Hill. México.
11. Draper, N. and H. Smith. 1981. Applied regression analysis, second edition. New York, Wiley.
12. Elgueta, H., S. Calderón y H. Contreras. 1971. Establecimiento de parcelas experimentales de introducción de especies exóticas y autóctonas de interés económico. Instituto Forestal. Serie de Investigación N°4.
13. Esau, k. 1985. Anatomía vegetal. Tercera edición. Ediciones Omega, Barcelona.

14. Espinosa, B. M. 1989. Efecto de la poda en el crecimiento de un rodal de pino radiata ubicado en el predio Loma Colorada de Formin en el período 1986-1988. U. de Concepción, Chillán, Chile.
15. FAO. 1945. Tree seed notes I. Arid Areas - II. Humid Tropics. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy.
16. FAO. 1975 . Plan de Manejo Para la Reserva Forestal de Malleco. Proyecto Fortalecimiento Forestal FAO CHI-526. Oficina de Programación XI Zona CONAF.
17. González, P., T. Gómez y C. Arteaga. 1991. Aspectos estructurales de un bosque de cativo. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. Vol. 44 N° 1 y 2.
18. Husch, B., Ch. I. Miller and T.W. Beers. 1972. Forest Mensuration. The Ronald Press Co., New York, U.S.A.
19. INFOR-CORFO. 1986. Especies forestales exóticas de interés económico para Chile. INFOR-CORFO. Santiago, Chile.

20. INFOR-CORFO. 1993. Estadísticas forestales 1993. Bol. N°35. Santiago, Chile.
21. Kramer, P. y T. Kozlowski. 1960. Phisiology of trees. Mc Graw Hill Co. Nueva York. 624 p.
22. Kozlowski, T. 1971. Growth and Development of Tree (volume II). Academics Press New York San Francisco London.
23. Martínez, O. 1979. Coníferas de Importancia Forestal. Universidad Austral de Chile Facultad de Ingeniería Forestal. Publicación Docente N°2.
24. Rodríguez, G. 1975. Comportamiento de tres especies exóticas creciendo en la provincia de Malleco. Memoria de Título. Universidad de Concepción.
25. Somers, M. y R. Farrar. 1991. Biomathematical Growth Equations for Natural Longleaf Pine Stands. Forest Science, Vol 37, N°1
26. Sweda, T. 1984. Theorical growth equations and their applications in forestry. Bull. Nagoya Univ. Forest. (7): 199-260.



27. Sprinz, P.T., C.B. Talbert and M.R. Strub. 1989. Height-Age Trends from an Arkansas Seed Source Study. For. Sci. 35: 677-691.
28. Steel, R. G. D. y J. T. Torrie. 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. (2a. Ed.). McGraw-Hill, Bogotá.
29. Tomé, M. y H. Burkhart. 1989. Distance-Dependent Competition Measures for Predicting Growth of individual Tree. Forest Science Vol. 35, N°3.
30. Tschinkel, H. 1972. La clasificación de sitios y el crecimiento del Cupressus lusitánica en Antioquia, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, N°1, vol. XXVII.
31. USDA Forest Service. 1965. Silvics of forest trees of the United States. USDA For. Serv. Agriculture Handbook N° 271. U.S. Department of Agriculture Washington, D.C. 20250.
32. USDA Forest Service. 1948. Woody-Plant Seed Manual. USDA For. Serv. U.S. Department of Agriculture. Miscellaneous Publication N°654.

33. Wrann, H. y D. Barros. 1980. Resultados de Introducción de Especies en la Provincia de Llanquihue X región. Informe Técnico N° 90. INFOR. Santiago-Chile.



## VIII APENDICES



**APENDICE 1: FIGURAS**



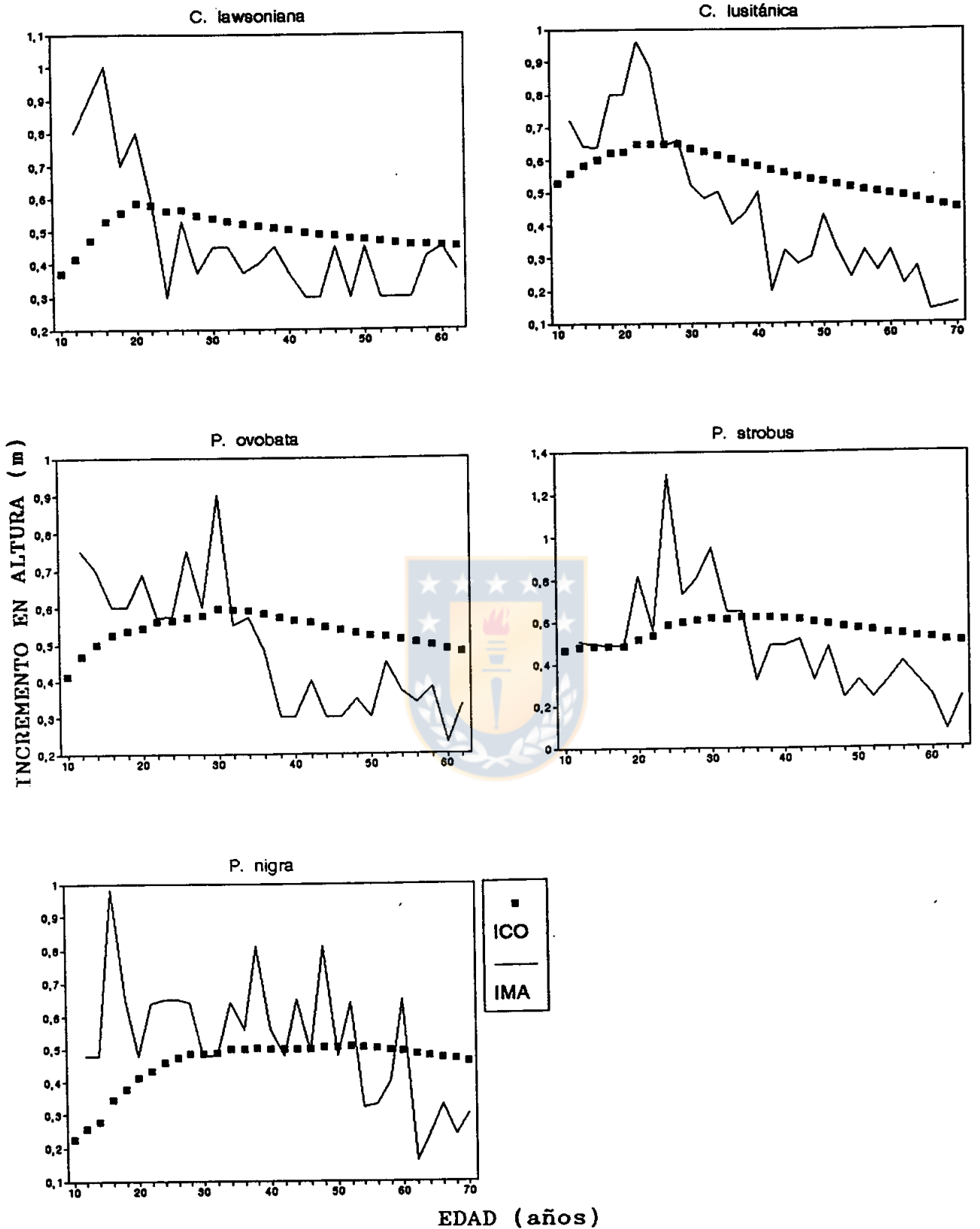


FIGURA 1A. Incremento medio anual y corriente en altura total, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal.

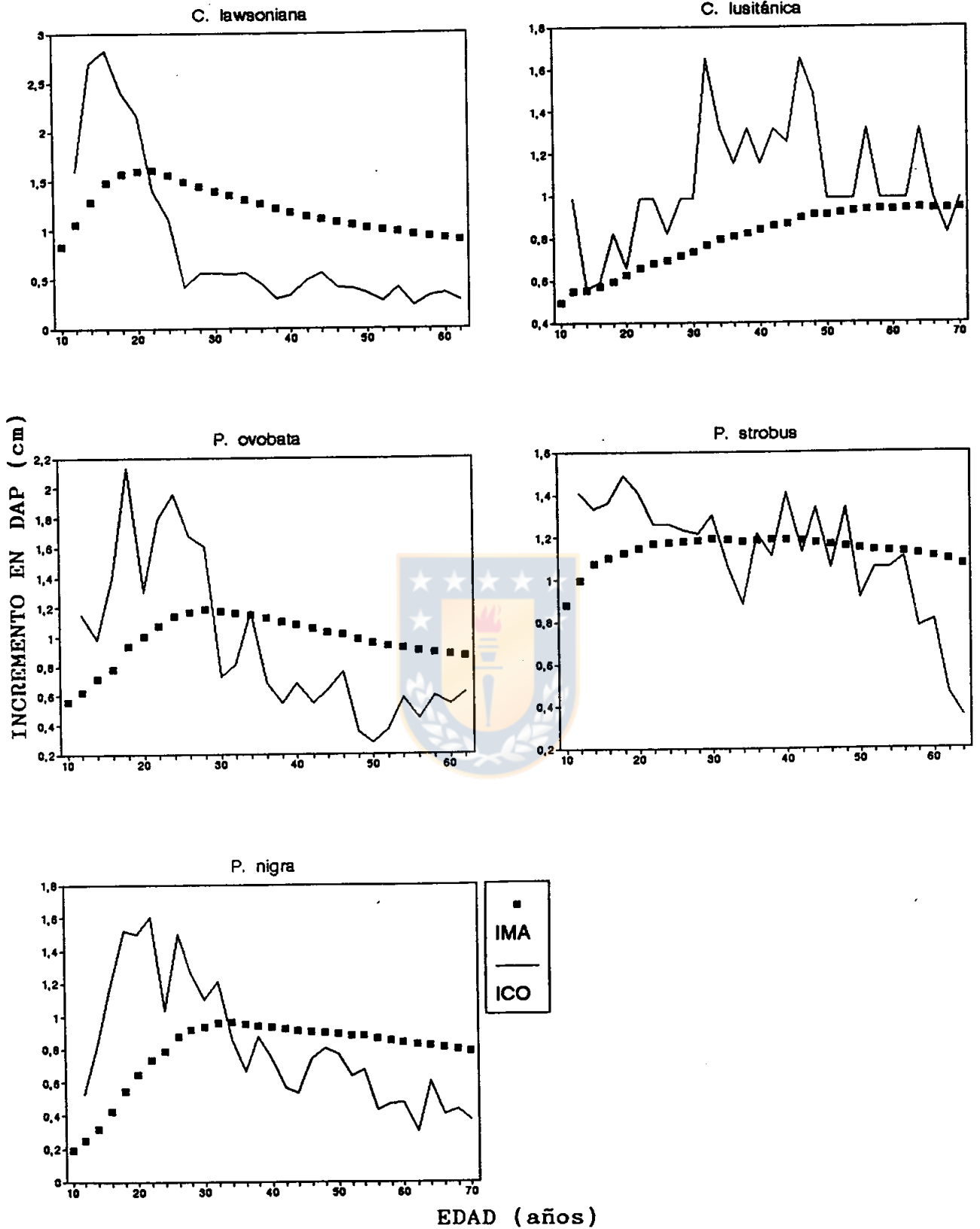


FIGURA 2A. Incremento medio anual y corriente en DAP, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal.

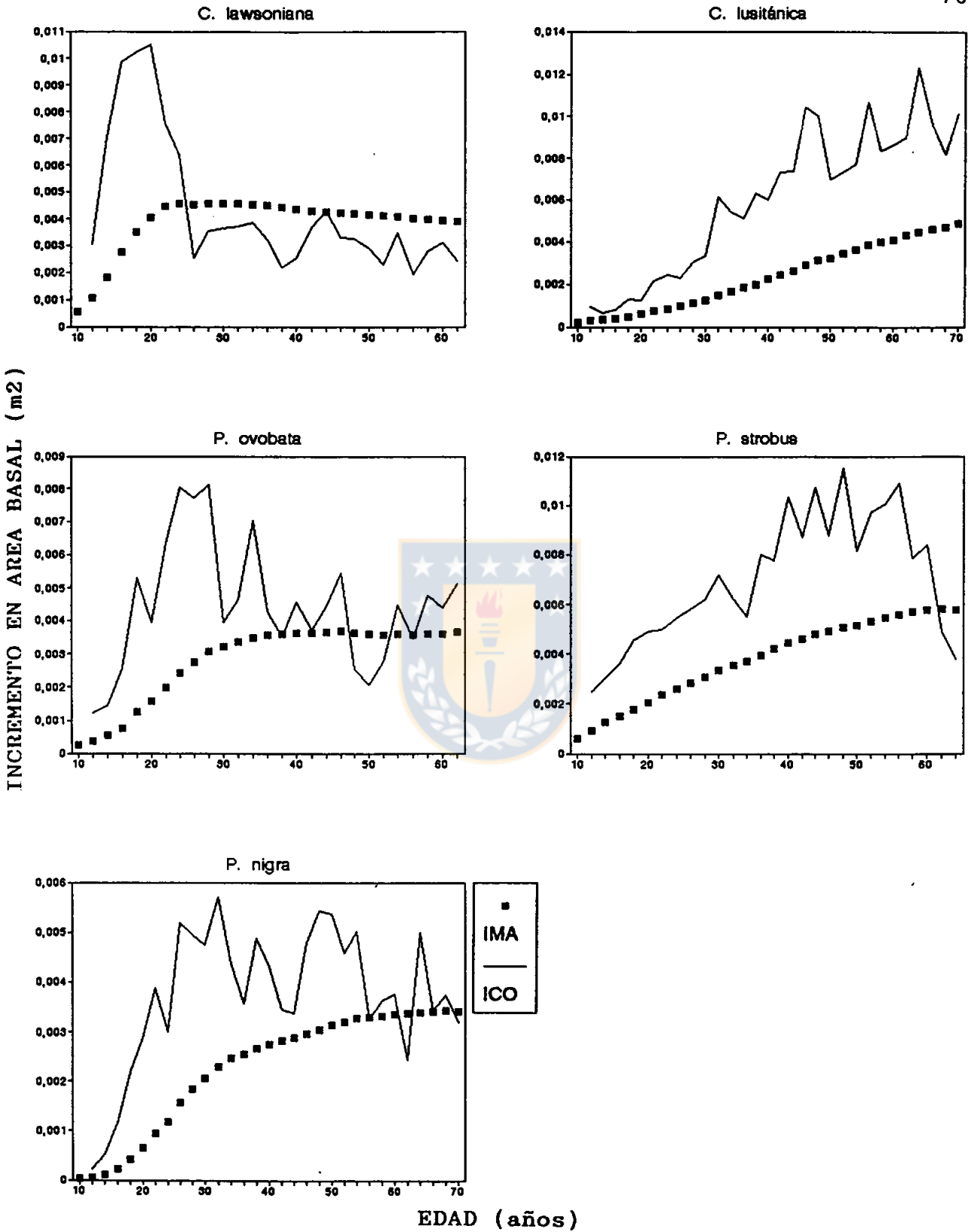


FIGURA 3A. Incremento medio anual y corriente en área basal, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal.

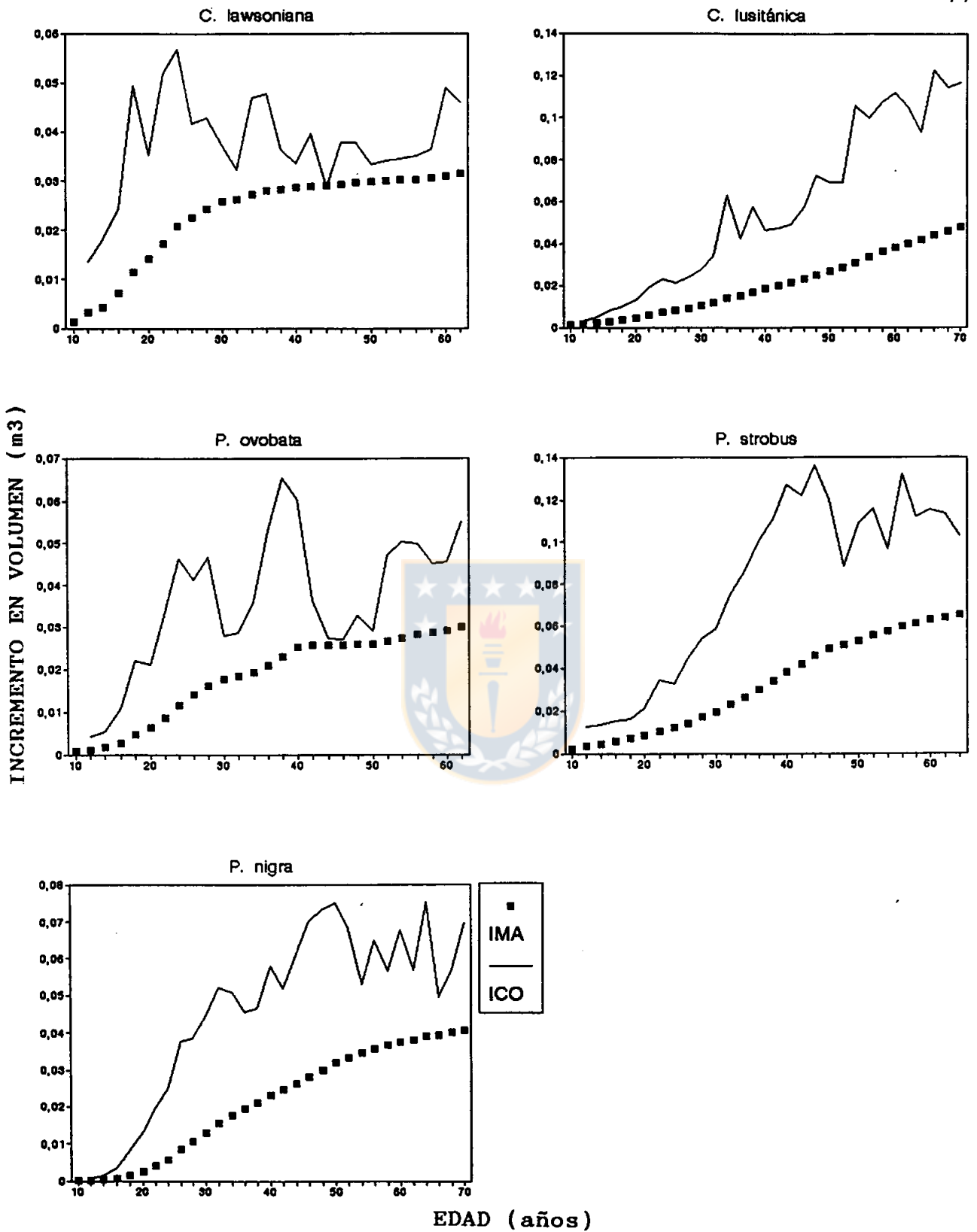


FIGURA 4A. Incremento medio anual y corriente en volumen total, para el árbol de área basal media por especie, procedente del análisis fustal.



**APENDICE 2: TABLAS**



TABLA 1A. CRECIMIENTO ACUMULADO EN ALTURA TOTAL A DIFERENTES EDADES, PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, PROCEDENTE DEL ANALISIS FUSTAL.

EDAD (años)	E1 (m)	E2 (m)	E3 (m)	E4 (m)	E5 (m)
10	3.70	5.28	4.12	4.69	2.26
12	5.00	6.72	5.62	5.80	3.06
14	6.60	8.16	7.00	6.90	3.87
16	9.50	9.60	8.40	7.78	5.50
18	10.00	11.20	9.60	8.77	6.78
20	11.70	12.48	10.87	10.40	8.23
22	12.75	14.24	12.30	11.86	9.52
24	13.50	15.52	13.50	14.13	10.98
26	14.70	16.80	14.95	15.60	12.27
28	15.37	18.10	16.12	17.06	13.56
30	16.20	19.00	17.85	18.50	14.59
32	16.95	20.00	18.90	19.68	15.66
34	17.77	20.80	20.10	21.12	16.95
36	18.55	21.60	20.95	22.42	18.00
38	19.42	22.36	21.67	23.72	19.05
40	20.17	23.20	22.50	24.70	19.94
42	20.85	23.80	23.40	25.70	20.99
44	21.52	24.58	24.00	26.32	21.96
46	22.42	25.20	24.67	27.13	22.93
48	22.95	25.80	25.40	27.70	24.22
50	23.70	26.58	26.10	28.27	25.35
52	24.30	27.20	27.00	28.92	26.48
54	25.05	27.76	27.67	29.57	27.29
56	25.65	28.32	28.27	30.22	28.10
58	26.56	28.96	28.80	30.71	28.92
60	27.27	29.68	29.10	31.28	29.55
62	27.90	30.22	29.55	31.69	30.03
64		30.67		32.25	30.68
66		30.94			31.33
68		31.28			31.99
70		31.68			32.30

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*  
 E2: *Cupressus lusitánica*  
 E3: *Picea obovata*

E4: *Pinus strobus*  
 E5: *Pinus nigra*

TABLA 2A. CRECIMIENTO ACUMULADO EN DAP A DIFERENTES EDADES, PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, PROCEDENTE DEL ANALISIS FUSTAL.

EDAD (años)	E1 (cm)	E2 (cm)	E3 (cm)	E4 (cm)	E5 (cm)
10	8.35	4.93	5.52	8.83	1.89
12	12.80	6.58	7.40	11.97	2.99
14	18.00	7.73	9.92	15.06	4.50
16	23.67	9.14	12.42	17.60	6.82
18	28.30	10.69	16.86	20.24	9.86
20	32.02	12.50	19.94	22.87	12.98
22	35.36	14.47	23.46	25.69	16.21
24	37.31	16.28	27.19	28.18	18.95
26	38.71	18.09	30.21	30.62	22.76
28	40.38	20.06	33.12	33.08	25.62
30	41.77	22.03	35.02	35.79	28.04
32	43.16	24.50	36.95	38.01	30.65
34	44.28	26.97	38.80	40.12	32.71
36	45.42	29.10	40.35	42.56	34.21
38	46.25	31.24	41.57	45.05	35.86
40	47.12	33.71	42.93	47.51	37.44
42	48.00	36.01	44.02	49.69	38.81
44	48.87	38.15	45.11	51.66	40.13
46	49.71	41.11	46.36	53.49	41.64
48	50.54	43.74	46.97	55.53	43.09
50	51.32	45.38	47.74	57.22	44.70
52	52.08	47.68	48.47	59.12	46.01
54	52.91	49.99	49.60	61.23	47.49
56	53.50	52.29	50.40	63.04	48.49
58	54.08	54.26	51.39	64.75	49.47
60	54.86	55.90	52.42	66.34	50.56
62	55.42	58.21	53.64	67.67	51.57
64		60.18		68.45	52.66
66		61.99			53.61
68		63.63			54.44
70		65.77			55.18

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*  
 E2: *Cupressus lusitánica*  
 E3: *Picea ovobata*

E4: *Pinus strobus*  
 E5: *Pinus nigra*

TABLA 3A. CRECIMIENTO ACUMULADO EN AREA BASAL A DIFERENTES EDADES, PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR EPECIE, PROCEDENTE DEL ANALISIS FUSTAL.

EDAD (años)	E1 (m2)	E2 (m2)	E3 (m2)	E4 (m2)	E5 (m2)
10	0.0055	0.0019	0.0024	0.0061	0.0003
12	0.0129	0.0034	0.0043	0.0112	0.0007
14	0.0254	0.0047	0.0077	0.0178	0.0016
16	0.0440	0.0066	0.0121	0.0243	0.0036
18	0.0629	0.0090	0.0223	0.0322	0.0076
20	0.0805	0.0123	0.0312	0.0411	0.0132
22	0.0982	0.0164	0.0432	0.0518	0.0206
24	0.1093	0.0208	0.0581	0.0624	0.0282
26	0.1177	0.0257	0.0717	0.0736	0.0407
28	0.1281	0.0316	0.0862	0.0859	0.0516
30	0.1370	0.0381	0.0963	0.1006	0.0617
32	0.1463	0.0471	0.1072	0.1135	0.0738
34	0.1540	0.0571	0.1182	0.1264	0.0841
36	0.1620	0.0665	0.1279	0.1423	0.0919
38	0.1680	0.0767	0.1357	0.1594	0.1010
40	0.1744	0.0892	0.1447	0.1773	0.1101
42	0.1810	0.1018	0.1522	0.1939	0.1183
44	0.1876	0.1143	0.1598	0.2096	0.1265
46	0.1941	0.1327	0.1688	0.2247	0.1362
48	0.2006	0.1502	0.1732	0.2422	0.1458
50	0.2069	0.1617	0.1790	0.2572	0.1569
52	0.2130	0.1786	0.1845	0.2745	0.1662
54	0.2199	0.1962	0.1932	0.2945	0.1771
56	0.2248	0.2147	0.1995	0.3122	0.1847
58	0.2297	0.2312	0.2075	0.3293	0.1922
60	0.2364	0.2455	0.2158	0.3456	0.2008
62	0.2412	0.2661	0.2260	0.3597	0.2089
64		0.2844		0.3680	0.2178
66		0.3018			0.2257
68		0.3180			0.2328
70		0.3397			0.2392

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*

E2: *Cupressus lusitánica*

E3: *Picea obovata*

E4: *Pinus strobus*

E5: *Pinus nigra*

TABLA 4A. CRECIMIENTO ACUMULADO EN VOLUMEN TOTAL A DIFERENTES EDADES, PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, PROCEDENTE DEL ANALISIS FUSTAL.

EDAD (años)	E1 (m3)	E2 (m3)	E3 (m3)	E4 (m3)	E5 (m3)
10	0.0124	0.0130	0.0072	0.0189	0.0010
12	0.0387	0.0202	0.0138	0.0396	0.0022
14	0.0598	0.0297	0.0250	0.0640	0.0046
16	0.1151	0.0436	0.0427	0.0922	0.0107
18	0.2052	0.0633	0.0829	0.1290	0.0253
20	0.2828	0.0875	0.1250	0.1670	0.0499
22	0.3804	0.1266	0.1900	0.2232	0.0868
24	0.5024	0.1677	0.2781	0.2867	0.1373
26	0.5883	0.2091	0.3622	0.3696	0.2183
28	0.6827	0.2569	0.4530	0.4762	0.2991
30	0.7780	0.3123	0.5311	0.5873	0.3880
32	0.8429	0.3772	0.5898	0.7300	0.4935
34	0.9288	0.4750	0.6577	0.8870	0.6000
36	1.0099	0.5434	0.7518	1.0778	0.6959
38	1.0713	0.6435	0.8756	1.2823	0.7979
40	1.1475	0.7404	1.0055	1.5152	0.9260
42	1.2111	0.8385	1.0936	1.7478	1.0387
44	1.2807	0.9388	1.1467	2.0119	1.1578
46	1.3456	1.0548	1.1832	2.2527	1.2929
48	1.4193	1.1926	1.2423	2.4415	1.4391
50	1.4874	1.3320	1.3021	2.6439	1.5917
52	1.5577	1.4774	1.3805	2.8730	1.7300
54	1.6269	1.6719	1.4786	3.0920	1.8581
56	1.6963	1.8717	1.5724	3.3265	1.9934
58	1.7706	2.0931	1.6558	3.5310	2.1150
60	1.8645	2.2792	1.7424	3.7465	2.2351
62	1.9535	2.4684	1.8509	3.9380	2.3546
64		2.6634		4.1505	2.4851
66		2.9041			2.5923
68		3.1333			2.7181
70		3.3545			2.8424

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*

E2: *Cupressus lusitánica*

E3: *Picea obovata*

E4: *Pinus strobus*

E5: *Pinus nigra*

TABLA 5A. INCREMENTO MEDIO ANUAL EN ALTURA TOTAL A DIFERENTES EDADES, PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, PROCEDENTE DEL ANALISIS FUSTAL.

EDAD (años)	E1 (m)	E2 (m)	E3 (m)	E4 (m)	E5 (m)
10	0.37	0.49	0.55	0.88	0.19
12	0.42	0.55	0.62	1.00	0.25
14	0.47	0.55	0.71	1.08	0.32
16	0.53	0.57	0.78	1.10	0.43
18	0.56	0.59	0.94	1.12	0.55
20	0.59	0.62	1.00	1.14	0.65
22	0.58	0.66	1.07	1.17	0.74
24	0.56	0.68	1.13	1.17	0.79
26	0.57	0.70	1.16	1.18	0.88
28	0.55	0.72	1.18	1.18	0.92
30	0.54	0.73	1.18	1.19	0.93
32	0.53	0.77	1.15	1.19	0.94
34	0.52	0.79	1.14	1.19	0.94
36	0.52	0.81	1.12	1.19	0.95
38	0.51	0.82	1.09	1.19	0.94
40	0.50	0.84	1.07	1.19	0.95
42	0.50	0.86	1.05	1.18	0.92
44	0.49	0.87	1.03	1.17	0.91
46	0.49	0.89	1.01	1.16	0.91
48	0.48	0.91	0.98	1.16	0.90
50	0.47	0.91	0.95	1.14	0.89
52	0.47	0.92	0.93	1.14	0.88
54	0.46	0.93	0.92	1.13	0.88
56	0.46	0.93	0.90	1.13	0.87
58	0.46	0.94	0.89	1.12	0.85
60	0.45	0.94	0.87	1.11	0.84
62	0.45	0.94	0.87	1.09	0.83
64		0.94		1.07	0.82
66		0.94			0.81
68		0.93			0.80
70		0.94			0.79

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*  
 E2: *Cupressus lusitánica*  
 E3: *Picea avobata*

E4: *Pinus strobus*  
 E5: *Pinus nigra*

TABLA 6A. INCREMENTO MEDIO ANUAL EN DAP A DIFERENTES EDADES, PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, PROCEDENTE DEL ANALISIS FUSTAL.

EDAD (años)	E1 (cm)	E2 (cm)	E3 (cm)	E4 (cm)	E5 (cm)
10	0.84	0.49	0.55	0.88	0.19
12	1.07	0.55	0.62	1.00	0.25
14	1.29	0.55	0.71	1.08	0.32
16	1.48	0.57	0.78	1.10	0.43
18	1.57	0.59	0.94	1.12	0.55
20	1.60	0.62	1.00	1.14	0.65
22	1.61	0.66	1.07	1.17	0.74
24	1.55	0.68	1.13	1.17	0.79
26	1.49	0.70	1.16	1.18	0.88
28	1.44	0.72	1.18	1.18	0.92
30	1.39	0.73	1.18	1.19	0.93
32	1.35	0.77	1.15	1.19	0.94
34	1.30	0.79	1.14	1.19	0.94
36	1.26	0.81	1.12	1.19	0.95
38	1.22	0.82	1.09	1.19	0.94
40	1.18	0.84	1.07	1.19	0.95
42	1.14	0.86	1.05	1.18	0.92
44	1.11	0.87	1.03	1.17	0.91
46	1.08	0.89	1.01	1.16	0.91
48	1.05	0.91	0.98	1.16	0.90
50	1.03	0.91	0.95	1.14	0.89
52	1.00	0.92	0.93	1.14	0.88
54	0.98	0.93	0.92	1.13	0.88
56	0.96	0.93	0.90	1.13	0.87
58	0.93	0.94	0.89	1.12	0.85
60	0.91	0.94	0.87	1.11	0.84
62	0.89	0.94	0.87	1.09	0.83
64		0.94		1.07	0.82
66		0.94			0.81
68		0.93			0.80
70		0.94			0.79

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*

E2: *Cupressus lusitánica*

E3: *Picea obovata*

E4: *Pinus strobus*

E5: *Pinus nigra*

TABLA 7A. INCREMENTO MEDIO ANUAL EN AREA BASAL A DIFERENTES EDADES, PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, PROCEDENTE DEL ANALISIS FUSTAL.

EDAD (años)	E1 (m2)	E2 (m2)	E3 (m2)	E4 (m2)	E5 (m2)
10	0.0005	0.0002	0.0002	0.0006	0.0000
12	0.0011	0.0003	0.0004	0.0009	0.0001
14	0.0018	0.0003	0.0006	0.0013	0.0001
16	0.0028	0.0004	0.0008	0.0015	0.0002
18	0.0035	0.0005	0.0012	0.0018	0.0004
20	0.0040	0.0006	0.0016	0.0021	0.0007
22	0.0045	0.0007	0.0020	0.0024	0.0009
24	0.0046	0.0009	0.0024	0.0026	0.0012
26	0.0045	0.0010	0.0028	0.0028	0.0016
28	0.0046	0.0011	0.0031	0.0031	0.0018
30	0.0046	0.0013	0.0032	0.0034	0.0021
32	0.0046	0.0015	0.0034	0.0035	0.0023
34	0.0045	0.0017	0.0035	0.0037	0.0025
36	0.0045	0.0018	0.0036	0.0040	0.0026
38	0.0044	0.0020	0.0036	0.0042	0.0027
40	0.0044	0.0022	0.0036	0.0044	0.0028
42	0.0043	0.0024	0.0036	0.0046	0.0028
44	0.0043	0.0026	0.0036	0.0048	0.0029
46	0.0042	0.0029	0.0037	0.0049	0.0030
48	0.0042	0.0031	0.0036	0.0050	0.0030
50	0.0041	0.0032	0.0036	0.0051	0.0031
52	0.0041	0.0034	0.0035	0.0053	0.0032
54	0.0041	0.0036	0.0036	0.0055	0.0033
56	0.0040	0.0038	0.0036	0.0056	0.0033
58	0.0040	0.0040	0.0036	0.0057	0.0033
60	0.0039	0.0041	0.0036	0.0058	0.0033
62	0.0039	0.0043	0.0036	0.0058	0.0034
64		0.0044		0.0057	0.0034
66		0.0046			0.0034
68		0.0047			0.0034
70		0.0049			0.0034

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*

E2: *Cupressus lusitánica*

E3: *Picea obovata*

E4: *Pinus strobus*

E5: *Pinus nigra*



TABLA 8A. INCREMENTO MEDIO ANUAL EN VOLUMEN TOTAL A DIFERENTES EDADES, PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, PROCEDENTE DEL ANALISIS FUSTAL.

EDAD (años)	E1 (m3)	E2 (m3)	E3 (m3)	E4 (m3)	E5 (m3)
10	0.0012	0.0013	0.0007	0.0019	0.0001
12	0.0032	0.0017	0.0011	0.0033	0.0002
14	0.0043	0.0021	0.0018	0.0046	0.0003
16	0.0072	0.0027	0.0027	0.0058	0.0007
18	0.0114	0.0035	0.0046	0.0072	0.0014
20	0.0141	0.0044	0.0063	0.0083	0.0025
22	0.0173	0.0058	0.0086	0.0101	0.0039
24	0.0209	0.0070	0.0116	0.0119	0.0057
26	0.0226	0.0080	0.0139	0.0142	0.0084
28	0.0244	0.0092	0.0162	0.0170	0.0107
30	0.0259	0.0104	0.0177	0.0196	0.0129
32	0.0263	0.0118	0.0184	0.0228	0.0154
34	0.0273	0.0140	0.0193	0.0261	0.0176
36	0.0281	0.0151	0.0209	0.0299	0.0193
38	0.0282	0.0169	0.0230	0.0337	0.0210
40	0.0287	0.0185	0.0251	0.0379	0.0231
42	0.0288	0.0200	0.0256	0.0416	0.0247
44	0.0291	0.0213	0.0257	0.0457	0.0263
46	0.0293	0.0229	0.0257	0.0490	0.0281
48	0.0296	0.0248	0.0259	0.0509	0.0300
50	0.0297	0.0266	0.0260	0.0529	0.0318
52	0.0300	0.0284	0.0265	0.0552	0.0333
54	0.0301	0.0310	0.0274	0.0573	0.0344
56	0.0303	0.0334	0.0281	0.0594	0.0356
58	0.0305	0.0361	0.0285	0.0609	0.0365
60	0.0311	0.0380	0.0290	0.0624	0.0373
62	0.0315	0.0398	0.0299	0.0635	0.0380
64		0.0416		0.0649	0.0388
66		0.0440			0.0393
68		0.0461			0.0400
70		0.0479			0.0406

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*  
 E2: *Cupressus lusitánica*  
 E3: *Picea obovata*

E4: *Pinus strobus*  
 E5: *Pinus nigra*

TABLA 9A. INCREMENTO CORRIENTE ALTURA TOTAL A DIFERENTES EDADES, PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, PROCEDENTE DEL ANALISIS FUSTAL.

EDAD (años)	E1 (m)	E2 (m)	E3 (m)	E4 (m)	E5 (m)
12	0.80	0.72	0.75	0.51	0.48
14	0.90	0.64	0.70	0.50	0.48
16	1.00	0.64	0.60	0.49	0.98
18	0.70	0.80	0.60	0.49	0.65
20	0.80	0.80	0.75	0.82	0.48
22	0.60	0.96	0.53	0.56	0.64
24	0.30	0.88	0.60	1.29	0.65
26	0.53	0.64	0.75	0.73	0.65
28	0.37	0.66	0.99	0.81	0.64
30	0.45	0.52	0.62	0.95	0.48
32	0.45	0.48	0.65	0.65	0.48
34	0.37	0.50	0.56	0.65	0.64
36	0.40	0.40	0.50	0.32	0.56
38	0.45	0.44	0.30	0.49	0.64
40	0.37	0.50	0.30	0.49	0.50
42	0.30	0.20	0.30	0.52	0.34
44	0.30	0.32	0.30	0.32	0.41
46	0.45	0.28	0.30	0.48	0.49
48	0.30	0.30	0.35	0.24	0.71
50	0.45	0.43	0.30	0.32	0.48
52	0.30	0.32	0.45	0.24	0.44
54	0.30	0.24	0.37	0.32	0.44
56	0.30	0.32	0.34	0.41	0.33
58	0.42	0.26	0.38	0.33	0.40
60	0.45	0.32	0.23	0.25	0.65
62	0.38	0.22	0.23	0.08	0.16
64		0.27		0.24	0.24
66		0.14			0.33
68		0.15			0.24
70		0.16			0.30

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*  
 E2: *Cupressus lusitánica*  
 E3: *Picea obovata*

E4: *Pinus strobus*  
 E5: *Pinus nigra*

TABLA 10A. INCREMENTO CORRIENTE EN DAP A DIFERENTES EDADES, PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, PROCEDENTE DEL ANALISIS FUSTAL.

EDAD (años)	E1 (cm)	E2 (cm)	E3 (cm)	E4 (cm)	E5 (cm)
12	1.60	0.99	1.14	1.41	0.53
14	2.69	0.56	0.98	1.34	0.83
16	2.82	0.59	1.39	1.36	1.19
18	2.40	0.82	2.13	1.49	1.52
20	2.16	0.66	1.30	1.41	1.50
22	1.39	0.99	1.79	1.26	1.60
24	1.11	0.99	1.96	1.26	1.04
26	0.42	0.82	1.68	1.23	1.50
28	0.56	0.99	1.48	1.21	1.26
30	0.56	0.99	1.30	1.22	1.09
32	0.55	1.64	0.64	1.21	1.00
34	0.56	1.32	1.17	1.22	0.97
36	0.45	1.15	0.68	1.20	0.96
38	0.30	1.32	0.54	1.15	1.00
40	0.34	1.15	0.68	1.31	1.03
42	0.49	1.32	0.54	1.13	0.57
44	0.56	1.25	0.63	1.34	0.54
46	0.42	1.64	0.76	1.06	0.74
48	0.41	1.48	0.34	1.34	0.81
50	0.36	0.99	0.28	0.91	0.77
52	0.28	0.99	0.37	1.06	0.64
54	0.42	0.99	0.58	1.06	0.68
56	0.23	1.32	0.44	1.11	0.43
58	0.33	0.99	0.59	0.77	0.47
60	0.36	1.11	0.53	0.81	0.48
62	0.28	0.99	0.61	0.46	0.30
64		1.25		0.35	0.61
66		0.99			0.41
68		0.38			0.44
70		1.19			0.37

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*

E2: *Cupressus lusitánica*

E3: *Picea avobata*

E4: *Pinus strobus*

E5: *Pinus nigra*

TABLA 11A. INCREMENTO CORRIENTE EN AREA BASAL A DIFERENTES EDADES, PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, PROCEDENTE DEL ANALISIS FUSTAL.

EDAD (años)	E1 (m2)	E2 (m2)	E3 (m2)	E4 (m2)	E5 (m2)
12	0.0030	0.0009	0.0012	0.0025	0.0002
14	0.0070	0.0007	0.0014	0.0030	0.0005
16	0.0099	0.0008	0.0026	0.0036	0.0012
18	0.0102	0.0013	0.0053	0.0046	0.0022
20	0.0105	0.0013	0.0039	0.0049	0.0029
22	0.0076	0.0022	0.0063	0.0050	0.0039
24	0.0064	0.0024	0.0081	0.0055	0.0030
26	0.0025	0.0023	0.0077	0.0058	0.0052
28	0.0035	0.0030	0.0081	0.0062	0.0050
30	0.0036	0.0033	0.0039	0.0072	0.0047
32	0.0037	0.0061	0.0046	0.0062	0.0057
34	0.0039	0.0054	0.0070	0.0055	0.0044
36	0.0032	0.0052	0.0043	0.0080	0.0036
38	0.0022	0.0063	0.0035	0.0078	0.0049
40	0.0025	0.0060	0.0045	0.0103	0.0043
42	0.0037	0.0073	0.0037	0.0087	0.0034
44	0.0043	0.0074	0.0044	0.0107	0.0034
46	0.0033	0.0104	0.0055	0.0088	0.0048
48	0.0032	0.0100	0.0025	0.0115	0.0054
50	0.0029	0.0070	0.0021	0.0082	0.0054
52	0.0023	0.0073	0.0028	0.0097	0.0046
54	0.0035	0.0077	0.0045	0.0101	0.0050
56	0.0019	0.0107	0.0035	0.0109	0.0033
58	0.0028	0.0083	0.0048	0.0078	0.0036
60	0.0031	0.0086	0.0044	0.0084	0.0038
62	0.0024	0.0089	0.0051	0.0048	0.0024
64		0.0123		0.0038	0.0050
66		0.0095			0.0034
68		0.0082			0.0037
70		0.0101			0.0032

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*  
 E2: *Cupressus lusitánica*  
 E3: *Picea obovata*

E4: *Pinus strobus*  
 E5: *Pinus nigra*

TABLA 12A. INCREMENTO CORRIENTE EN VOLUMEN TOTAL A DIFERENTES EDADES, PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, PROCEDENTE DEL ANALISIS FUSTAL.

EDAD (años)	E1 (m3)	E2 (m3)	E3 (m3)	E4 (m3)	E5 (m3)
12	0.0136	0.0030	0.0041	0.0127	0.0006
14	0.0180	0.0049	0.0054	0.0137	0.0015
16	0.0245	0.0078	0.0108	0.0152	0.0035
18	0.0494	0.0099	0.0221	0.0163	0.0084
20	0.0353	0.0132	0.0210	0.0213	0.0130
22	0.0519	0.0190	0.0335	0.0345	0.0198
24	0.0568	0.0232	0.0462	0.0326	0.0250
26	0.0417	0.0212	0.0412	0.0447	0.0378
28	0.0428	0.0239	0.0465	0.0540	0.0383
30	0.0373	0.0274	0.0278	0.0584	0.0444
32	0.0324	0.0340	0.0286	0.0750	0.0519
34	0.0471	0.0625	0.0363	0.0859	0.0508
36	0.0478	0.0421	0.0530	0.1005	0.0455
38	0.0365	0.0570	0.0653	0.1109	0.0466
40	0.0336	0.0465	0.0605	0.1267	0.0577
42	0.0395	0.0472	0.0363	0.1220	0.0516
44	0.0286	0.0492	0.0273	0.1361	0.0611
46	0.0379	0.0573	0.0272	0.1200	0.0700
48	0.0378	0.0722	0.0328	0.0885	0.0733
50	0.0333	0.0692	0.0290	0.1089	0.0748
52	0.0342	0.0689	0.0471	0.1157	0.0678
54	0.0346	0.1056	0.0502	0.0963	0.0528
56	0.0352	0.0996	0.0499	0.1322	0.0649
58	0.0366	0.1076	0.0449	0.1121	0.0565
60	0.0490	0.1116	0.0454	0.1154	0.0678
62	0.0460	0.1049	0.0550	0.1132	0.0568
64		0.0926		0.1027	0.0751
66		0.1227			0.0493
68		0.1142			0.0568
70		0.1164			0.0695

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*

E2: *Cupressus lusitánica*

E3: *Picea ovobata*

E4: *Pinus strobus*

E5: *Pinus nigra*

**TABLA 13A. COEFICIENTES DE REGRESION PARA CADA ECUACION QUE DESCRIBE EL CRECIMIENTO ACUMULAD EN ALTURA TOTAL, EN EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, CON SUS RESPECTIVOS INDICADORES ESTADISTICOS.**

Sp	COEFICIENTES			ESTADIGRAFOS			F
	C1	C2	C3	ECM(%)	DER	MSCD	
E1	38.7726	1.1017	0.0211	2.33	0.4227	0.1856	M
	28.8152	2.0567	0.0746	4.93	0.8938	0.8316	L
	31.0809	1.0466	0.0484	3.81	0.6924	0.4987	G
	36.1042	0.0277	1.4181	2.84	0.5149	0.2757	P
E2	38.7495	1.1263	0.0258	1.01	0.2202	0.0502	M
	31.7866	1.9917	0.0759	3.38	0.7363	0.5619	L
	33.5251	1.0284	0.0514	2.19	0.4770	0.2355	G
	36.3817	0.0340	1.5035	1.32	0.2878	0.0857	P
E3	40.9831	1.1511	0.0232	1.44	0.2840	0.0380	M
	30.1800	2.3622	0.0879	2.65	0.5200	0.2817	L
	32.4533	1.2125	0.0581	1.39	0.2737	0.0778	G
	35.2816	0.0388	1.8783	1.01	0.1994	0.0413	P
E4	44.2003	1.1855	0.0237	3.16	0.6732	0.4700	M
	32.3645	2.6139	0.0948	2.01	0.4275	0.1900	L
	34.7062	1.3469	0.0599	1.39	0.2958	0.0908	G
	36.7245	0.0452	2.3090	1.92	0.4078	0.1730	P
E5	60.3199	1.1126	0.0128	1.69	0.3223	0.1075	M
	33.4678	2.7484	0.0793	4.03	0.7744	0.6243	L
	37.2009	1.3778	0.0470	2.36	0.4543	0.2141	G
	41.9727	0.0312	2.1571	1.54	0.2981	0.0921	P

Sp: Especies

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*

E2: *Cupressus lusitánica*

E3: *Picea obovata*

E4: *Pinus strobus*

E5: *Pinus nigra*

F: Función

M: Mitscherlich

L: Logística

G: Gompertz

P: Prodan

TABLA 14A. COEFICIENTES DE REGRESION PARA CADA ECUACION QUE DESCRIBE EL CRECIMIENTO ACUMULADO EN DAP, EN EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, CON SUS RESPECTIVOS INDICADORES ESTADISTICOS.

Sp	COEFICIENTES			ESTADIGRAFOS			F
	C1	C2	C3	ECM(%)	DER	MSCD	
E1	55.5778	1.5776	0.0625	2.41	1.0160	1.0700	M
	52.5653	2.3019	0.1257	4.96	2.0890	4.5445	L
	53.5135	1.3617	0.0944	3.80	1.6020	2.6693	G
	54.3338	0.0803	2.6643	3.30	1.3900	2.0110	P
E2	2862.04	1.0032	0.0004	2.97	1.0040	1.0430	M
	74.0538	2.9659	0.0691	2.03	0.6984	0.5082	L
	95.6292	1.3889	0.0337	0.62	0.2154	0.0480	G
	156.836	0.0136	1.7632	1.35	0.4676	0.2275	P
E3	60.3084	1.4261	0.0396	2.62	0.9519	0.9416	M
	51.0675	2.9057	0.1202	4.22	1.5292	2.4397	L
	53.1537	1.6031	0.0981	2.61	0.9478	0.9345	G
	54.3719	0.0688	3.4000	2.21	0.8039	0.6720	P
E4	136.459	1.0541	0.0119	0.75	0.3220	0.1097	M
	74.2088	2.2960	0.0720	2.61	1.1251	1.1371	L
	83.8244	1.1282	0.0424	1.39	0.6008	0.3750	G
	105.216	0.0216	1.4609	0.62	0.2664	0.0744	P
E5	73.7254	1.2744	0.0230	3.38	0.9988	1.0368	M
	53.0454	3.1748	0.1032	5.92	1.9970	4.1667	L
	56.1951	1.7020	0.0661	3.53	1.1939	1.4830	G
	58.3137	0.0545	3.6161	2.80	0.9293	0.8988	P

Sp: Especies

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*

E2: *Cupressus lusitánica*

E3: *Picea obovata*

E4: *Pinus strobus*

E5: *Pinus nigra*

F: Función

M: Mitscherlich

L: Logística

G: Gompertz

P: Prodan

TABLA 15A. COEFICIENTES DE REGRESION PARA CADA ECUACION QUE DESCRIBE EL CRECIMIENTO ACUMULADO EN AREA BASAL, EN EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, CON SUS RESPECTIVOS INDICADORES ESTADISTICOS.

Sp	COEFICIENTES			ESTADIGRAFOS			F
	C1	C2	C3	ECM (%)	DER	MSCD	
E1	-51.192	0.9998	-0.000	9.78	0.0147	0.0147	M
	0.23190	2.9735	0.1079	7.45	0.0111	0.0111	L
	0.24340	1.6235	0.0711	5.37	0.0080	0.0080	G
	0.39400	0.0015	1.0297	9.89	0.0148	0.0148	P
E2	-0.0880	0.6366	-0.030	6.08	0.0073	0.0073	M
	0.41480	4.9402	0.0897	3.35	0.0039	0.0039	L
	0.72480	2.0793	0.0335	1.02	0.0012	0.0012	G
	1.09820	0.0203	4.2488	1.38	0.0016	0.0016	P
E3	-45.042	0.9989	-0.000	7.08	0.0083	0.0083	M
	0.21690	3.8889	0.1157	7.40	0.0088	0.0088	L
	0.23950	2.0010	0.0675	4.61	0.0055	0.0055	G
	0.25110	0.0566	5.0262	4.00	0.0047	0.0047	P
E4	-0.3790	0.8587	-0.013	3.61	0.0062	0.0062	M
	0.43560	3.8839	0.0864	3.59	0.0060	0.0060	L
	0.60570	1.7620	0.0388	1.52	0.0025	0.0025	G
	0.85570	0.0220	2.9536	1.27	0.0021	0.0021	P
E5	-1.3500	0.9567	-0.003	5.13	0.0057	0.0000	M
	0.24650	4.1287	0.0955	6.98	0.0076	0.0001	L
	0.29090	2.0054	0.0504	3.89	0.0043	0.0000	G
	0.31900	0.0397	4.7205	3.09	0.0034	0.0000	P

Sp: Especies

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*

E2: *Cupressus lusitánica*

E3: *Picea obovata*

E4: *Pinus strobus*

E5: *Pinus nigra*

F: Función

M: Mitscherlich

L: Logística

G: Gompertz

P: Prodan



TABLA 16A. COEFICIENTES DE REGRESION PARA CADA ECUACION QUE DESCRIBE EL CRECIMIENTO ACUMULADO EN VOLUMEN TOTAL, EN EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, CON SUS RESPECTIVOS INDICADORES ESTADISTICOS.

Sp	COEFICIENTES			ESTADIGRAFOS			F
	C1	C2	C3	ECM(%)	DER	MSCD	
E1	-538.71	0.9992	-7E-05	6.30	0.5870	0.0031	M
	1.98890	3.5856	0.0975	7.86	0.0769	0.0062	L
	2.30090	1.7763	0.0537	5.22	0.0510	0.0027	G
	867.490	0.0002	1.4568	8.54	0.0820	0.0073	P
E2	-0.4560	0.5534	-0.039	4.21	0.0453	0.0021	M
	5.01150	5.1811	0.0834	3.43	0.0358	0.0014	L
	14.2103	2.0712	0.0243	1.69	0.0181	0.0003	G
	118.150	0.0057	3.2285	1.53	0.0165	0.0002	P
E3	-3.8310	0.8922	-0.008	5.96	0.0492	0.0025	M
	1.91860	4.2905	0.1056	7.90	0.0645	0.0044	L
	2.36240	2.0382	0.0530	5.15	0.0424	0.0018	G
	2.64890	0.0410	4.8115	4.57	0.0378	0.0014	P
E4	-1.7440	0.6653	-0.028	8.75	0.1411	0.0208	M
	4.67750	5.2311	0.1108	3.51	0.0555	0.0033	L
	6.53240	2.3162	0.0484	1.60	0.0256	0.0007	G
	7.27250	0.0396	6.8213	1.99	0.0312	0.0011	P
E5	-1.7110	0.7260	-0.019	7.70	0.0852	0.0075	M
	3.05700	4.9976	0.1015	5.28	0.0566	0.0035	L
	4.03320	2.2722	0.0466	1.98	0.0215	0.0005	G
	4.48870	0.0380	6.4244	1.44	0.0157	0.0003	P

Sp: Especies

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*

E2: *Cupressus lusitánica*

E3: *Picea ovobata*

E4: *Pinus strobus*

E5: *Pinus nigra*

F: Función

M: Mitscherlich

L: Logística

G: Gompertz

P: Prodan

TABLA 17A. INCREMENTO CORRIENTE Y MEDIO ANUAL PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, CON LAS RESPECTIVAS EDADES DE CULMINACION, OBTENIDOS DEL ANALISIS FUSTAL Y ECUACIONES DE CRECIMIENTO.

Vr	Sp	VALORES REALES				PREDICCIONES			
		IMA	E	ICO	E	IMA	E	ICO	E
H	E1	0.580	20	1.0000	16	0.545	24	0.717	11
	E2	0.642	22	0.9600	22	0.638	22	0.849	11
	E3	0.590	28	0.9000	21	0.582	30	0.702	16
	E4	0.631	35	1.2900	24	0.618	35	0.764	22
	E5	0.516	38	0.9800	16	0.509	44	0.638	25
D	E1	1.620	21	2.8500	15	1.522	21	2.755	11
	E2	0.940	60	1.6442	32	0.939	64	1.185	41
	E3	1.184	30	2.3000	17	1.142	30	1.599	18
	E4	1.188	37	1.7595	13	1.190	33	1.334	18
	E5	0.947	40	2.3100	25	0.946	40	1.368	24
G	E1	0.004	27	0.0105	20	0.004	36	0.006	24
	E2	0.005	70	0.0122	64	0.005	70	0.009	62
	E3	0.004	63	0.0081	28	0.004	47	0.006	29
	E4	0.006	61	0.0115	48	0.006	65	0.008	49
	E5	0.003	68	0.0072	25	0.003	65	0.005	40
V	E1	0.032	63	0.0810	24	0.031	49	0.046	31
	E2	0.048	70	0.1227	66	0.048	70	0.128	70
	E3	0.030	63	0.0687	39	0.028	63	0.045	38
	E4	0.065	65	0.1361	44	0.065	65	0.116	48
	E5	0.040	70	0.0777	49	0.040	70	0.068	49

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*  
 E2: *Cupressus lusitánica*  
 E3: *Picea obovata*  
 E4: *Pinus strobus*  
 E5: *Pinus nigra*  
 Vr: Variables

Sp: Especies  
 E : Edad (años)  
 H : Altura (m)  
 D : DAP (cm)  
 G : A. basal (m2)  
 V : Volumen (m3)

TABLA 18A. FACTOR DE FORMA NATURAL A DIFERENTES EDADES, PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, PROCEDENTE DEL ANALISIS FUSTAL.

EDAD (años)	E1	E2	E3	E4	E5
15	0.4066	0.3762	0.3266	0.4091	0.4074
17	0.3526	0.3868	0.3285	0.4115	0.4140
19	0.3306	0.3762	0.3425	0.4039	0.4371
21	0.3737	0.3849	0.3595	0.3997	0.4349
23	0.3148	0.4178	0.3603	0.4090	0.4319
25	0.3411	0.4311	0.3551	0.3925	0.4463
27	0.3603	0.4349	0.3462	0.3928	0.4529
29	0.3737	0.4359	0.3458	0.4062	0.4496
31	0.3758	0.4398	0.3420	0.4195	0.4503
33	0.3851	0.4338	0.3510	0.4180	0.4527
35	0.3880	0.4336	0.3622	0.4168	0.4561
37	0.3881	0.4293	0.3701	0.4191	0.4605
39	0.3902	0.4289	0.3739	0.4258	0.4635
41	0.3821	0.4226	0.3724	0.4305	0.4660
43	0.3766	0.4161	0.3725	0.4314	0.4672
45	0.3823	0.4100	0.3711	0.4374	0.4744
47	0.3913	0.4045	0.3726	0.4431	0.4800
49	0.3964	0.4014	0.3779	0.4397	0.4763
51	0.4015	0.4056	0.3825	0.4422	0.4698
53	0.4056	0.4067	0.3864	0.4454	0.4654
55	0.4077	0.4094	0.3961	0.4478	0.4591
57	0.4105	0.4097	0.4000	0.4556	0.4616
59	0.4089	0.4063	0.4009	0.4581	0.4590
61	0.4044	0.4092	0.4041	0.4626	0.4610
63	0.4013	0.4154	0.4059	0.4674	0.4674
65		0.4203		0.4720	0.4705
67		0.4191			0.4727
69		0.4200			0.4737
70		0.4211			0.4762

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*  
 E2: *Cupressus lusitánica*  
 E3: *Picea obovata*

E4: *Pinus strobus*  
 E5: *Pinus nigra*

TABLA 19A. FACTOR DE FORMA ARTIFICIAL A DIFERENTES EDADES, PARA EL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE, PROCEDENTE DEL ANALISIS FUSTAL.

EDAD (años)	E1	E2	E3	E4	E5
15	0.3540	0.6148	0.4285	0.5102	0.6122
17	0.3179	0.6017	0.3973	0.4933	0.5049
19	0.3243	0.5785	0.3764	0.4201	0.4597
21	0.2983	0.5673	0.3608	0.3562	0.4499
23	0.3314	0.5376	0.3594	0.3523	0.4314
25	0.3526	0.4965	0.3561	0.3215	0.4377
27	0.3606	0.4676	0.3356	0.3258	0.4332
29	0.3673	0.4432	0.3214	0.3226	0.4274
31	0.3626	0.4286	0.2978	0.3213	0.4272
33	0.3553	0.3933	0.2865	0.3236	0.4226
35	0.3477	0.3854	0.2762	0.3293	0.4220
37	0.3357	0.3804	0.2868	0.3326	0.4285
39	0.3306	0.3672	0.3034	0.3436	0.4235
41	0.3265	0.3547	0.3082	0.3485	0.4191
43	0.3219	0.3432	0.3043	0.3627	0.4181
45	0.3119	0.3273	0.2927	0.3706	0.4147
47	0.3090	0.3133	0.2824	0.3715	0.4155
49	0.3066	0.3122	0.2789	0.3642	0.4024
51	0.3012	0.3059	0.2764	0.3630	0.3979
53	0.2973	0.3018	0.2772	0.3601	0.3889
55	0.2940	0.3102	0.2781	0.3556	0.3828
57	0.2924	0.3104	0.2797	0.3501	0.3841
59	0.2902	0.3117	0.2780	0.3470	0.3806
61	0.2903	0.3064	0.2773	0.3411	0.3726
63	0.2923	0.3107	0.2738	0.3472	0.3721
65		0.3090		0.3501	0.3691
67		0.3130			0.3671
69		0.3117			0.3672
70		0.3117			0.3679

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*  
 E2: *Cupressus lusitánica*  
 E3: *Picea obovata*

E4: *Pinus strobus*  
 E5: *Pinus nigra*

TABLA 20A. FACTOR DE FORMA NATURAL Y ARTIFICIAL A LOS 63 AÑOS Y MOMENTO DE CORTA Y, VALORES MAXIMOS Y MINIMOS CON SUS RESPECTIVAS EDADES, CORRESPONDIENTE AL ARBOL DE AREA BASAL MEDIA POR ESPECIE.

ESPECIE	VALOR MAXIMO	VALOR MINIMO	VALOR 63 AÑOS	MOMENTO DE CORTA
FACTOR DE FORMA NATURAL				
E1	0.4105 (51)	0.3029 (22)	0.4013	0.4013
E2	0.4425 (32)	0.3720 (16)	0.4211	0.4154
E3	0.4061 (62)	0.3241 (16)	0.4059	0.4059
E4	0.4674 (63)	0.3925 (25)	0.4720	0.4674
E5	0.4800 (47)	0.4038 (16)	0.4762	0.4674
FACTOR DE FORMA ARTIFICIAL				
E1	0.3672 (29)	0.2892 (59)	0.2923	0.2923
E2	0.6148 (15)	0.3018 (53)	0.3116	0.3107
E3	0.4285 (15)	0.2738 (63)	0.2738	0.2738
E4	0.5101 (15)	0.3155 (30)	0.3501	0.3472
E5	0.6122 (15)	0.3661 (68)	0.3679	0.3720

E1: *Chamaecyparis lawsoniana*  
 E2: *Cupressus lusitánica*  
 E3: *Picea ovobata*

E4: *Pinus strobus*  
 E5: *Pinus nigra*