T-3170

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE DOCUMENTACIÓN Y BIBLIOTECA

SELECCIÓN DE *Pinus pinaster* Ait EN EL PARQUE *FRANKLIN DELANO ROOSEVELT*, CANELONES

Caracterización de crecimiento e incremento

FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE DOCUMENTACIÓN Y BIBLIOTECA

por

Alejandro VENTURINO CAMMAROTA

TESIS presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Ingeniero Agrónomo (Orientación Forestal)

MONTEVIDEO
URUGUAY
2004

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer al Ing. Agr. Gabriel Caldevilla, quien orientó, aportó conocimientos, conceptos, bibliografía y experiencia para la realización de este Trabajo Final.

Al Ing. Agr. Juan Cabris quien contribuyó en su estructura y redacción además de aportar conceptos para análisis e interpretación de la información.

Al Ing. Agr. Guillermo Morás quien contribuyó en la definición de variables dendrométricas y al análisis de las mismas.

Al Dr. Sadaaki Otha por su colaboración y apoyo invalorable, al Ing. Quim. Raúl de Castro por la disponibilidad para la utilización de equipos del LATU (Laboratorio Tecnológico del Uruguay) y al personal técnico del Sector Productos Forestales del LATU por su ayuda en la obtención de probetas y en el manejo de equipos.

Al personal de la Dirección Nacional de Recursos Naturales quienes brindaron apoyo y facilitaron bibliografía.

Al Sr. Juan Carlos Correa funcionario del Parque Roosevelt, por su ayuda durante el trabajo de campo en la recolección y acondicionamiento de discos. A Federico Lussich y Sebastián Finocchietti por su ayuda en la medición de variables dendrométricas.

PAGINA DE APROBACIÓN

Tesis aprobada por:

Director: Ing. Agr. Rafael Escudero

Nombre completo y firma

Ing. Agr. Guillermo Marrás

Nombre completo y firma

Ing. Agr. Gabriel Caldevilla.

Nombre completo y firma

Fecha: _____

Autor: Alejandro Arnoldo Venturino Cammarota

Nombre completo y firma

TABLA DE CONTENIDO

Página

I. INTRODUCCIÓN 4
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 5
A. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE 5
1. Área de distribución natural 5
2. Descripción botánica 6
3. Suelos 6
4. Clima 6
5. Propiedades de la madera 8
6. Propiedades físicas y mecánicas 8
B. ANTECEDENTES DE INVENTARIO 10
1. Crecimiento en diámetro, altura y volumen 10
2. Volumen 14
3. Altura 18
4. Factor de forma 18
5. Defectos 19
C. CRECIMIENTO Y ETAPAS DE DESARROLLO 20
D. ANALISIS DE TALLO 23
III. MATERIALES Y METODOS 25
A. DESCRIPCIÓN DEL PARQUE 25
1. Historia del Parque 25
2. Ubicación 25
3. Suelos 29
4. Descripción del rodal 30
a. Caracterización cualitativa 30
5. Clima 31
B. CENSO POBLACIONAL 32
1. Mediciones y registros 32
a. Medición de diámetros 32

b. Medición de alturas 32
c. Defectos del fuste 33
d. Bases de datos 33
2. Cálculos 34
a. Area basal 34
b. Altura media 34
c. Volumen aparente 35
d. Volúmenes aparentes por clase 35
e. Volumen real o comercial 36
f. Factor de forma comercial 37
g. Volúmenes comerciales por clase 37
h. Corteza 38
i. Tabla de volumen local 38
j. Tabla de volumen estándar 38
C. ANALISIS DE TALLO 39
1. Extracción y mediciones de discos y probetas de incremento radial 39
a. Extracción y medición de discos 39
b. Obtención y medición de probetas 41
2. Cálculos para análisis de tallo 43
a. Ancho de anillo de crecimiento acumulado 43
b. Area y volumen de anillo de crecimiento 44
c. Crecimientos corriente anual, medio anual y total en volumen 45
3. Porcentaje de duramen en volumen 46
D. SELECCIÓN 47
1. Observaciones 47
2. Selección de árboles candidato 48
IV. RESULTADOS Y DISCUSION 49
A. CENSO POBLACIONAL 49
1. Diámetro a la altura del pecho (*dap*) 49
2. Densidad de rodal 50
a. Número de árboles por hectárea 50
b. Area basal por hectárea 51

6. Defectos 60
7. Volumen 61
a. Tabla de volumen local 62
b. Tabla de volumen estándar 63
c. Comparación de tablas de volumen 64
B. SELECCIÓN 65
1. Fichas de registro de individuos seleccionados 67
C. Análisis de tallo 80
1. Crecimiento medio anual 91
2. Crecimiento anual corriente 93
3. Porcentaje en volumen de duramen en volumen total sin corteza 97
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 101
VI. ANEXO 103
VII. RESUMEN 104
VIII. BIBLIOGRAFIA 105

I. INTRODUCCIÓN

El Parque Franklin D. Roosevelt, es un espacio verde que goza de una situación privilegiada. Está ubicado entre la ciudad de Montevideo y la cadena balnearia de Canelones. Este parque fue conocido como Parque de Carrasco y Parque Centenario. Es uno de los primeros parques estatales a nivel mundial. No constituye un "Parque Nacional" en terminos técnicos. Actualmente se lo denomina como un Parque de la Nación.

La especie que se presenta cubriendo la mayor superficie del parque es *Pinus pinaster* Aiton, sinónimo con *P. pinaster* Soland; *P. maritima* Poiret. La especie *Pinus pinaster* es originaria de regiones sudoeste de Europa. Se presenta en las costas atlánticas de Francia, Portugal y España, al igual que en la costa mediterránea de Africa, Francia e Italia. También se distribuye en la zona central de España.

P. pinaster ha sido la especie más plantada a lo largo de las costas de nuestro país. Su plantación comenzó en las dunas del Río de la Plata y del océano Atlántico, a partir del año 1890, en la zona de la ciudad de Maldonado, para extenderse luego en la costa sureña.

En nuestro país esta especie ha sufrido una selección negativa, durante la cual se han ido talando los mejores ejemplares. Como resultado, hoy en día es dificil encontrar ejemplares de buenas carácterísticas, que permitan una buena utilización con fines industriales.

La construcción de una pista alternativa para el Aeropuerto de Carrasco llevó a que se debiera de cosechar todos los árboles con alturas superiores a los 20 m, situados en parte de la Fracción 2A del Parque, comprendida entre Av de las Américas, Cno Carrasco y Av. Racine, que abarca una superficie de 17.7 ha.

Esto llevó a la realización de este trabajo, cuyos objetivos se detallan a continuación.

El presente trabajo tiene como objetivos

1. la descripción de variables cuantitativas y cualitativas de un rodal de *Pinus pinaster* Aiton en la Fracción 2 A del Parque F.D. Roosevelt;
2. la recolección (rescate) del germoplasma perteneciente a individuos seleccionados;
3. constituir una base de datos de progenitores como referencia a su inclusión en un programa de mejora genética de la especie.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

1. Área de distribución natural

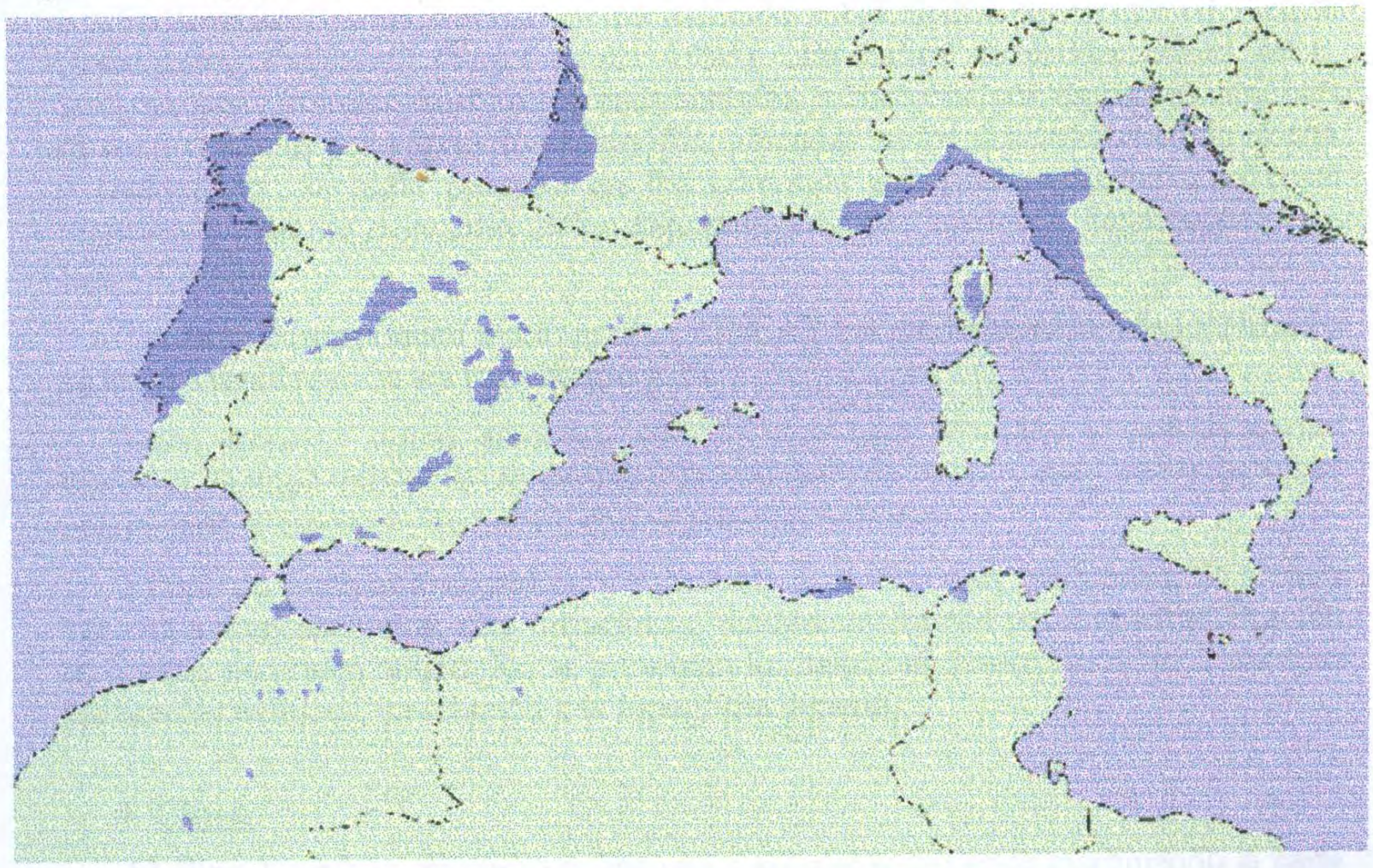
Pinus pinaster Aiton es una especie que se halla distribuida en las regiones costeras, europeas del Mediterráneo occidental, para llegar al litoral atlántico por Portugal, España y Francia. (Alía y Moro. 1996).

Crece desde Grecia hasta la costa Atlántica de Francia y Portugal, entre los 30° y 50° de latitud Norte y entre el nivel del mar y 2.000 m de altitud. (Barbat y Martínez. 1981; ver Figura 1).

Las precipitaciones totales anuales en el área de distribución van de 700 a 1000 mm, presentando una mayor proporción de éstas en invierno.

El área de distribución natural se encuentra ampliada en la actualidad con extensas repoblaciones.

Figura 1: Mapa de distribución natural del *Pinus pinaster*



2. Descripción botánica

La especie *Pinus pinaster* Aiton, pertenece a la familia de las Pináceas. En cuanto a la etimología, *Pinus*, es el nombre clásico latino del pino y *pinaster*, del latín *pinus*, pino y la terminación *aster*, que indica cierto parecido pero de rango inferior, probablemente comparando este pino con el pino piñonero.

Es de copa abierta con forma de candelabro, de forma cónica-ovoide cuando jóvenes, convirtiéndose en irregulares y densas con la edad. La corteza es muy gruesa, resquebrajada y en forma de placas, de color rojo castaño. Las ramas, erectas, se distribuyen en verticilos a lo largo del tronco. Su corteza es de color pardo rojizo. Las hojas aciculares se disponen en fascículos de a dos. El árbol alcanza una altura de 30 metros y en algunos casos llega a los 40 m. Presenta un fuste sinuoso (recto en algunas áreas de Corcega y al Noroeste de África).

3. Suelos

Pinus pinaster desarrolla sobre suelos bien drenados y livianos, en particular aquellos de profundidad considerable. No se adapta a suelos arcillosos. Se presenta ocasionalmente en colinas bajas, con suelos superficiales y secos. (Barbat y Martínez, 1981).

En Uruguay, *Pinus pinaster* se ha plantado sobre suelos del Grupo 07.1 en la clasificación CONEAT (Tuset *et al.*, 1996), con índice de productividad de 4. Integran áreas litorales marítimas o continentales, recubiertas con espesores variables de arenas, fijadas por vegetación psamófila, ubicadas en los departamentos de Rocha y Maldonado. Se halla presente en los cordones arenosos asociados a la costa marítima y platense existentes en los departamentos de Canelones, Montevideo, San José y Colonia.

También corresponden a este grupo CONEAT los médanos arenosos localizados en las proximidades de los Ríos Negro y Yí.

Estas arenas y dunas arenosas, son de muy baja fertilidad y excesivamente drenadas, aunque existen áreas deprimidas con drenaje pobre y muy pobre (a veces con pequeños espesores de turba), con vegetación hidrófila.

El tipo de suelo es arenosol ócrico. Se trata de suelos muy profundos, de textura arenosa a arenoso-franca, con variaciones, fundamentalmente por interestratificación de niveles de origen eólico. No se presentan limitantes al desarrollo radical; excepto los niveles freáticos, en relación a la topografía general.

4. Clima

El clima templado marítimo ocupa una zona que se extiende marginando la parte Sur de la República, delimitada por una línea imaginaria que une las localidades de Nueva Palmira, Nueva Helvecia, San José, Canelones, Minas, Velázquez y la Charqueada. En esta zona, sujeta a la influencia marítimo – oceánica, se aproximan

los extremos térmicos, la humedad atmosférica es mayor, la frecuencia y magnitud de las heladas son menores y los vientos marítimos hacen que en verano el clima sea más fresco (Senyszyn, 1959).

A continuación, en la Figura 2 y la Figura 3, se muestran 4 mapas de isotermas que detallan el clima de nuestro país, resumiendo precipitaciones, intensidad del viento, humedad relativa y temperaturas medias anuales a nivel nacional.

Figura 2: Mapas de Precipitación media anual e Intensidad del viento

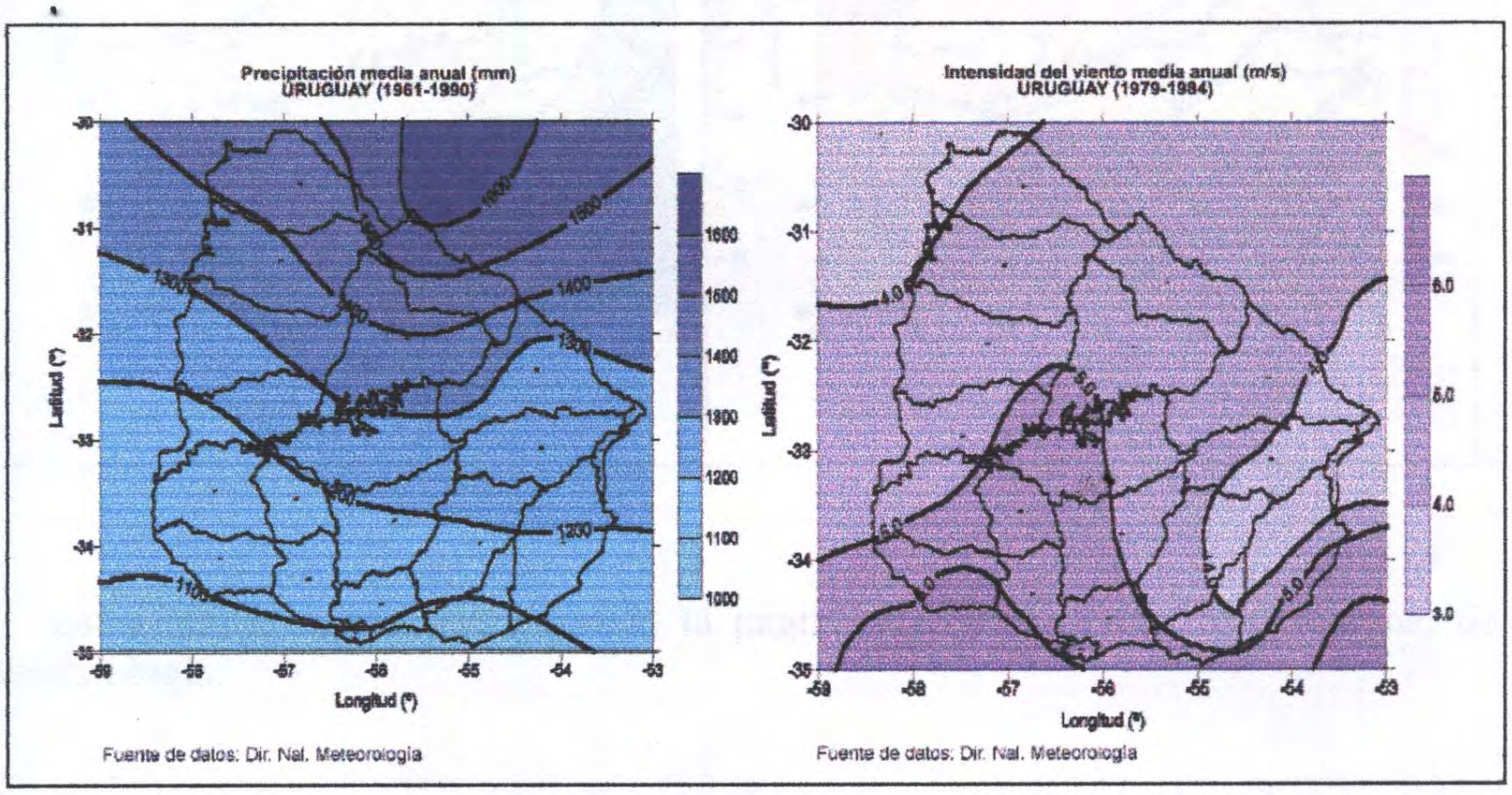
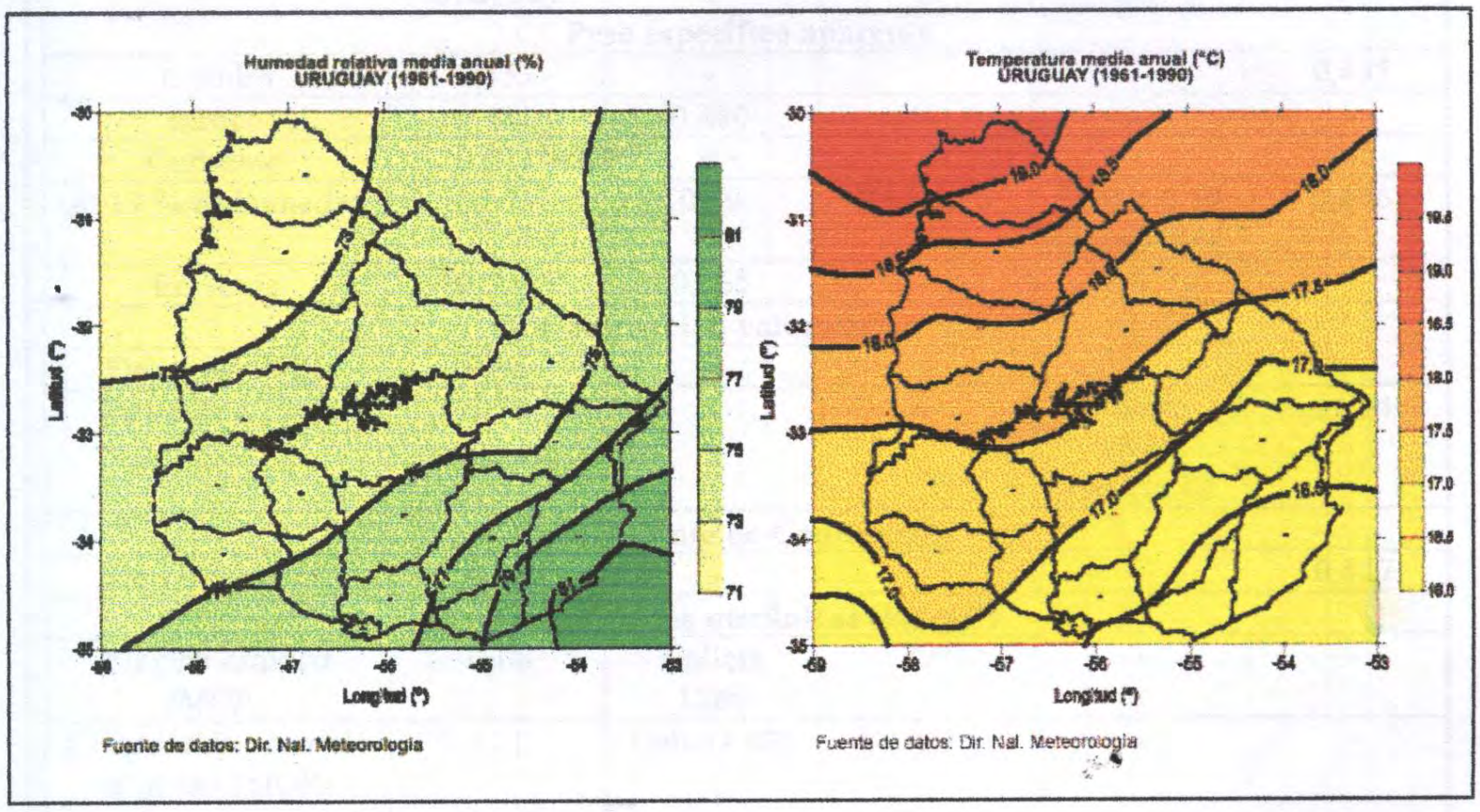


Figura 3: Mapas de Humedad relativa y de Temperatura media anual



Estos mapas fueron extraidos de la página web de la Dirección Nacional de Meteorología.

5. Propiedades de la madera

Pinus pinaster produce madera moderadamente pesada, relativamente dura, de grano grueso y con gran cantidad de canales resiníferos. La albura, de color blanco amarillento, se diferencia del duramen rojizo a marrón castaño. La madera presenta baja durabilidad natural, sobre todo en zonas enterradas. (Barbat y Martínez, 1981).

Los anillos de crecimiento son demarcados, con transición abrupta del leño temprano, de color castaño claro, al castaño rojizo. El ancho de leño temprano es mayor al del leño tardío. La textura es mediana a gruesa (Tuset y Durán, 1970).

6. Propiedades físicas y mecánicas

Tuset, *et al*, (1996) compararon datos sobre propiedades físicas y mecánicas de *Pinus pinaster* tomados en diferentes sitios de Uruguay con información recabada en Francia y España. A continuación en la Tabla 1 se presentan un promedio de los datos de pino marítimo (entre 30 y 40 años) en Uruguay y datos promedio correspondientes a trabajos realizados en otros países.

Tabla 1: Propiedades físicas y mecánicas de *Pinus pinaster*

	Promedios Uruguay	Promedios I	Promedios II	Promedios III	Promedios IV
Peso específico aparente					
Anhidro	0,553	-	-	-	0,455
Básico	0,481	0,480	-	-	-
Corriente	0,521	-	-	-	-
Al 12 % de humedad	0,573	0,59	0,55-0,75 (15%)	Centro 0,50 Galicia 0,46	0,476
En verde	0,704	0,865	-	-	-
Contracción volumétrica %					
De verde a 0 %	9,46	-	-	-	-
De verde a 12 %	7,74	-	-	Centro 10,66 Galicia 12	14,54
Coeficiente de Contracción					
De verde a 0 %	0,34	-	-	-	0,447
Propiedades mecánicas (kg/cm^2)					
Flexión estática (MOR)	1608	Galicia 1280	797	-	-
Compresión paralela al grano (MOR)	512	Galicia 400	399	-	-
Compresión perpendicular al grano (Resistencia máxima)	85,67	-	61,62	-	-
Hendimiento	6,76	-	11,615	-	-
Tracción perpendicular al grano	21,49	Galicia 25	19,69	-	-
Resistencia al corte	116,47	-	92,39	-	-

Adaptada de varios cuadros extraídos del trabajo realizado por Tuset et al, 1996.

Promedios Uruguay – Tuset *et al*, 1996.

I - Centre Technique du Bois (CTB), 1961.

II - Centre Technique du Bois et de L'Ameublement, 1989.

III - Peraza Oramas, 1964.

IV – Remacha, 1987.

B. ANTECEDENTES DE INVENTARIO

A continuación se presentan una serie de trabajos realizados en el Parque Nacional de Carrasco, localidades del departamento de Canelones y zonas costeras en Argentína con énfasis en información dasométrica.

1. Crecimiento en diámetro, altura y volumen

. Bonilla (1964) resume información de un inventario realizado por R. Beckmann (1955, *ibid.*). Se midieron cuatro parcelas de *Pinus pinaster* puro. Se registró *dap*, altura total, número de árboles/ha y edad en cada parcela. Se dispone de información completa de tres de las unidades muestrales. A su vez, la información de estas parcelas, fue comparada con datos recopilados 9 años después en parcelas de igual localización. A continuación se presentan los resultados, en la Tabla 2.

Tabla 2: Resumen de tabla de inventario

	Edad (años)	*DAP* (cm)	AB (m^2/ha)	N° de Árboles (árbol/ha)	Rendimiento volumen individual (m^3/árbol)	IMA/ árbol (m^3/árbol/año)
1955	34	29,1	48	708	0,66	0,0194
1964	43	35,9	41	388	1,226	0,0285
Diferencia	9	6,8*	7	320	0,566	0,0091

*Se registró un crecimiento anual en diámetro de 7,5 mm.

En este estudio, Bonilla realizó un análisis troncal sobre tres árboles tipo, con edades de 30 a 35 años, representativos de sólo tres de las parcelas de muestreo.

Se utilizó una serie de discos extraídos cada 0,5 m a lo largo del fuste. Se midió el incremento radial sobre grupos de cinco anillos de crecimiento. No se explica en detalle los métodos de medición.

Se calculó el incremento en volumen periódico quinquenal a partir de los incrementos en diámetro y la altura a la que se encontraba cada disco. En el Gráfico 1 se presentan los resultados de estos cálculos.

Gráfico 1: Volumen de madera según edad

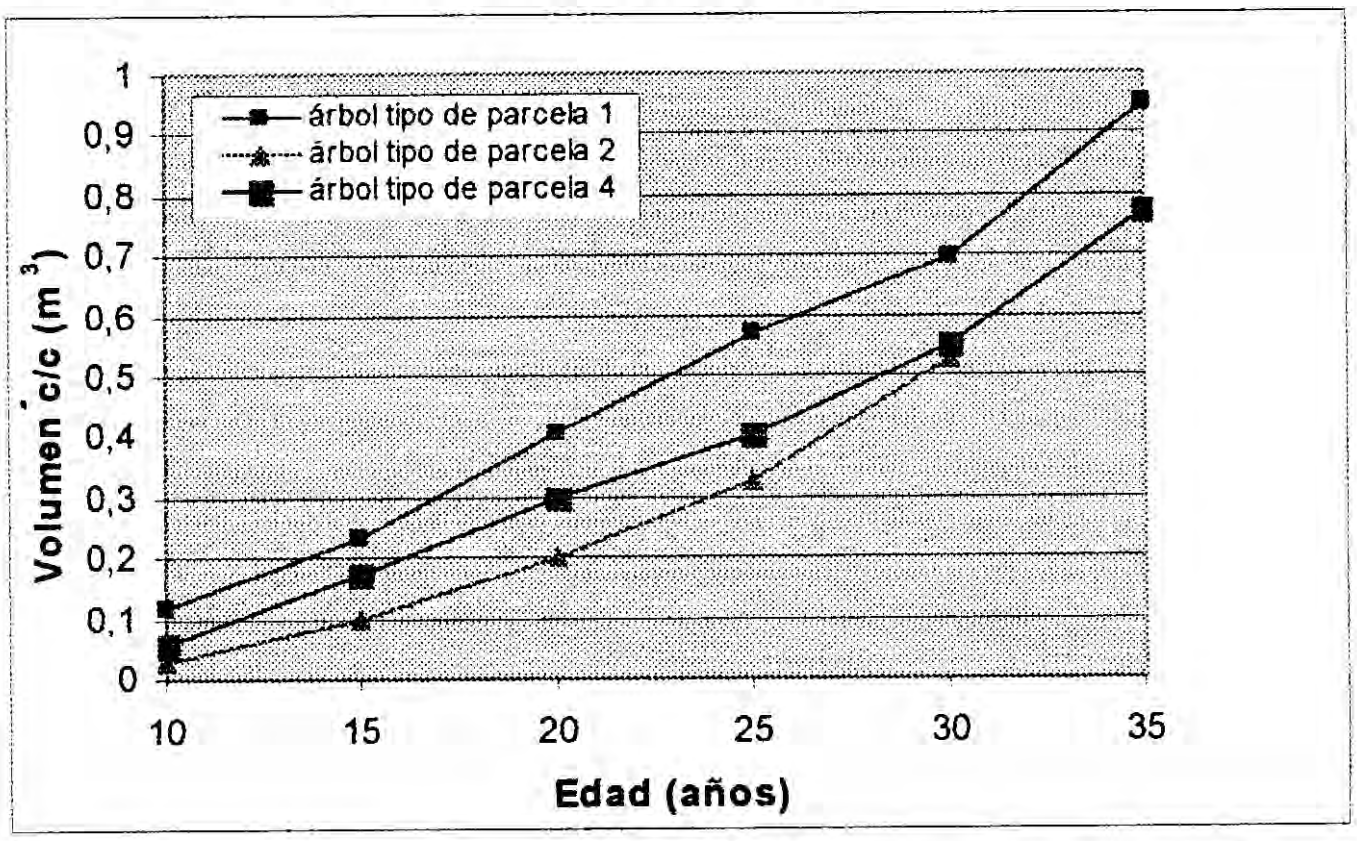


Gráfico elaborado a partir de los datos de Bonilla (1964), Cuadro Nº 6, p. 17.

En la Tabla 3 se presentan los resultados del inventario realizado por Bonilla. Las parcelas que se presentan en la tabla, son las mismas que se utilizaron para el Gráfico 2 de porcentaje en volumen.

Tabla 3: Datos de inventario de parcelas con árboles tipo para análisis de tallo (Bonilla, 1964).

	Edad	Densidad	*DAP*	Altura	CAM	CAP
Parcela	(años)	(árbol/ha)	(cm.)	(m)	(m3/ha/ año)	(m3/ha/ año)
1	35	586	28,7	24	11,4	12,9
2	30	924	25,4	18	12,9	13
4	35	716	30,5	23,3	15,3	15,4

Gráfico elaborado a partir de datos en Bonilla (1964); Cuadros Nº 8 y 2, pp. 12 y 18, respectivamente.

Bonilla (1965) realizó un resumen de datos sobre el muestreo de montes de *P. pinaster* a nivel nacional. En laTabla 4 se presentan los datos de cada localidad.

Tabla 4: Información dasométrica de pino marítimo a nivel nacional

Localidad	Edad (años)	N° arb/ha	*dap*		AB (m^2/ha)	Altura total		Coef morf.	IMA Vol. (m^3/ha /año)
			medio (cm)	IMA cm/año		medio (m)	IMA (m/año)		
1	36	400	35,5	0,98	39,5	24,8	0,69	—	11,7
2	41	549	33,8	0,82	48,9	14,5	0,36	0,59	11,2
3	44	400	35,5	0,93	42,5	23,7	0,59	0,45	10,7
4	34	708	29,1	0,86	48	22,2	0,65	—	14
5	14	1340	16,7	1,2	32,3	12,7	0,9	0,45	13

1.- Una parcela de monte raleado, en el Parque Nacional de Carrasco (Depto.de Canelones), en suelo de dunas, casi arena pura (95-98 %).

2.- Idem.

3.- Es el promedio de 20 parcelas en el mismo sitio y raleo intenso.

4.- Es el promedio de 4 parcelas en el mismo sitio.

5.- Es el promedio de 5 parcelas en el Parque Joaquín Suárez (Departamento de Canelones), con una densidad inicial de 1666 arb/ha con un espaciamiento de 3 por 2, plantado en forma irregular. Suelos muy arenosos.

Barbat y Martínez (1981) calcularon para *Pinus pinaster* a la edad de 30 años un incremento medio en altura de 0,53 m/año y un incremento medio en *dap* de 1 cm/año.

A continuación se presentan una serie de trabajos que involucran datos de crecimiento y comportamiento de esta especie en las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos y Santa Fé, Argentina, que se resumen en la Tabla 5.

Gartland y Serra (1967) estudiaron poblaciones de *P. pinaster* sobre dunas con suelos arenosos, profundos y ricos en materia orgánica, situados a 1500 m del mar en la zona de Miramar, Argentina. En un rodal con edad 25 años y densidad de 1700 – 1550 árboles/ha, se registraron *dap* entre 10.2 y 17.6 cm; se observaron alturas totales entre 12.5 y 17.8 m. El IMA en volumen calculado fue de 10,6 a 15,9 m^3/ha/año.

Bouilard (1972) evaluó rodales en dunas de San Clemente del Tuyú y Mar de Ajó a 200 – 400 m del mar. Estas poblaciones tenían edades entre 17 y 36 años. Los valores respectivos de densidad fueron desde 1500 a 1000 árboles/ha; los *dap* variaron entre 18.3 y 21 cm, las alturas entre 12 y 15 m. El IMA en volumen calculado fue de 16 y 5.5 m^3/ha/año, respectivamente.

Monnier (1965) expuso resultados de bosques en las dunas de Miramar. Los rodales presentaban edades de 18, 20 y 22 años; con densidades respectivas de 2500, 2300 y 1000 árboles /ha. Los *dap* de mayor frecuencia fueron 16 – 20 cm, 16 – 20 cm y 15 – 20 cm; los valores respectivos de altura media fueron de 16 – 18 m, 16 – 18 m y 18 m. Los IMA volumétricos calculados fueron de 16.8; 13 y 15.4 m^3/ha/año, respectivamente.

Cozzo (1973) realizó el inventario de una plantación ubicada en el vivero dunícola de Necochea, provincia de Buenos Aires, a 400 m del mar. La edad del bosque era de 10 años, con una densidad de 2272 árboles/ha, *dap* medio de 14.6 cm y altura media de 8 m. El IMA en volumen calculado fue de 15.2 m^3/ha/año.

Tabla 5: Resumen de inventarios de *Pinus pinaster* en Argentina

Autor(es)	N° arb/ha	Edad (años)	*dap* medio (cm)	Altura media (m)	IMA Volumetrico (m^3/ha /año)
1. Gartland y Serra, 1967	1700 - 1500	25	17,6 - 19, 2	12,5 - 17,8	10,6 - 15,9
2. Bouilard, 1972	1500 - 1000	17 y 36	--	--	16 y 5,5
3. Monnier, 1965	2500 - 2300 y 1000	18 - 20 y 22	--	--	16,8 - 13 y 15,4
4. Cozzo, 1973	2272	10	14,6	8	15,2
5. Cozzo, 1973	1490	6	13,8	7	12
6. Cozzo, 1973	1150	14	22,1	14	20
7. Niepagen	318	15	28	12	8

Cozzo (1973) estudió el crecimiento de un rodal cultivado en las inmediaciones de la localidad de Firmat, provincia de Santa Fé, a edades de 6 y 14 años, sobre suelos sueltos, profundos, ricos, con lluvias de 900 mm/año, casi sin sequías y con una temperatura media anual de 16.6° C. En la primer edad, con una densidad de 1490 árboles/ha, presentó un *dap* medio de 13.8 cm y una altura media de 7 m; el IMA en volumen fue de 12 m^3/ha/año. En la segunda edad, con 1150 árboles/ha (55 por ciento de éstos con forma pobre, reclinados, bifurcados) presentó un *dap* medio de 22.1 cm y una altura media de 14 m; el IMA en volumen alcanzó un valor de 20 m^3/ha/año.

Niepagen (citado por Cozzo, 1973), midió un bosquete de 15 años con densidad equivalente de 318 árboles/ha en un terreno de médanos, en el Ibicuy (Delta del Paraná). Calculó un *dap* medio de 28 cm y una altura total promedio de 12 m. El IMA en volumen fue 8 m^3/ha/año.

2. Volumen

Bonilla (1964) analizó el volumen de trozas comerciales según clase diamétrica. En el Gráfico 2 se presentan resultados de este estudio (adaptado de una planilla de volumen).

Gráfico 2: Porcentaje del volumen de fuste comercial por diámetro de troza en función del *dap*

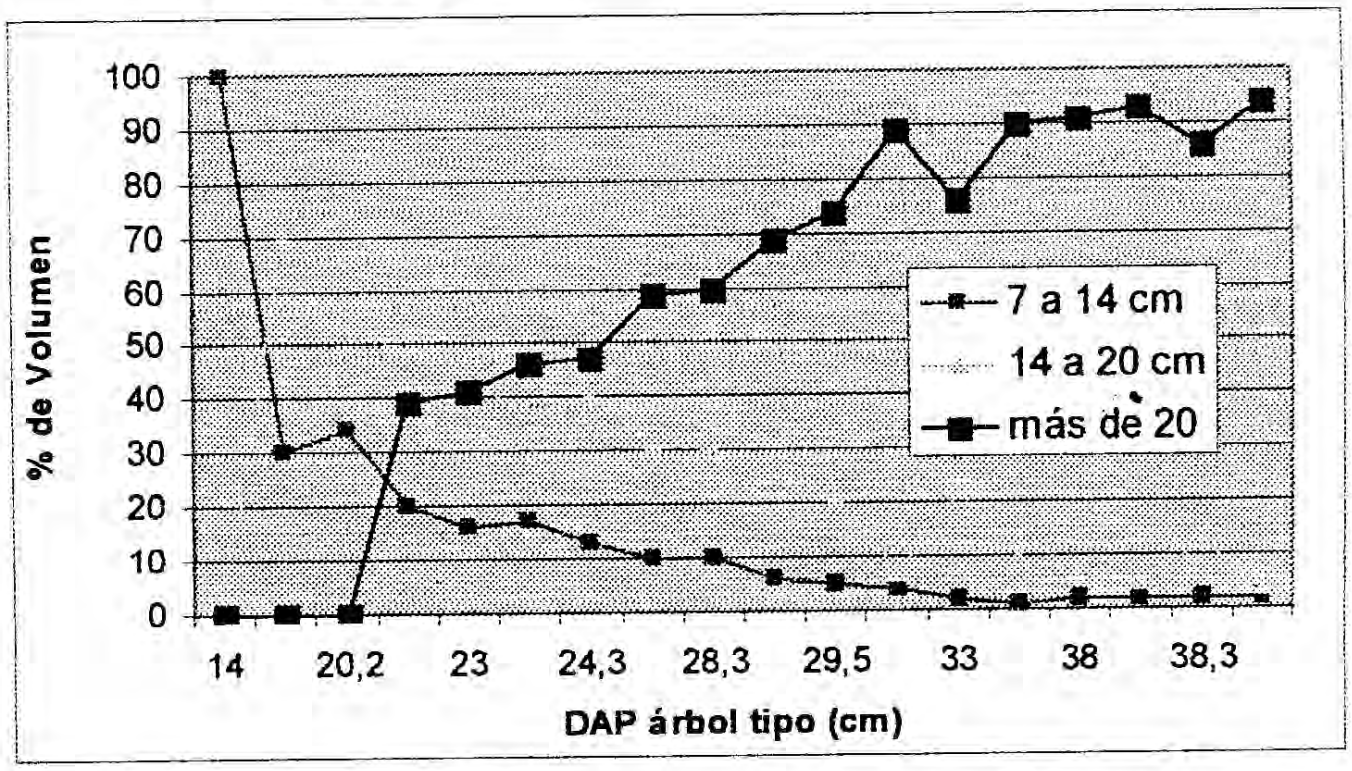
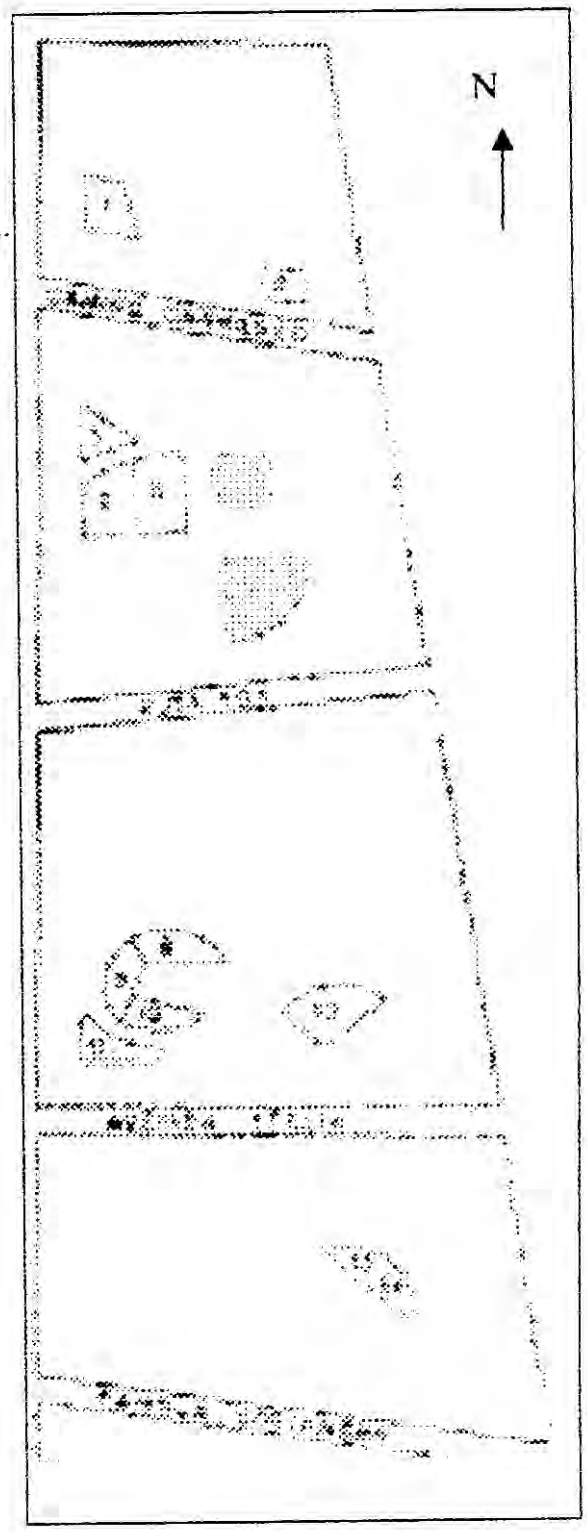


Gráfico construido a partir de datos en Bonilla (1964), Cuadro Nº 4, p. 15.

Bonilla y Bottazzi (1964) realizaron un inventario en el que se estudiaron *dap*, altura, edad, composición botánica y estructura en clases de edad, regeneración natural, y régimen de raleos.

Para ese trabajo se midieron una serie de 14 parcelas, de las cuales 2, cada una dividida en 2 estaciones (3A, 3B, 4A y 4B), se encontraban en la Fracción 2 A, donde se realizaron las mediciones del presente trabajo. En la Figura 4 se presenta un croquis del muestreo realizado por Bonilla y Botazzi (1964), donde aparecen coloreadas las parcelas de referencia.

Figura 4: Plano de las parcelas de muestreo en Bonilla y Botazzi, 1964.



Escala: 1 : 20.000

La Tabla 6 presenta datos de inventario correspondientes a las estaciones que se encontraban en la misma zona de la fracción 2 A donde se realizó el presente trabajo.

Tabla 6: Resultados en dos parcelas de inventario (Bonilla y Botazzi, 1964)

Estación	DAP (cm)	AB (m^2/ha)	Altura Tot. (m)	Vol./árbol (m^3)	Edad (años)	Densidad (arbol/ha)
3A	33,2	42	22,4	1,057	45	485
3B	34,1	51	24,5	1,099	45	558
4A	39,2	40	25,5	1,514	45	329
4B	37,3	40	25,1	1,29	45	366

Adaptado de Bonilla y Botazzi, 1964; Cuadros Nº 3 y 4, pp. 12 y 13, respectivamente.

El coeficiente mórfico utilizado por los autores fue 0,45; este es un valor tomado de estudios hechos anteriormente en el Parque.

Laffitte *et. al.* (1964) construyeron una tabla de volumen estándar de *Pinus pinaster* a partir de *dap* y altura comercial (hasta 8 cm) de 842 árboles. A los efectos estimar el coeficiente mórfico para cada clase diamétrica, se obtuvo el volumen real a partir de trozas de 1 m de largo y se dividió por el volumen aparente. Se ajustó una ecuación mediante el método de los cuadrados mínimos, a partir de la cual se contruyó la tabla.

$$\text{Ln } V = \ln 0{,}00012568 + 2{,}2944 * \ln dap + 0{,}2490 * \ln Hc$$

Donde,

V = Volumen real comercial

dap = diámetro a la altura del pecho

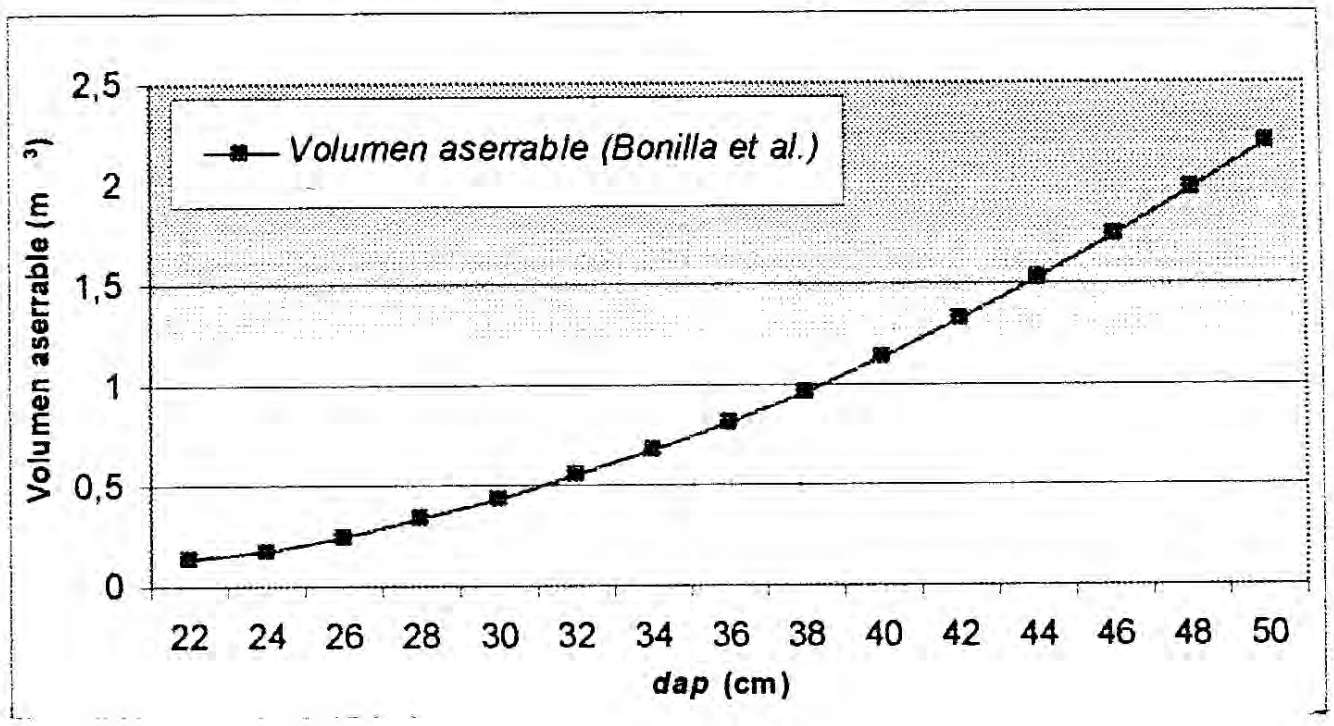
Hc = Altura comercial (hasta 8 cm de diámetro)

En el Anexo se muestra la tabla de volumen estándar (*ibid.*)

A continuación se describe el procedimiento de cubicación utilizado por Bonilla *et al.* (1964) para construir una tabla de volumen aserrable con corteza (diámetro mínimo 12 cm). Se trabajó con 816 y 615 árboles utilizando un largo de troza de 3 m.

El método utilizado para la construcción de la tabla de volumen es el de curvas armonizadas.

Gráfico 3: Relación entre *dap* y volumen aserrable hasta un diámetro mínimo de 20 cm (Bonilla *et al.*, 1964).



Bonilla *et, al.* (1969) hacen algunas precisiones acerca del uso de tablas de volumen local. Estas no son convenientes para la cubicación de árboles aislados, pues dan resultados aceptables sólo cuando se toma un número convenientemente grande de árboles en cada categoría a cubicar. No deben usarse cuando se requiere alta exactitud.

Son tablas excelentes para la estimación rápida y simple de volúmenes, de uso típico en manejo.

Fucaraccio y Staffieri (1999) realizaron un trabajo en Argentina, en el cual se probaron una serie de modelos para la construcción de tablas de volumen estándar en diferentes especies, en su mayoría del género *Pinus*. Entre estos modelos se encontraban los propuestos por Meyer, Spurr, Ogaya y Naslund.

Las ecuaciones correspondientes a cada uno de los modelos son,

SPURR: $V = a + b\ D\ HT$

MEYER: $V = a + b\ D + c\ D^2 + d\ D\ HT + e\ D^2\ HT$,

NASLUND: $V = a\ D^2 + b\ D^2\ HT + c\ D\ HT^2 + d\ HT^2$

OGAYA: $V = D^2\ (a + b\ D\ HT)$

OGAYA MODIFICADA: $V = D\ (a + b\ D\ HT)$

donde,

D = *dap* (diámetro a la altura del pecho)

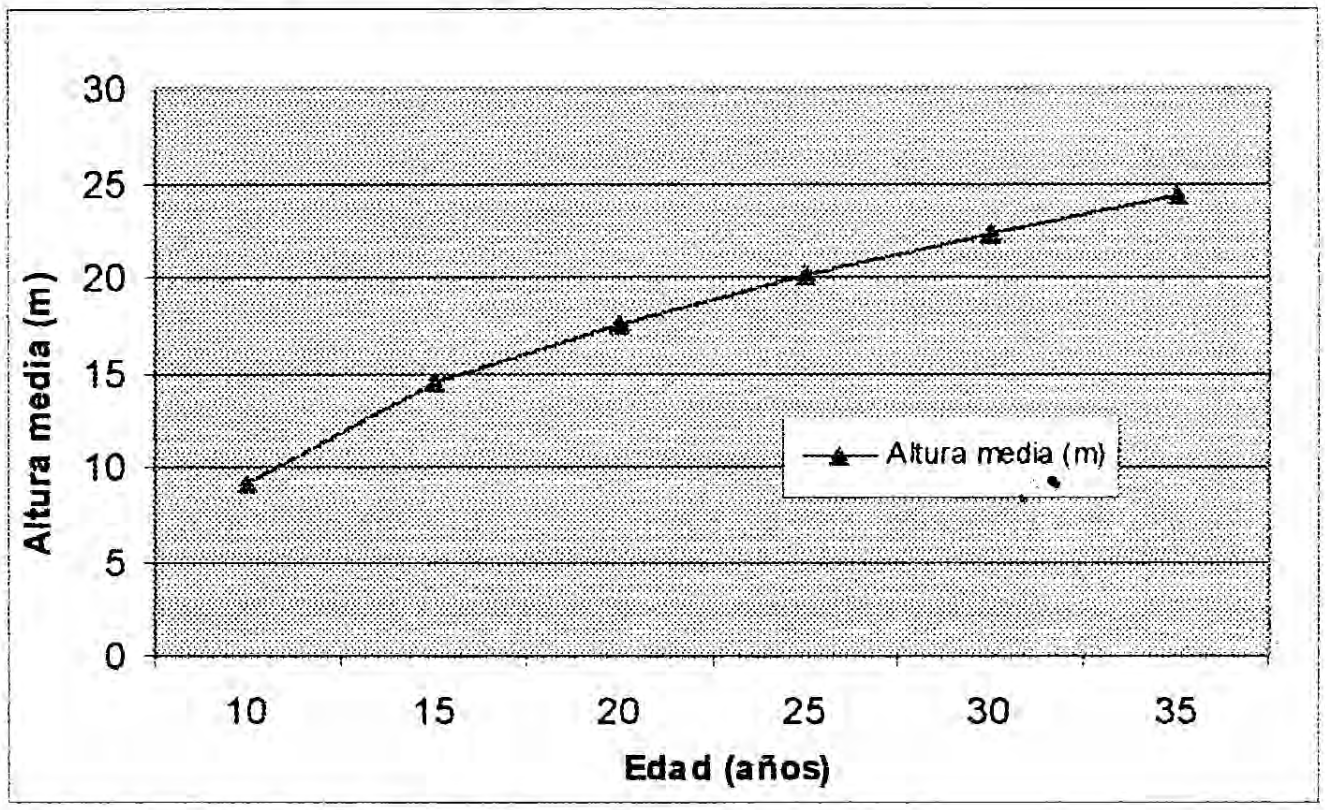
HT = altura total

a, b, c, d y e = parámetros de los modelos

3. Altura

Bonilla, (1964) a partir de datos recabados en el inventario de Beckmann (1955, *ibid.*, ver Tabla 2) estudió la evolución de la altura media de un rodal puro de *Pinus pinaster* en función de la edad del mismo. El Gráfico 4 fue construido con la información derivada por este autor.

Gráfico 4: Altura en función de la edad



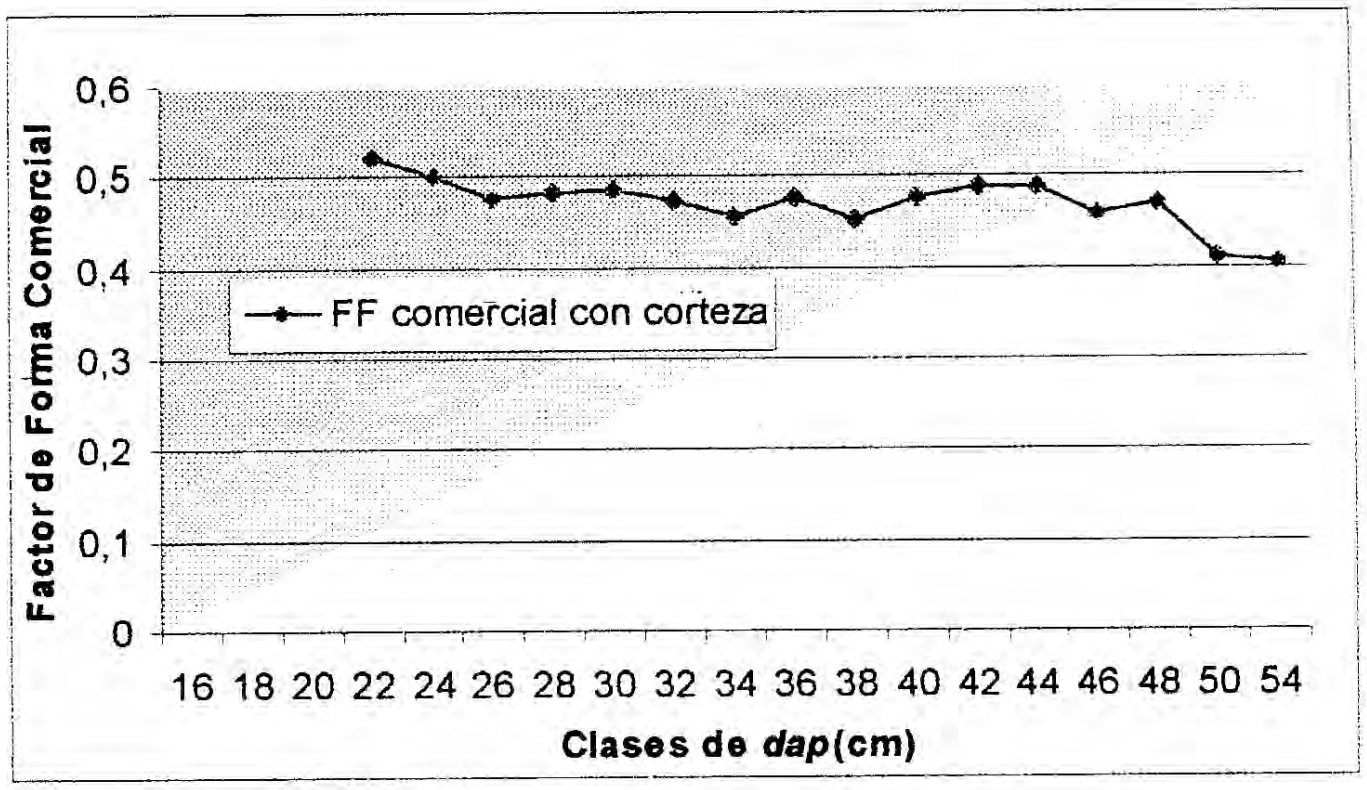
Adaptado de Bonilla (1964)

Bonilla, *et. al.* (1964) define un índice de sitio en 10 parcelas distribuidas dentro del parque, utilizando los 10 árboles más grandes de cada parcela y midiendo su altura a los 45 años de edad. El resultado del índice de sitio osciló entre valores de 23,1 y 29,5 m.

4. Factor de forma

En el presente trabajo, se construyó un gráfico, adaptado en base a datos presentados en una tabla de inventario. El promedio del factor de forma comercial con corteza fue de 0.47, con un coeficiente de variación de 6 %.

Gráfico 5: Relación factor de forma comercial en función del *dap*



Adaptado de Bonilla y Rolfo (1965), Tabla resumen de datos, p. 3.

A partir de variables de *dap*, altura y coeficiente mórfico que presenta el trabajo de Bonilla y Rolfo. (1965), se construyó el Gráfico 5. El coeficiente mórfico se obtuvo del cociente entre volumen real, calculado utilizando la fórmula de Smalian simplificada y volumen aparente comercial (hasta 8 cm de diámetro). Se estimó un coeficiente mórfico promedio por clase diamétrica.

El gráfico muestra una declinación del coeficiente mórfico con el aumento del *dap*. Los autores señalan que se necesitaría un mínimo de 15 árboles tipo para la obtención de un coeficiente mórfico medio del monte con un error de muestreo de 5 por ciento.

5. Defectos

Conway (1968) confeccionó un boletín sobre bases para la selección de árboles en podas y raleos de *Pinus radiata*, en el que describe una serie de defectos que condicionan la aptitud de uso de los árboles.

Los criterios para defectos, se presentan como: *Condición del brote apical, rectitud de los 6 metros basales y verticalidad del fuste*.

La *condición del brote apical* se refiere a la condición del fuste en los 2 m apicales. Se presentan 6 categorías, *viz.* Brote apical único vigoroso, horqueta asimétrica, brote apical tortuoso, horqueta simétrica, horqueta múltiple y brote apical muerto. Se establecen criterios cualitativos, desde muy deseable hasta inaceptable a los efectos de la selección.

La *rectitud de los 6 metros basales* se refiere a defectos como torcedura basal, viboreo u ondulaciones, escalonado y combado del fuste.

El combado se presenta como el arqueado del fuste en más de 10 cm a 1.4 m de altura.

Verticalidad del fuste se refiere a la inclinación del fuste, recto ó no, a partir de un eje vertical. Se define como inaceptable la desviación del fuste con respecto a la vertical en más de 12 cm a una altura de 1.4 m.

C. CRECIMIENTO Y ETAPAS DE DESARROLLO

El crecimiento de los árboles es un proceso intermitente, caracterizado por cambios en forma y dimensiones a lo largo de un periodo de tiempo. En especies con anillos de crecimiento demarcados, la sección transversal permite observar las capas de madera que se acumulan anualmente. A través de la medición de éstas se puede cuantificar el volumen que se acumula cada año en particular (Avery, 1967).

Los anillos anuales tienden a ser más anchos durante las primeras etapas de crecimiento; a medida que la edad aumenta el ancho de anillo tiende a disminuir; resultando en la disminución de incremento radial anual. A pesar de esta disminución, el volumen anual sin embargo se mantiene o se ve incrementado; esto debido a que el nuevo anillo, a pesar de ser menos ancho, fue depositado sobre una circunferencia mayor.

Bruce y Schumacher (1950) describen un conjunto de formas de expresar crecimiento de los árboles, *viz.* en diámetro de referencia, área basal, altura y volumen. El crecimiento en altura y volumen debe responder siempre a alguna norma definida de aprovechamiento. Por ejemplo, el volumen puede incluir todo el tronco, desde el nivel del suelo hasta la punta extrema del ápice del árbol (altura o volumen total), o puede comprender el material leñoso desde el tocón hasta un diámetro comercial mínimo utilizable (altura o volumen comercial).

El crecimiento puede expresarse como *crecimiento anual corriente, crecimiento periódico, crecimiento anual periódico* y *crecimiento anual medio*.[1]

El *crecimiento anual corriente* se calcula como la diferencia entre los diámetros, alturas o volúmenes de ese año y los del año anterior.

El *crecimiento periódico* se calcula como la diferencia entre diámetros, alturas o volúmenes al final y al inicio de un período mayor a un año.

El *crecimiento anual periódico* corresponde al crecimiento promedio anual calculado para un determinado período de años. Avery (1967) recomienda la

---

[1] Si se considera *crecimiento* como sinónimo de *incremento*, estos valores corresponden a incremento corriente anual (ICA), incremento periódico (IP), incremento periódico anual (IPA) y incremento medio anual (IMA), respectivamente.

utilización de este valor, dadas las dificultades para determinar crecimiento anual corriente, para períodos de 5 a 10 años.

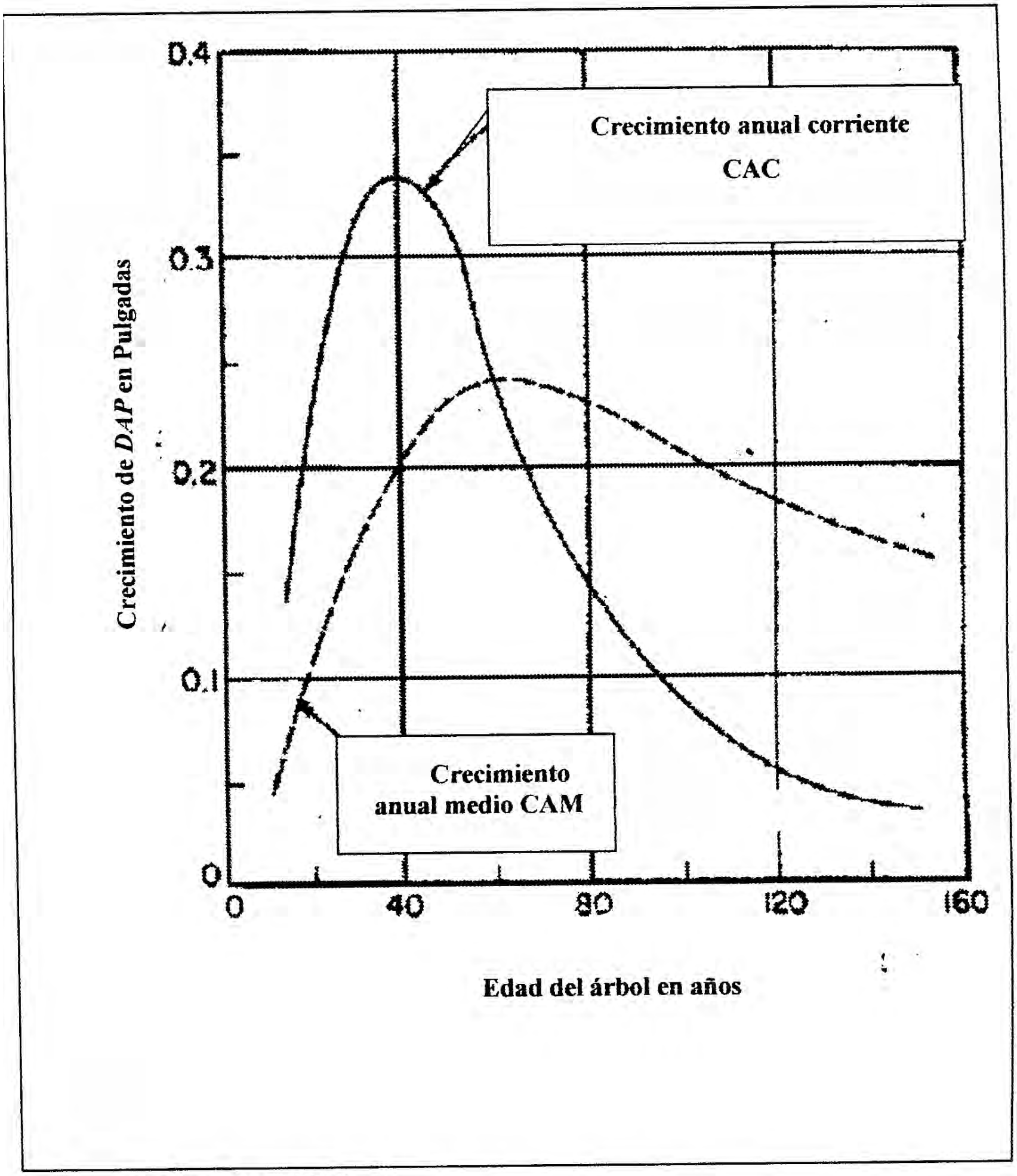
El *crecimiento anual medio* es el cociente entre el diámetro, la altura o el volumen de un individuo y la edad de éste.

Los modelos de curva de crecimiento para diámetro, altura y volumen en función de la edad presentan una distribución sigmoide. Existe una relación teórica entre crecimiento anual corriente y el crecimiento anual medio. Estas curvas se intersectan (Figura 5).

Durante la primer etapa del desarrollo, el crecimiento anual corriente es mayor al crecimiento anual medio. Luego que el crecimiento anual corriente alcanza su valor máximo, la tasa de aumento en el crecimiento anual medio decrece, hasta alcanzar un máximo en el cual ambos valores se igualan, *i.e.* ambas curvas se intersectan. Este punto indica la edad de cosecha óptima ó rotación en términos de eficiencia en la producción volumétrica, que dependerá del mercado y del tipo de productos finales, además del tratamiento silvícola (Avery, 1967). A una edad mayor a esta rotación, el crecimiento anual medio será mayor al crecimiento anual corriente y la curva que lo representa será asintótica respecto al eje de las abcisas. Esta relación se ve afectada por factores de crecimiento, de manera que ambas curvas pueden cruzarse varias veces (Bruce y Schumacher, 1950).

El ajuste de las distribuciones probabilísticas a la caracterización dasométrica del rodal ha sido objeto de estudio con la finalidad de evaluar y proyectar crecimientos. Navar y Contreras (2000) consideran a la distribución Weibull como adecuada para estimar el crecimiento forestal mediante la predicción probabilística de las estructuras diamétricas en rodales disetáneos y mixtos (Pinus, Quercus y Juniperus) en Durango, Mexico.

Figura 5: Relación teórica entre *crecimiento anual corriente* y *crecimiento anual medio*



Adaptado de Avery (1967)

D. ANALISIS DE TALLO

El análisis de tallo (análisis de tronco, análisis troncal) representa un historial del crecimiento del árbol en altura y diámetro a la altura del tocón y en cierto número de puntos situados más arriba en el fuste. Permite determinar el comportamiento pasado en diámetro, altura, forma y volumen del árbol (Bruce y Schumacher, 1950; Spurr, 1952).

La técnica usual para análisis de tallo consiste en tirar el árbol, tronzarlo y obtener secciones apicales de cada troza. El número de secciones y el intervalo entre puntos de medición varían según la forma del árbol y la precisión con la que se pretende realizar el análisis (Bruce y Schumacher, 1950; Avery, 1967).

Las especies arbóreas leñosas aumentan en volumen añadiendo anualmente una nueva capa de leño a partir del *cambium*. La formación de esta capa ocurre a lo largo de la estación de crecimiento. El tejido leñoso que se forma al inicio de dicho período presenta menor densidad, color más claro y células con características diferentes respecto al leño que se forma al final de la estación de crecimiento. En sección transversal, se observa una serie de anillos concéntricos denominados anillos de crecimiento. *P. pinaster* es una especie con anillos demarcados, lo que permite estimar la edad y medir el crecimiento radial en una sección transversal del fuste.

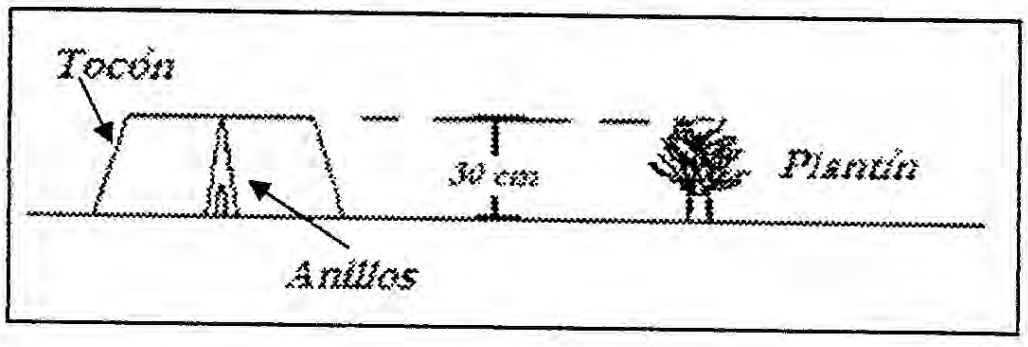
A los efectos de medir radio de anillos de crecimiento, Bruce y Schumacher (1950) recomiendan trazar primero un línea sobre el radio promedio, desde la médula hasta el *cambium* y luego medir con regla.

Chapman y Meyer (1949) señalan algunas dificultades en la medición de anillos de crecimiento para el análisis de tallo. En ciertas especies la diferenciación de anillos de crecimiento poco demarcados es dificultosa y requiere de una lente de aumento. La medición sobre supeficies irregulares dificulta distiguir limites entre anillos de crecimiento, por lo cual la sección debe ser pulida. Esta superficie debe ser transversal, de manera de no sobrestimar el ancho de los anillos.

La formación de falsos anillos o el caso opuesto, los anillos de crecimiento suprimidos, pueden suponer una dificultad adicional. Los primeros consisten en la formación de leño tardío durante la etapa de formación de leño temprano, como consecuencia de condiciones ambientales anómalas. Los falsos anillos pueden identificarse observando su desarrollo en toda la circunferencia de la sección. La ausencia de uno o mas anillos de crecimiento (anillo suprimido) generalmente ocurre en árboles sometidos a condiciones ambientales adversas, que afectan su crecimiento normal en parte del fuste (Chapman y Meyer, 1949).

La edad del árbol puede estimarse con mayor exactitud en la medida que la sección transversal analizada esté más cerca del suelo (Chapman y Meyer, 1949). Para determinar la edad del individuo analizado es necesario estimar en cuántos años alcanzó la altura de la sección de medición. (ver Figura 6)

Figura 6: Ejemplo de estimación de la edad sobre sección transversal del tocón



III. MATERIALES Y METODOS

A. DESCRIPCIÓN DEL PARQUE

1. Historia del Parque

El día 17 de enero del año 1917 Alfredo García Lagos ofreció donar al Estado una zona de terreno contiguo al Bañado de Carrasco de 350 ha de superficie con destino a la formación de un Parque Público.

El Arq. Paisajista Racine fue quien diseñó y dirigió la instalación del Parque en setiembre de 1916, realizando una plantación de 700.000 árboles de diversas especies, (particularmente eucaliptos, pinos y acacias). El diseño muy particular, con sus caminos y sendas internas, dio origen al Parque Público que hoy se conoce como Parque Franklin Delano Roosevelt.

2. Ubicación

En la Figura 7 se observa la fotografía aérea del Parque. El área censada antes de ser apeada aparece en un recuadro. Dicha área pertenece a la Fracción 2 A, que se muestra en detalle en la Figura 9.

Figura 7: Foto aérea del Parque Franklin Delano Roosevelt

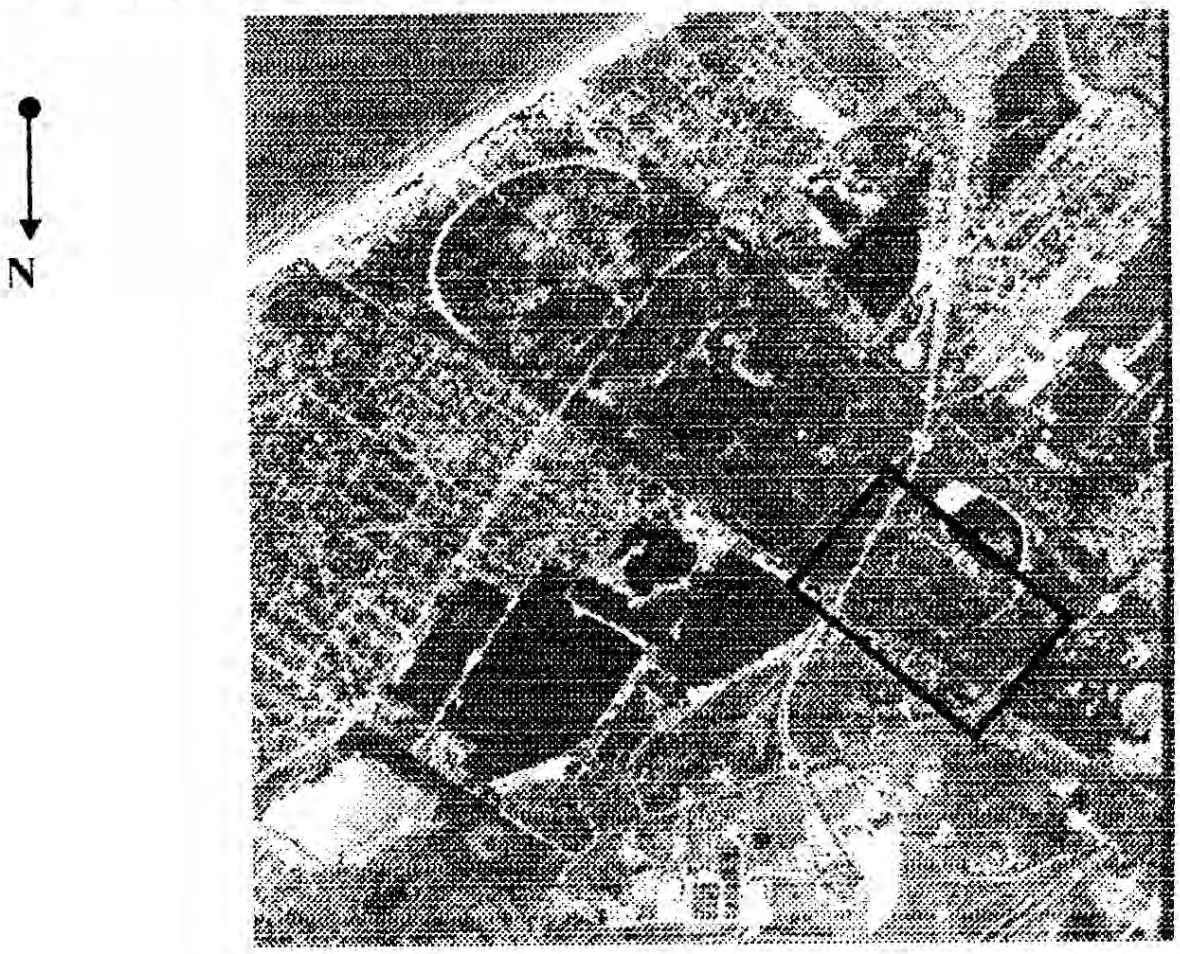
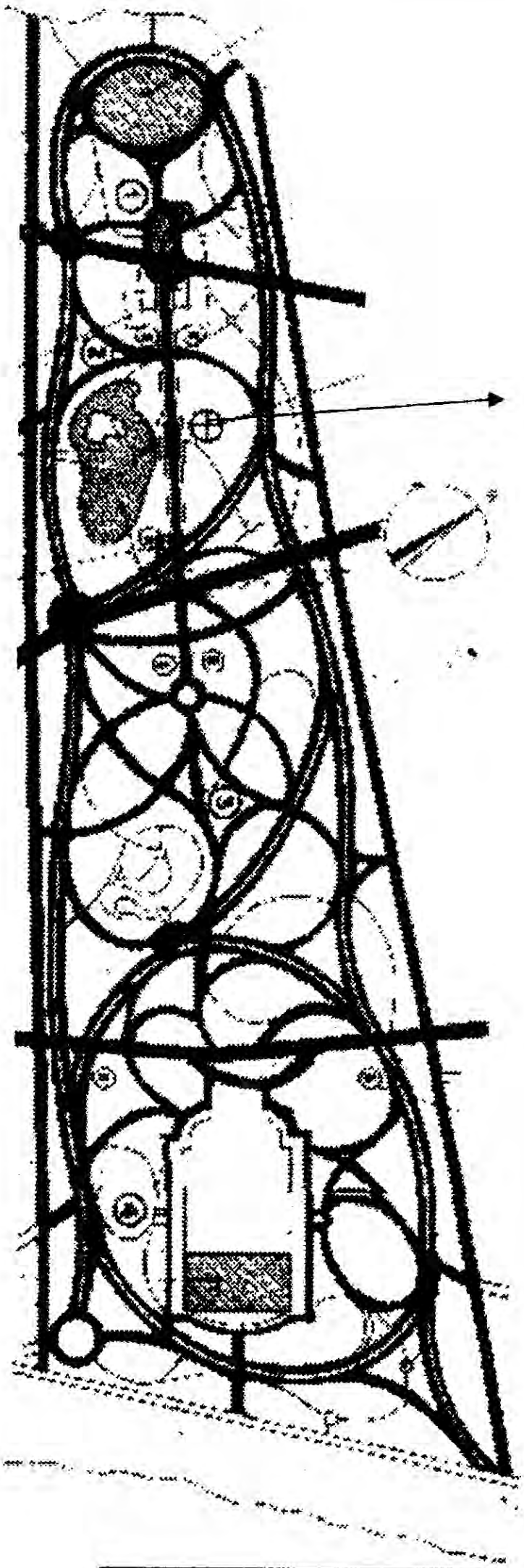


Figura 8. Plano del Parque F. D. Roosevelt

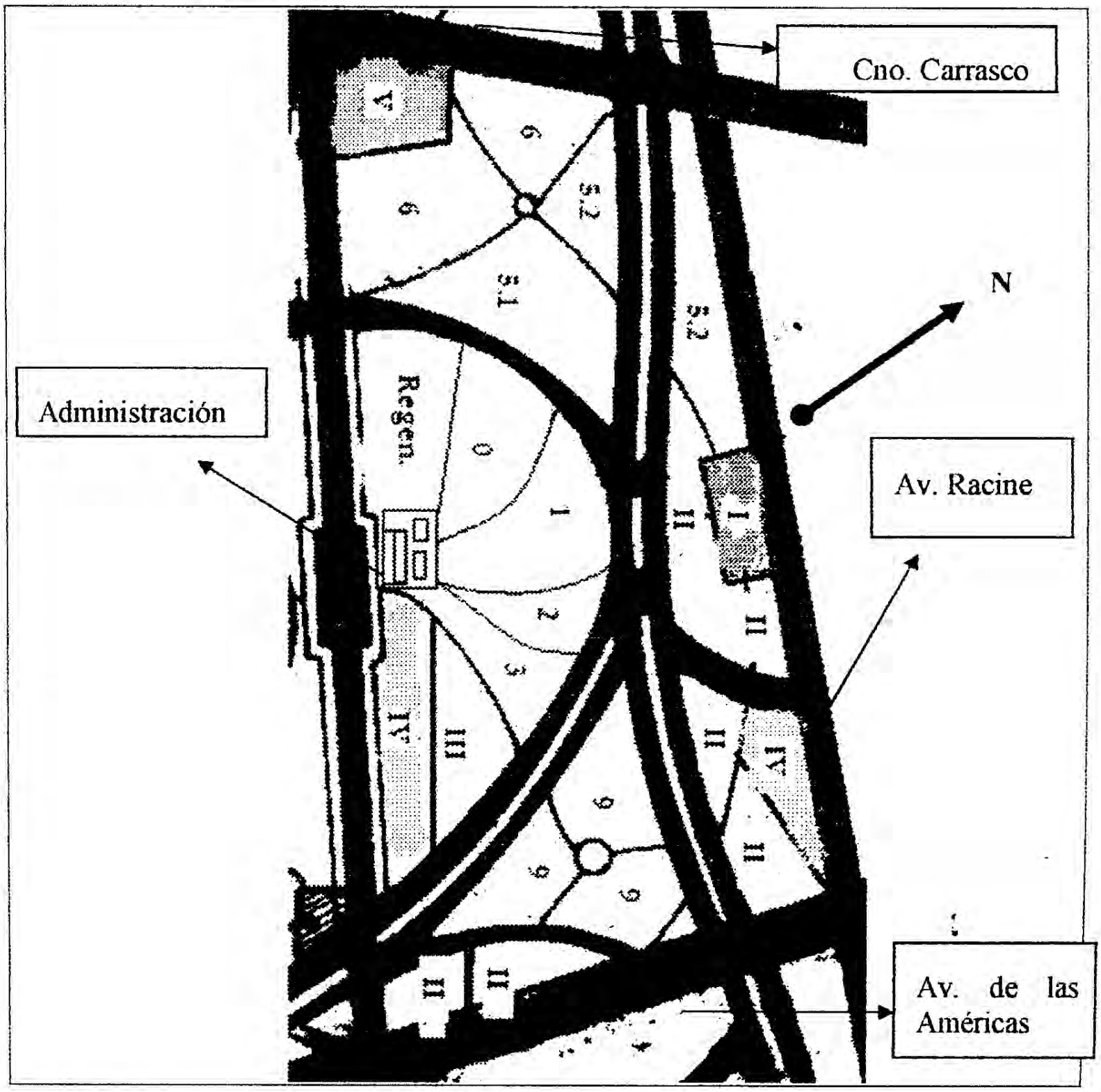


Río de La Plata

En la Figura 8 se presenta el Parque Franklin D. Roosevelt, donde se pueden observar las divisiones y sendas internas del mismo. La superficie total del parque es de 350 ha. La escala del plano es de 1:16000. Fue calculada con escalímetro a partir del plano original.

La Figura 8 fue adaptado del Plano de Dirección Forestal de Parques y Fauna, confeccionado por personal del Ministero de Ganadería y Agricultura en 1916.

Figura 9: Area censada



Regen. corresponde a regeneración natural

Escala 1 : 8333

La Figura 9 presenta la porción de la Fracción 2 A donde se realizó el censo. Es importante recordar que solamente se midieron los árboles correspondientes a la especie *Pinus pinaster* que se hallaron dentro del área destinada a tala rasa. Dicha superficie fue subdividida en zonas, en base a las sendas ya existentes en el Parque y a la distribución de especies. En algunos casos, las sendas utilizadas no se encontraban en el plano original, sino que habían sido delineadas espontáneamente por la circulación de vehículos o personas. En el plano, estas últimas sendas se representan esquemáticamente y dividen las zonas de Regeneración, 0, 1, 2 y 3.

En la Tabla 7 se enumeran las zonas censadas y las zonas no censadas, (presentadas en la Figura 9).

Tabla 7: Descripción de zonas

ZONAS	
CENSADAS	**NO CENSADAS**
0*	**I : *Robles***
1*	**II : *Eucaliptos***
2*	**III : *Cipreses***
3*	**IV : *Pinos***
Regeneración natural	**V : *Casuarinas***
5.1	
5.2*	
6	
9	

* En estas zonas se encontraban algunos ejemplares de *Eucalyptus* que no fueron censados. En el plano se encuentra esquematizada la división de estas zonas, a partir de sendas internas.

Las zonas de pinos que figuran como no censadas (IV) eran de *Pinus pinaster*. En el caso del área sobre Av. de la Playa no iban a ser cosechados. El área de pinos próxima a Av. Racine y Av. de las Américas fue cosechada antes del inicio del censo.

La superficie total censada fue de 17.7 ha. Este valor fue estimado con una plantilla de puntos sobre el plano original (escala 1 : 2500) de la Fracción 2 A Caminería, Iluminación e infraestructura edilicia, disponible en el Departamento de

Parques y Areas Protegídas de la Dirección General de Recursos Naturales (M.G.A.P).

3. Suelos

El estudio de suelos que se describe a continuación fue realizado por Bonilla, *et al* en parcelas dentro de la Fracción 2 A. Se determinó profundidad total, textura, pH, contenido de materia orgánica y granulometría de la arena.

Descripción del Perfil:

Horizonte Aoo: está formado por acículas de pino y piñas, como así mismo por ramas finas. Su espesor es comúnmente de 2 a 3 cm. También se encuentran micelios micorríticos.

Horizonte Ao: Mide 0,2 a 0,5 cm.

Horizonte A1.1 : Es el horizonte mineral, mostrando inclusión de materia orgánica. Espesor de 2 a 4 cm. Color YR 5/1.

Horizonte A1.2 : Es el horizonte mineral, compuesto de arena casi pura. Carece de horizonte de carbonatos y presenta moteaduras rojizas desde los 35 a los 70 cm de profundidad. Se extiende hasta por lo menos 1,5 m de profundidad.

La estructura de este suelo es a grano fino, concentrándose raíces profundas hasta los 80 cm. Más abajo, solo se encuentran pequeñas raicillas. En cuanto a la textura, se define como de tipo arenosa.

Cuadro 1: Variables edáficas en la Fracción 2 A

Variables	Promedio
% Limo	1,13
% Arcilla	1,18
% Arena	97,68
% Humus	0,54
pH en H_2O	5,3
pH en ClK	4,2
% Arena gruesa	29
% Limo + Arcilla	2,31
Diferencia de pH	1

Adaptado de Bonilla *et al.*, 1964; p. 6

4. Descripción del rodal

a. Caracterización cualitativa

El rodal censado es un fustal disetáneo, producto de la plantación y de la resiembra natural.

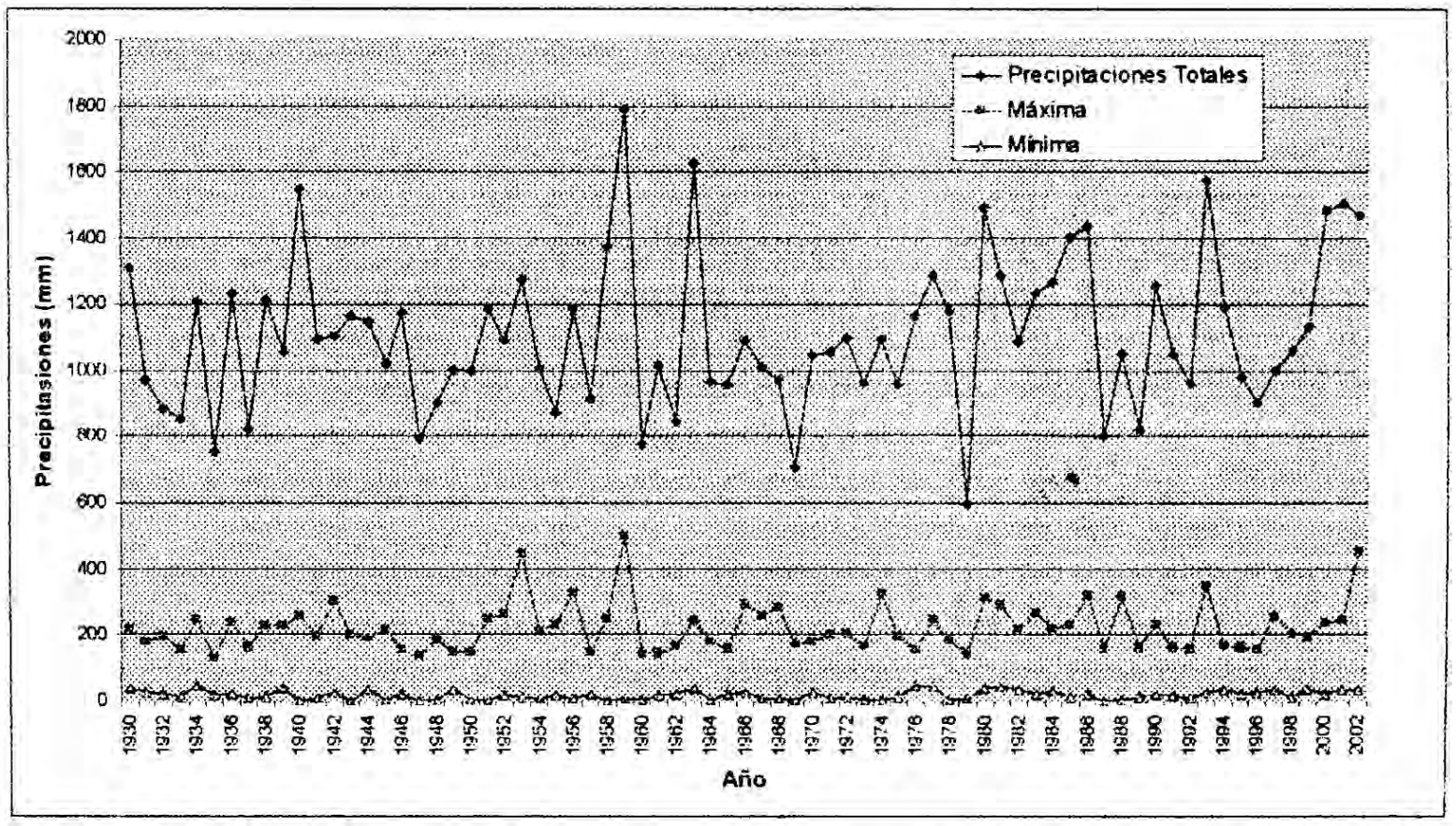
Este rodal se puede denominar, según su composición florística como rodal simple, ya que por los objetivos de este trabajo, la evaluación se realizó sobre una sola especie. Es importante aclarar que en algunas zonas donde se midió, los pinos se encontraban en grupos mixtos con algunos árboles del género *Eucalyptus*, pero estos últimos en proporción menor al 20 %, por lo que el rodal se considera puro.

El nivel de doseles que presentaba el rodal censado era de tipo compuesto complejo, ya que habían zonas de regeneración reciente y otras zonas con mezcla de más de una generación.

5. Clima

En el Gráfico 6 se presentan las precipitaciones anuales máxima, mínima y total desde el año 1930 a la fecha, correspondientes a la Estación Meteorológica del Prado.

Gráfico 6: Precipitaciones anuales máxima, mínima y total



B. CENSO POBLACIONAL

Para realizar el censo, de cada individuo se obtuvo el diámetro a la altura del pecho (*dap*), la altura total (H tot.) y la altura de inserción de la rama viva más próxima al suelo (en adelante H Ins.). Además se anotó presencia o ausencia de los siguientes defectos: *Torcido, combado, inclinado, bifurcado.* A continuación se detalla el proceso cronológico de las acciones realizadas.

1. Mediciones y registros

Las mediciones fueron realizadas sobre cada una de las zonas definidas anteriormente. Se marcaron agrupaciones de árboles (parcelas), que se delimitaban con precisón según la ubicación de los individuos que las componían. Estas parcelas no excedían los 10 árboles, para evitar confusiones al medir. Luego de realizadas las mediciones y registros de cada árbol, éste se marcaba con aerosol.

a. Medición de diámetros

Se midieron los diámetros a 1,30 m del suelo (*dap*) utilizando una cinta diamétrica con una precisión de 0,1 cm.

b. Medición de alturas

Se midieron dos alturas; la altura total (H tot.) y la altura de inserción de la rama viva más próxima al suelo (H Ins.). Para esto se utilizó un altímetro de Blume-Leiss con precisión de 1 m, y una cuerda de 30 m de longitud, en algunos casos de 20 m, para medir la distancia de ubicación respecto al árbol. La regla y el telémetro incorporado al hipsómetro no se utilizaron para definir la posición de observación, puesto que se constató una mayor eficiencia de medición utilizando la cuerda.

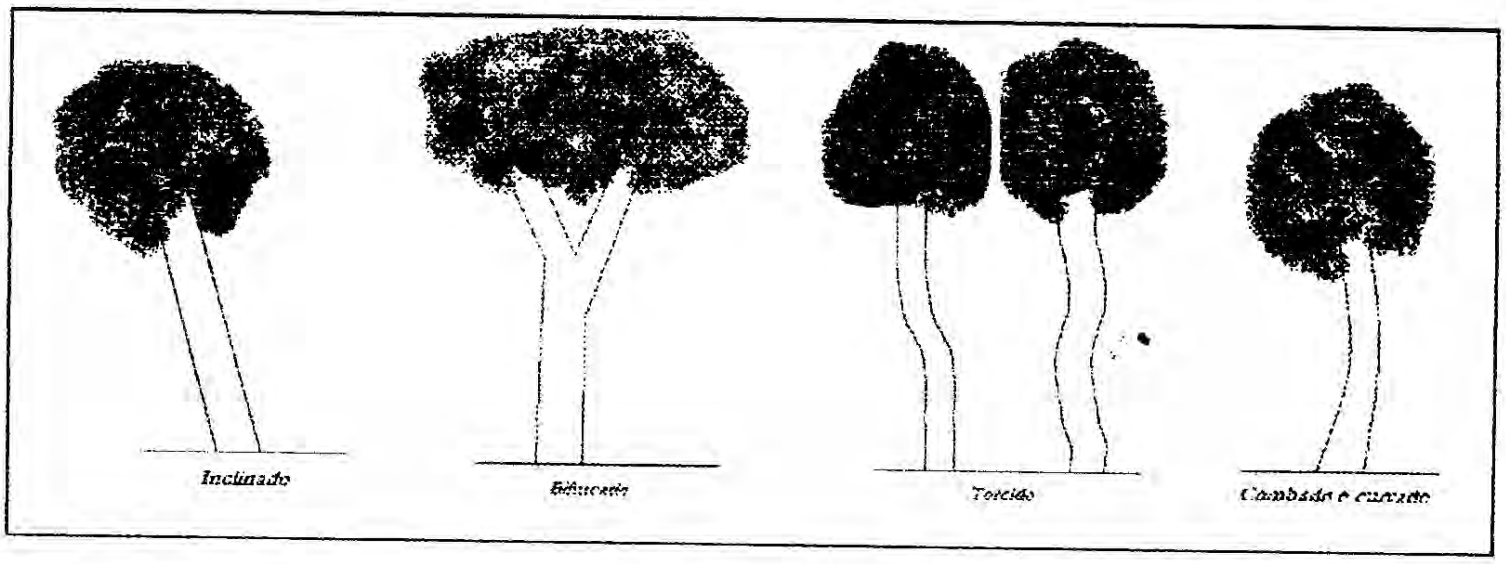
c. Defectos del fuste

Se registraron defectos de cada uno de los ejemplares censados, que se describen a continuación.

Los defectos de rectitud de fuste fueron observados en los 10 m basales del fuste.

En la Figura 10 se ilustran las categorías de defectos del fuste registradas.

Figura 10: Defectos del fuste



d. Bases de datos

Todos los datos de diámetro, alturas y defectos se registraron en planillas de trabajo Excel como la que se muestra a continuación. (ver Tabla 8).

Tabla 8: Planilla de campo

CENSO PINO PINASTER

Fecha:
ZONA:

Nº árbol	Dap (cm)	H Tot.	H ins.	Tor.	Bif.	Cur.	Inc.	Seleccionado	Comentarios
1	59,7	34	28	X		X			
2	59,2	34	28	X					
3	50,5	29	21				X		
4	77,5	31	22			X	X		
5	73,4	32	25	X		X			
6	42,2	31	26						
7	51	32	27		X				
8	35,3	29	26			X	X		
9	70,5	36	26						
10	59,1	32	26			X			
11	49	24	17	X			X		
12	86,6	31	24	X		X			
13	45,2	24	18			X	X		
14	35,1	24	21	X					
15	41,5	34	25	X	X		X		
16	61,4	32	25		X				
17	47,7	32	27						

** Defectos: Tor. (torcido), Bif. (bifurcado), Cur. (curvado), Inc. (inclinado)*

2. Cálculos

Luego que se obtuvo el *dap*, se procedió a confeccionar una tabla de rodal, en la cual se definieron clases diamétricas con una amplitud de 10 cm, e incluye número de árboles observados en cada clase. Para construir esta tabla se procesaron los datos de la planilla de campo mediante la función Filtro del programa Excel.

A continuación se describen las variables que se calcularon para completar la tabla de rodal.

a. Area basal

Se calculó el área basal (AB) de cada árbol en m^2 según la fórmula,

$$AB = \frac{DAP^2 * \pi}{4}$$

Donde,

DAP = diámetro a 1.30 m del suelo

Se calculó AB en m^2/ha por clase diamétrica a partir de los valores individuales.

b. Altura media

Se calcularon los valores medios de H tot. y H Ins. de cada clase diamétrica, ponderando la altura con el área basal, según las fórmulas (Sorrentino, 1985).

$$\overline{\text{H tot.}} = \frac{\sum (\text{AB} * \text{H tot.})}{\sum \text{AB}}$$

$$\overline{\text{H Ins.}} = \frac{\sum (\text{AB} * \text{H Ins.})}{\sum \text{AB}}$$

donde,

$\overline{\text{H tot.}}$ = altura total media de la clase diamétrica

H tot. = altura total individual

$\overline{\text{H Ins.}}$ = altura de inserción de la rama viva más próxima al suelo media de la clase diamétrica

H Ins. = altura de inserción de la rama viva más próxima al suelo

AB = área basal individual

Σ AB = sumatoria de áreas basales individuales de la clase

c. Volumen aparente

Para el cálculo de volumen aparente individual se utilizó la siguiente fórmula (Sorrentino, 1985);

$$\text{Vol. ap.} = \frac{DAP^2 * \pi * H\ tot.}{4}$$

Donde,

Vol. ap. = volumen aparente individual

DAP = Diámetro a 1,30 m del suelo

H tot. = altura total

El volumen aparente individual de árboles seleccionados se utilizó para el cálculo de factor de forma, que se describe más adelante.

d. Volúmenes aparentes por clase

Se calcularon los volúmenes aparentes para cada clase diamétrica, a partir de valores individuales de AB, H tot. y H Ins. Se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\text{Vol. ap. total/clase} = \sum (AB * H\ tot.)$$

$$\text{Vol. ap. Ins./clase} = \sum (AB * H\ Ins.)$$

Donde :

Vol. ap. total/clase = volumen aparente total de la clase diamétrica.

Vol. ap. Ins./clase = volumen aparente calculado con la altura de inserción de la rama viva más próxima al suelo, de la clase diamétrica.

AB = área basal individual.

H tot. = altura total individual.

H Ins. = altura de inserción de la rama viva más próxima al suelo, individual.

Con estos datos se calculó los volúmenes aparentes por hectárea para cada clase diamétrica.

e. Volumen real o comercial

Este valor fue calculado para 10 individuos que cubrían las clases diamétricas definidas inicialmente, sobre los cuales se realizó análisis de tallo. Se utilizó la fórmula de Smalian combinada (Sorrentino, 1985).

$$\text{Vol. real} = \left(\frac{\pi}{8}\right) * [D^2 + d^2 + (2 * \sum D_m^2)] * L$$

donde:

Vol. real = Volumen real con corteza.

D = diámetro del tocón.

d = diámetro superior de la troza apical.

Dm = diámetro menor de cada troza de 3,30 m.

L = largo de troza (en este caso se trabajó con trozas de 3,30 m).

El volumen real calculado tuvo como referencia un diámetro mínimo de troza comercial para aserrío, por lo cual se denomina en adelante volumen comercial.

Además de este volumen real, se calculó el volumen real sin corteza

$$\text{Vol. real s/c} = \left(\frac{\pi}{8}\right) * [D_{s/c}^2 + d_{s/c}^2 + (2 * \sum D_{ms/c}^2)] * L$$

donde:

Vol. real s/c = Volumen real sin corteza.

D s/c = diámetro del tocón sin corteza.

d s/c = diámetro superior de la troza apical sin corteza.

Dm s/c = diámetro menor sin corteza de cada troza de 3,30 m.

L = largo de troza, en este caso 3,30 m.

f. Factor de forma comercial

El factor de forma se calculó como factor de forma comercial. Se calcularon dos factores de forma,. con y sin corteza, según las fórmulas:

$$Ff\ c/c = \frac{\text{Vol. real}}{\text{Vol. ap.}}$$

$$Ff\ s/c = \frac{\text{Vol. real s/c}}{\text{Vol. ap.}}$$

Donde:

Vol. real = Volumen real con corteza.

Vol. ap. = Volumen aparente.

Vol. real s/c = Volumen real sin corteza.

Ff c/c. = Factor de forma comercial con corteza.

Ff s/c = Factor de forma comercial sin corteza.

g. Volúmenes comerciales por clase

Los valores de volumen comercial con corteza y sin corteza para cada clase diamétrica fueron calculados utilizando los volúmenes aparentes totales y factores de forma antes descriptos, según las fórmulas que se muestran a continuación.

$$\text{Vol. com. c/c total/clase} = \text{Vol. ap. total/clase} * Ff\ c/c$$

$$\text{Vol. com. s/c total/clase} = \text{Vol. ap. total/clase} * Ff\ s/c$$

Donde:

Vol. com. c/c total/clase = volumen comercial con corteza de cada clase diamétrica.

Vol. com. s/c total/clase = volumen comercial sin corteza de cada clase diamétrica.

Ff c/c. = Factor de forma comercial con corteza.

Ff s/c = Factor de forma comercial sin corteza.

Con estos valores se calcularon los volumenes comerciales con y sin corteza por hectárea para cada clase diamétrica.

h. Corteza

Se calculó porcentaje de corteza sobre diámetros a lo largo del fuste y proporción de corteza en el volumen comercial para los 10 individuos seleccionados.

$$\% \text{ de Corteza} = \frac{\text{Diámetro c/c} - \text{Diámetro s/c}}{\text{Diametro s/c}} * 100$$

$$\text{Proporción de corteza} = \frac{\text{Volumen comercial c/c} - \text{Volumen comercial s/c}}{\text{Volumen comercial c/c}}$$

i. Tabla de volumen local

Las tablas de cubicación locales expresan el volumen en m^3/ha a partir de una sola variable o entrada, que en la mayoría de los casos es el diámetro de referencia del árbol, y se construyen a partir de un número mínimo de árboles.

El comportamiento del volumen en función de una variable, puede describirse a través de varios modelos analíticos, entre los cuales se selecciona aquél que presente más alta correlación entre valores observados y estimados/predichos.

En este trabajo, para la construcción de la tabla de volumen local, se utilizó el método analítico, realizando un análisis de regresión en el que se presenta el comportamiento del volumen real comercial sin corteza con respecto al *dap*. Para realizar el análisis de regresión, se utilizó el programa Statgraph Versión 2.0.

j. Tabla de volumen estándar

Las tablas de volumen estándar tienen una aplicación generalizada, ya que expresan el volumen de los árboles en función de las variables *dap* y altura total. Por lo general se construyen a partir de un número mayor de árboles que las tablas locales.

En este trabajo, para la construcción de la tabla de volumen estándar, se realizó un análisis de regresión en el que presenta el comportamiento del volumen real comercial sin corteza con respecto al *dap* y la altura total.

Se realizó una selección entre los modelos de Meyer, Spurr, Ogaya, Ogaya modificada y Naslund. Estos modelos fueron analizados utilizando el programa

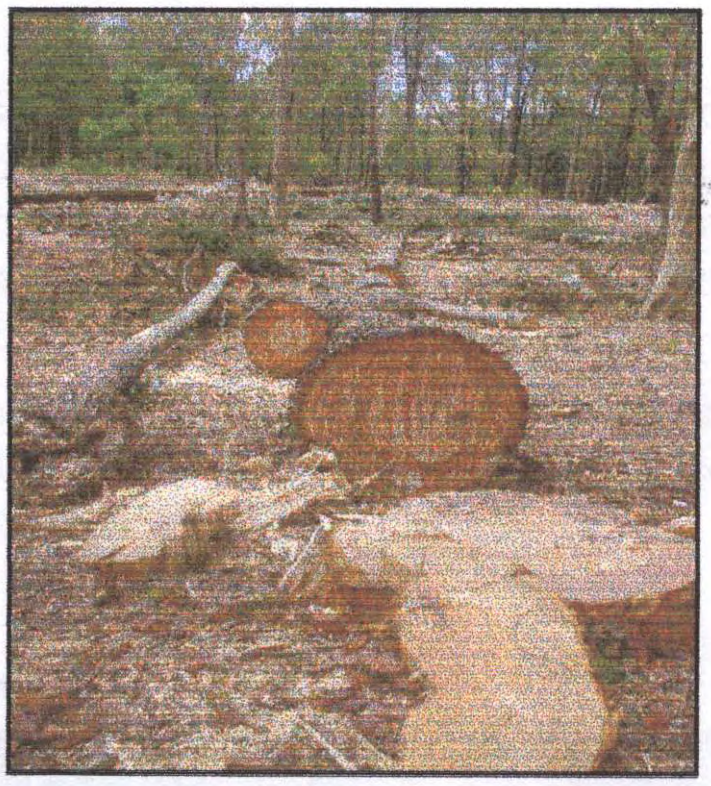
XLSTAT (Versión 7), el cual permite evaluar modelos con más de una variable independiente. Utilizando variables de error estándar y coeficiente de correlación se seleccionó el modelo a utilizar.

C. ANALISIS DE TALLO

1. Extracción y mediciones de discos y probetas de incremento radial

Los árboles seleccionados fueron apeados luego de cosechar el resto del rodal (Figura 11). Luego de la recolección de conos, se procedió al desrame, tronzado y posterior extracción de discos para el análisis de tallo y el cálculo de factor de forma comercial.

Figura 11: **Arbol seleccionado**



a. Extracción y medición de discos

En cada árbol seleccionado, una vez apeado, se niveló la cara superior del tocón, procurando una sección transversal regular a una altura de 0.30 m en la cara superior del disco basal, con un espesor de unos 5 cm. El resto del fuste fue tronzado a intervalos de 3.30 m y del extremo distal de cada troza se extrajo un disco de espesor similar al primero. En el momento que se obtenían los discos, se los identificaba (Figura 12) con un código de dos números, el primero correspondiente al árbol y el segundo al disco.

Figura 12: Disco recién extraído

El disco fue extraido del extremo distal de la primera troza del árbol 6.

Se midió el diámetro con corteza de cada disco, luego de lo cual fueron estibados con separadores de madera (1" x 1" de largos variables) al aire libre. Una vez que hubieron perdido algo de humedad, se extrajo la corteza en forma manual y se midió el diámetro sin corteza. Es importante recordar que estos diámetros medidos, con y sin corteza, fueron los utilizados para el cálculo de los factores de forma.

Una vez obtenidas las medidas, se estibaron nuevamente en un galpón con separadores, donde se secaron durante un período aproximado de 8 meses, incluyendo primavera y verano (Figura 13).

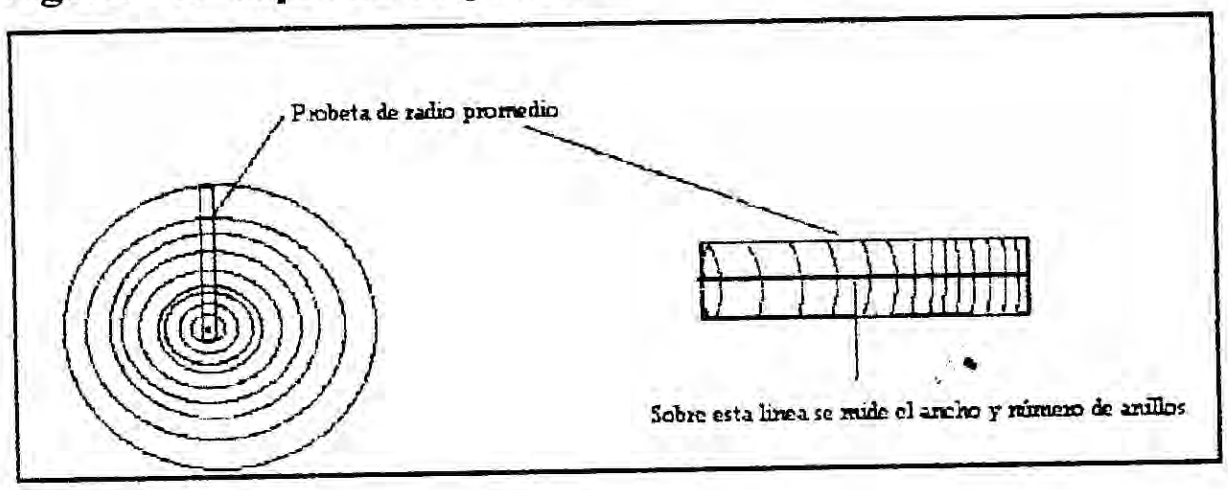
Figura 13: Discos

b. Obtención y medición de probetas

Se obtuvo una probeta de cada disco secado, utilizando una sierra circular de mesa. El largo de estas probetas debía equivaler al radio promedio calculado (Bruce and Schumacher, 1950). Se procuró además que la probeta no contuviera defectos como nudos y grietas, de manera que la medición los anillos fuera lo más clara posible y que la sección a medir coincidiera con el plano transversal.

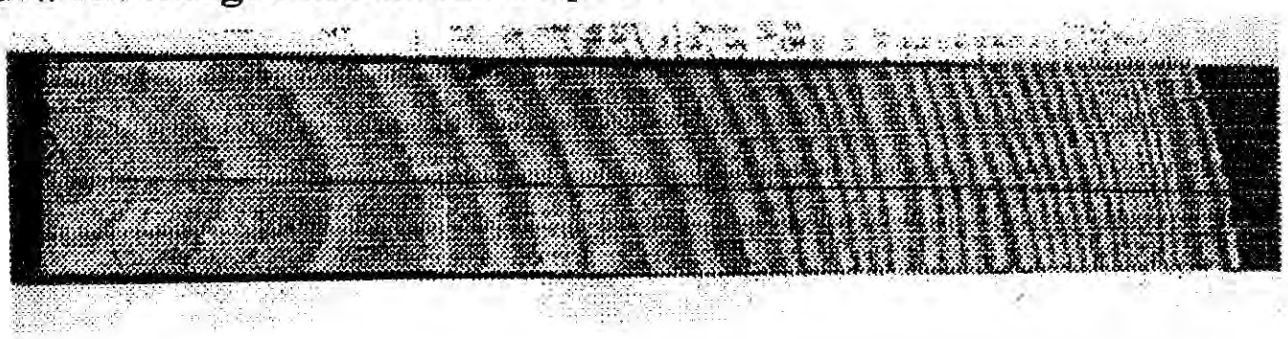
Una vez obtenida la probeta, se procedió al lijado manual de la superficie transversal de la misma. (Figura 14).

Figura 14: Esquema de probeta



La cara transversal lijada fue escaneada en un escáner Hewlett-Packard 4200 C. Sobre la impresión de la imagen escaneada se trazó una línea radial a lo largo de la probeta, de modo que el ancho de todos los anillos se midiera sobre un mismo radio. Se identificó cada uno de los anillos y se los numeró desde la corteza hasta la médula. En cada una de las imágenes, se señaló el anillo externo completo del duramen en el radio (Figura 15).

Figura 15: Imagen escaneada de probeta



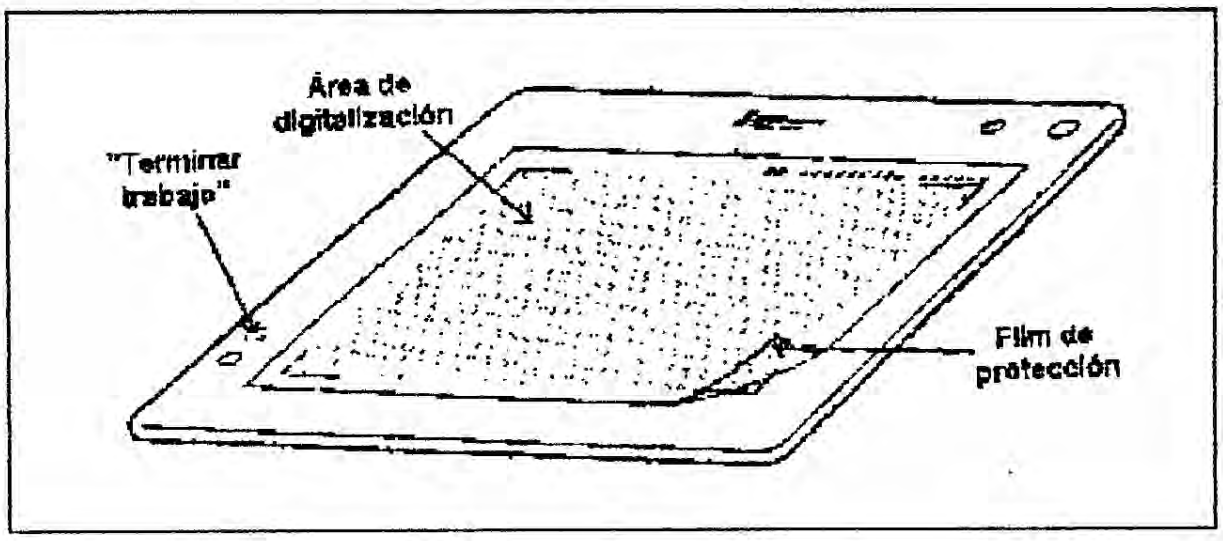
Cuando se observaron anillos anómalos, *e.g.* falsos anillos o leño de compresión, se cotejó la probeta con el resto del disco, a los efectos de decidir sobre la inclusión del anillo en la serie.

Luego de tener cada imagen escaneada y pronta para medir, se analizó sobre un digitalizador Graphtec KW4320-RS (Figura 16).

Cuando se observaron anillos anómalos, *e.g.* falsos anillos o leño de compresión, se cotejó la probeta con el resto del disco, a los efectos de decidir sobre la inclusión del anillo en la serie.

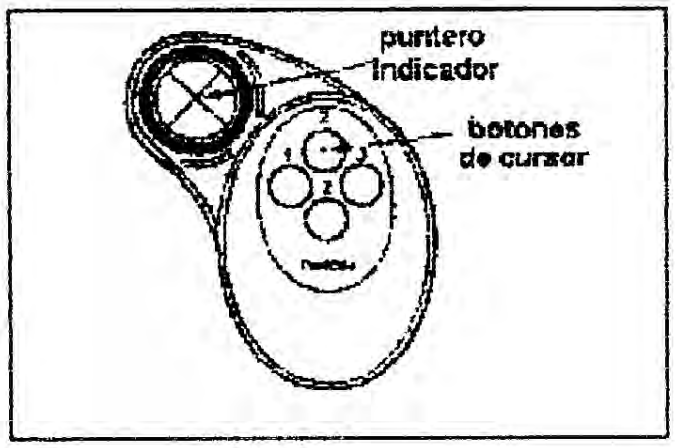
Luego de tener cada imagen escaneada y pronta para medir, se analizó sobre un digitalizador Graphtec KW4320-RS (Figura 16).

Figura 16. Esquema de digitalizador



El digitalizador cuenta con un mouse con puntero indicador y botones de cursor, que permiten marcar los puntos donde comienza y termina cada anillo (Figura 17).

Figura 17: Esquema de ratón del digitalizador



Se obtuvo así el ancho de cada anillo (*i.e.*, crecimiento radial anual), medidos desde la corteza hasta la médula y el número total de anillos.

Los datos se almacenaron directamente en un ordenador y fueron traducidos a planilla Excel para ser procesados. Con los datos de número y ancho de anillos de cada probeta, se construyeron nuevas planillas en las que se calculó ancho de cada anillo o crecimiento radial anual corriente, el ancho de anillo acumulado (de médula a corteza) o incremento radial anual y el área de cada anillo ó crecimiento anual corriente en área trasversal.

2. Cálculos para análisis de tallo

a. Ancho de anillo de crecimiento acumulado

El incremento radial anual fue calculado a partir del ancho de anillos de crecimiento; este valor se había obtenido de la planilla traducida a Excel, en la cual las filas y las columnas contenían edades y anchos de anillo, respectivamente. En base a ésta, se construyó una nueva planilla transpuesta para ancho de anillo acumulado, en la que las columnas correspondían a cada anillo (*i.e.*, año) y las filas a la altura de extracción del disco. Se insertaron tres filas entre cada par de filas originales, para el cálculo de valores estimados por interpolación lineal, a intervalos de 1 m a lo largo del fuste. Esto permitió la presentación gráfica de los resultados.

En la

Tabla 9 se muestra un ejemplo de cómo se comformaron las planillas Excel para cada uno de los árboles seleccionados, utilizando el ancho de anillo acumulado.

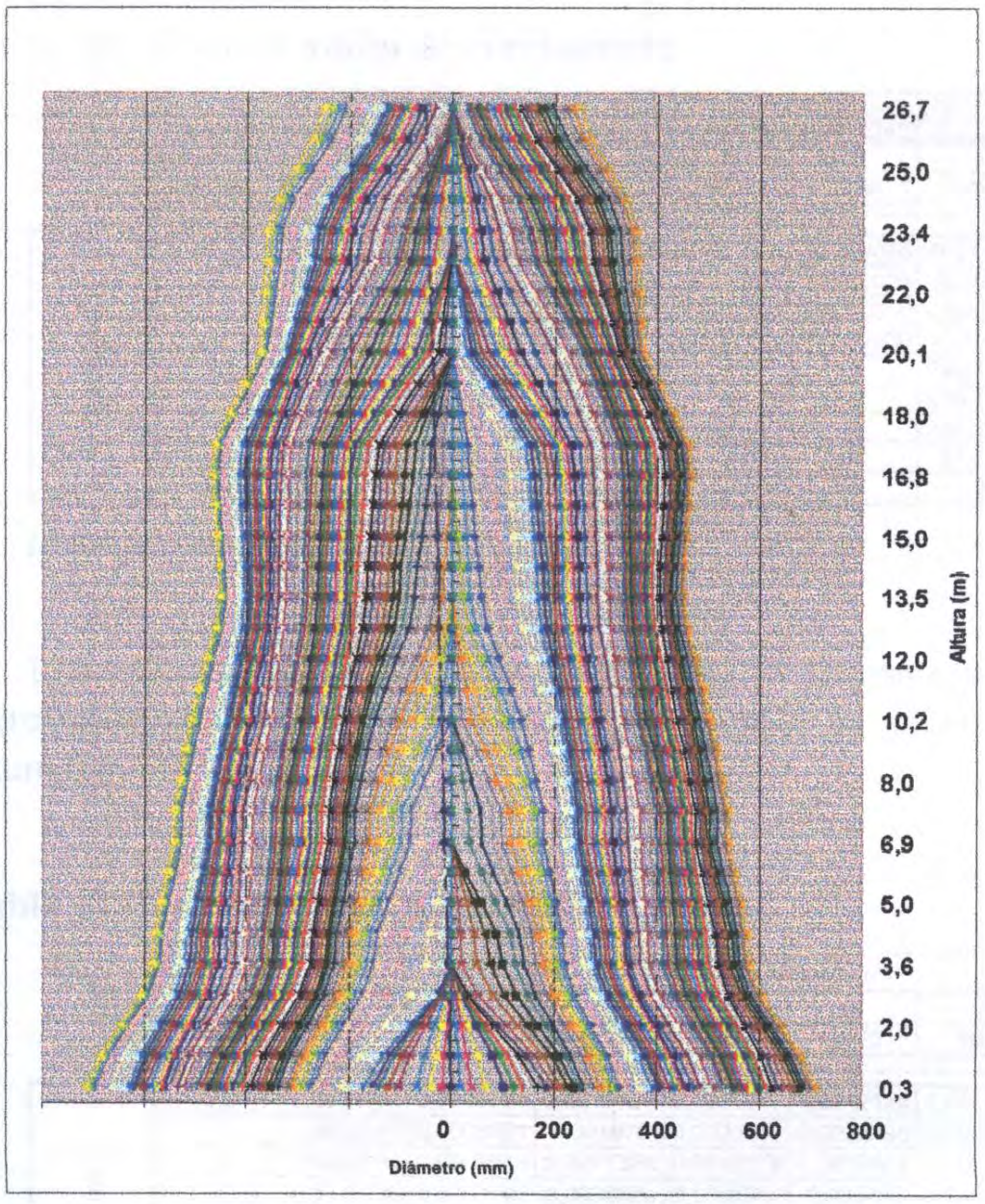
Tabla 9: Ancho de anillo acumulado

	Ancho de anillo acumulado									
	N° anillo	2	3	4	5	6	7	8	...	72
	año	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	...	2001
		Médula	→							Corteza
ALTURA (m)	**0,30**	**12,11**	**26,57**	**42,99**	**55,15**	**65,79**	**76,57**	**84,81**	...	**362,75**
	1,00	9,54	20,93	33,87	43,45	51,83	62,21	71,48	...	349,64
	2,00	5,87	12,88	20,84	26,74	31,90	41,69	52,43	...	330,91
	3,00	2,20	4,83	7,82	10,03	11,96	21,17	33,38	...	312,19
	3,60	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**8,86**	**21,95**	...	**300,95**
	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,79	19,29	...	300,17
	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,10	12,64	...	298,22
	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,42	5,99	...	296,27
	6,90	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	...	**294,52**

Los valores en letra negrita corresponden a valores medidos y el resto son valores interpolados. Las celdas que presentan 0 como valor, indican que ese anillo no existía en el disco extraído a una determinada altura.

La construcción de estas planillas y los gráficos correspondientes se basan en dos supuestos. El primero es que los valores intermedios (*i.e.* interpolados) entre datos reales tienen un comportamiento lineal. El segundo es la simetría en la forma del fuste, puesto que los crecimientos medidos fueron radiales (Figura 18).

Figura 18: Ejemplo de gráfico de análisis de tallo



Cada línea representa el límite entre dos anillos de crecimiento.

b. Area y volumen de anillo de crecimiento

Estos valores se calcularon también a partir de la planilla de ancho de anillos de crecimiento, que fue transpuesta de la misma manera para construir nuevas planillas, en las que las columnas contienen valores de área de cada anillo (año) y las filas la altura de sección transversal. Se insertaron tres filas entre cada par de filas originales, para el cálculo de valores estimados por interpolación lineal, a intervalos de 1 m a lo largo del fuste, como se describe en el apartado anterior.

Se asumen como válidos los mismos supuestos sobre linearidad de datos interpolados y simetría de anillos de crecimiento que se formularon para ancho de anillos acumulado.

En la Tabla 10 se presenta un ejemplo de cómo se conformaban las planillas Excel para calcular las áreas de anillo de crecimiento, como paso intermedio en el cálculo de volúmenes de anillo.

Tabla 10: Area de anillo de crecimiento

	Area de anillo (mm^2)								
	Nº Anillo	2	3	4	5	6	7	8	...	72
	Años	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	...	2001
		Médula	→							Corteza
Altura (m)	0,3	460,72116	1757,133	3588,2492	3749,1214	4042,6065	4821,2163	4177,5994	...	3252,86818
	1	362,99243	1384,4078	2827,1054	2953,8532	3185,0639	3850,846	3560,2024	...	3234,841768
	2	223,37996	851,94326	1739,7572	1817,7558	1960,0516	2464,6029	2678,2066	...	3209,089753
	3	83,767484	319,47872	652,40895	681,65843	735,01936	1078,3597	1796,2109	...	3183,337737
	3,6	0	0	0	0	0	246,61377	1267,0134	...	3167,886527
	4	0	0	0	0	0	216,72119	1113,436	...	3279,982666
	5	0	0	0	0	0	141,98974	729,49258	...	3560,223012
	6	0	0	0	0	0	67,2583	345,54912	...	3840,463359
	6,9	0	0	0	0	0	0	0	...	4092,67967

Idem tabla anterior.

Los valores que se muestran en la Tabla 11 fueron obtenidos de multiplicar los incrementos en área transversal calculados en la Tabla 10 por cada incremento en altura respectivo.

Tabla 11: Volúmen por cada anillo

	Volumen (m^3)								
	Nº Anillo	2	3	4	5	6	7	8	...	72
	Años	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	...	2001
		Médula	→							Corteza
Altura (m)	0,3	0,0001382	0,0005271	0,0010765	0,0011247	0,0012128	0,0014464	0,0012533	...	0,00097586
	1	0,0002541	0,0009691	0,001979	0,0020677	0,0022296	0,0026956	0,0024921	...	0,00320909
	2	0,0002234	0,0008519	0,0017398	0,0018178	0,0019601	0,0024648	0,0026782	...	0,003183338
	3	8,377E-05	0,0003195	0,0006524	0,0006817	0,000735	0,0010784	0,0017962	...	0,001900732
	3,6	0	0	0	0	0	0,000148	0,0007602	...	0,001311993
	4	0	0	0	0	0	8,669E-05	0,0004454	...	0,003560223
	5	0	0	0	0	0	0,000142	0,0007295	...	0,003840463
	6	0	0	0	0	0	6,726E-05	0,0003455	...	0,003683412
	6,9	0	0	0	0	0	0	0	...	0,000407479

Vol. =(362,99/1000000) * (1-0,30)

Vol. = (460,7/1000000) *(0,30)

Idem tabla anterior.

c. Crecimientos corriente anual, medio anual y total en volumen

A los efectos de calcular crecimientos en volumen, se traspuso la planilla expuesta en la Tabla 11, para obtener la planilla de la Tabla 12, en la cual las columnas contienen incrementos volumétricos hasta una altura transversal dada y las filas contienen los incrementos volumétricos de cada año. En las últimas tres columnas se calculó el crecimiento anual corriente, el crecimiento anual medio y el crecimiento acumulado para cada árbol seleccionado.

Tabla 12: Crecimientos anuales corriente, medio y total en volumen

		Altura (m)									
Edad	**Años**	**0,30**	1,00	2,00	3,00	**3,60**	...	**20,10**	**CAC (m^3)**	**CAM (m^3/año)**	**VOLUMEN (m^3)**
2	1931	**0,0001382**	0,0002541	0,0002234	8,377E-05	**0**	...	**0**	0,0006995	0,000349729	0,000699458
3	1932	**0,0005271**	0,0009691	0,0008519	0,0003195	**0**	...	**0**	0,0026676	0,001122369	0,003367106
4	1933	**0,0010765**	0,001979	0,0017398	0,0006524	**0**	...	**0**	0,0054476	0,00220368	0,008814721
5	1934	**0,0011247**	0,0020677	0,0018178	0,0006817	**0**	...	**0**	0,0056918	0,002901314	0,014506568
6	1935	**0,0012128**	0,0022296	0,0019601	0,000735	**0**	...	**0**	0,0061374	0,003440663	0,02064398
7	1936	**0,0014464**	0,0026956	0,0024646	0,0010764	**0,000148**	...	**0**	0,0076329	0,004068124	0,028476868
8	1937	**0,0012533**	0,0024921	0,0026782	0,0017962	**0,0007602**	...	**0**	0,00898	0,004682114	0,037456915
9	1938	**0,0012589**	0,0027941	0,0036989	0,0034061	**0,0019383**	...	**0**	0,0130963	0,005617028	0,050553254
10	1939	**0,0010007**	0,0025071	0,0039329	0,0042842	**0,002697**	...	**0**	0,0144218	0,006497505	0,064975049
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
72	2001	**0,0008759**	0,0022644	0,0032091	0,0031833	**0,0018007**		**0,0028456**	0,0596088	0,068954306	4,820710056

Donde:

CAC = ∑ Vol. [desde 0,30 hasta altura final 20,10 (en este caso)]

Volumen acumulado = ∑CAC

$$\textbf{CAM} = \frac{\textbf{Volumen acumulado}}{\textbf{Edad}}$$

3. Porcentaje de duramen en volumen

En la planilla electrónica de la

Tabla 12 se señaló el anillo exterior del duramen. El volumen de duramen se calculó de la misma manera que el volumen acumulado y se representó gráficamente con el volumen total, separando duramen de albura.

El porcentaje de duramen fue calculado según la fórmula

$$\textbf{\% de duramen} = \frac{\textbf{(Vol. de Dur. acumul.) * 100}}{\textbf{Volumen acumulado}}$$

Donde:

Vol. de Dur. acumul. = volumen de duramen acumulado

D. SELECCIÓN

En nuestro país *Pinus pinaster* ha sufrido una selección negativa, en la que fueron cosechados los mejores ejemplares y la regeneración natural fue a partir de individuos de menor vigor y peor conformación. Como resultado, hoy día es difícil encontrar árboles de buenas características que permitan una óptima utilización con fines forestales.

1. Observaciones

A continuación se describen algunos aspectos de la selección de los individuos empleados para estimar factor de forma comercial y para realizar análisis de tallo.

En el objetivo de conservar material fenotípicamente superior, está implícita la descripción del rodal a través de las variables cuantitativas y cualitativas, puesto que para definir cuáles individuos presentan características superiores se debe describir la población en su conjunto. El rodal que se caracteriza comprende individuos con *dap* mayor a 10 cm, es decir que se excluye la regeneración más joven.

Los árboles para calcular tanto factor de forma comercial como para realizar análisis de tallo fueron seleccionados a medida que se realizaba el censo poblacional. Se separó en primera instancia aquellos árboles con menores defectos y dentro de éstos, los que se acercaran más a la marca de clase para las clases diamétricas definidas.

Una razón por la que se realizó la selección de la manera antes descripta fue la urgencia en el tiempo, ya que los ejemplares iban a ser talados en el corto plazo. Otra dificultad consistió en que se trataba de un rodal disetáneo; esto implica que la edad de cada individuo no se conoce en el momento de su medición y por lo tanto no se puede estimar su tasa de incremento.

Es importante señalar que durante el trabajo de campo, cuando se seleccionaron los árboles, se había definido una amplitud de clase diamétrica de 15 cm. Durante el trabajo de gabinete, esta amplitud fue modificada a 10 cm, a los efectos analizar los datos con mayor precisión. Esto trajo como consecuencia que ninguno de los árboles elegidos perteneciera a la clase de 20.1 a 30 cm, para la cual no se dispone de factor de forma comercial o de análisis de tallo. En las tablas de volumen, el volumen de esta clase diamétrica se estimó utilizando el factor de forma comercial correspondiente a la siguiente clase diamétrica (10.1 a 20 cm). El volumen de la clase diamétrica mayor, (+80.1 cm) se calculó con el factor de forma comercial del árbol 9, que presentaba un *dap* de 78 cm.

En algunos casos se presentaba más de 1 árbol seleccionado por clase diamétrica. El criterio utilizado en estos casos, fue el de tomar el árbol que más se asemejara al promedio de los árboles que componen esta clase diamétrica.

2. Selección de árboles candidato

A los efectos de la inclusión de árboles en el proceso de mejora genética, los individuos seleccionados pueden considerarse árboles candidato. Fueron incluidos entre los árboles madre de la procedencia *P. pinaster* a denominar Parque Roosevelt, en la medida que demostraron ser fenotípicamente superiores. En primer lugar, se los eligió en base a características cualitativas como rectitud del fuste, copa libre de defectos (bifurcaciones), inclinación moderada o nula (para evitar madera de compresión) y estado sanitario. La estimación de su volumen y tasa de crecimiento a través del análisis de tallo permitió diferenciar en segunda instancia aquellos con mayores incrementos.

Una vez seleccionados, los árboles candidato se marcaron con un número identificatorio, de modo que no fueran apeados durante la cosecha de la fracción. Luego de esta operación, se talaron los árboles candidatos y se procedió a la recolección de conos, que fueron acondicionados en bolsas de arpillera con la identificación de cada uno.

Para cada uno de los individuos seleccionados, se confeccionó una ficha similar a las fichas descriptivas presentadas por Zobel (1988). La información contenida en las fichas incluía **institución, evaluador, fecha, especie, localidad, plantación, zona, n° identificatorio del árbol, edad, *dap*, H tot., H Ins., defectos e incremento medio anual en volumen**.

Se contruyeron gráficos para cada árbol candidato con las variables *crecimiento anual corriente* (CAC), *crecimiento medio anual* (CAM) y *volumen acumulado*.

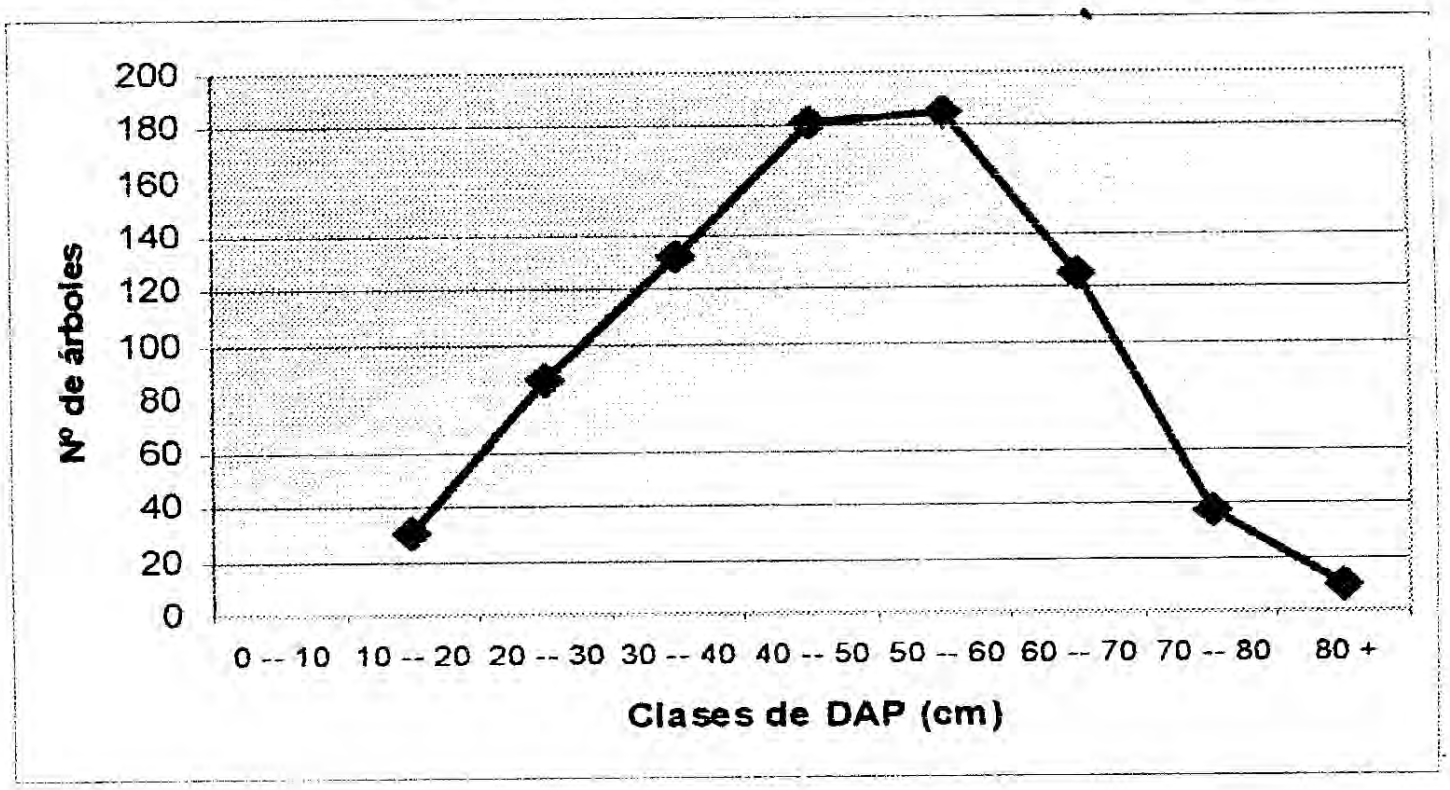
IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. CENSO POBLACIONAL

1. Diámetro a la altura del pecho (*dap*)

En el Gráfico 7 se observa la distribución diamétrica del rodal. La forma se asemeja a una curva de Gauss, como si se tratara de un rodal coetáneo, pero el tipo de distribución se ajusta al modelo de Weibull. Este fenómeno puede ser explicado por la presencia de diferentes zonas conformadas por subrodales coetáneos, entre los cuales se encontraba una mayor proporción de árboles pertenecientes a las clases de 40 a 50 y de 50 a 60 cm. Si bien se puede asumir que las clases de 10 a 20 cm y de más de 80 cm corresponden a las edades menores y mayores respectivamente, es difícil discriminar edades en las clases intermedias.

Gráfico 7: Distribución de individuos en función de su clase diamétrica



Son de interés particular los análisis de asimetría estandarizada y la Kurtosis estandarizada, que pueden ser usados para establecer si la muestra procede de una población con distribución Normal. Los valores de estos estadígrafos fuera del rango -2 a +2 indican desviaciones significativas de una distribución Normal, lo que tendería a invalidar cualquier prueba estadística en relación al desvío estándar. En este caso, si bien la asimetría está dentro de lo esperado para una distribución Normal, el valor de Kurtosis estandarizada (3,30277) indica que la distribución de *dap* puede no ser Normal.

Se realizó además un análisis de no-normalidad de *dap*, mediante una prueba de Chi-cuadrado. Como resultado de la misma, se puede rechazar la hipótesis de que la distribución es Normal con un 99 % de confianza.

Se observó que la distribución se ajusta al modelo de Weibull. Estudios realizados sobre coníferas en México remarcan que este modelo se ajusta a bosques disetáneos y mixtos.

2. Densidad de rodal

a. Número de árboles por hectárea

La variable densidad de rodal, si bien es en general de gran importancia, no se tomó en cuenta en el presente trabajo a efectos del censo o del análisis de tallo, debido a la estructura actual del rodal y a la escasa información sobre el manejo silvícola anterior. A esto hay que sumar que los ejemplares pertenecientes a otra especie que no fuera *Pinus pinaster* no fueron medidos, o incluidos en el cálculo de densidad de rodal, ya que en el momento que se inició el censo, los mismos se estaban cosechando. El valor de densidad que se expresa a continuación corresponde entonces sólo a *Pinus pinaster*.

Cuadro 2. Superficies, número de individuos y densidad de las zonas del rodal censado

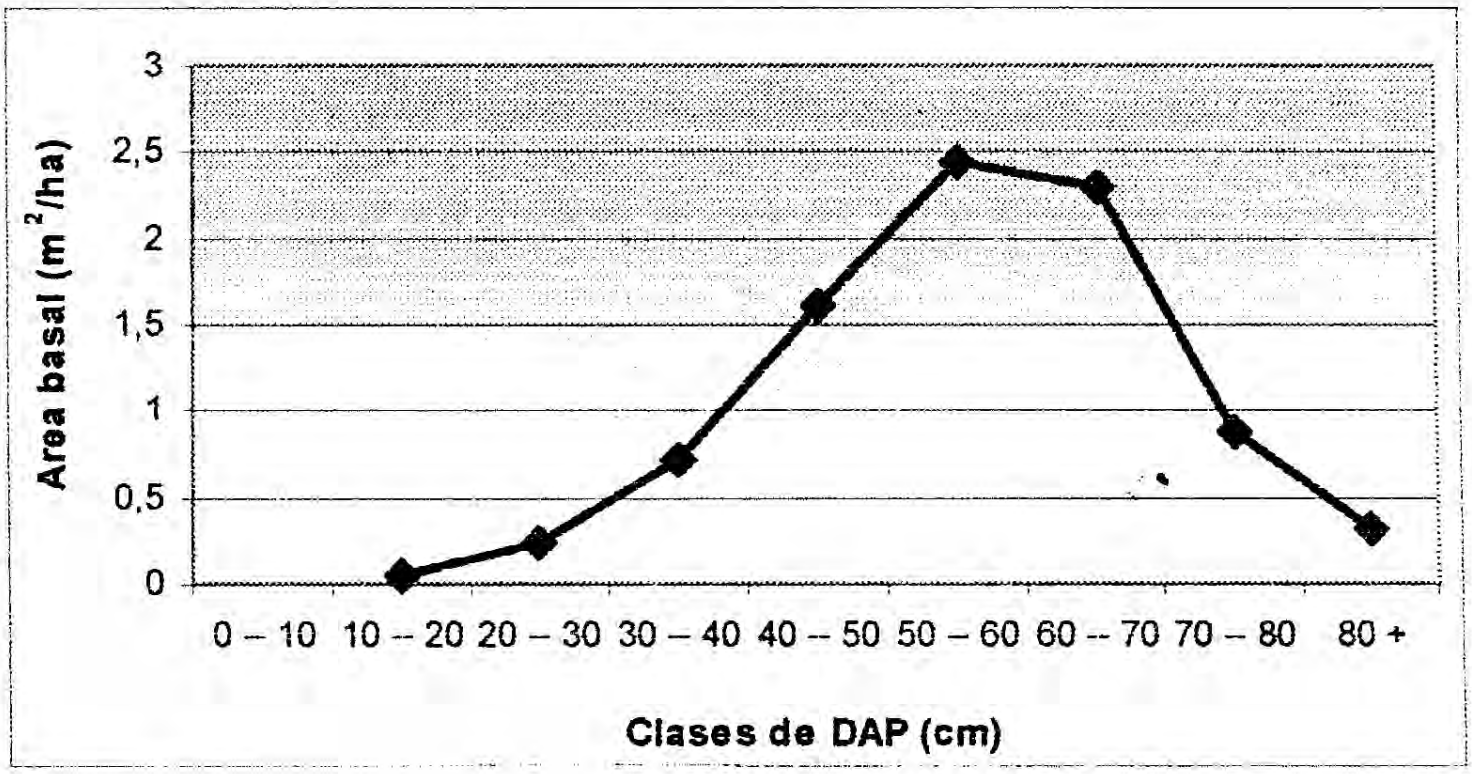
Zona	Superficie	N° árboles	Densidad
0*	1,6 ha	24	15 arb/ha
1*	1,7 ha	150	86 arb/ha
2*	0,7 ha	24	35 arb/ha
3*	1,0 ha	27	26 arb/ha
Regeneración natural	2,1 ha	168	81 arb/ha
5.1	1,9 ha	75	39 arb/ha
5.2*	2,6 ha	27	10 arb/ha
6	2,6 ha	98	38 arb/ha
9	3,5 ha	195	56 arb/ha

* En estas zonas se encontraban algunos ejemplares de *Eucalyptus* que no fueron censados. En el plano se encuentra esquematizada la división de estas zonas, a partir de sendas internas.

b. Area basal por hectárea

En el Gráfico 8 se observa la distribución de frecuencias de área basal en clases diamétricas, que se asemeja a la distribución de frecuencias absolutas de las clases diamétricas. La densidad media del rodal en términos de número de árboles fue de 44.5 árb/ha (10 – 86 árboles/ha).

Gráfico 8: Área basal en función de la clase diamétrica

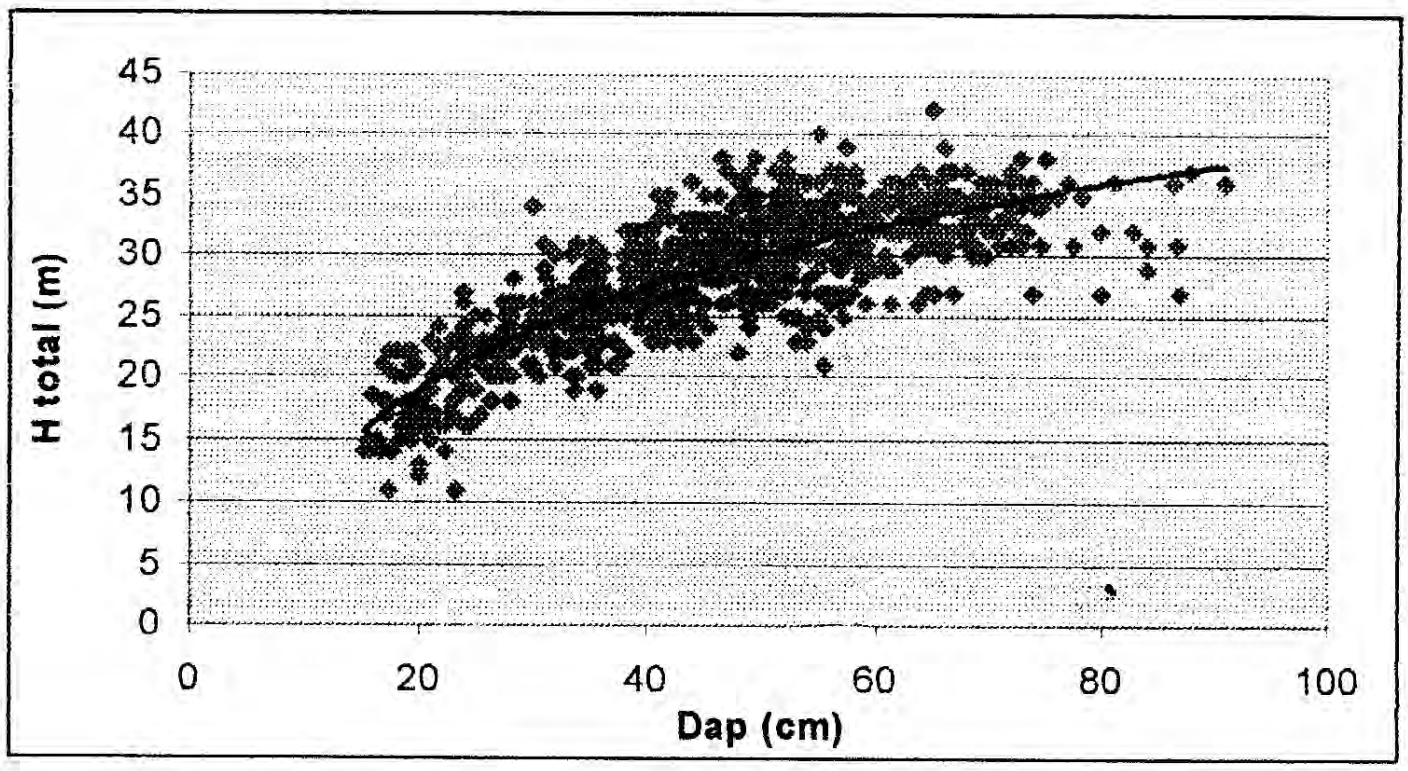


Los valores citados por Bonilla (1964), Bonilla y Botazzi (1964) y Bonilla (1965) para rodales coetáneos de *P. pinaster* en Uruguay, con edades entre 14 y 45 años y densidades entre 329 y 1340 árboles/ha son en promedio de 42.5 m^2/ha, entre 32.3 y 51 m^2/ha). El rodal estudiado comprende en cambio varias clases de edad, entre 25 y 80 años, con una densidad promedio de 45 árboles/ha y presenta un área basal promedio de 8.5 m^2/ha.

3. Altura total y altura de inserción de la rama viva inferior

La relación observada entre altura total y clase diamétrica (Gráfico 9) es similar a la observada por Bonilla (1964), en el cual se observa la evolución de la altura con respecto a la edad.

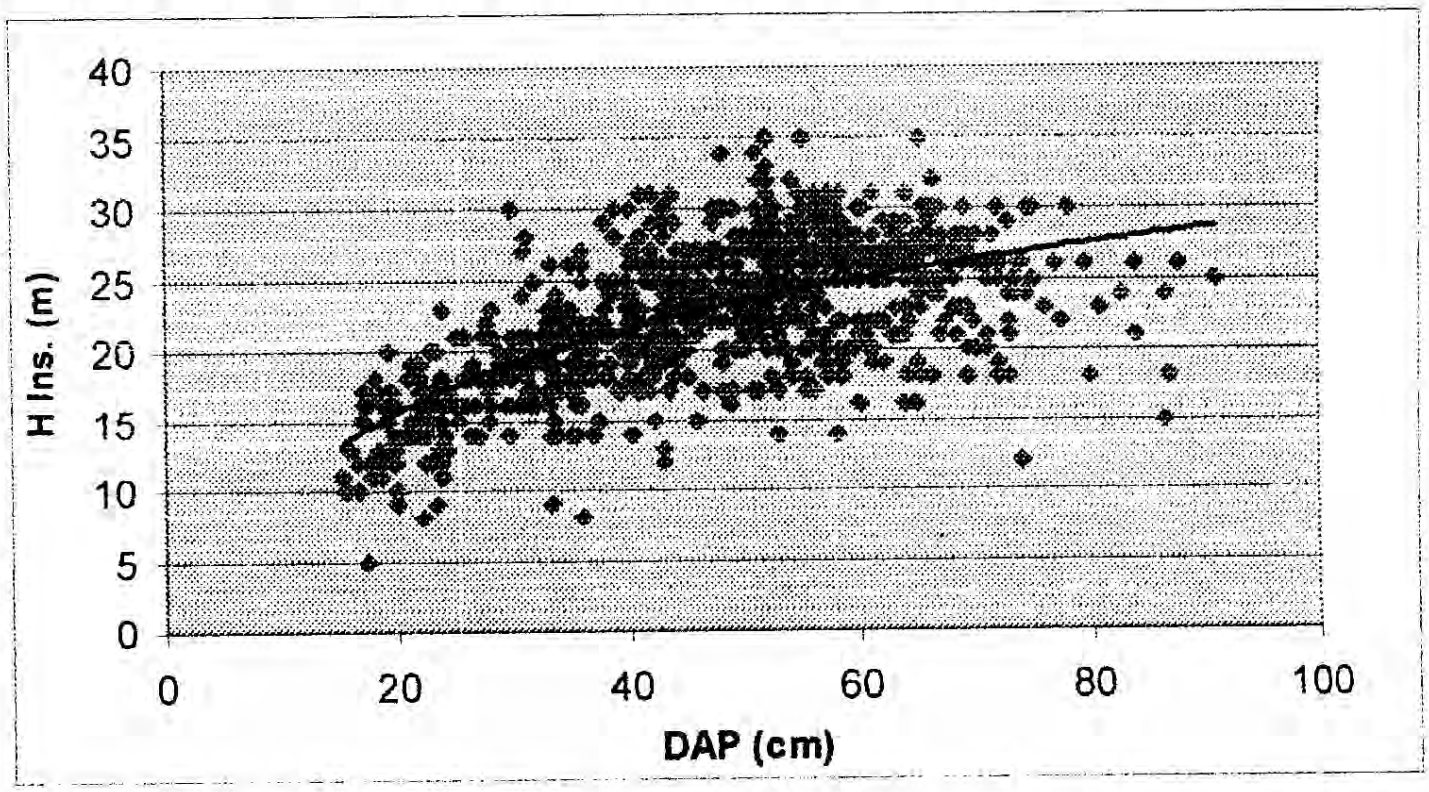
Gráfico 9: Regresión entre altura total y *dap*



El modelo que mejor ajusta a los datos de altura total (H tot.) contra *dap* es de tipo curva – S, en el cual H tot. = $e^{(3,7615-17,5248/dap)}$. El coeficiente de regresión (r =-0.841485) indica una relación moderadamente alta entre *dap* y altura total.

El valor de $r^2 = 0.708$ nos indica que el modelo antes descripto explica un 70.8 % de la variabilidad de la altura en función del *dap* con un 99 % de confianza.

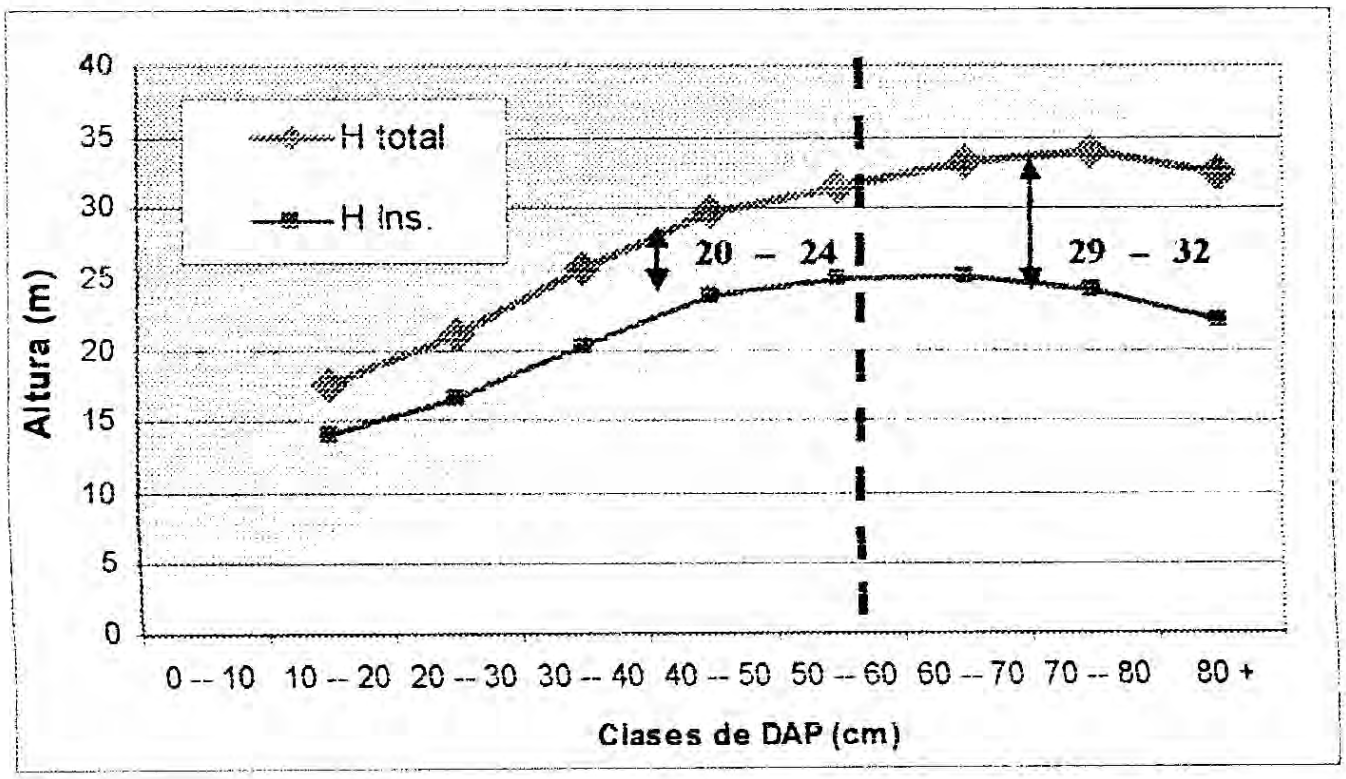
Gráfico 10: Regresión entre altura de inserción de la rama viva más baja y *dap*



En el Gráfico 10 se muestra la relación entre altura de inserción de rama viva más baja (H Ins.) y *dap*. El comportamiento observado es similar al de H tot., salvo en las clases diamétricas mayores a 60.1 cm en las cuales aumenta la diferencia entre H tot. y H Ins.

El Gráfico 11 permite ver la relación de valores promedio de ambas alturas en función de la clase de *dap*. En clases diamétricas menores a 70 cm la diferencia entre H tot. y H Ins. se mantiene constante; en este rango de *dap*, H tot. es entre 20 y 24 por ciento mayor que H Ins. En las últimas dos clases diamétricas, se observa que la diferencia relativa entre ambas alturas pasa a ser de 29 a 32 por ciento.Esta mayor razón de copa podría estar explicada por la falta de competencia con individuos adyacentes de su misma generación y de generaciones posteriores.

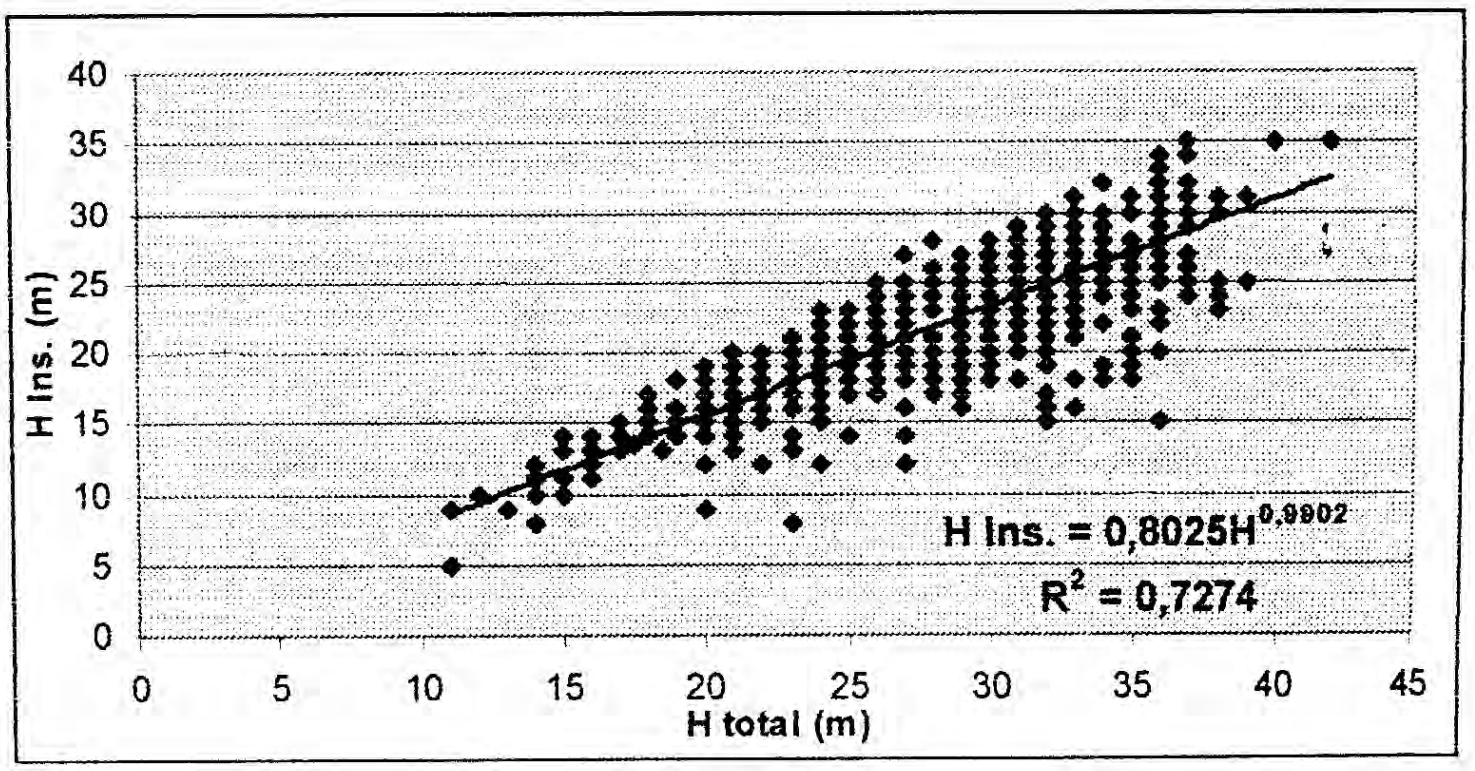
Gráfico 11: Altura total media y altura media de inserción de la rama viva más baja según clase diamétrica



El Gráfico 12 presenta la relación entre H tot. y H Ins. La utilidad de establecer esta relación radica en la posibilidad de estimar una variable a partir de la medición de la otra (*i.e.*, medir H tot. y estimar H Ins.).

El modelo que mejor ajusta en este caso es el multiplicativo, cuya fórmula se observa en el Gráfico. El coeficiente de regresión ($r = 0,853$) indica una relación moderadamente alta entre H tot. y H Ins. El modelo antes descripto explica un 72 .7 por ciento de la variación de H Ins. en función de H tot., con un 99 % de confianza.

Gráfico 12: Regresión de altura de inserción de la rama viva inferior sobre altura total



4. Factor de forma

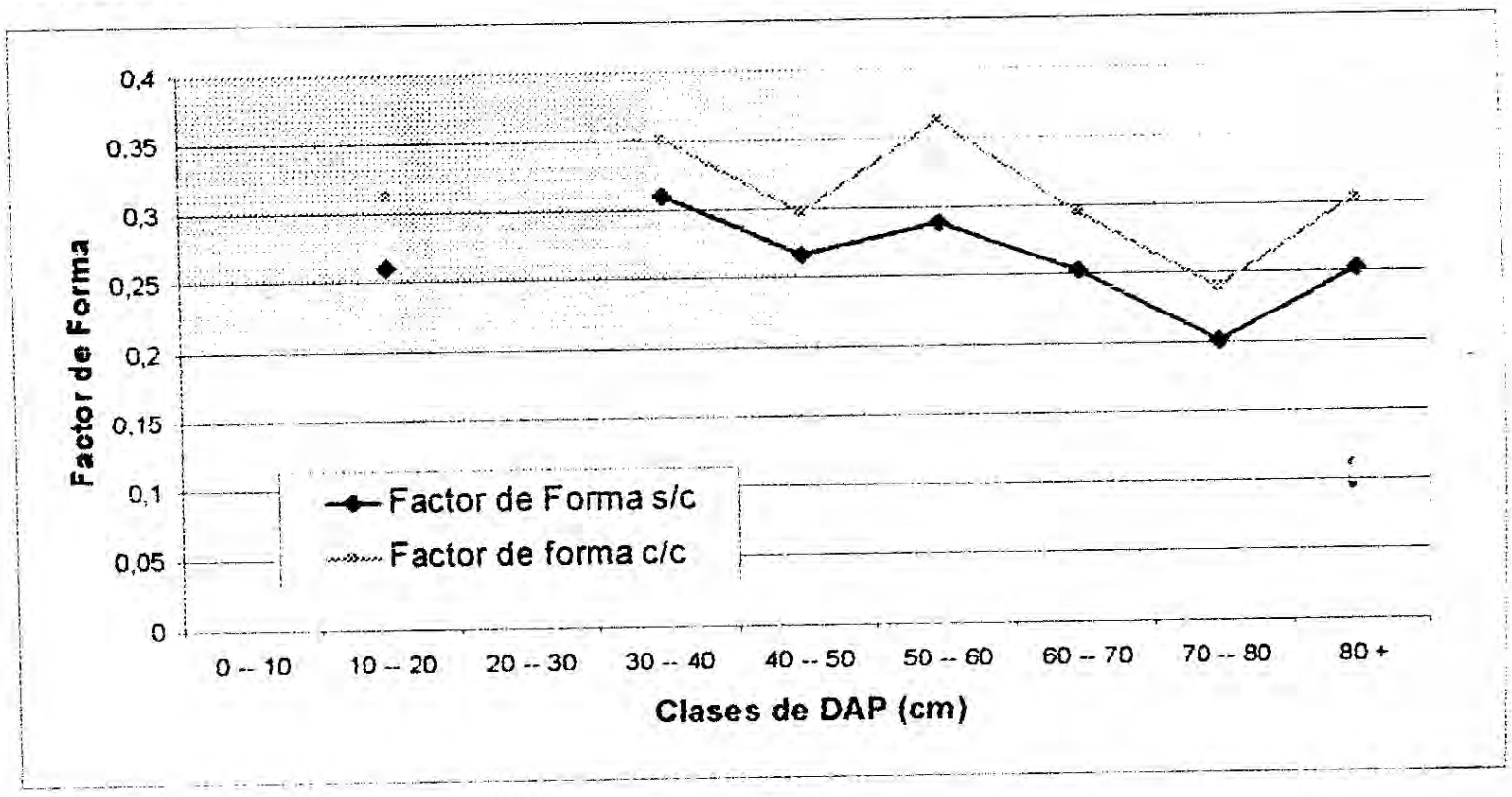
Los factores de forma que se presentan en la Tabla 13 son factores de forma comercial que se obtuvieron hasta un diámetro mínimo promedio de 25 cm (7.5 – 42 cm). El factor de forma comercial con corteza osciló entre 0.24 y 0.35; el factor de forma comercial sin corteza varió entre 0.20 y 0.31.

Tabla 13: Factor de forma comercial con y sin corteza en función de la clase diamétrica

Clase de DAP	FF S/C	FF C/C	N° árbol
0 -- 10			
10 -- 20	0,26024787	0,312466633	2
20 -- 30			
30 -- 40	0,310515879	0,350731726	10
40 -- 50	0,266101568	0,296842766	3
50 -- 60	0,28849542	0,362562425	5
60 -- 70	0,252570583	0,294740892	7
70 -- 80	0,20066886	0,240290842	4
80 +	0,253191979	0,303906921	9

Como se observa en el Gráfico 13, el patrón de variación en factores de forma comercial con y sin corteza es similar, salvo para la clase diamétrica de 50 a 60 cm, en la cual la corteza parece tener una mayor incidencia.

Gráfico 13: Factor de forma comercial, con y sin corteza, según clases diamétricas



Los factores de forma utilizados son valores estimados a partir del árbol seleccionado con *dap* más próximo a la marca de clase diamétrica, considerado

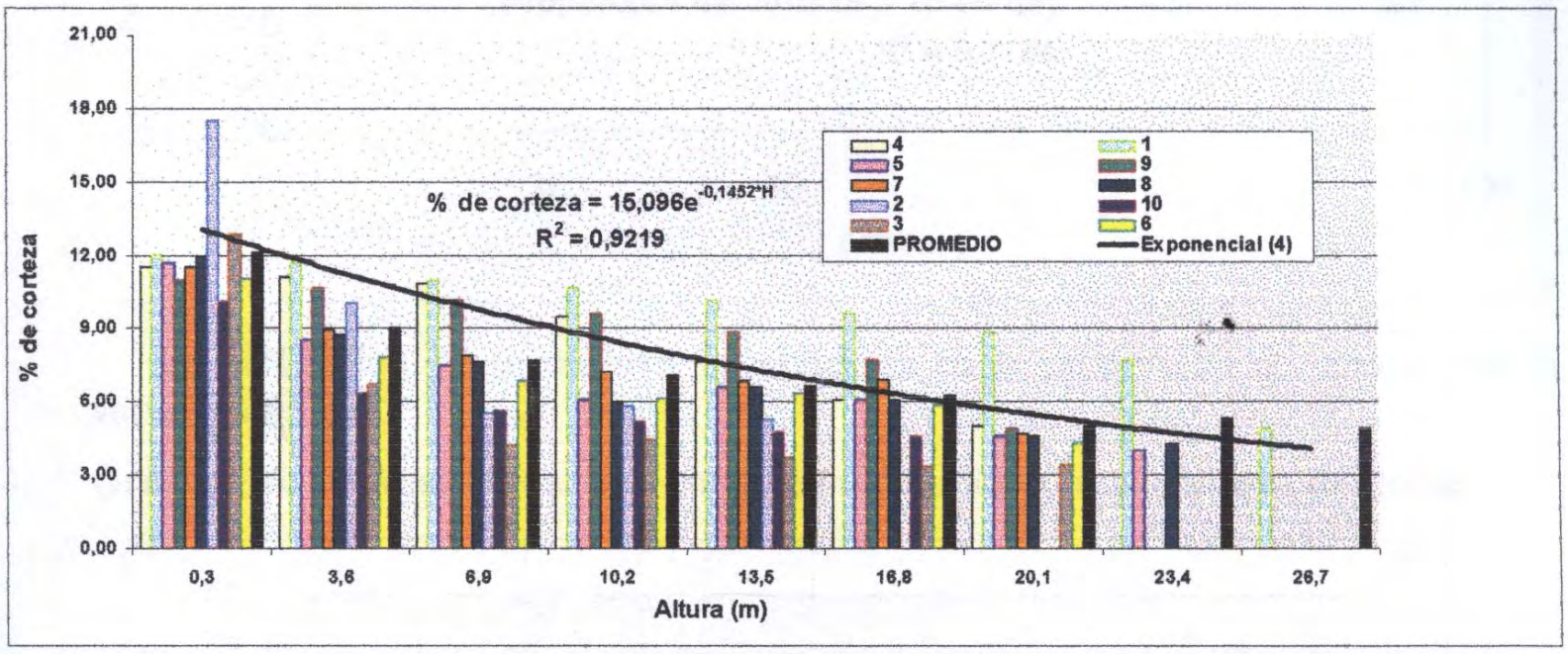
representativo de cada clase; la variación individual en forma podría introducir un sesgo en el cálculo de volumen comercial.

Los valores observados no son comparables con los de Bonilla y Rolfo (1965), quienes adoptaron un diámetro mínimo aprovechable fijo de 8 cm.

5. Corteza

En el Gráfico 14 se presenta la relación entre porcentaje de corteza y altura en el fuste. Las columnas de diferente color indican cada uno de los árboles seleccionados.

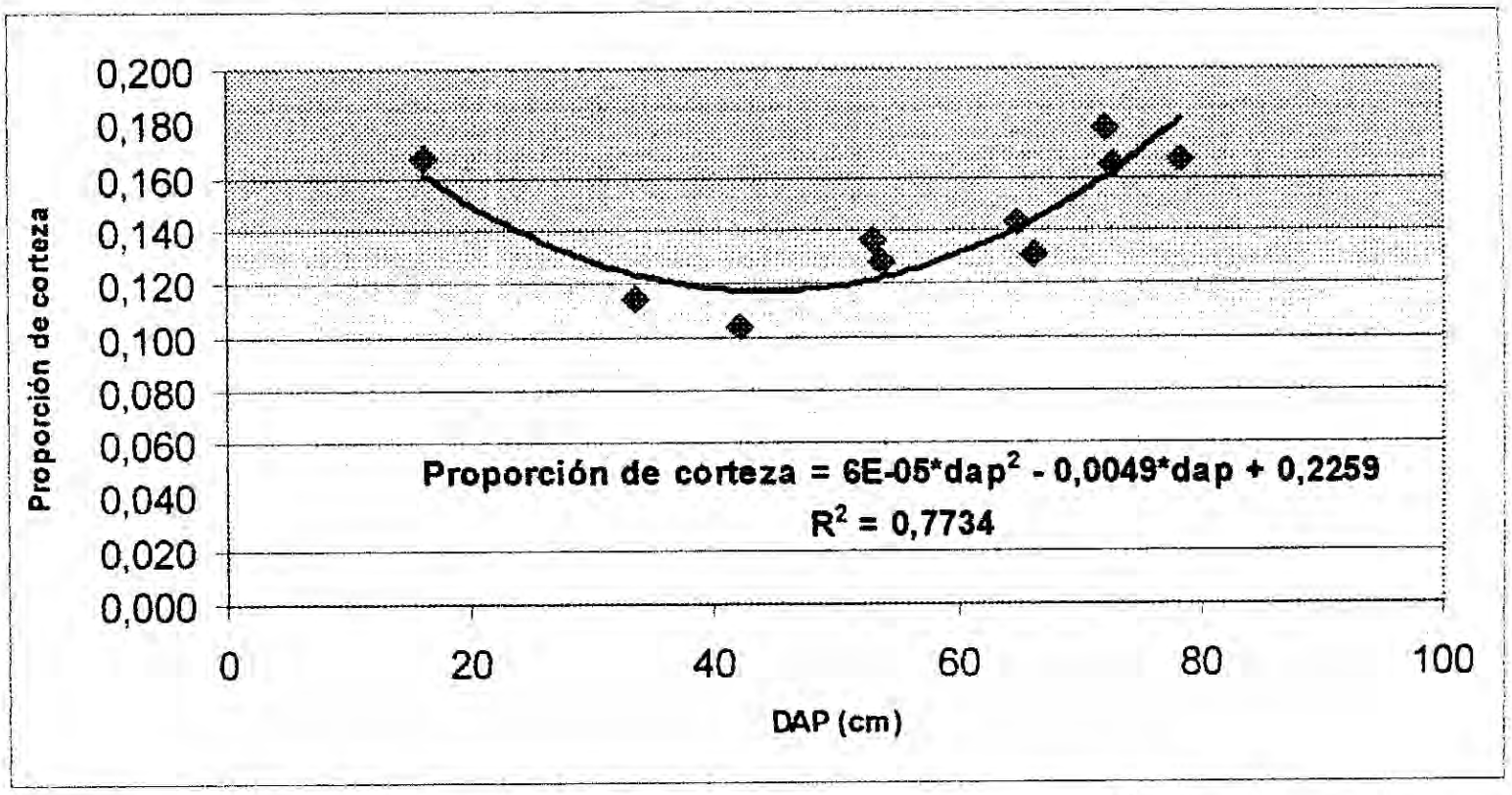
Gráfico 14: Porcentaje de corteza en diámetro según altura



Como se observa, los datos se ajustan a un modelo exponencial negativo con un coeficiente de correlación de 0.96.

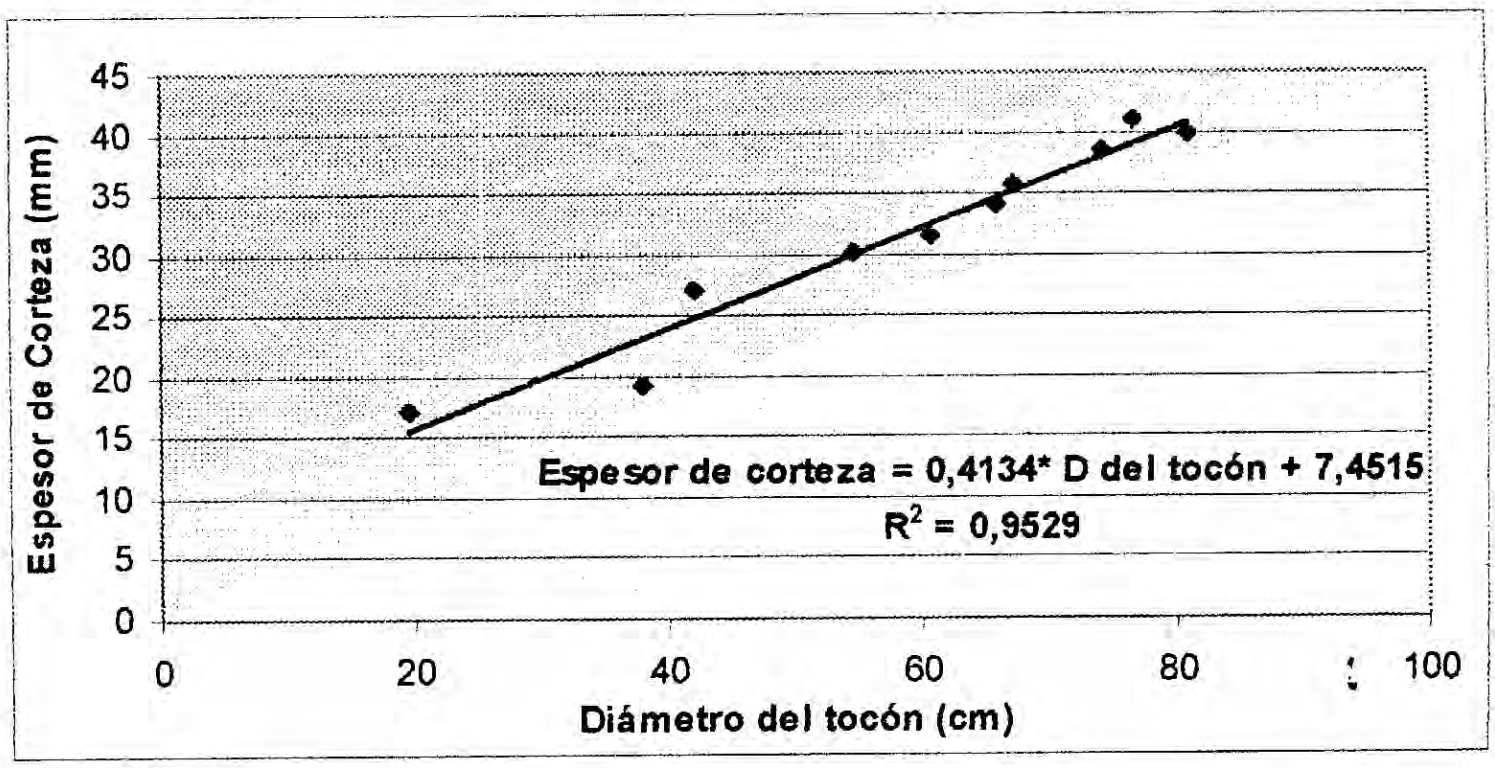
La altura que se presenta en el gráfico, corresponde a la altura comercial. Si se continuara hasta la copa del árbol, el porcentaje de corteza debería aumentar en las porciones apicales del fuste (Sorrentino, 1997).

Gráfico 15: Proporción de corteza en función de *dap*



En el Gráfico 15 se observa la tendencia en la proporción de corteza con la variación de *dap*.

Gráfico 16: Espesor de corteza en función de diámetro a la altura del tocón



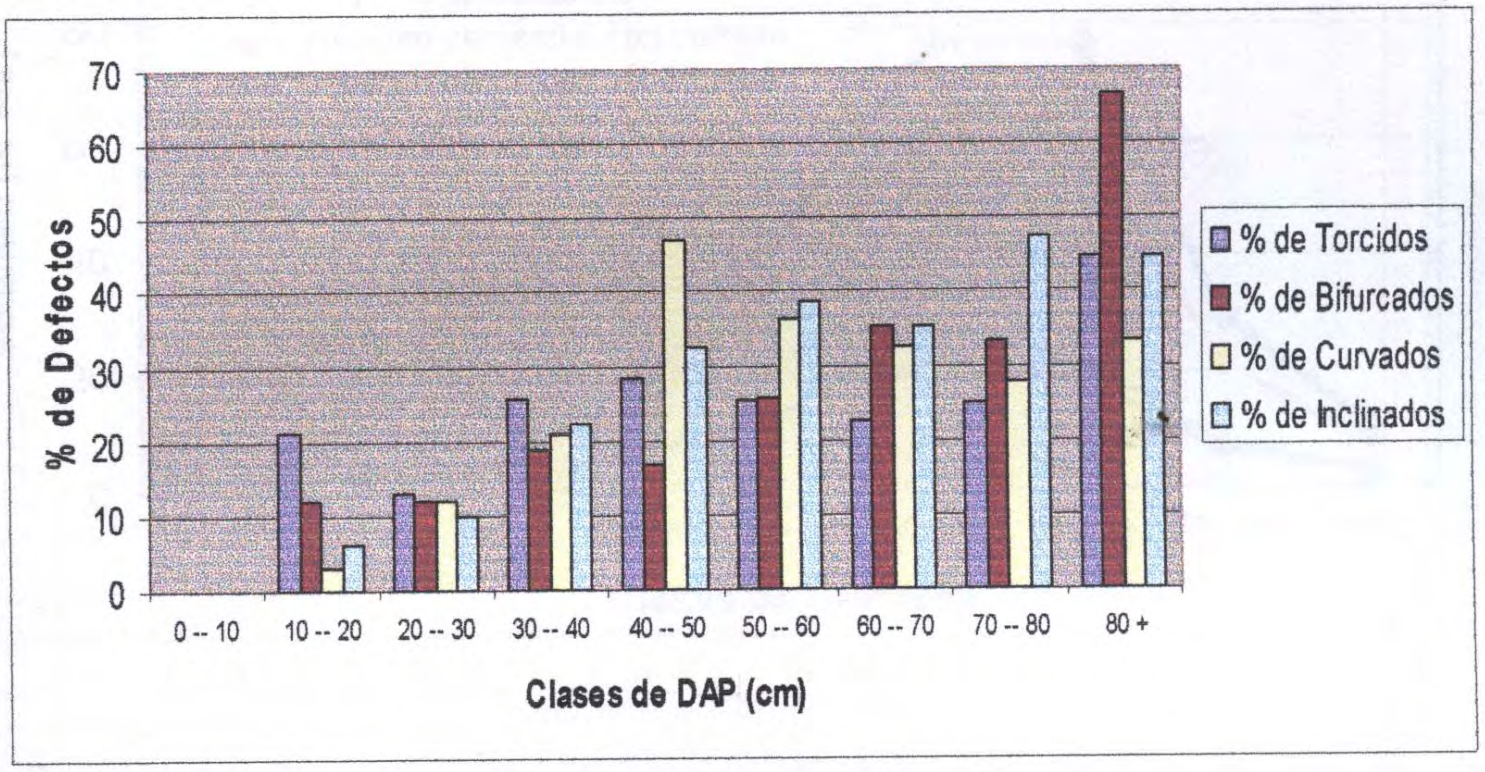
En el Gráfico 16 se muestra la evolución del espesor de la corteza (en términos absolutos) en función del diámetro a 0.30 m del suelo. A pesar que esta regresión fue calculada con un número reducido de datos, el espesor de corteza parece mantener una relación lineal con el diámetro del tocón.

Ambas regresiones se basan en diez observaciones, por lo que sería necesario un mayor número de individuos en la muestra para mejorar los niveles de confianza de los estimadores.

6. Defectos

En el Gráfico 17 se observa la distribución de frecuencias relativas de cada defecto con respecto a las clases diamétricas definidas.

Gráfico 17: Porcentaje de defectos



Se destaca una tendencia general al aumento del porcentaje de defectos con el aumento de la clase diamétrica. Esta tendencia es más notoria en la incidencia de inclinación y bifurcación que en torceduras y fustes curvados; podría asociarse con el historial, la exposición y el anclaje durante el crecimiento de las diferentes clases de tamaño-edad.

Los árboles de mayor tamaño-edad han estado expuestos durante más tiempo a efectos ambientales (*e.g.*, granizo, sequía, viento, descargas eléctricas), por lo cual su probabilidad de sufrir daños es mayor.

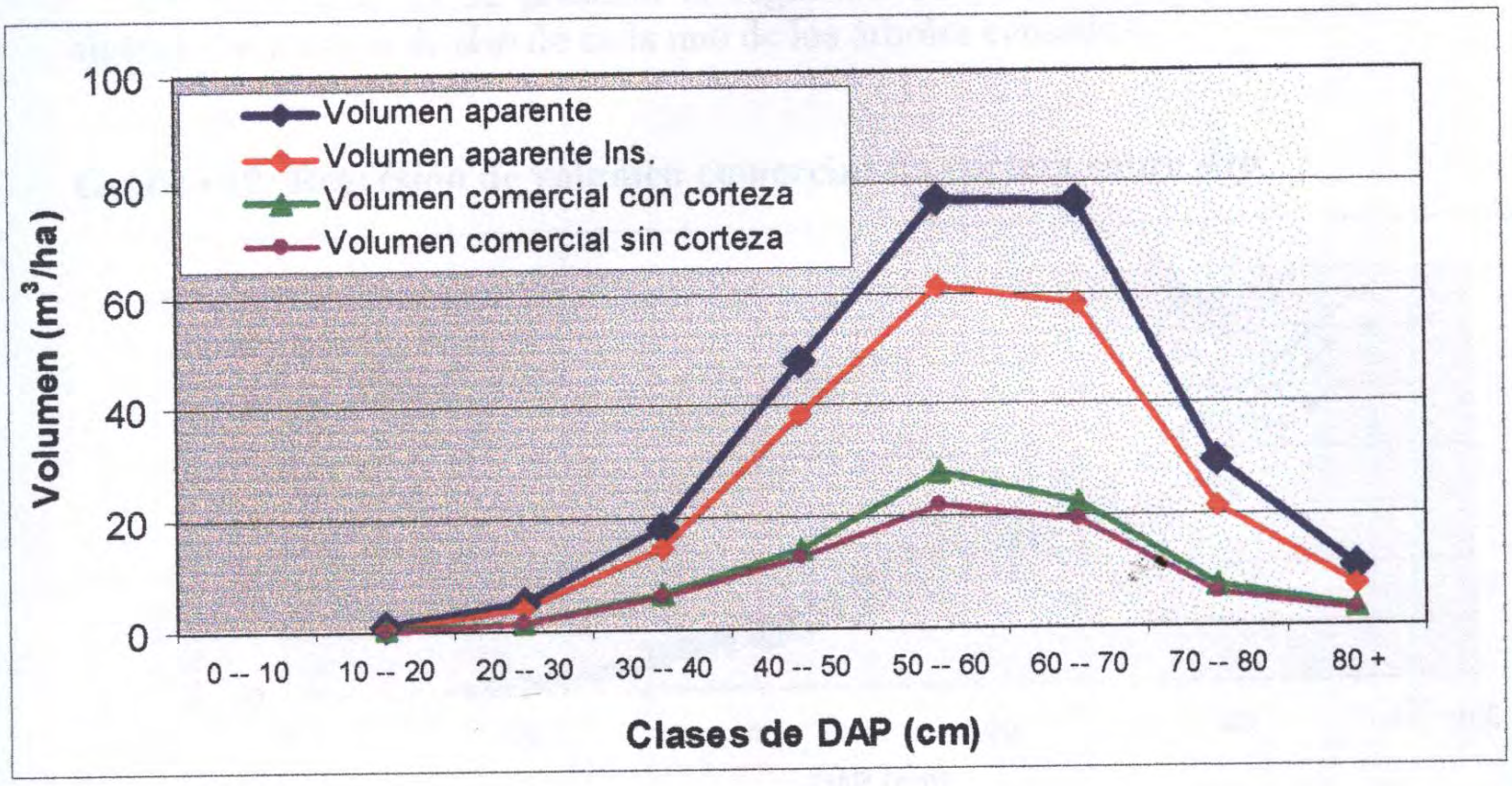
La exposición de las clases de tamaño-edad mayores durante su crecimiento respecto a los vientos dominantes conlleva a una mayor incidencia de defectos. La menor proporción de defectos en la clases menores podría atribuirse a la protección contra el viento que proporcionan los individuos de clases diamétricas y edades mayores.

El anclaje se vincularía principalmente al defecto de inclinación. En un tipo de suelo arenoso liviano, aún los individuos que hubieran crecido con tallos rectos y verticales tienden a inclinarse por efecto del viento y del propio peso de fuste y copa.

7. Volumen

El Gráfico 18 muestra los volúmenes aparentes y comerciales obtenidos en cada clase diamétrica. Observando la evolución de cada uno de los volúmenes, se puede sacar en limpio el efecto de diferentes factores.

Gráfico 18: Volúmenes aparentes y comerciales de cada clase diamétrica



Se observa la interacción de varios efectos, *viz.* las frecuencias de clases diamétricas (Gráfico 7), altura de inserción de la rama viva más baja (Gráfico 11), altura comercial y el efecto de la corteza (Gráfico 13).

En cuanto a volumen aparente y volumen comercial sin corteza, las diferencias observadas fluctúan acorde a los factores de forma de cada clase, que dependieron de los árboles seleccionados.

Tabla 14: Tabla de rodal

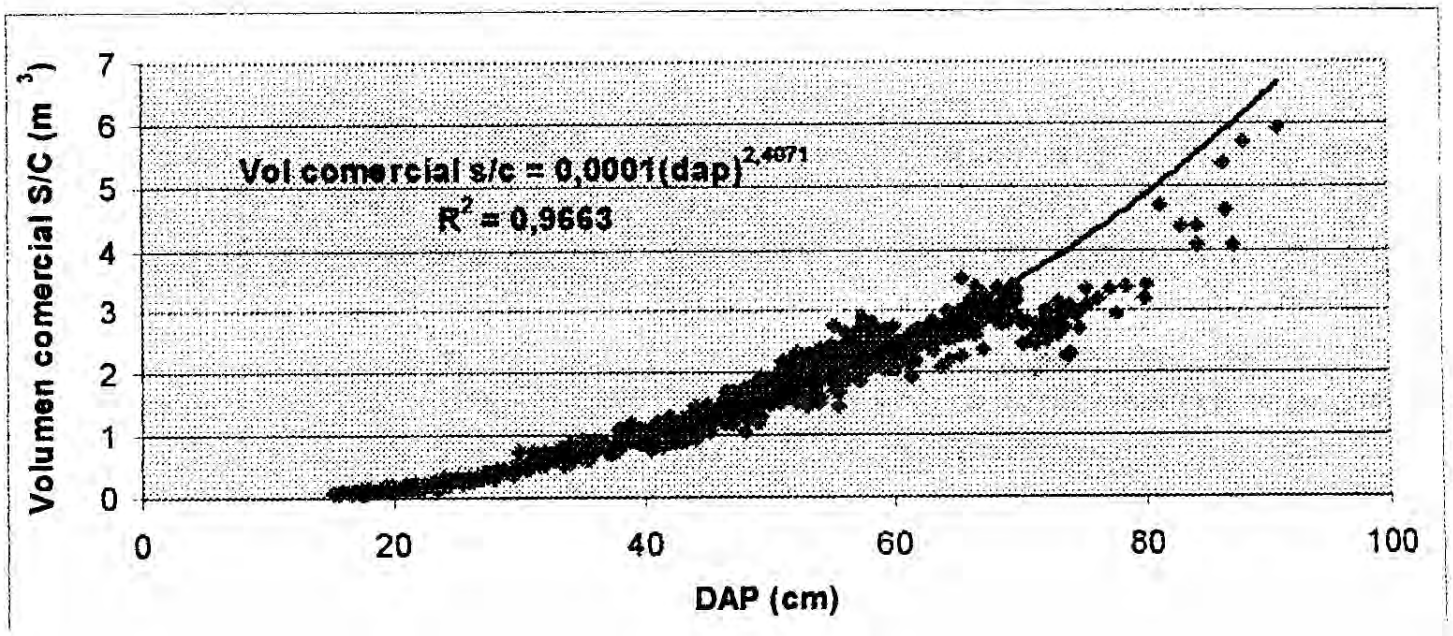
CLASES	Número árboles	*dap* (cm)	H tot. media (m)	H Ins. media (m)	Volumen comercial s/c (m^3/ha)
0 -- 10					
10 -- 20	31	18,0	17,6	14,0	0,206
20 -- 30	87	24,6	21,1	16,6	1,300
30 -- 40	132	34,8	25,9	20,3	5,720
40 -- 50	181	44,7	29,7	23,7	12,713
50 -- 60	185	54,5	31,4	25,0	22,127
60 -- 70	125	64,3	33,1	25,2	19,236
70 -- 80	37	73,1	33,9	24,2	5,969
80 +	10	85,1	32,3	22,1	2,631

La Tabla 14 indica los valores medios del rodal obtenidos del censo, ordenados según la clase diamétrica a la que pertenecen.

a. Tabla de volumen local

En el Gráfico 19 se presenta la regresión de volumen comercial sin corteza ajustada en función de *dap* de cada uno de los árboles censados.

Gráfico 19: Regresión de volumen comercial sin corteza sobre *dap*



El modelo de mejor ajuste fue el potencial, con el que se construyó una tabla de volumen local.

Tabla 15: Tabla Local de Volumen comercial sin corteza de Pino Marítimo

DAP (cm)	Volumen comercial s/c (m^3/arbol)
5	0,0048
15	0,0678
25	0,2317
35	0,5209
45	0,9538
55	1,5461
65	2,3113
75	3,2618
85	4,4086

La Tabla 15 presenta el volumen comercial sin corteza obtenido utilizando el modelo potencial (Gráfico 19) según las marcas de clase de *dap* definidas.

Base de construcción de la Tabla: 788 árboles

Límite promedio de diámetro comercial con corteza: 25 cm

Ajuste analítico: $\mathbf{V = a * (DAP)^b}$

V = Volumen comercial sin corteza (m^3)

DAP = Diámetro a 1.30 cm del suelo (cm)

a = 0,0001

b = 2,4071

r = 0,983

Es = 0,0178

b. Tabla de volumen estándar

Se construyó una tabla de volumen estándar (Tabla 16) de doble entrada, con *dap* y H tot. como variables independientes.

Tabla 16: Tabla estándar de Volumen comercial sin corteza de Pino Marítimo

	Volumen comercial s/c de árbol en m^3					
dap (cm)	H tot = 10 m	H tot = 15 m	H tot = 20 m	H tot = 25 m	H tot = 30 m	H tot = 35 m
5						
15	0,076	0,048	0,014			
25	0,274	0,276	0,292	0,322	0,365	0,422
35	0,552	0,574	0,629	0,719	0,843	1,000
45	0,908	0,940	1,025	1,165	1,358	1,606
55	1,344	1,374	1,479	1,659	1,912	2,240
65		1,878	1,992	2,201	2,504	2,901
75			2,563	2,791	3,133	3,591
85			3,193	3,430	3,801	4,308

Entre los modelos probados, el que presentó mayor coeficiente de correlación, menor error estándar y mejor dispersión de errores residuales, fue el modelo de NASLUND, que se describe a continuación.

Base de construcción de la Tabla: 788 árboles

Límite promedio de diámetro comercial con corteza : 25 cm

Ajuste analítico: $\mathbf{V = a * DAP^2 - b * DAP^2 * H\ tot. + c * DAP * H\ tot.^2 - d * H\ tot.^2}$

V =	Volumen comercial sin corteza (m^3)
DAP =	Diámetro a 1.30 cm del suelo (cm)
H tot =	Altura total del árbol (m)
a =	4,98E-04
b =	1,03E-05
c =	4,04E-05
d =	7,36E-04
r =	0,986
Es =	0,1606

Se debe destacar que este modelo es válido para rodales de *P. pinaster* que presenten valores de *dap* superiores a 10 cm.

c. Comparación de tablas de volumen

Si se cotejan ambas tablas de volumen, local y estándar, la más apta para su utilización seria la tabla de volumen local; su error estándar es casi diez veces menor al de la tabla de volumen estándar. A esto se agrega una mayor practicidad, ya que se puede estimar volumen comercial sin corteza a partir del *dap*, sin necesidad de medir altura.

B. SELECCIÓN

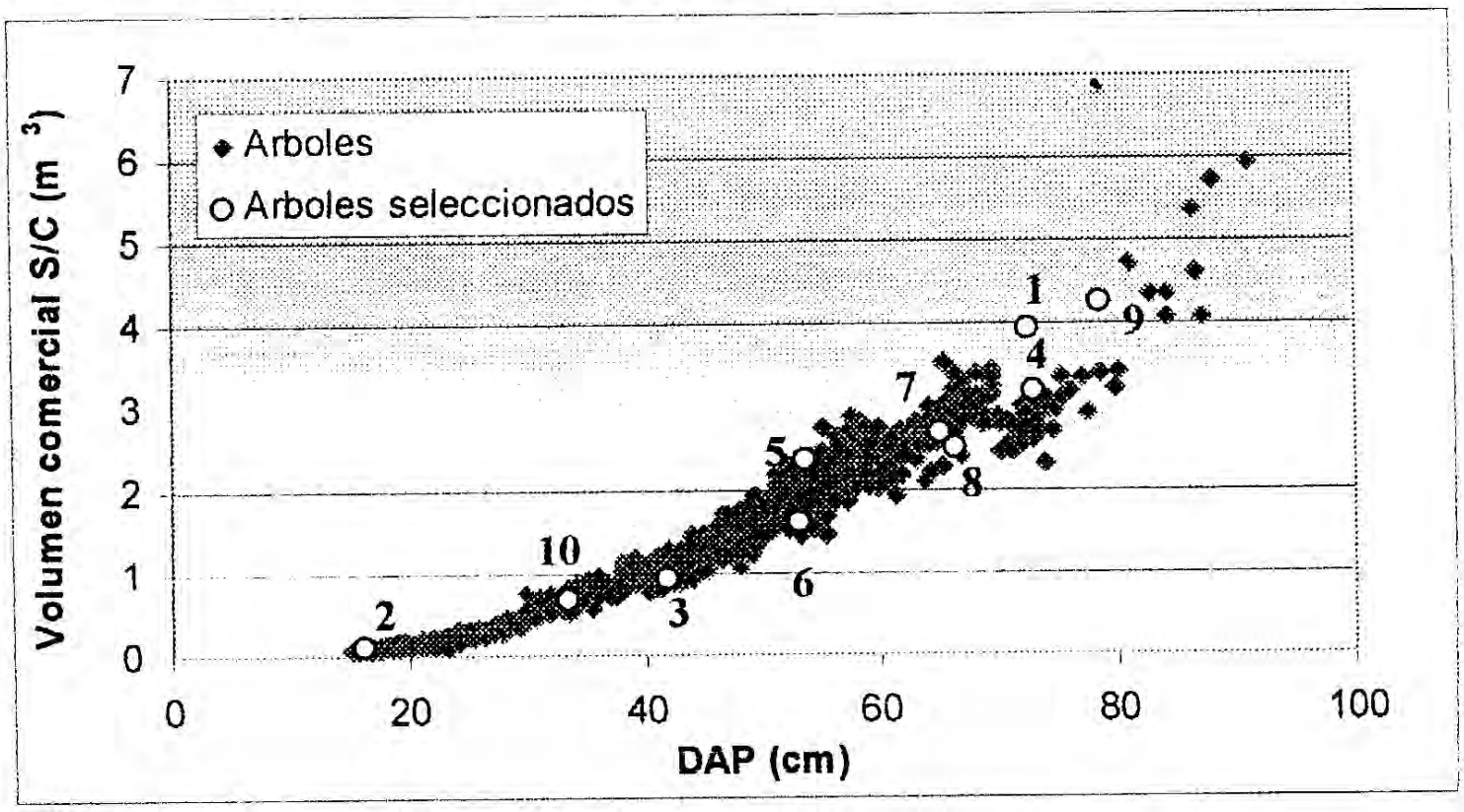
A continuación se presenta una ficha de cada uno de los árboles seleccionados, incluyendo información detallada de cada uno de estos. Se cuenta con 10 árboles definidos como árboles candidato.

A partir de la selección y recolección de semilla se cuenta con germoplasma identificado de cada uno de los árboles seleccionados, el cual se puede definir como procedencia Parque F. D. Roosevelt.

La información que se presenta a continuación para cada uno de los ejemplares fue extraída del censo poblacional y del análisis de tallo.

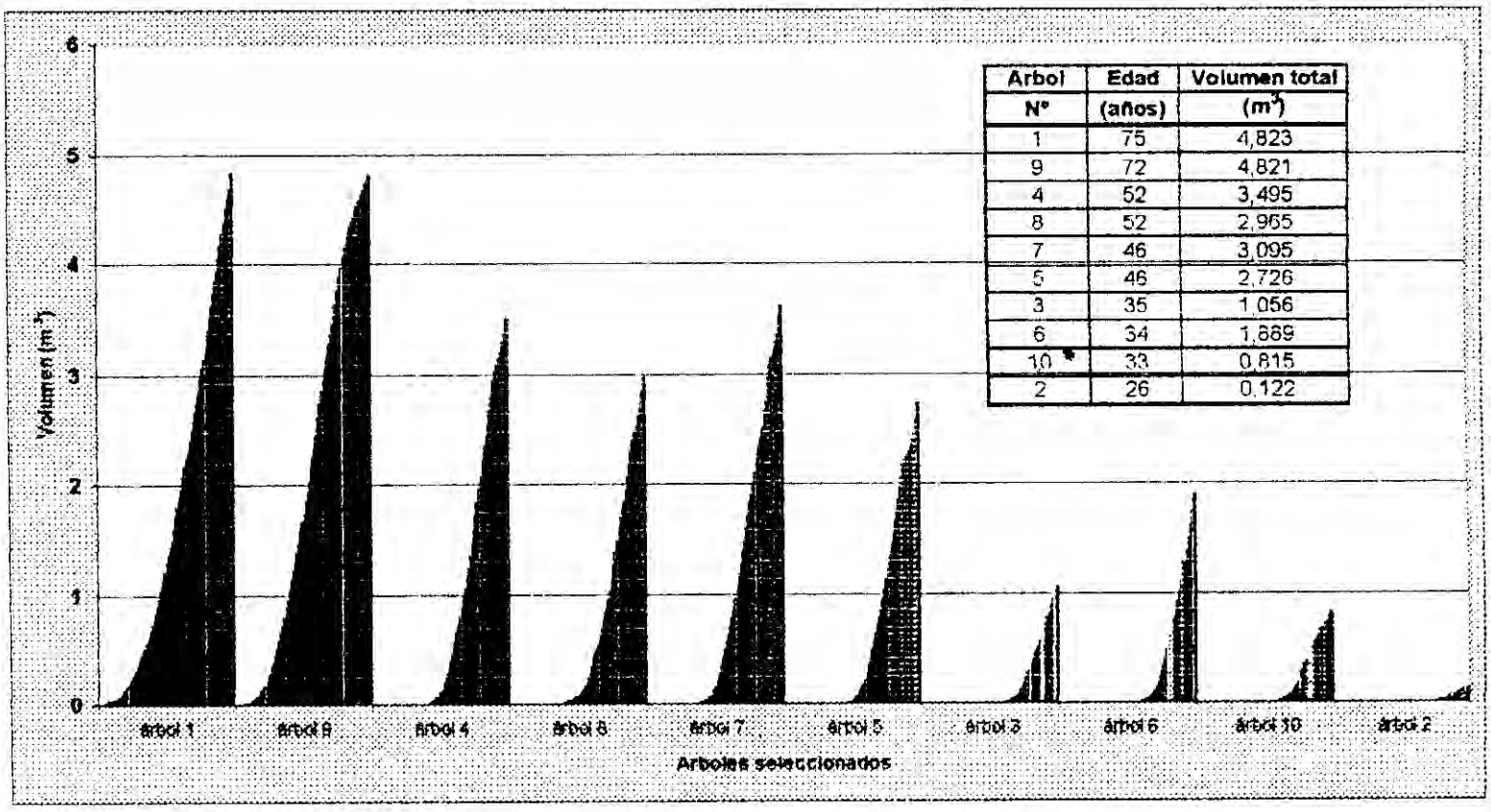
En el Gráfico 20 se presentan volúmenes comerciales sin corteza de los individuos seleccionados junto con valores del resto del rodal.

Gráfico 20: Árboles seleccionados dentro del rodal.



El Gráfico 21 exhibe los volúmenes acumulados de cada uno de los árboles seleccionados, en orden decreciente de edad. Se observaron diferencias en tasa de crecimiento entre individuos de una misma clase de edad. Por ejemplo, el volumen acumulado del árbol 6 es mayor en comparación con el de los árboles 3 y 10; del mismo modo, el árbol 7 presenta un volumen acumulado superior al del árbol 8, de mayor edad.

Gráfico 21: Volumen acumulado de los árboles seleccionados



Arbol N°	Edad (años)	Volumen total (m^3)
1	75	4,823
9	72	4,821
4	52	3,495
8	52	2,965
7	46	3,095
5	46	2,726
3	35	1,056
6	34	1,869
10	33	0,815
2	26	0,122

Estos resultados sugieren que no se puede establecer una relación directa entre volumen y edad.

1. Fichas de registro de individuos seleccionados

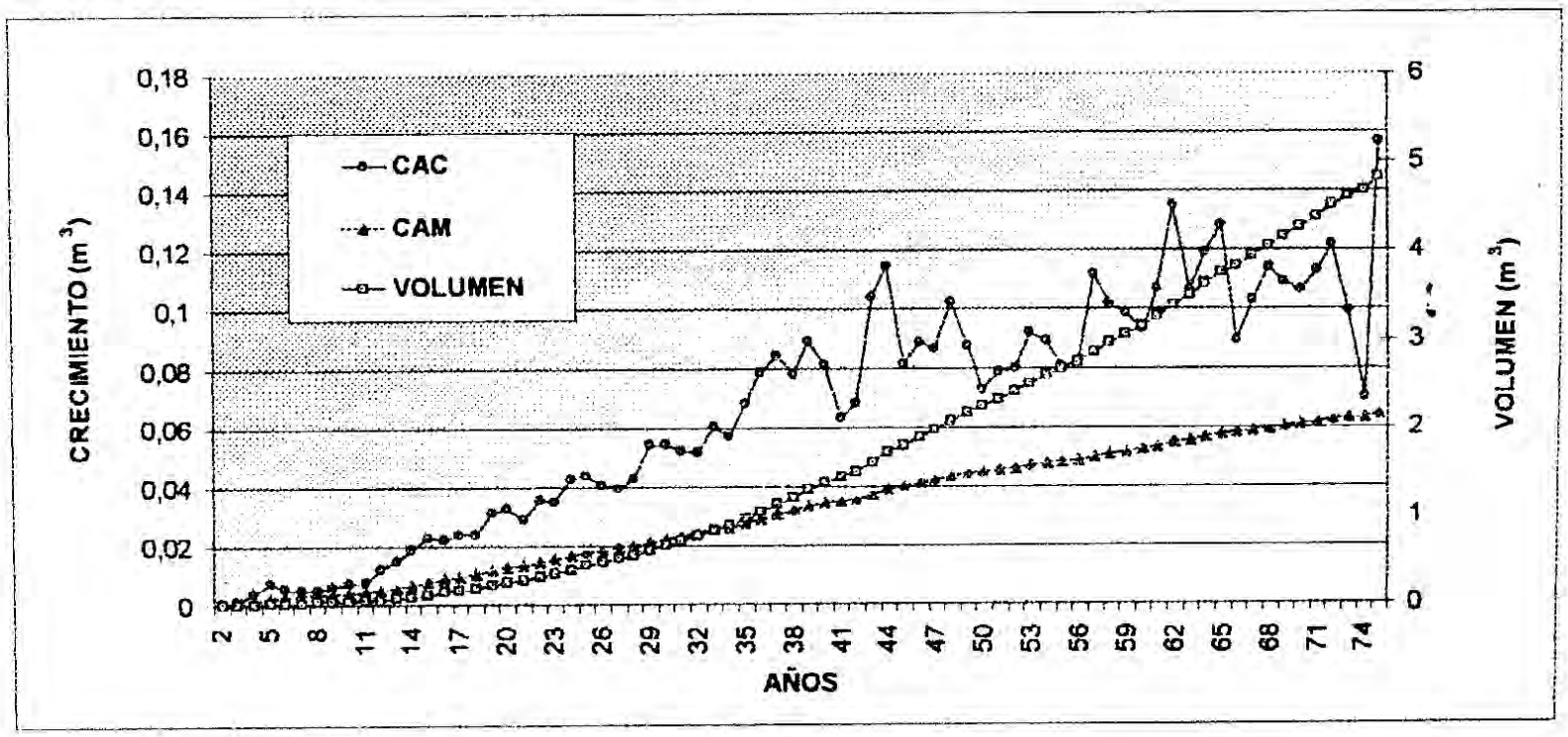
Cuadro 3: Ficha de registro árbol 1

Institución	Facultad de Agronomía
Evaluador	Alejandro Venturino
Fecha	15 de Setiembre 2002
Especie	*Pinus pinaster*
Localidad	Canelones - Parque F. D Roosvelt
Plantación	FRACCION 2A Parque F. D Roosvelt
Zona *	3
N° de árbol	1
Edad	76 años
dap	72 cm
H tot.	34 m
H Ins.**	26 m
Defectos	No presenta
IMA volumen	0,0669543 m^3/año

* Ver Figura 8.

** Altura de inserción de la rama viva inferior.

Gráfico 22: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 1.



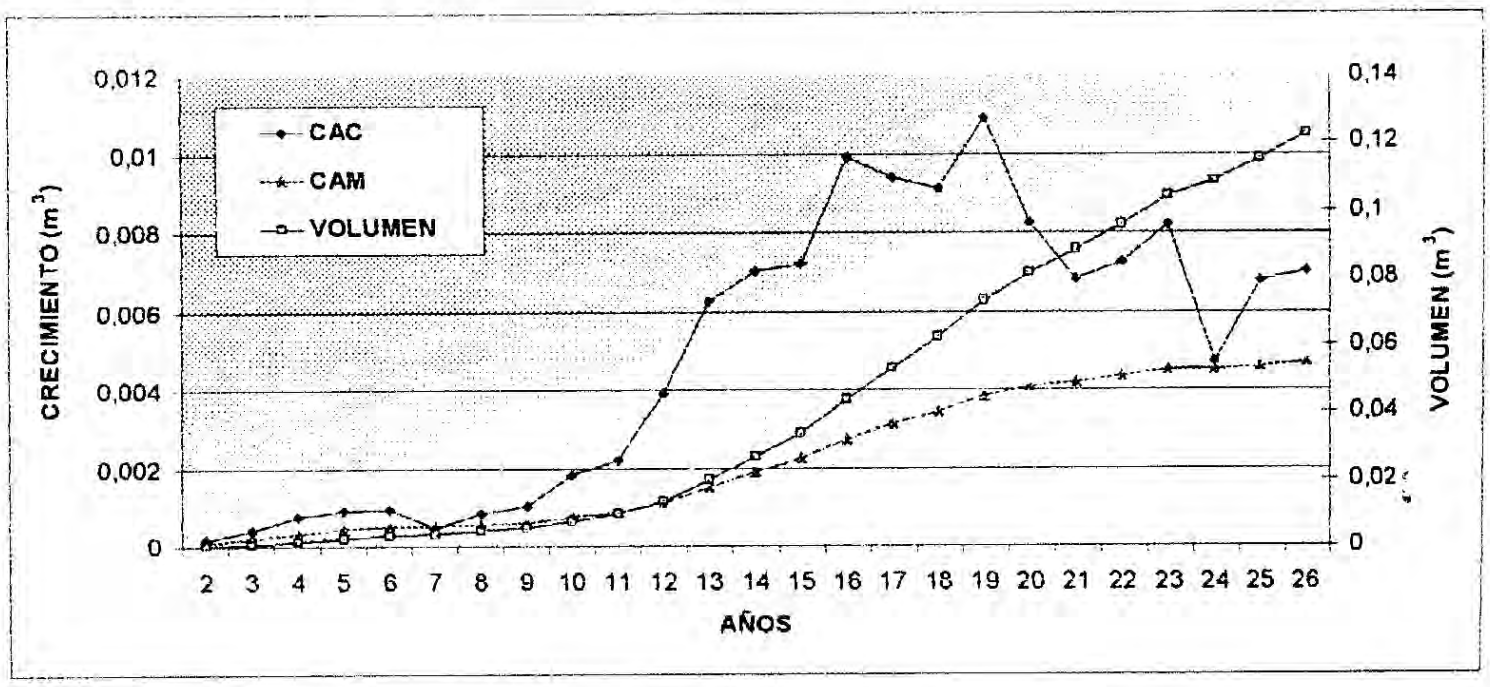
Cuadro 4: Ficha de registro árbol 2

Institución	Facultad de Agronomía
Evaluador	Alejandro Venturino
Fecha	15 de Setiembre 2002
Especie	*Pinus pinaster*
Localidad	Canelones – Parque F. D Roosvelt
Plantación	FRACCION 2A Parque F. D Roosvelt
Zona *	5.2
N° de árbol	2
Edad	27 años
dap	16 cm
H tot.	19 m
H Ins.**	13 m
Defectos	Curvado
IMA volumen	0,0047014 m^3/año

* Ver Figura 8.

** Altura de inserción de la rama viva inferior.

Gráfico 23: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 2



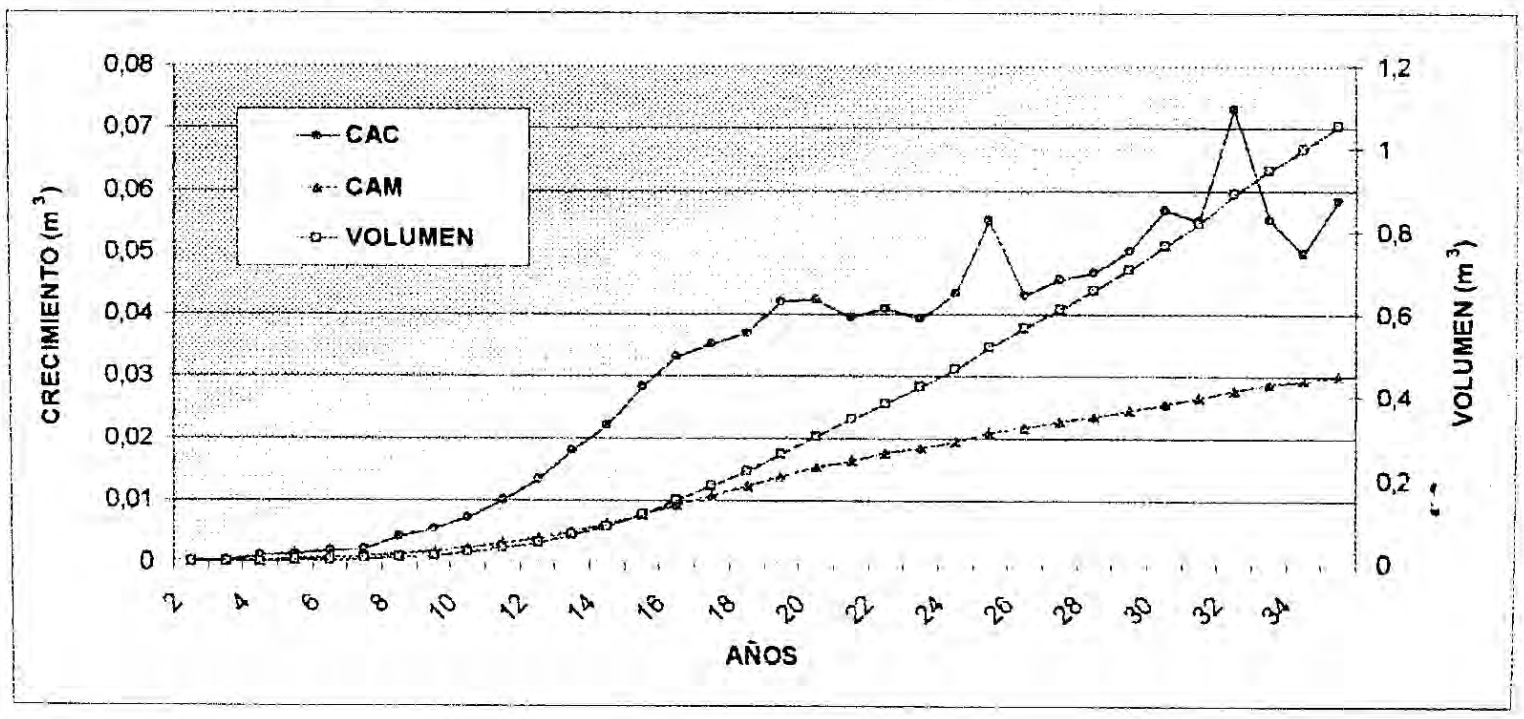
Cuadro 5: Ficha de registro de árbol 3

Institución	Facultad de Agronomia
Evaluador	Alejandro Venturino
Fecha	15 de Setiembre 2002
Especie	*Pinus pinaster*
Localidad	Canelones – Parque F. D Roosvelt
Plantación	FRACCION 2A Parque F. D Roosvelt
Zona *	Regeneración
N° de árbol	3
Edad	36 años
Dap	42 cm
H tot.	25 m
H Ins.**	20 m
Defectos	No presenta
IMA volumen	0,0301599 m^3/año

* Ver Figura 8.

** Altura de inserción de la rama viva inferior.

Gráfico 24: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 3



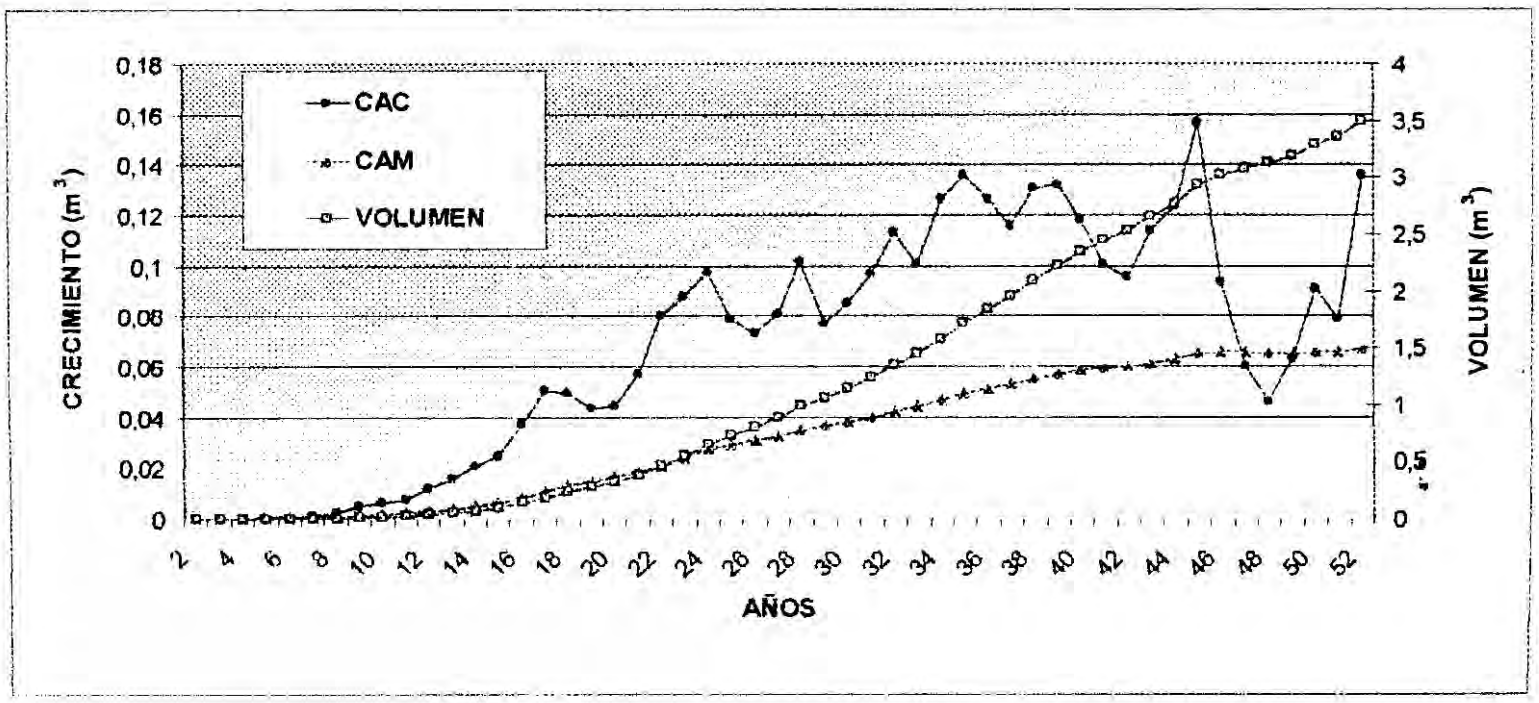
Cuadro 6: Ficha de registro de árbol 4

Institución	Facultad de Agronomía
Evaluador Fecha	Alejandro Venturino 15 de Setiembre 2002
Especie	*Pinus pinaster*
Localidad	Canelones – Parque F. D Roosvelt
Plantación	FRACCION 2A Parque F. D Roosvelt
Zona *	3
N° de árbol	4
Edad	53 años
Dap	73 cm
H tot.	38 m
H Ins.**	24 m
Defectos	No presenta
IMA volumen	0,0672103 m^3/año

* Ver Figura 8.

** Altura de inserción de la rama viva inferior.

Gráfico 25: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 4



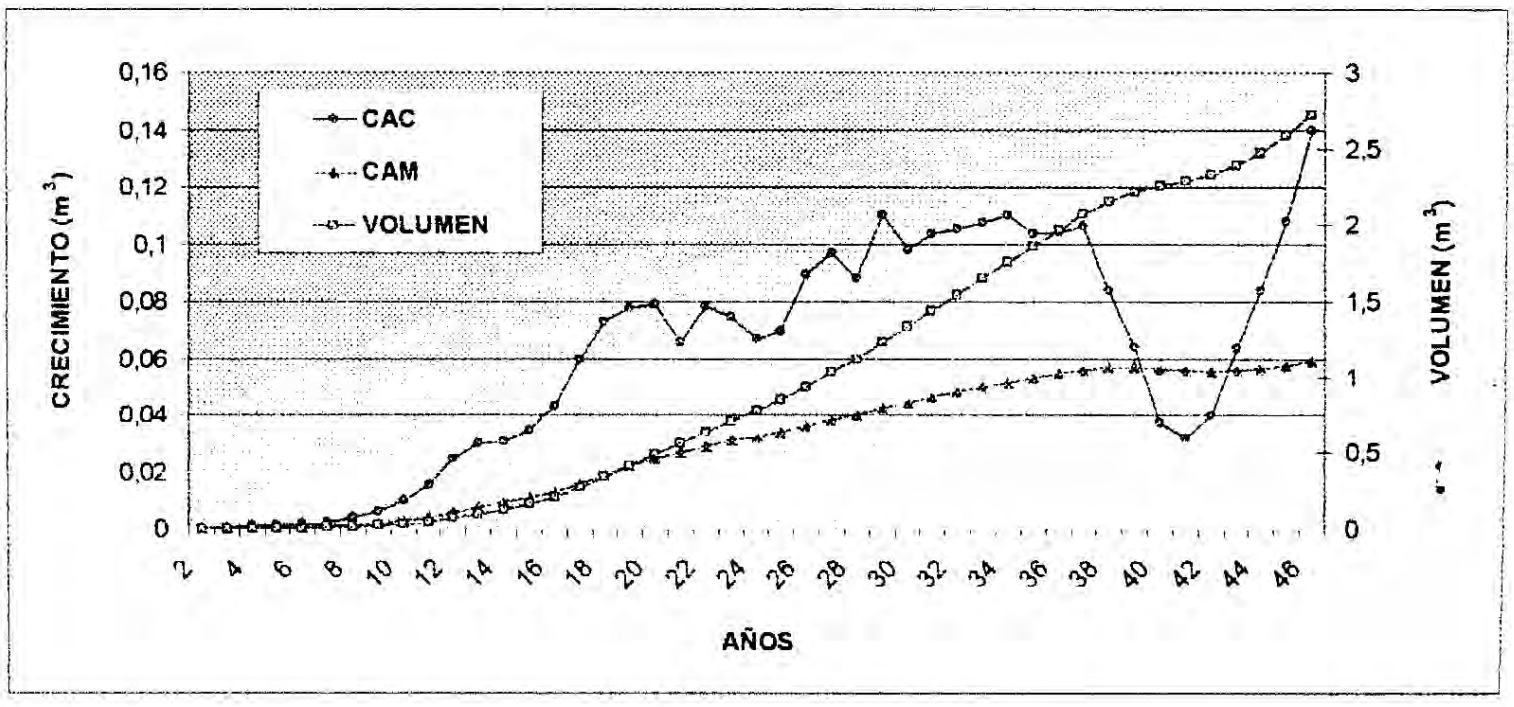
Cuadro 7: Ficha de registro de árbol 5

Institución	Facultad de Agronomía
Evaluador	Alejandro Venturino
Fecha	15 de Setiembre 2002
Especie	*Pinus pinaster*
Localidad	Canelones – Parque F. D Roosvelt
Plantación	FRACCION 2A Parque F. D Roosvelt
Zona *	3
N° de árbol	5
Edad	47 años
Dap	54 cm
H tot.	36 m
H Ins.**	26 m
Defectos	No presenta
IMA volumen	0,0592698 m^3/año

* Ver Figura 8.

** Altura de inserción de la rama viva inferior.

Gráfico 26: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 5



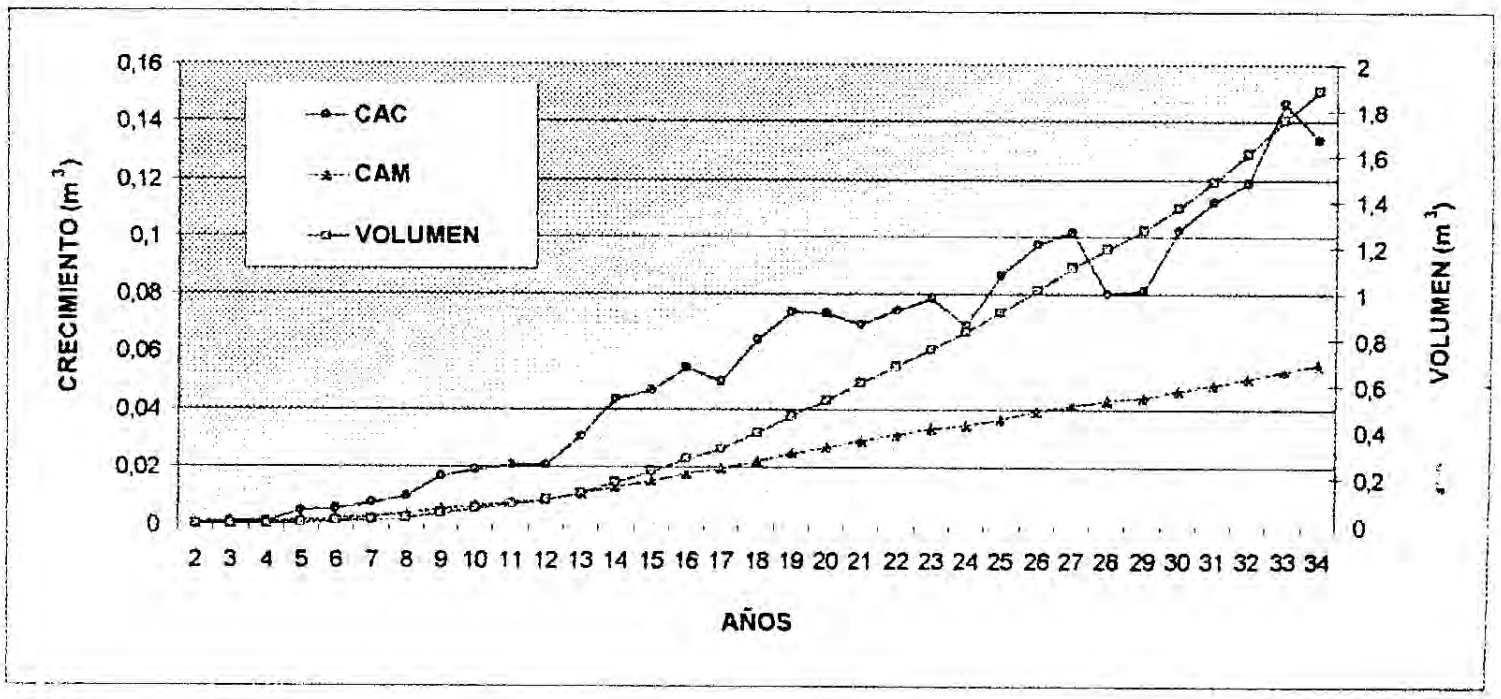
Cuadro 8: Ficha de registro de árbol 6

Institución	Facultad de Agronomía
Evaluador	Alejandro Venturino
Fecha	15 de Setiembre 2002
Especie	*Pinus pinaster*
Localidad	Canelones – Parque F. D Roosvelt
Plantación	FRACCION 2A Parque F. D Roosvelt
Zona *	Regeneración
N° de árbol	6
Edad	35 años
Dap	53 cm
H tot.	30 m
H Ins.**	21 m
Defectos	No presenta
IMA volumen	0,0555657 m^3/año

* Ver Figura 8.

** Altura de inserción de la rama viva inferior.

Gráfico 27: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 6



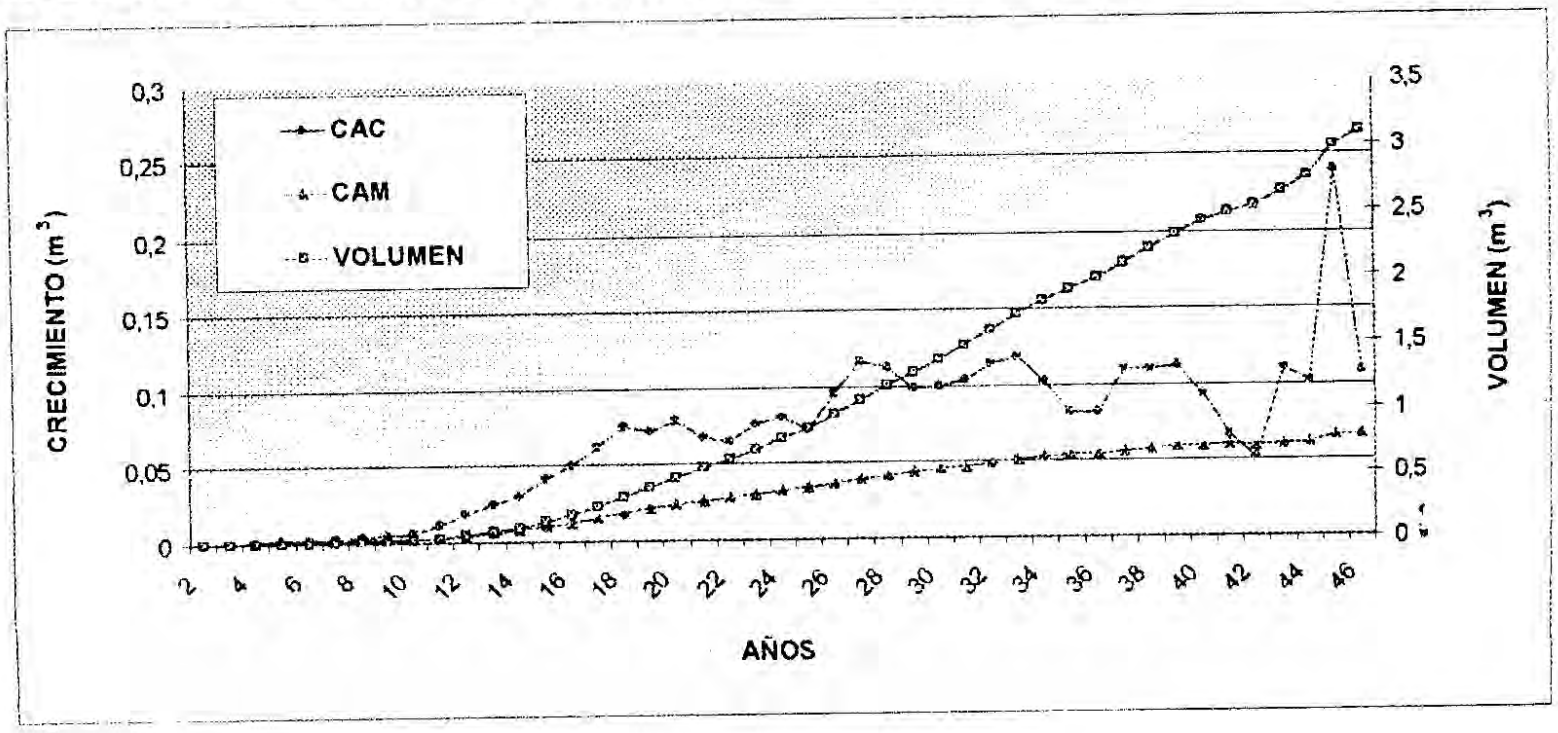
Cuadro 9: Ficha de registro de árbol 7

Institución	Facultad de Agronomía
Evaluador	Alejandro Venturino
Fecha	15 de Setiembre 2002
Especie	*Pinus pinaster*
Localidad	Canelones – Parque F. D Roosvelt
Plantación	FRACCION 2A Parque F. D Roosvelt
Zona *	2
N° de árbol	7
Edad	47 años
dap	65 cm
H tot.	32 m
H Ins.**	24 m
Defectos	No presenta
IMA volumen	0,065844 m^3/año

* Ver Figura 8.

** Altura de inserción de la rama viva inferior.

Gráfico 28: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 7



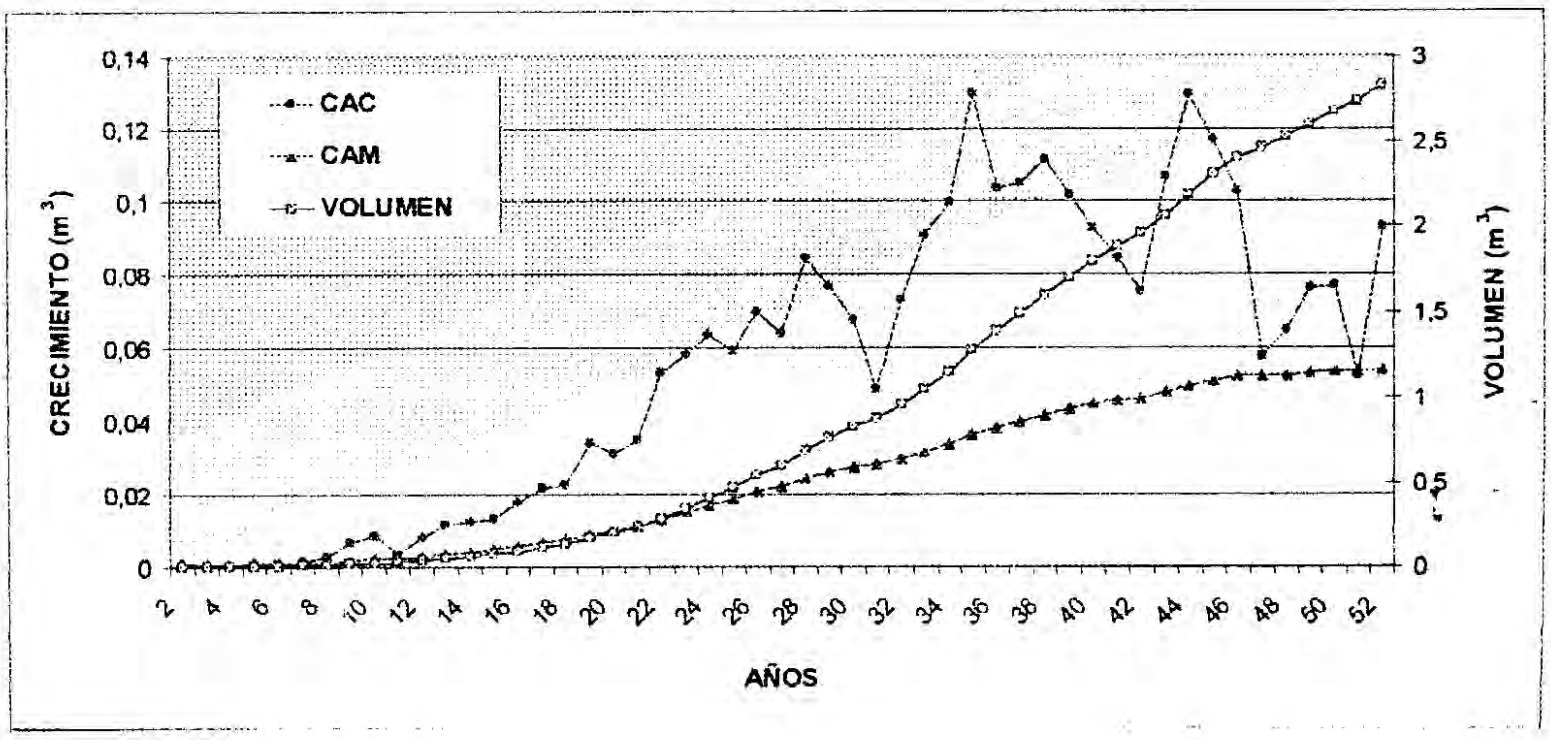
Cuadro 10: Ficha de registro de árbol 8

Institución	Facultad de Agronomía
Evaluador	Alejandro Venturino
Fecha	15 de Setiembre 2002
Especie	*Pinus pinaster*
Localidad	Canelones – Parque F. D Roosvelt
Plantación	FRACCION 2A Parque F. D Roosvelt
Zona *	3
N° de árbol	8
Edad	53 años
dap	66 cm
H tot.	39 m
H Ins.**	25 m
Defectos	No presenta
IMA volumen	0,0570222 m^3/año

* Ver Figura 8.

** Altura de inserción de la rama viva inferior.

Gráfico 29: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 8



Cuadro 11: Ficha de registro de árbol 9

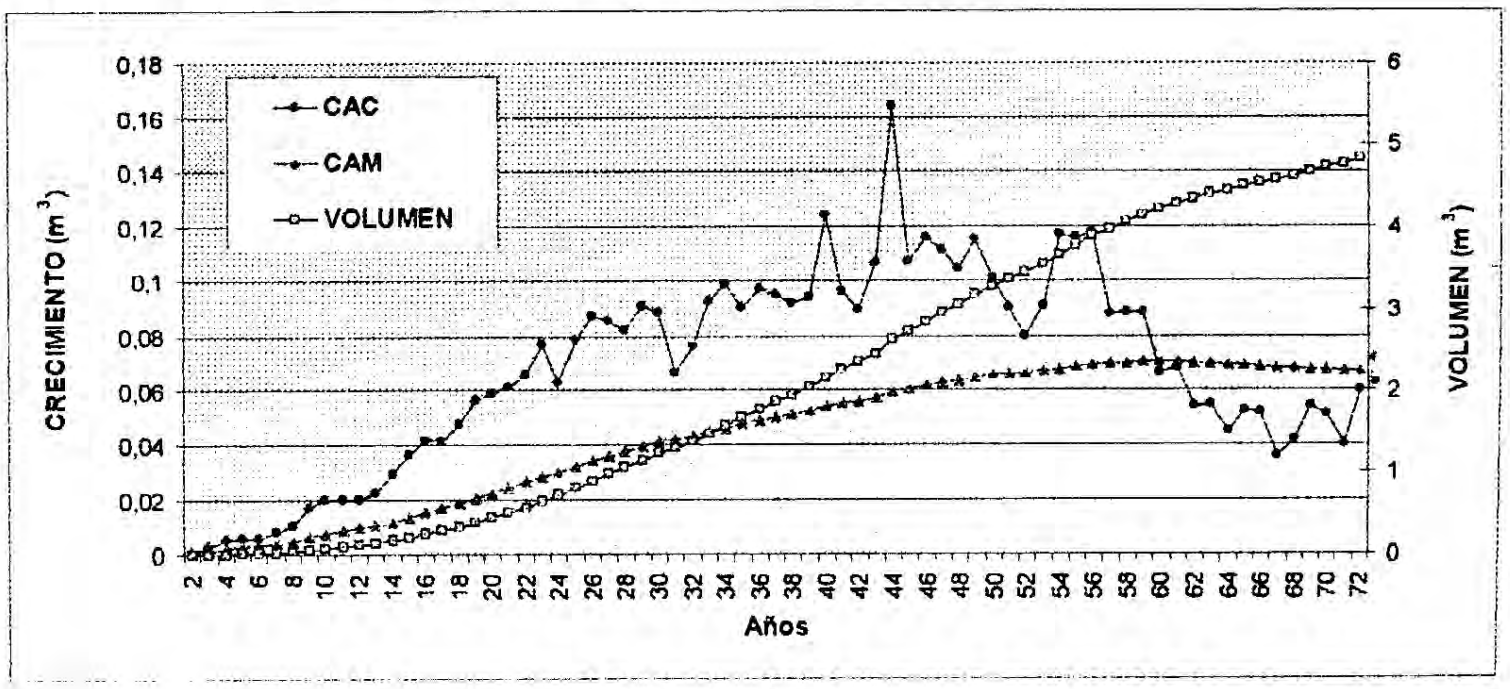
Institución	Facultad de Agronomía
Evaluador	Alejandro Venturino
Fecha	15 de Setiembre 2002
Especie	*Pinus pinaster*
Localidad	Canelones – Parque F. D Roosvelt
Plantación	FRACCION 2A Parque F. D Roosvelt
Zona *	1
N° de árbol	9
Edad	73 años
dap	78 cm
H tot.	35 m
H Ins.**	30 m
Defectos	Presenta defectos
IMA volumen	0,0643043 m^3/año

* Ver Figura 8.

** Altura de inserción de la rama viva inferior.

Este ejemplar presentaba torceduras, combado, inclinación y bifurcación. A pesar de esto fue seleccionado por su alto valor en H Ins.

Gráfico 30: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 9



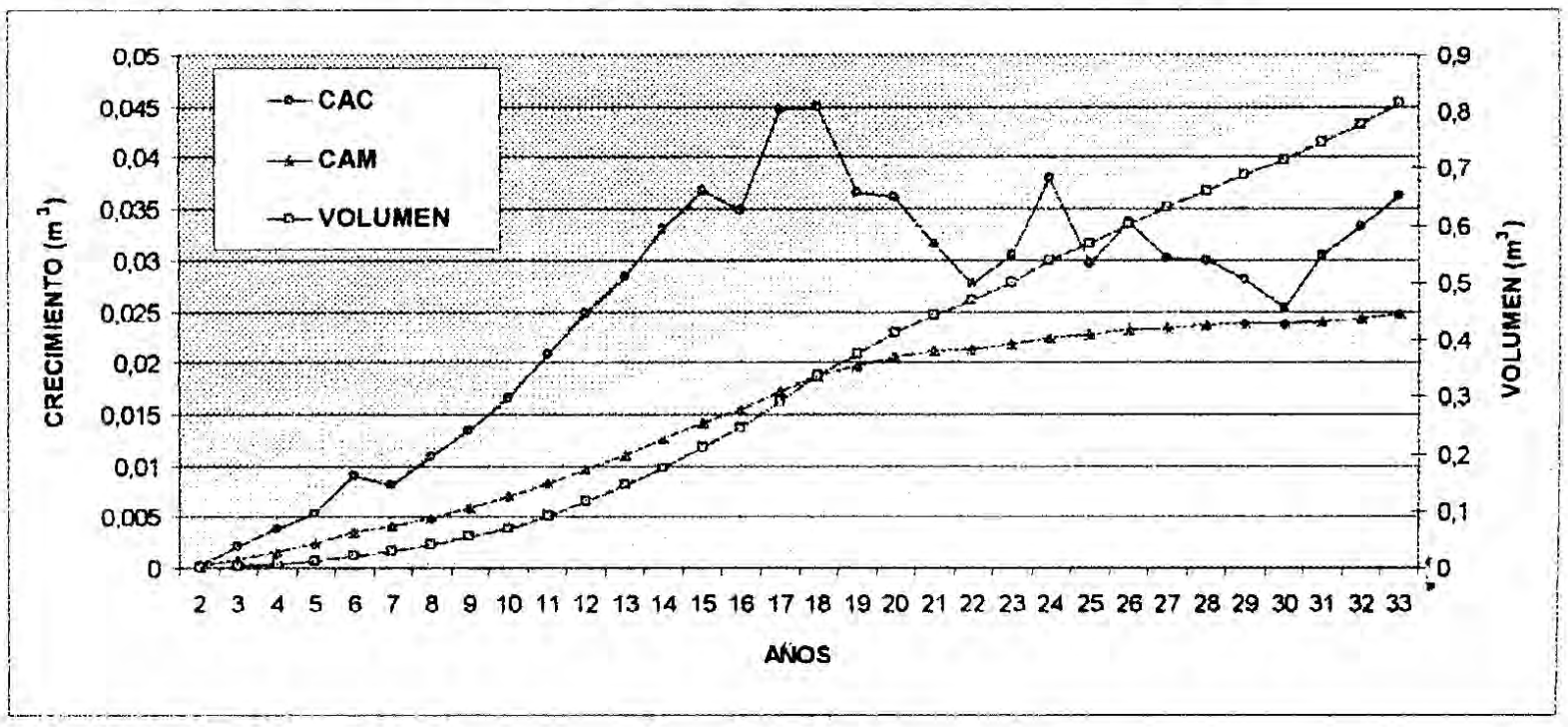
Cuadro 12: Ficha de registro de árbol 10

Institución	Facultad de Agronomía
Evaluador	Alejandro Venturino
Fecha	15 de Setiembre 2002
Especie	*Pinus pinaster*
Localidad	Canelones – Parque F. D Roosvelt
Plantación	FRACCION 2A Parque F. D Roosvelt
Zona *	Regeneración
Nº de árbol	10
Edad	34 años
dap	34 cm
H tot.	25 m
H Ins.**	22 m
Defectos	No presenta
IMA volumen	0,0247064 m^3/año

* Ver Figura 8.

** Altura de inserción de la rama viva inferior.

Gráfico 31: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 10



La información de las fichas permite realizar una segunda selección entre los árboles candidato. Para cada generación identificada (plantación y grupos coetáneos de primera y segunda repoblación natural), se podrían seleccionar como los individuos con mayores crecimientos a los árboles 1, 4, 7 y 6.

A continuación se presenta una serie de gráficos, entre los que se procura comparar el promedio de volumen acumulado para edades de 30 y 35 años, del conjunto de árboles seleccionados con el volumen acumulado, estimado por Bonilla (1964) mediante análisis de tallo de tres árboles tipo, uno de 30 y dos de 35 años de edad.

Gráfico 32: Promedio de volumen acumulado de árboles seleccionados a la edad de 30 años

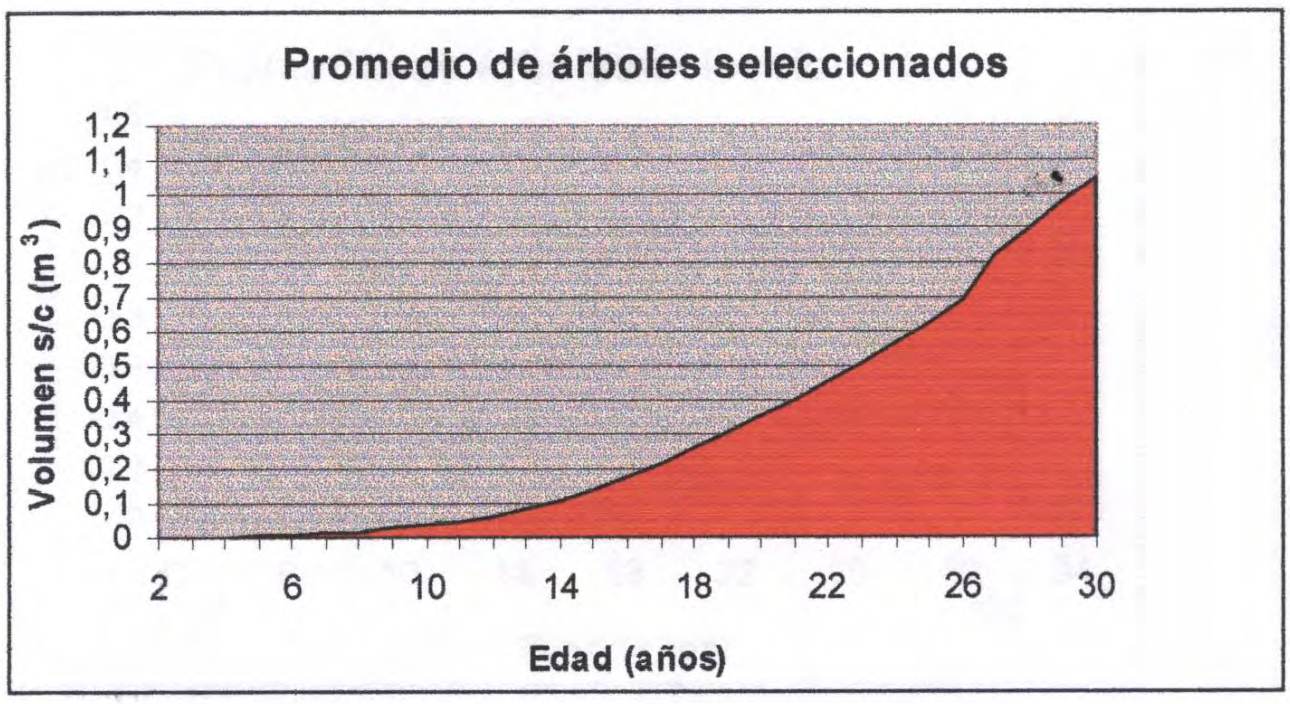
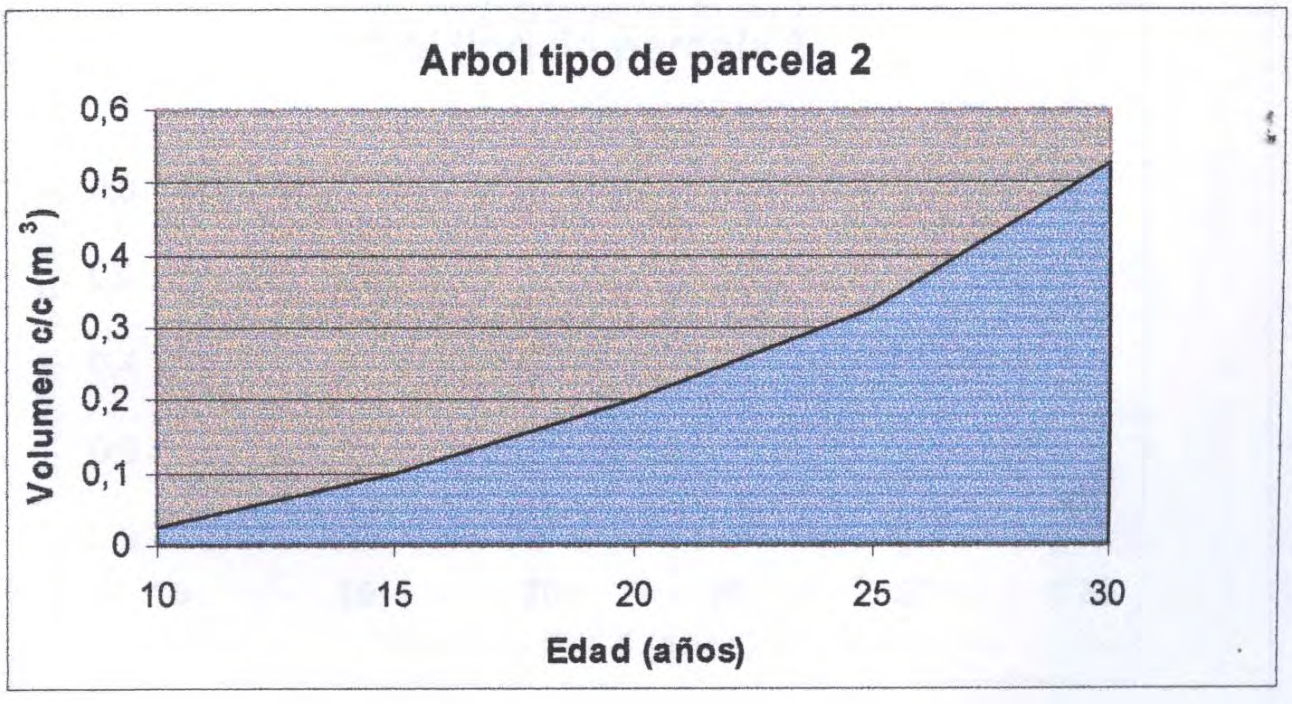


Gráfico 33: Volumen acumulado de árbol tipo de 30 años de edad; Bonilla, 1964



Si se compara el Gráfico 32 con el Gráfico 33, se observa la superioridad en volumen acumulado del promedio de árboles seleccionados frente al árbol tipo analizado por Bonilla (1964) a la edad de 30 años.

El volumen acumulado promedio de árboles seleccionados es superior en un 99 por ciento, casi el doble que el del árbol tipo. A esto se agrega que el volumen acumulado del promedio de la selección es sin corteza, en tanto que el volumen del árbol tipo es con corteza; si se agregara la corteza a los datos de árboles seleccionados, estos tendrían un volumen superior al doble del árbol tipo para los primeros 30 años de vida.

Gráfico 34: Promedio de volumen acumulado en árboles seleccionados a la edad de 35 años

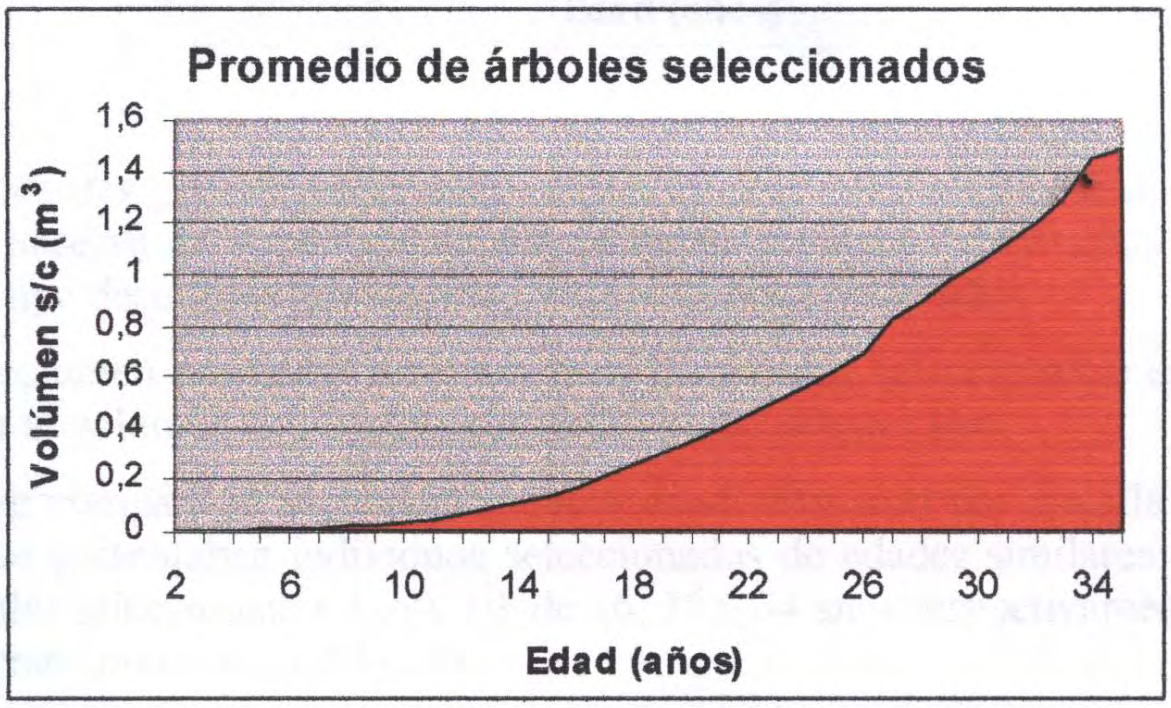


Gráfico 35: Volumen acumulado de árbol tipo de 35 años de edad; Bonilla, 1964

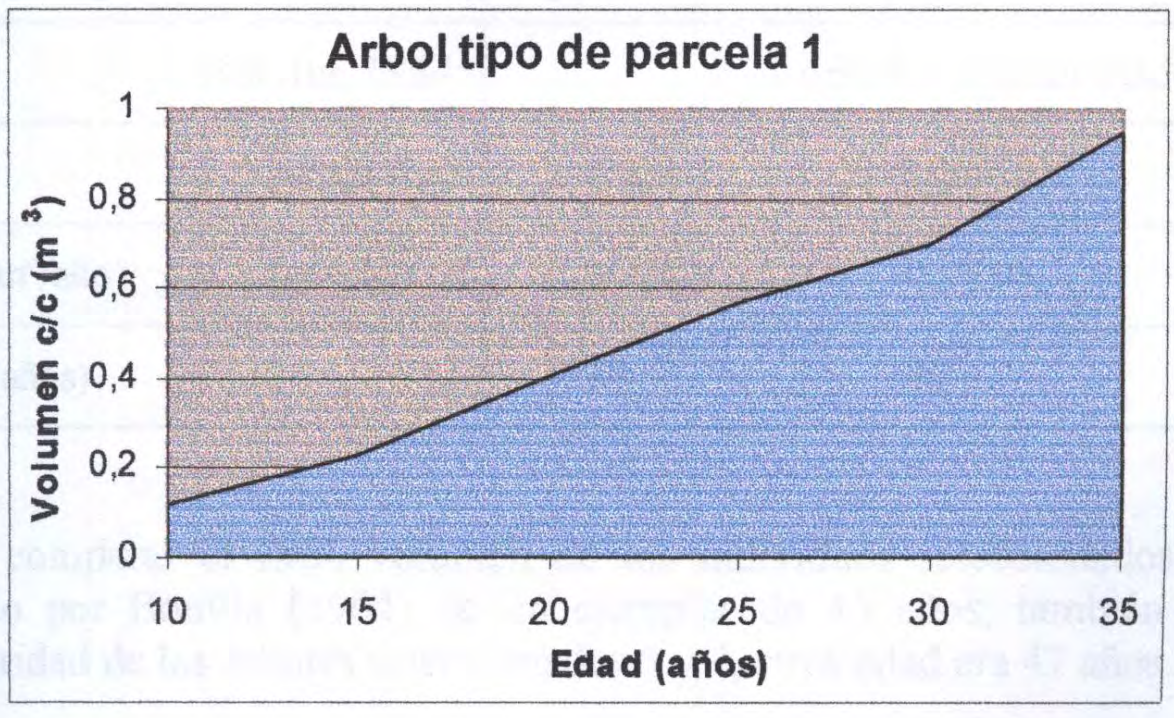
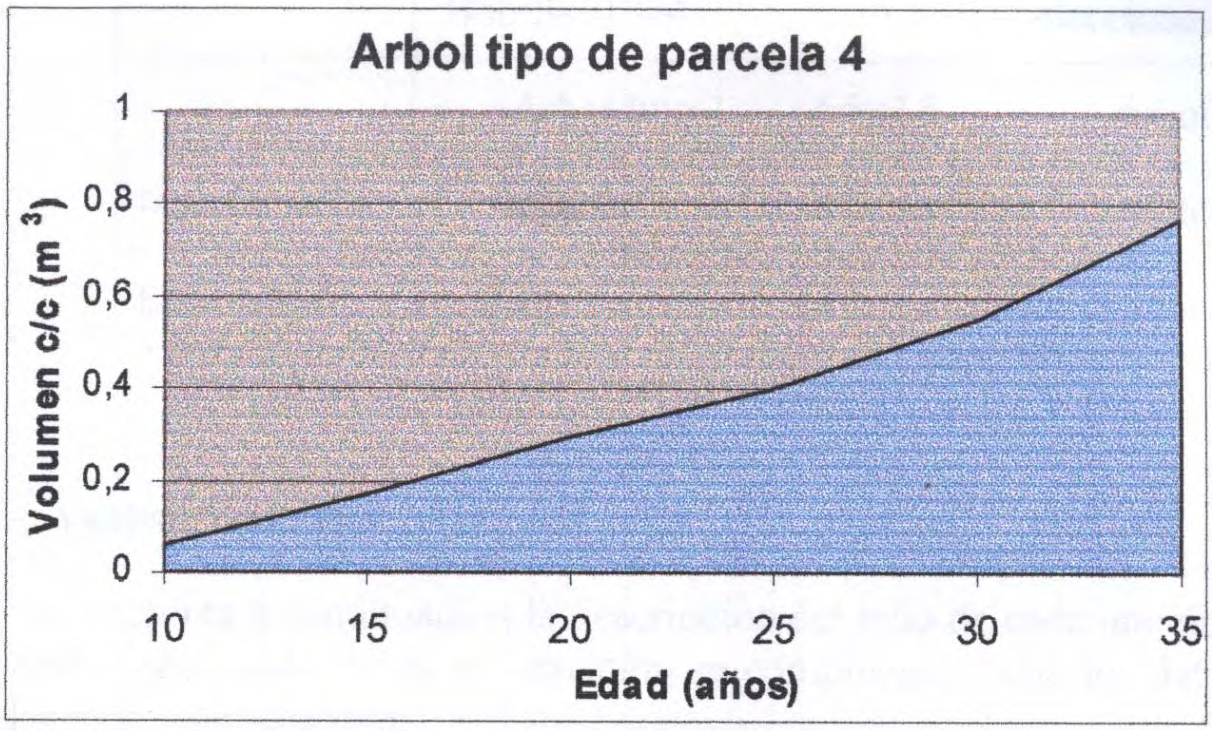


Gráfico 36: Volumen acumulado de árbol tipo de 35 años de edad; Bonilla, 1964



En los tres gráficos presentados anteriormente (Gráfico 34, Gráfico 35 y Gráfico 36) se observa la superioridad del volumen promedio de selección frente a los árboles tipo descriptos por Bonilla (1964) a la edad de 35 años.

El volumen promedio sin corteza de los árboles seleccionados es 75 por ciento superior al volumen con corteza promedio de los árboles tipo.

Si se compara el incremento medio anual estimado por Bonilla (1964), con el IMA que presentaban individuos seleccionados de edades similares se observa que los árboles seleccionados 3, 6 y 10, de 36, 35 y 34 años respectivamente, presentaron incrementos mayores (Tabla 17).

Tabla 17: Comparación de IMA volumen para árboles entre 34 y 36 años de edad

	Bonilla, 1964	Arboles seleccionados		
	Arbol tipo	árbol 3	árbol 6	árbol 10
IMA (m^3/año)	0,0194	0,0302	0,0556	0,0247
Edad (años)	34	36	35	34

Al comparar el IMA volumen de los individuos seleccionados, con el valor obtenido por Bonilla (1964) de un ejemplar de 43 años, también se verifica la superioridad de los árboles seleccionados 5 y 7, cuya edad era 47 años. (Tabla 18).

Tabla 18: Comparación de IMA volumen para árboles de 43 y 47 años de edad

	Bonilla, 1964	Arboles seleccionados	
	Arbol tipo	árbol 5	árbol 7
IMA (m^3/año)	0,0285	0,0593	0,0658
Edad (años)	43	47	47

C. Análisis de tallo

Se presenta a continuación la descripción del tallo de cada uno de los árboles que fueron seleccionados. Esta información se complementa con los datos que aparecen en las fichas de selección.

En primer lugar, se presenta una serie de gráficos que muestran la forma del tallo de cada ejemplar.

Si se coteja los gráficos de volumen y crecimiento adjuntos a cada una de las fichas de selección, con los gráficos de análisis de tallo que aparecen a continuación; se puede observar cómo las fluctuaciones en el CAC (crecimiento anual corriente) en volumen de los primeros conducen a variaciones en la forma del fuste en los últimos. A medida que los valores de CAC se van haciendo menores, los anillos de crecimiento, *i.e.* los espacios entre líneas de los gráficos, se vuelven más angostos hacia la corteza.

En el caso particular del árbol 5 (ver Gráfico 28) se observa cierta anomalía en el comportamiento de los anillos a los 3,6 m de altura Esto se puede explicar por la presencia de madera de compresión. La probeta que se utilizó para realizar el análisis de tallo, puede haber sido extraída de una zona en la que el árbol fue sometido a un esfuerzo (por el viento) y como consecuencia se generó madera de compresión.

A continuación se presenta una foto de la probeta del árbol 5 que presenta anomalías.

Figura 19: Probeta radial del árbol 5 extraída a 3,6 m de altura

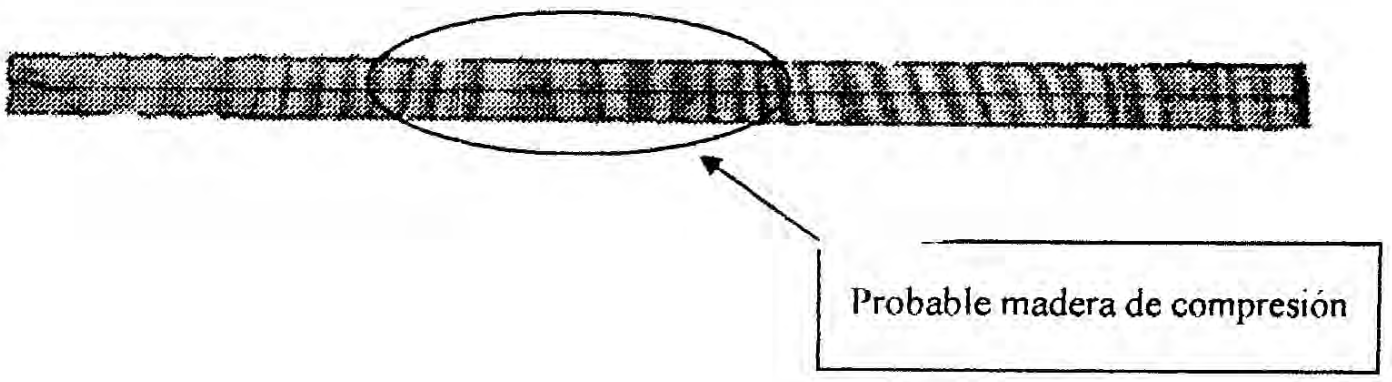


Gráfico 37: Esquema de tallo del árbol 1

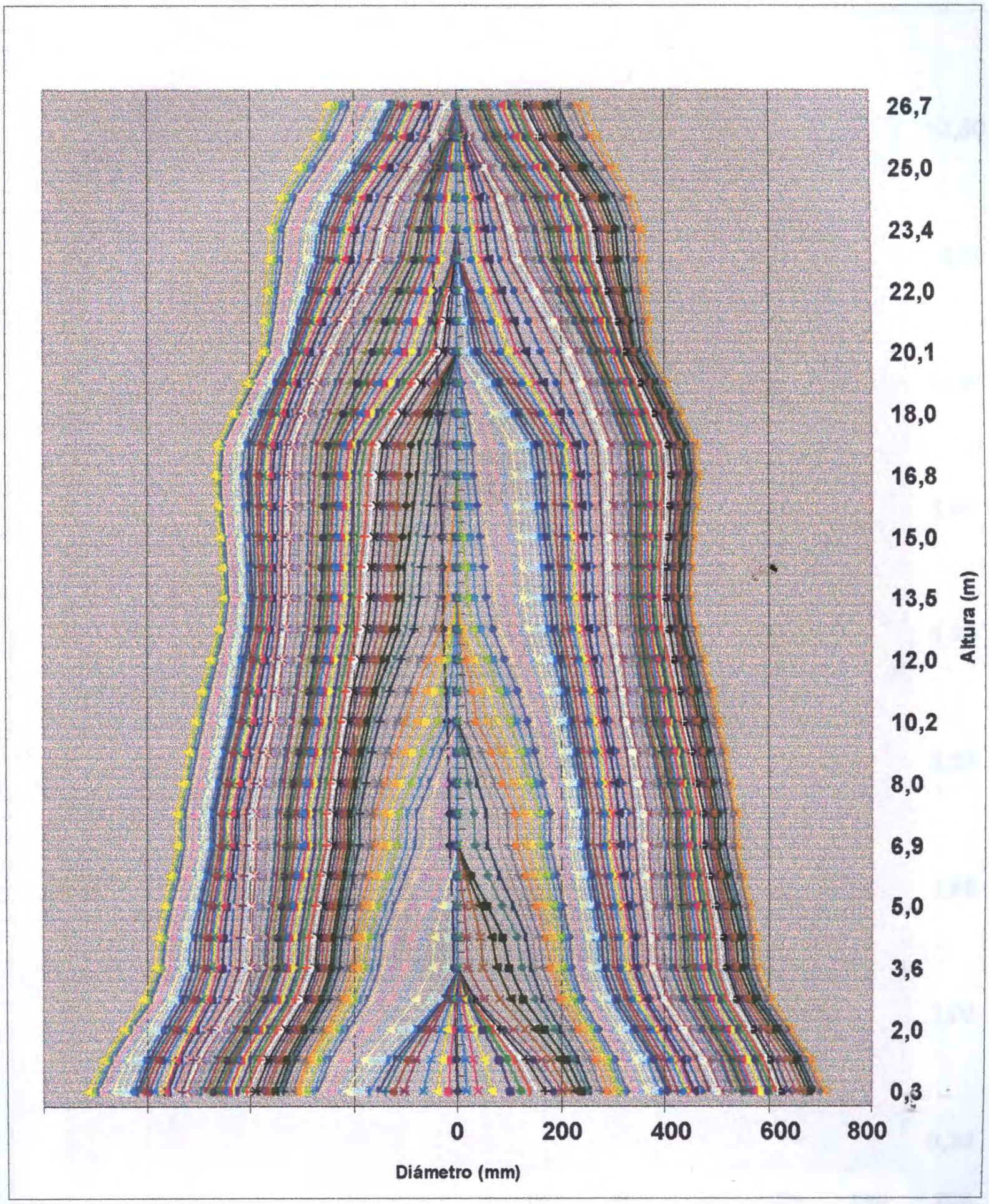


Gráfico 38: Esquema de tallo del árbol 2

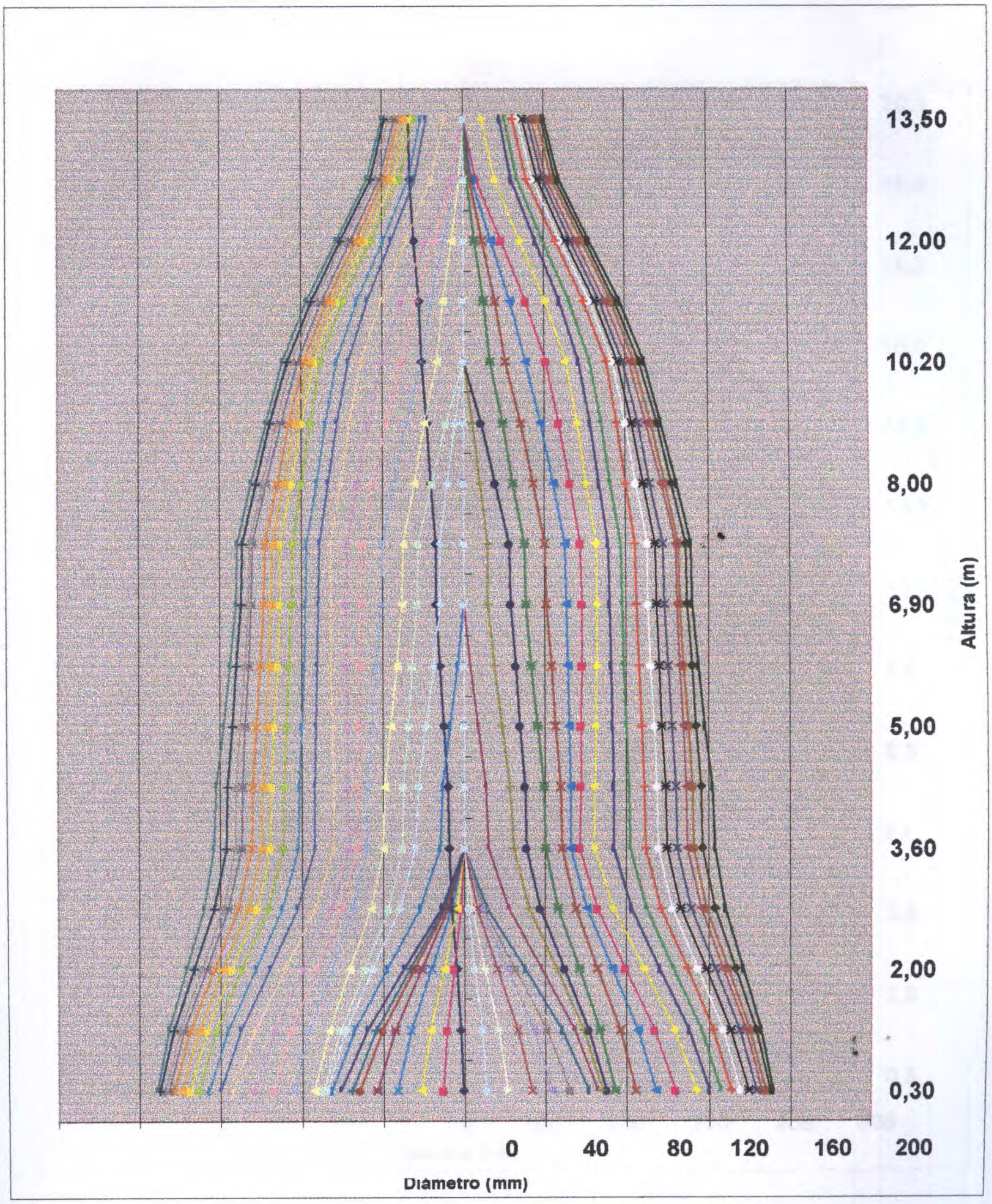


Gráfico 39: Esquema de tallo del árbol 3

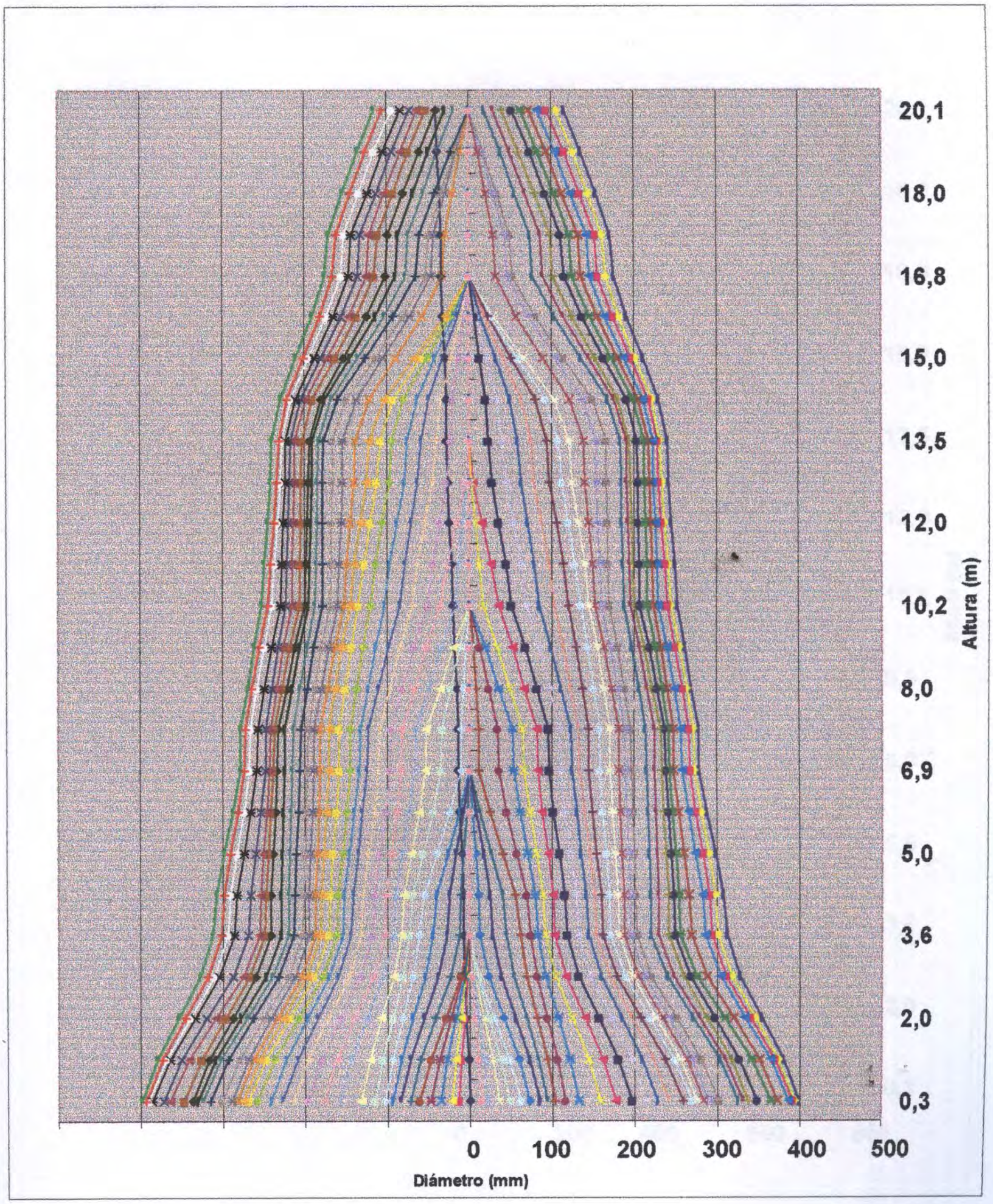


Gráfico 40: Esquema del tallo del árbol 4

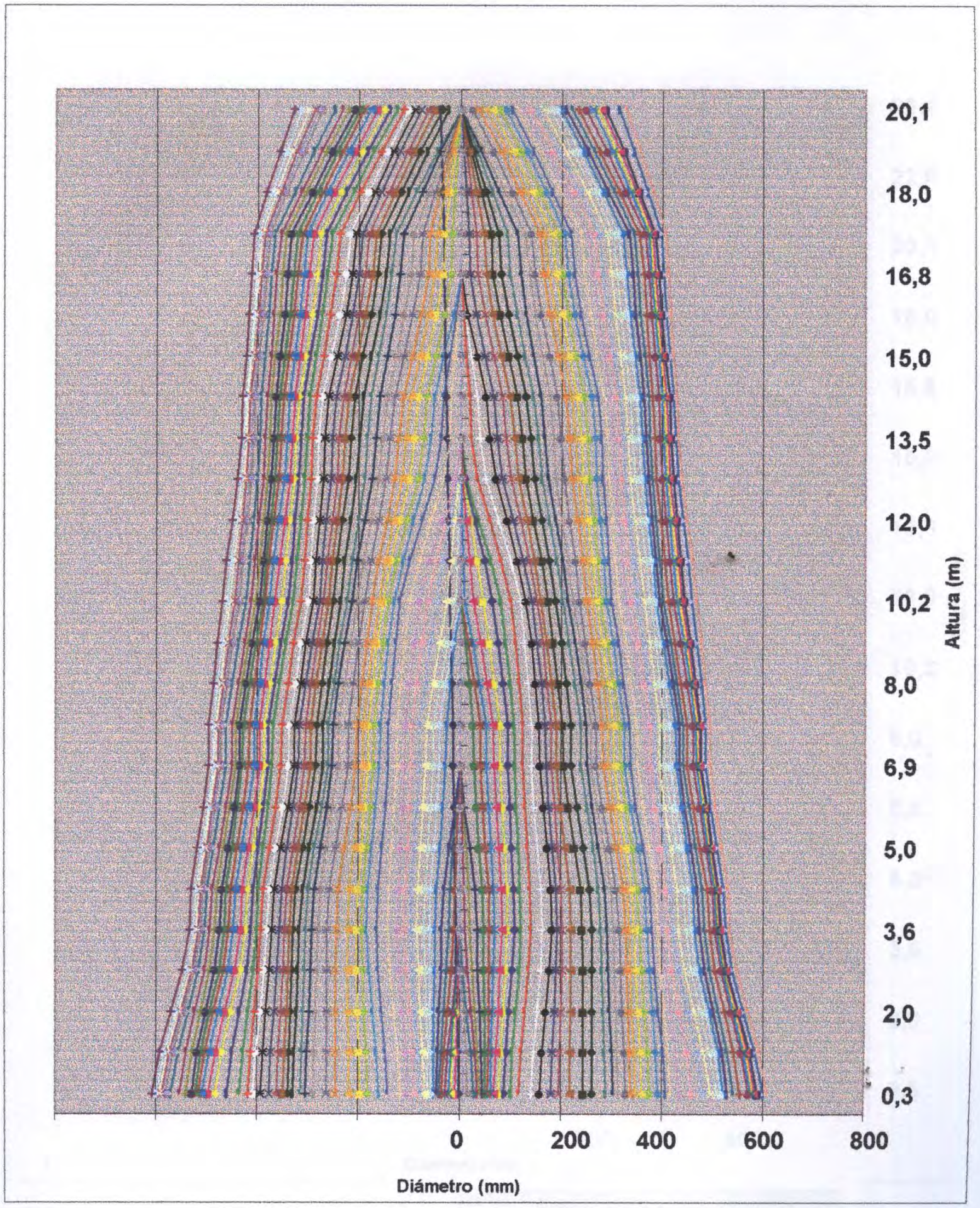


Gráfico 41: Esquema de tallo del árbol 5

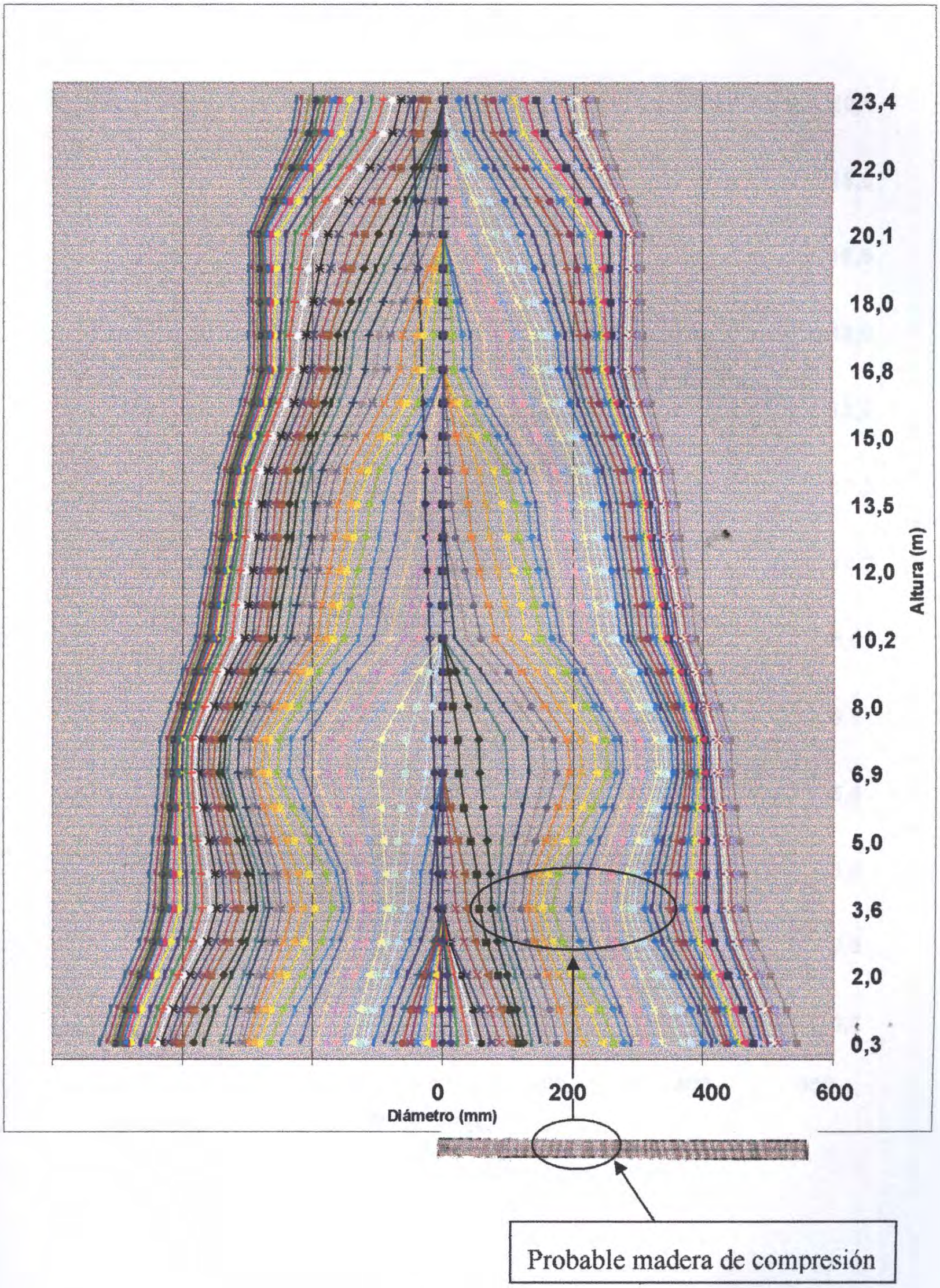


Gráfico 42: Esquema de tallo del árbol 6

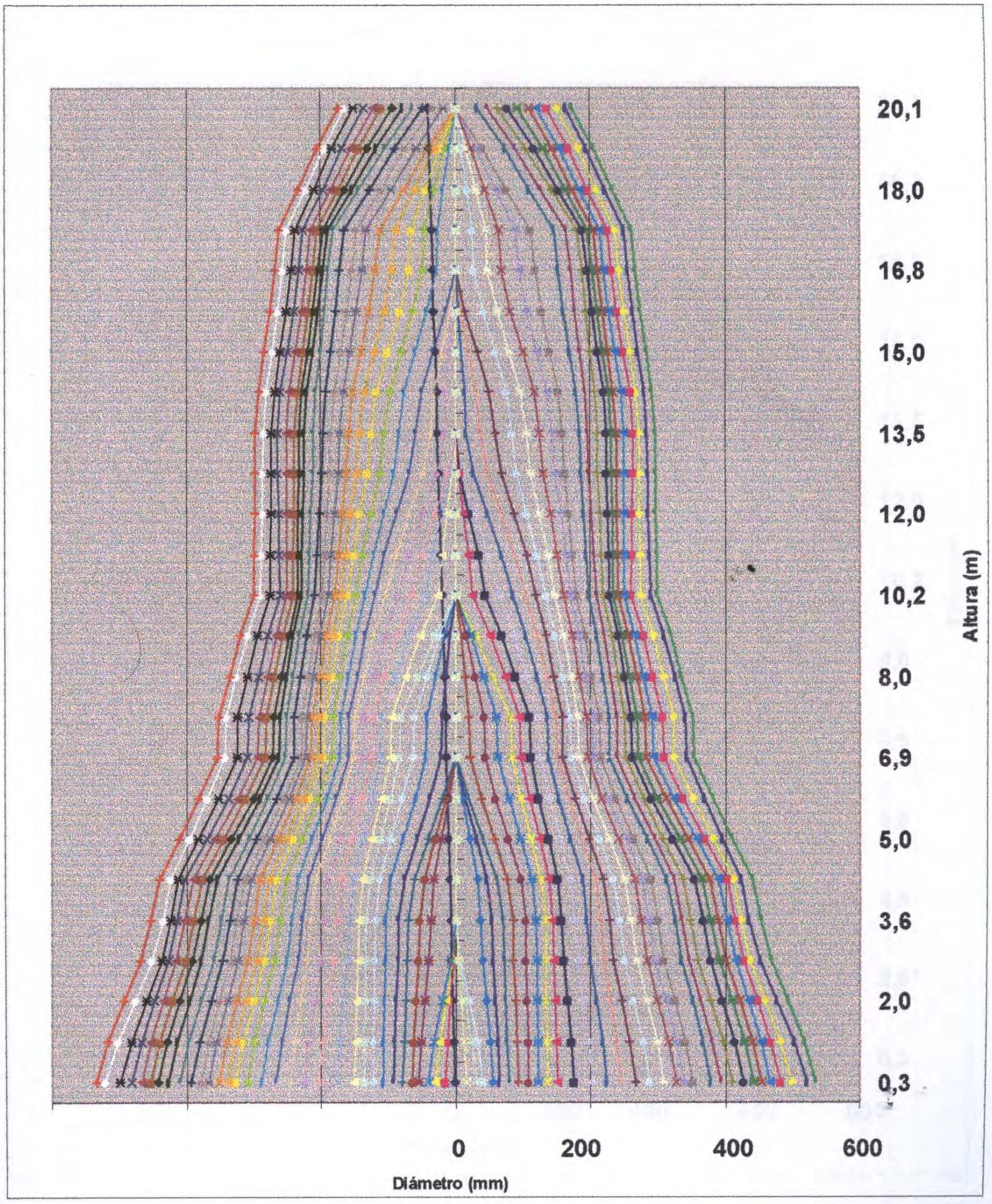


Gráfico 43: Esquema de tallo del árbol 7

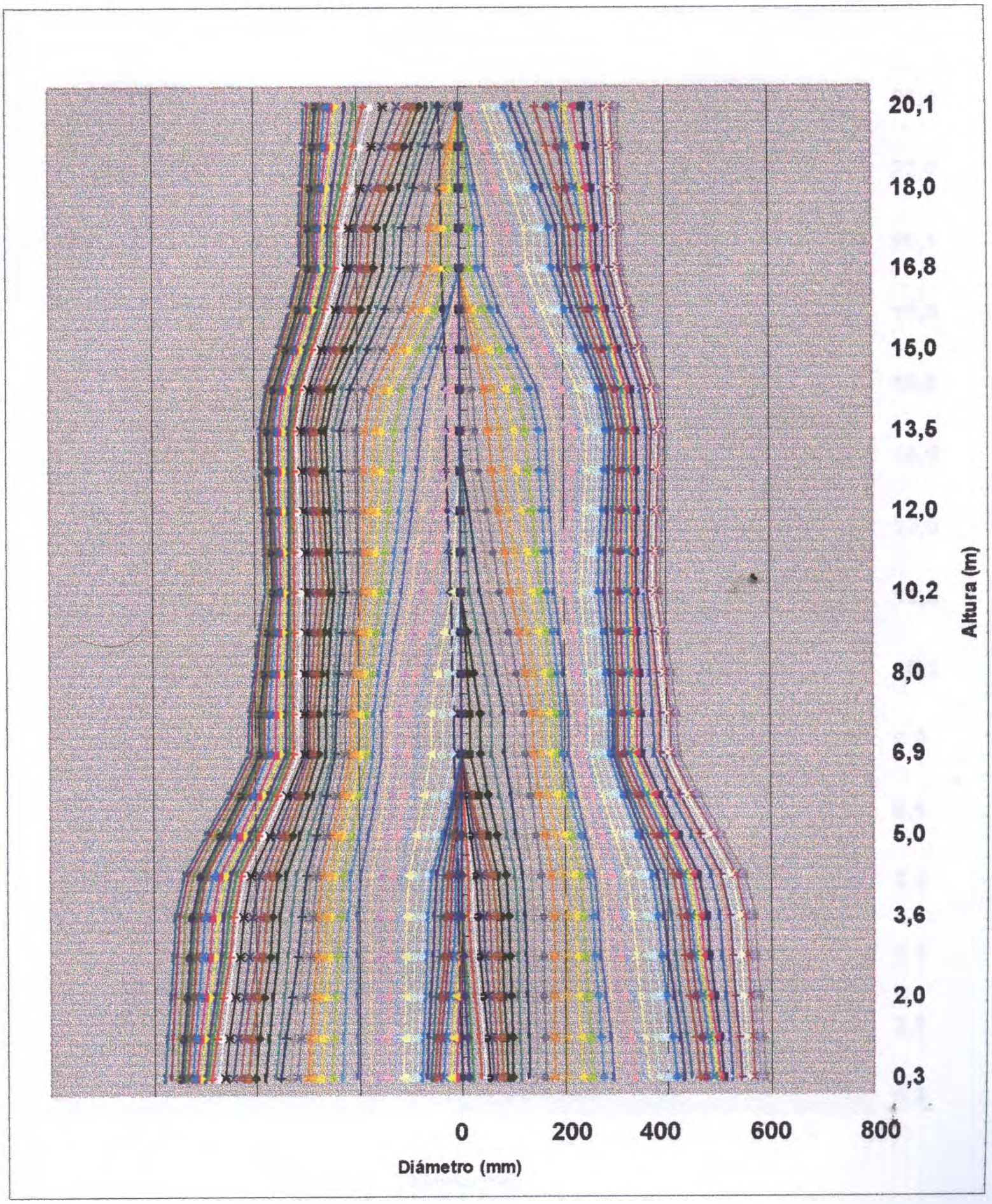


Gráfico 44: Esquema de tallo del árbol 8

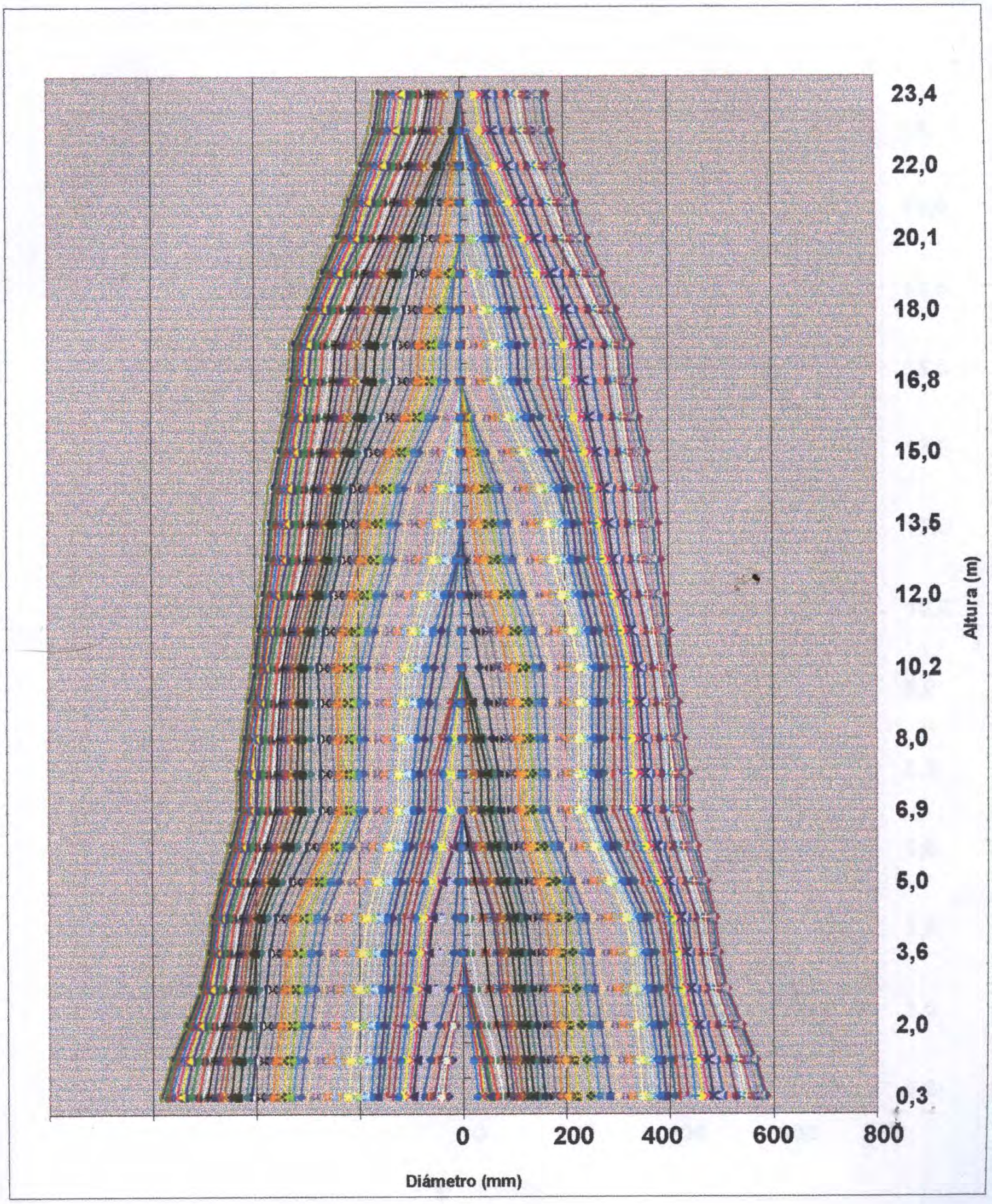


Gráfico 45: Esquema de tallo del árbol 9

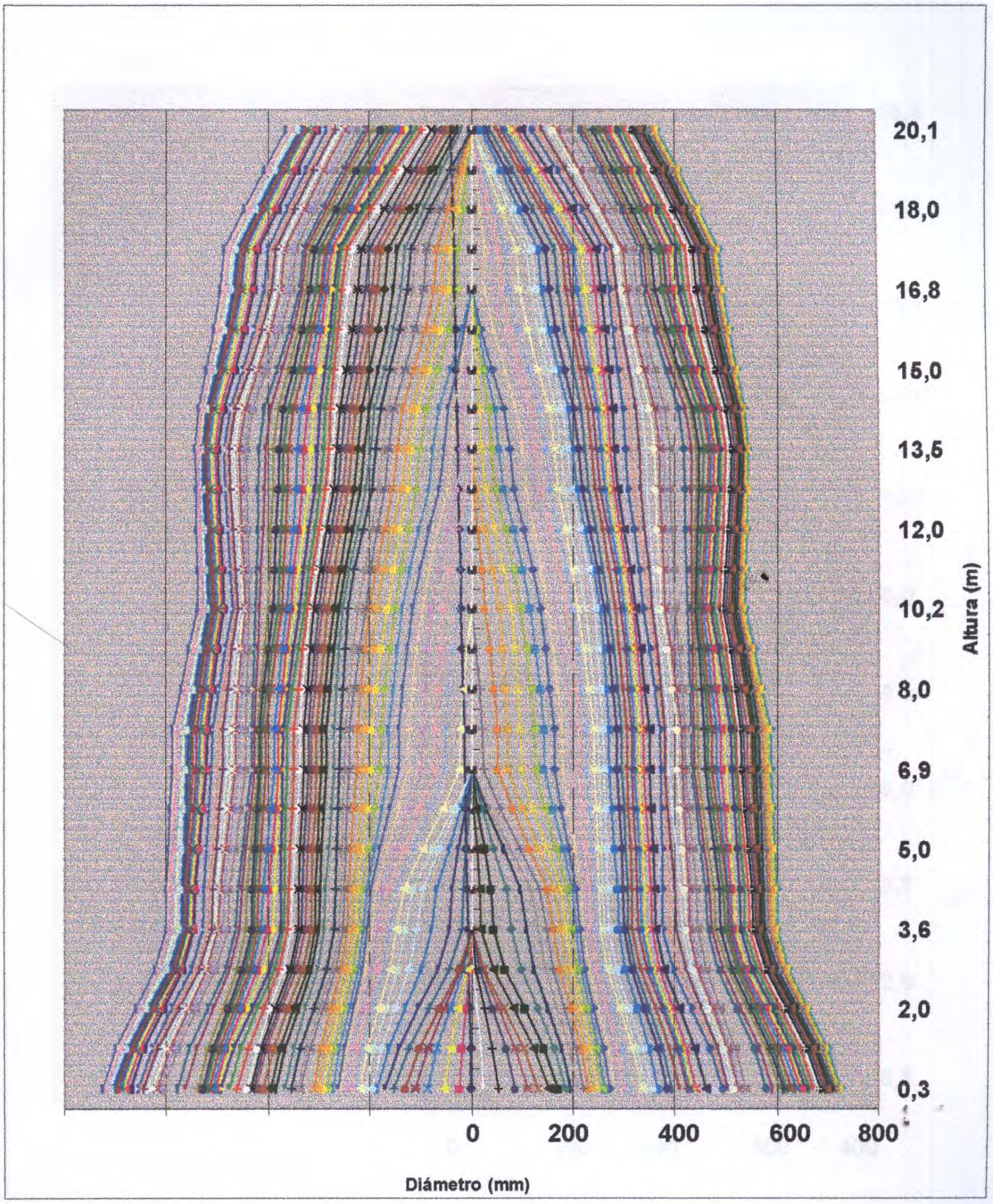
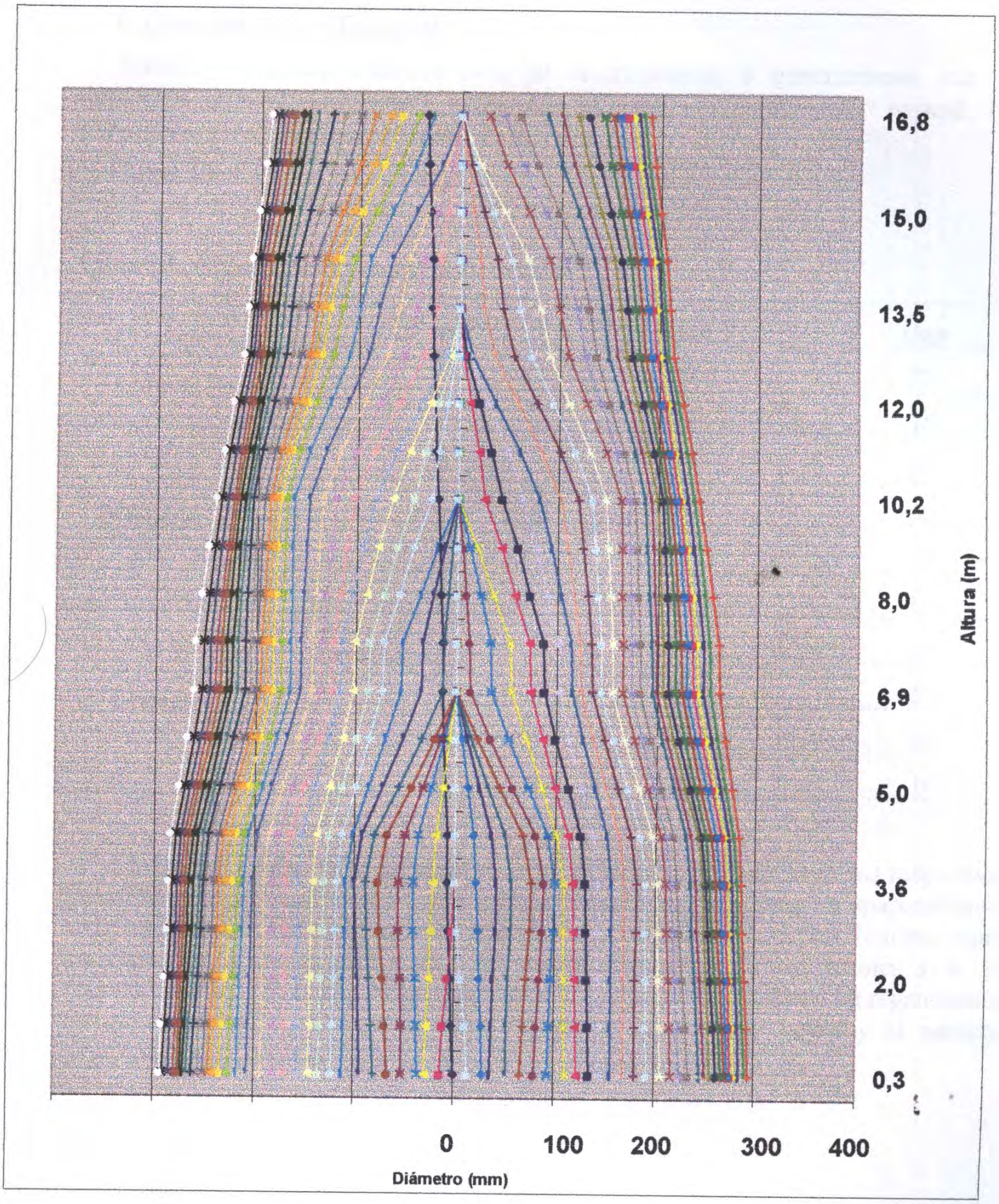


Gráfico 46: Esquema de tallo del árbol 10



1. Crecimiento medio anual

Entre los árboles seleccionados, se discriminaron 3 generaciones, *viz.* la plantación original, la primera y segunda cohortes de regeneración natural. La generaciones definidas se presentan en la

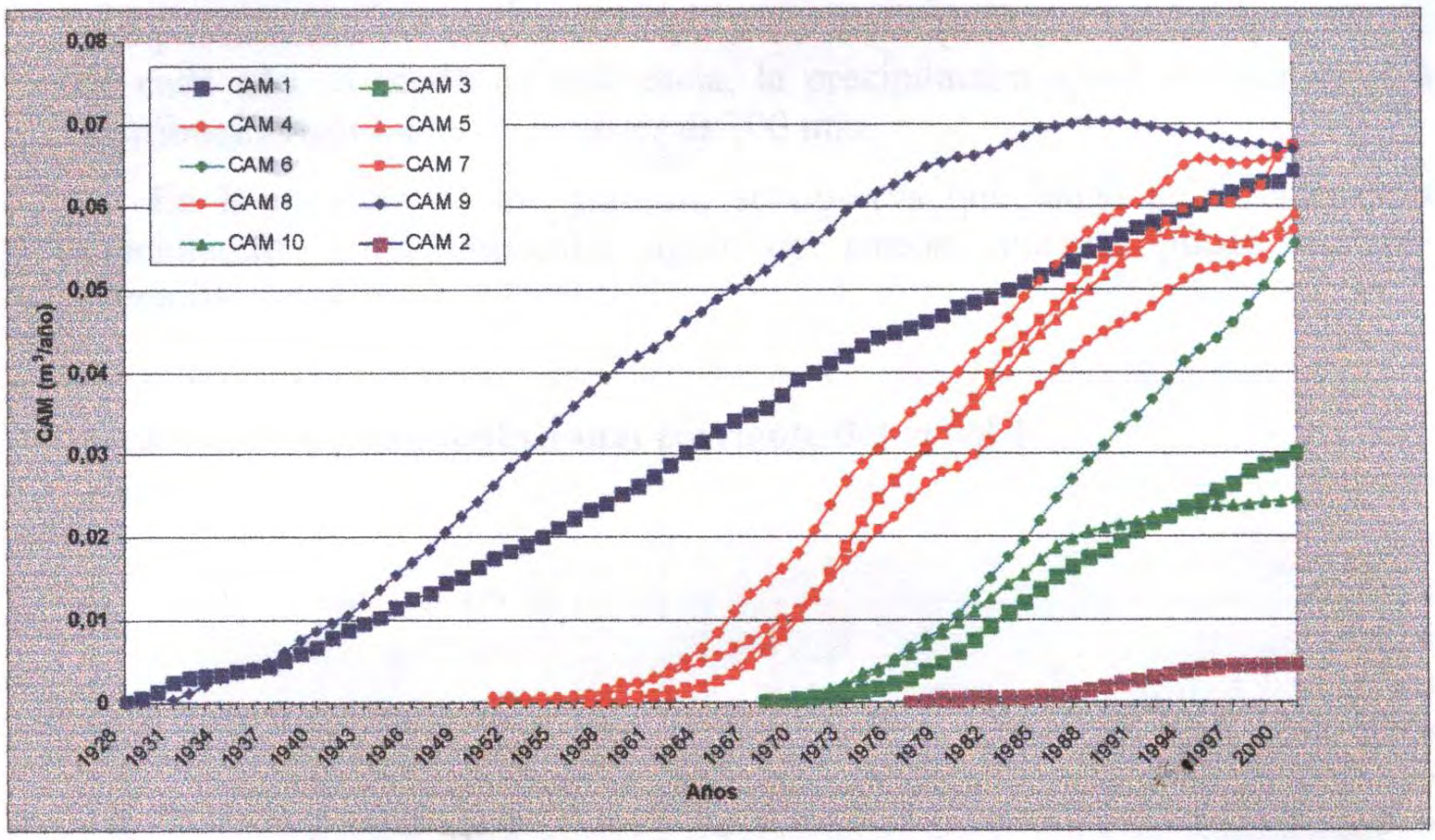
Tabla 19 .

Tabla 19: Arboles selectos por generación

	Nº árbol	**Edad**	***Dap***
Generación 1	1	76	72
	9	72	78
Generación 2	4	52	73
	8	52	66
	5	47	54
	7	47	65
Generación 3	3	36	42
	6	35	53
	10	34	34
	2	27	16

El Gráfico 47 ilustra la asignación de los árboles seleccionados a sus respectivas generaciones. Los individuos 1 y 9 (curvas azules), los primeros en aparecer en el rodal, pertenecen a la plantación original. Los árboles 4, 8, 5 y 7 (curvas rojas) corresponden a un grupo coetáneo de repoblación natural y los árboles 3, 6, 10 (curvas verdes) y 2 (curva violeta) pertenecen a otro grupo coetáneo de regeneración natural. El árbol 2, de menor edad, representa repoblación tardía y al parecer, pertenece a una clase de copa inferior al resto de la generación.

Gráfico 47: Crecimiento medio anual de árboles seleccionados en función del año.



Es difícil inferir el efecto de tratamientos silvícolas aplicados al rodal sobre el crecimiento en volumen, por carecer de información sobre la naturaleza de dichos tratamientos.

2. Crecimiento anual corriente

A continuación se presenta una serie de gráficos en los que se observa el comportamiento del crecimiento anual corriente (CAC) y las precipitaciones totales de cada año. A modo de referencia, la precipitacion anual mínima en el área de distribución natural de *P. pinaster* es 700 mm.

En la mayoría de los gráficos, se observa que luego de la etapa juvenil, el crecimiento anual corriente sigue un patrón que se puede asociar a las precipitaciones.

Gráfico 48: Crecimiento anual corriente del árbol 1

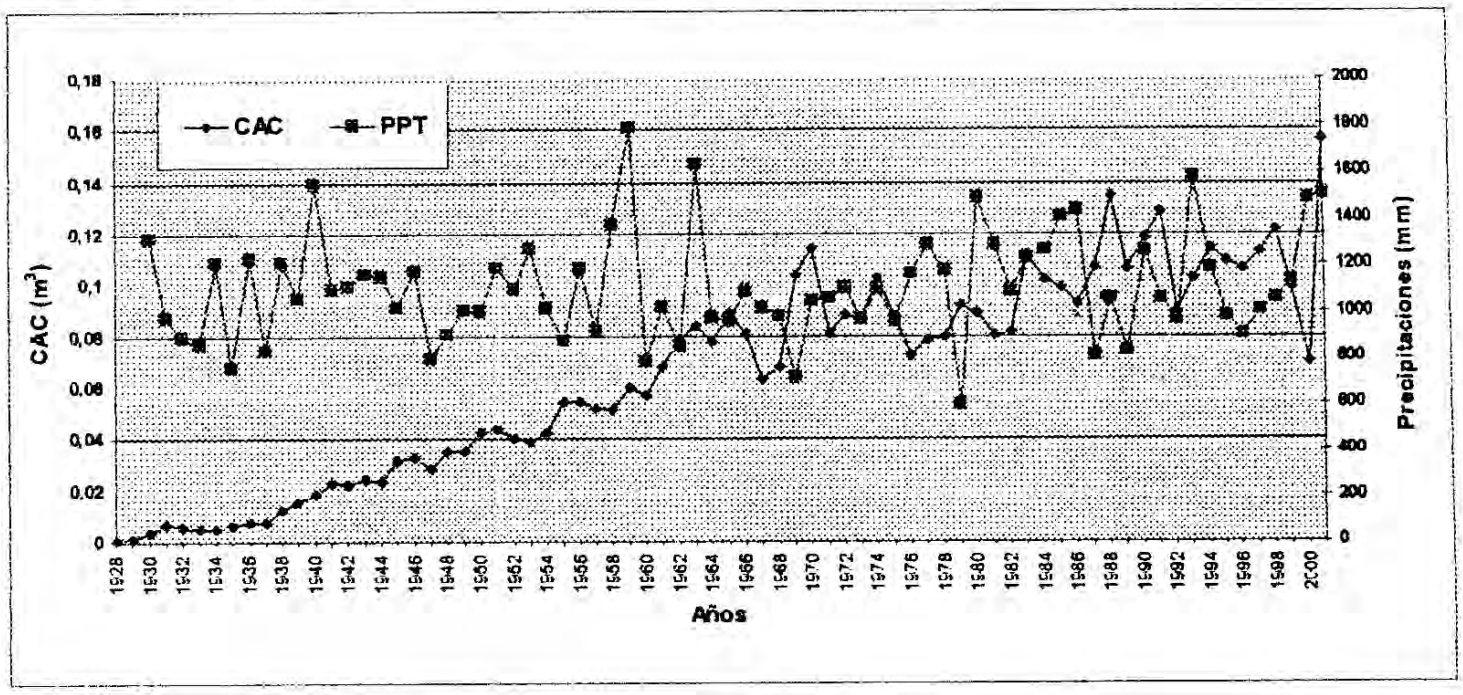


Gráfico 49: Crecimiento anual corriente del árbol 2

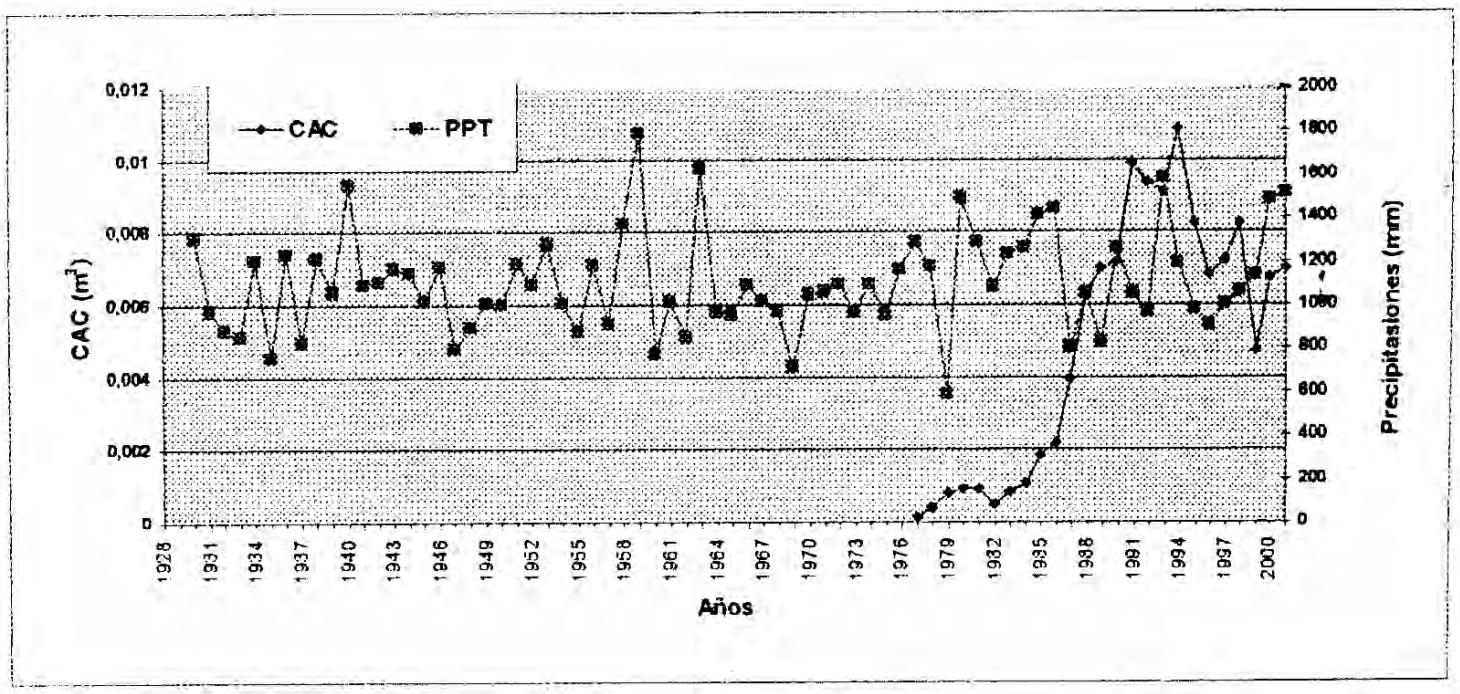


Gráfico 50: Crecimiento anual corriente del árbol 3

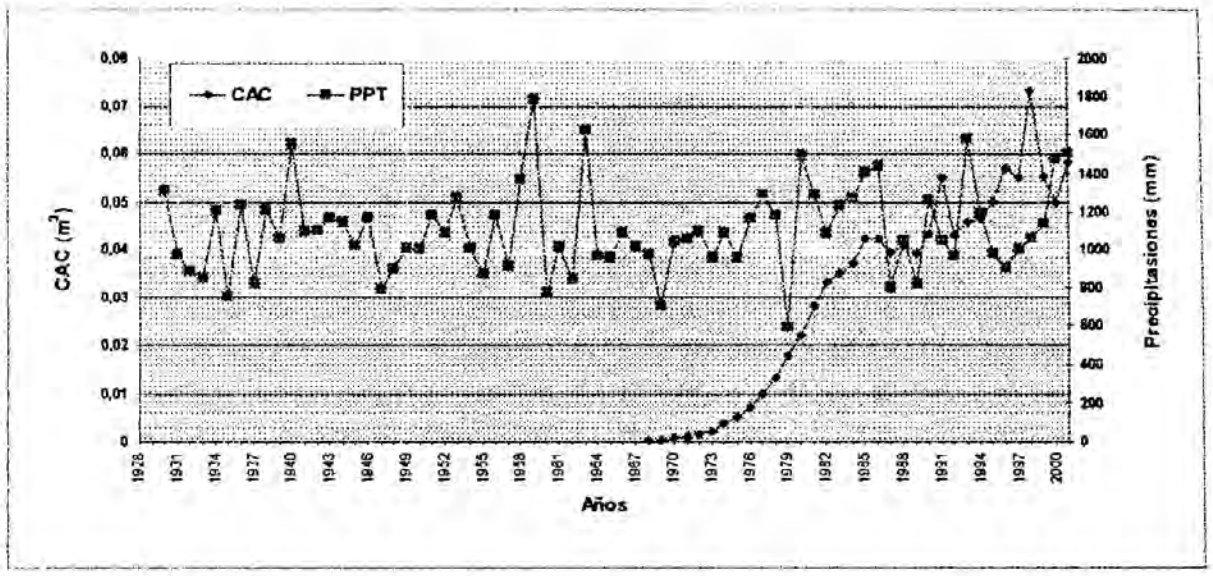


Gráfico 51: Crecimiento anual corriente del árbol 4

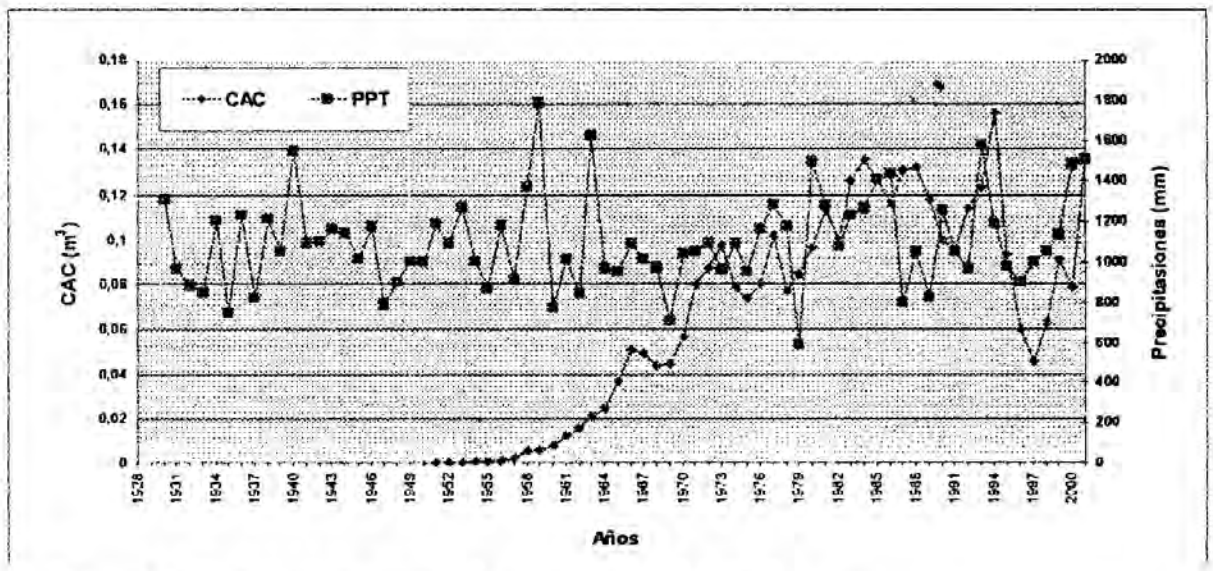


Gráfico 52: Crecimiento anual corriente del árbol 5

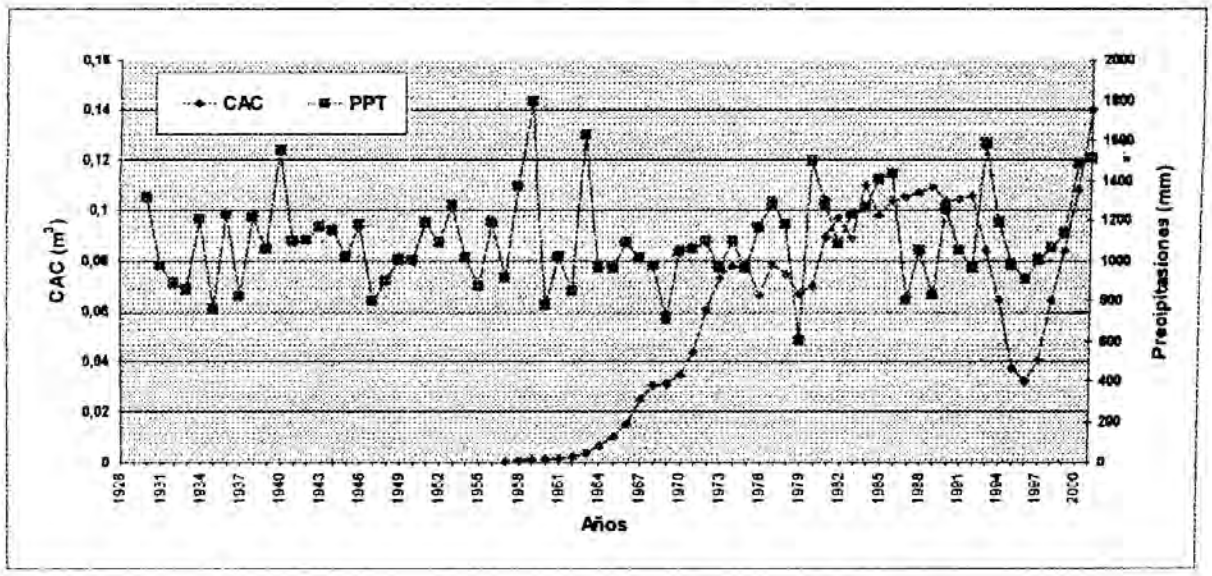


Gráfico 53: Crecimiento anual corriente del árbol 6

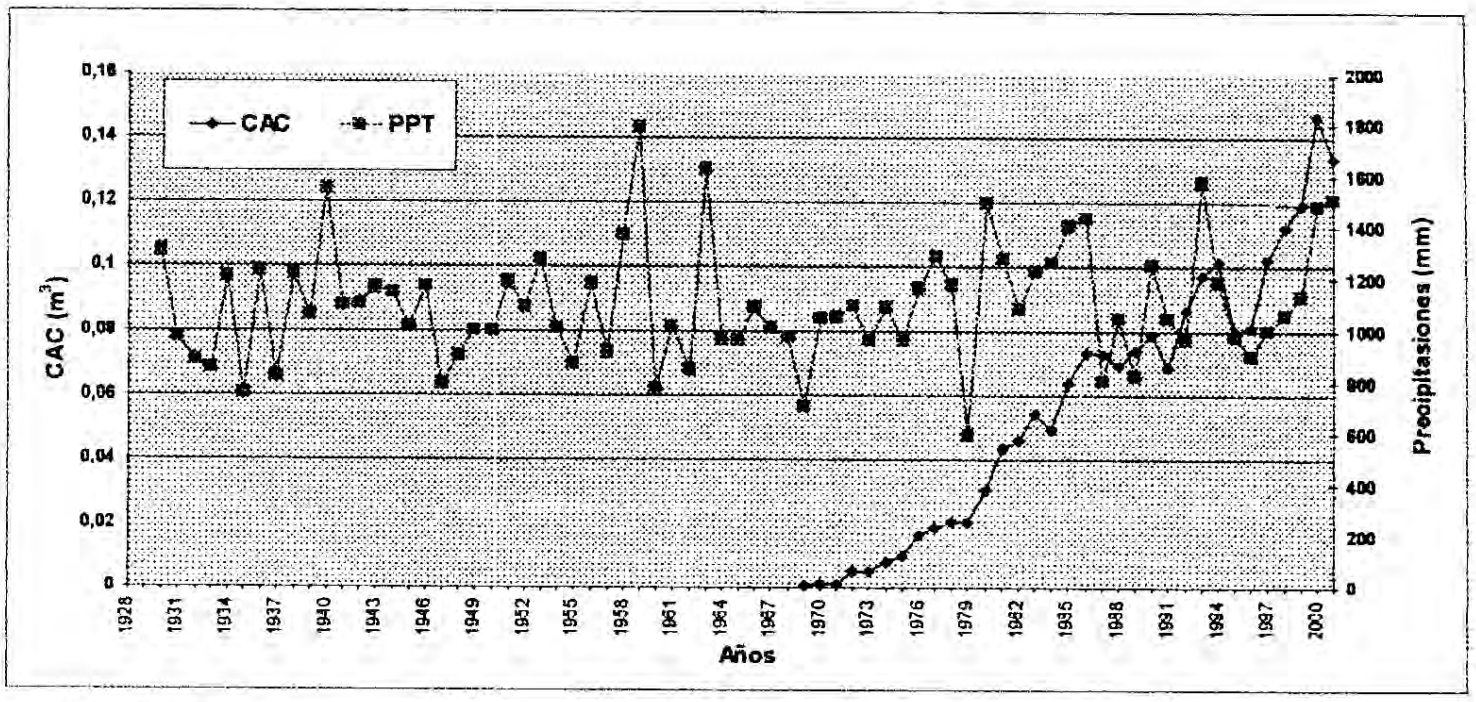


Gráfico 54: Crecimiento anual corriente del árbol 7

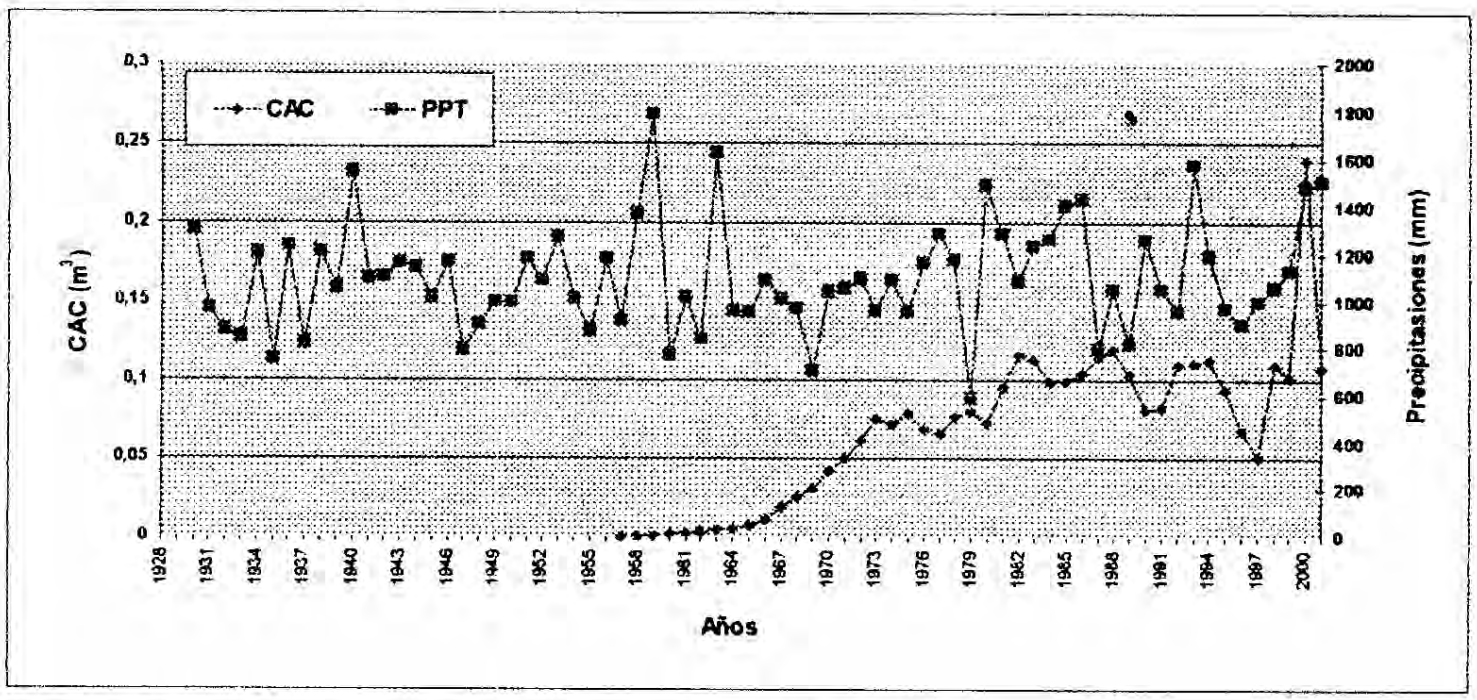


Gráfico 55: Crecimiento anual corriente del árbol 8

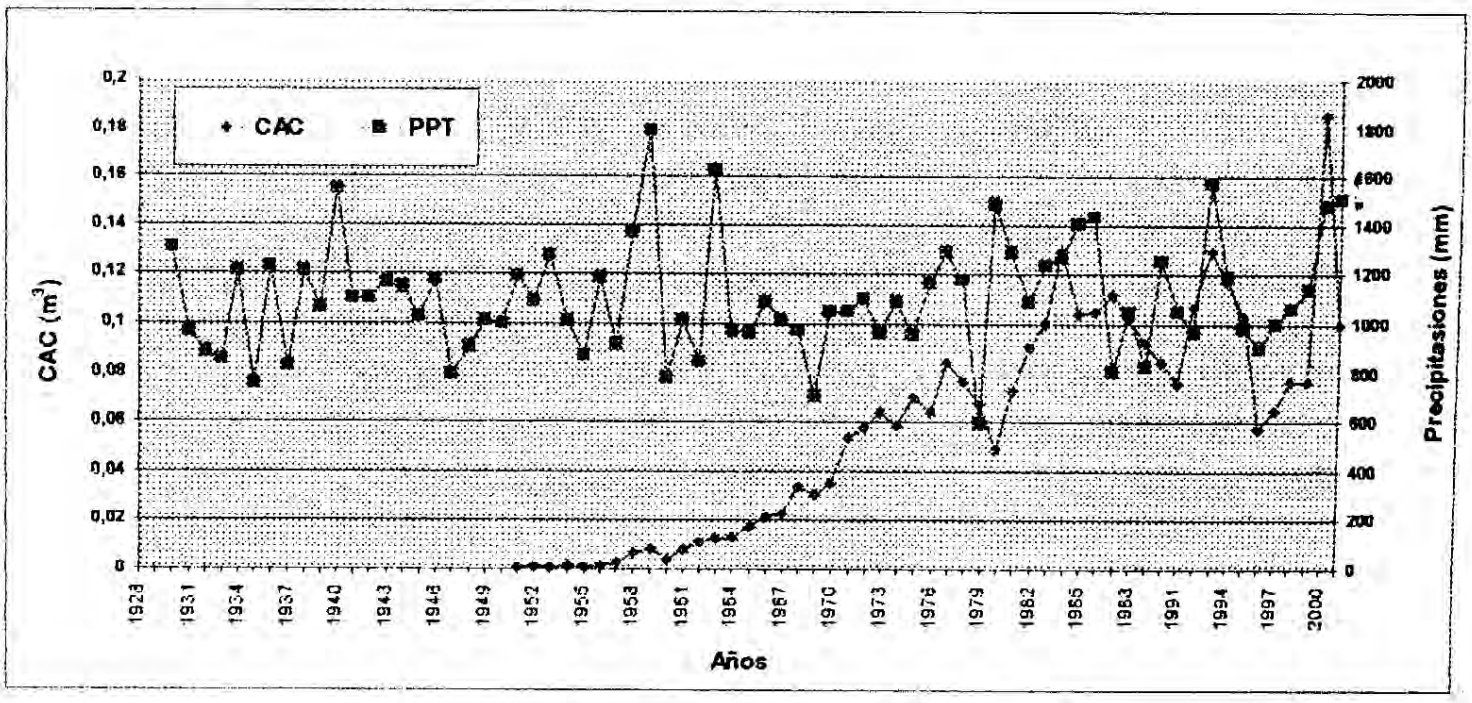


Gráfico 56: Crecimiento anual corriente del árbol 9

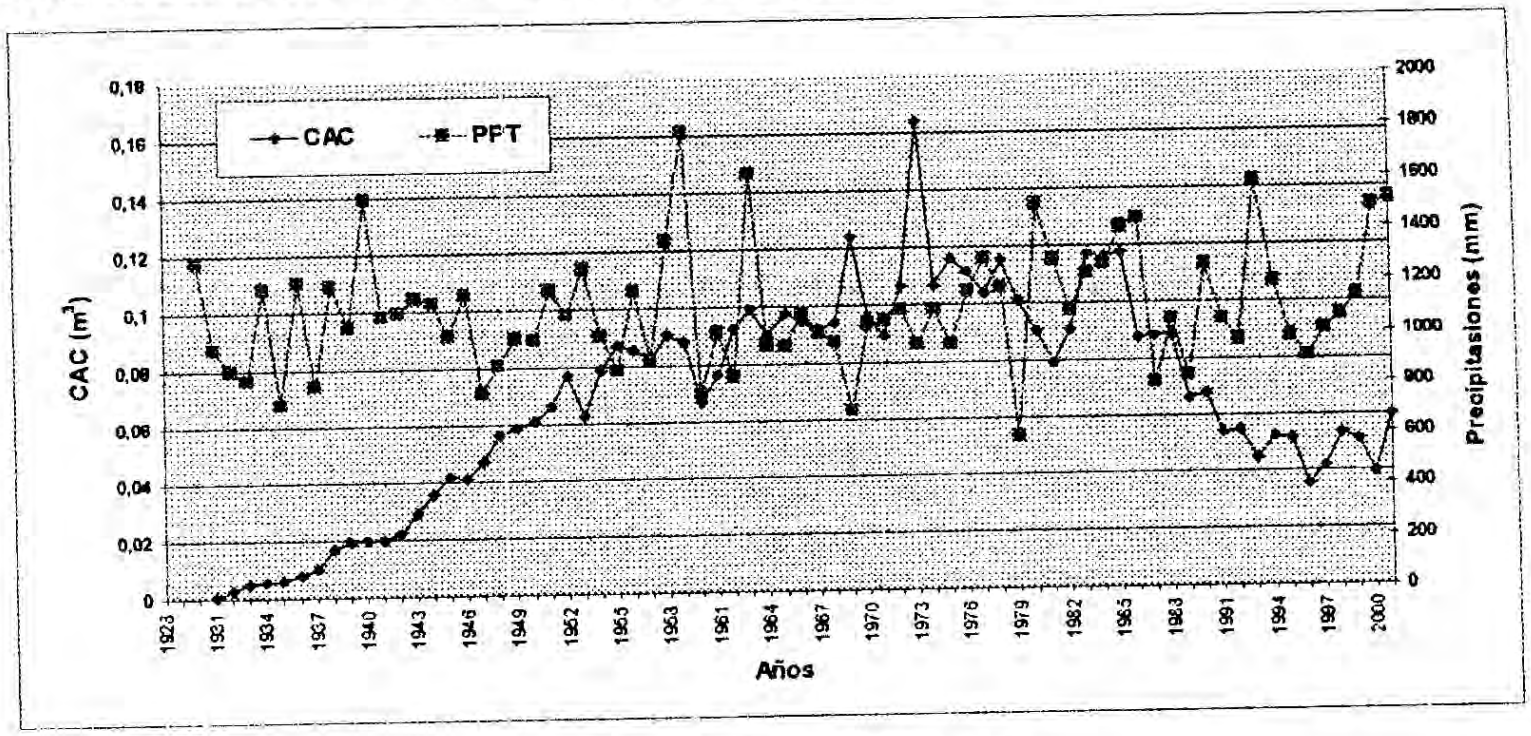
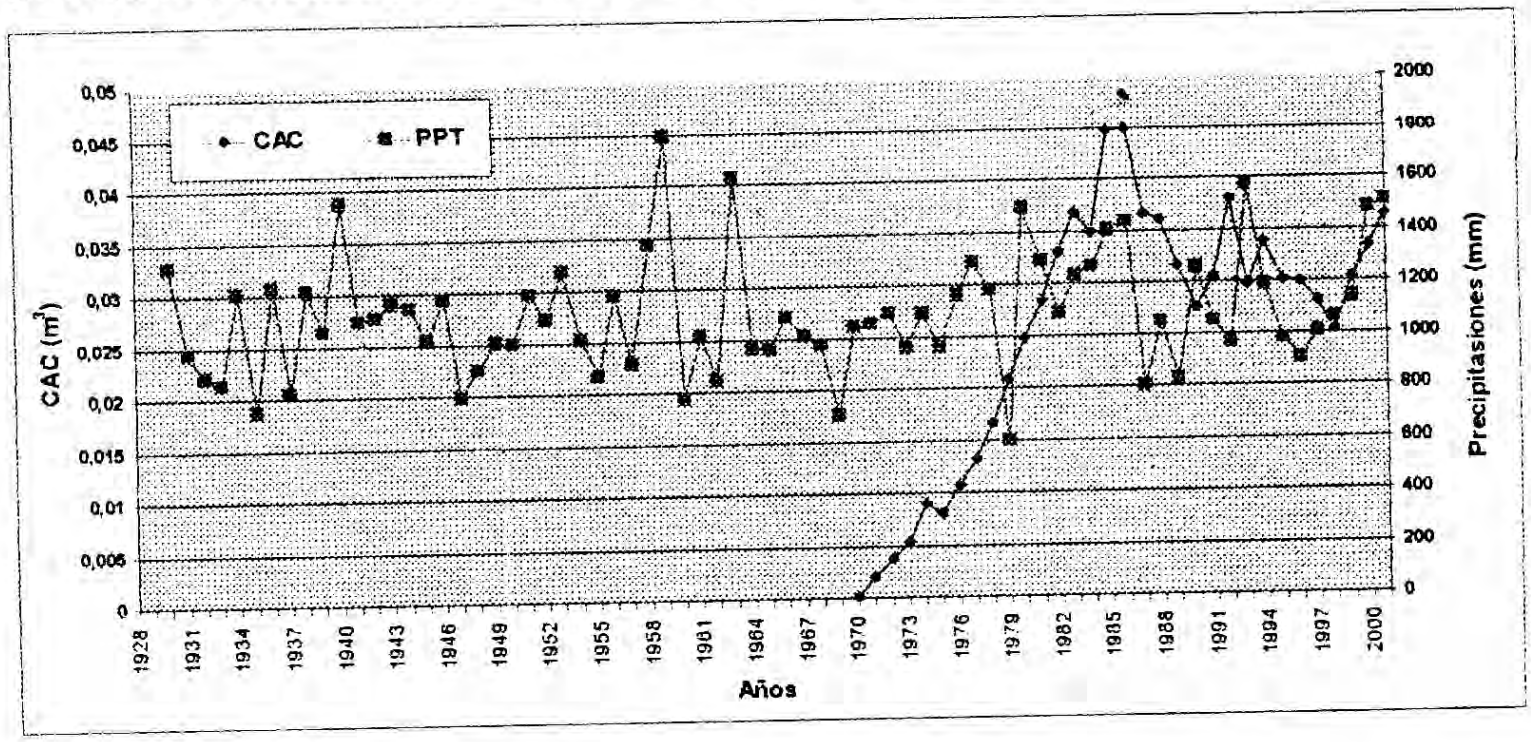


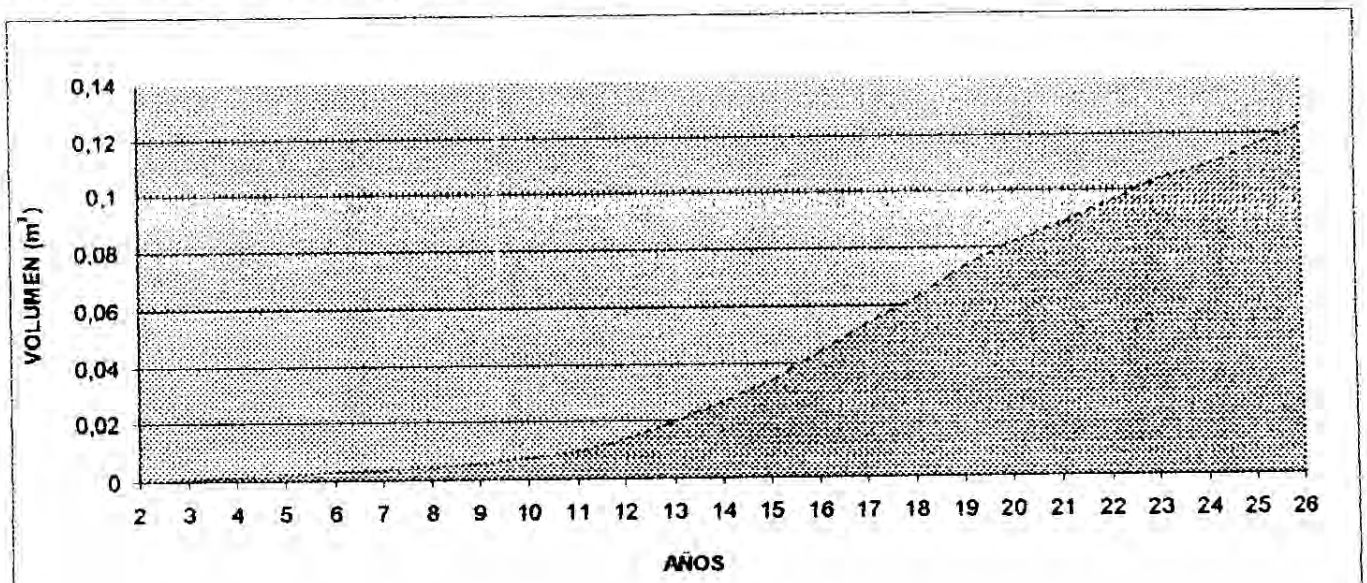
Gráfico 57: Crecimiento anual corriente del árbol 10



3. Porcentaje en volumen de duramen en volumen total sin corteza

Los gráficos que aparecen a continuación muestran la proporción de duramen con respecto al volumen comercial sin corteza para los individuos seleccionados.

Gráfico 58: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 2



Para este caso (Gráfico 58) podemos afirmar que hasta los 26 años de edad, no se genera madera de duramen.

Gráfico 59: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 10

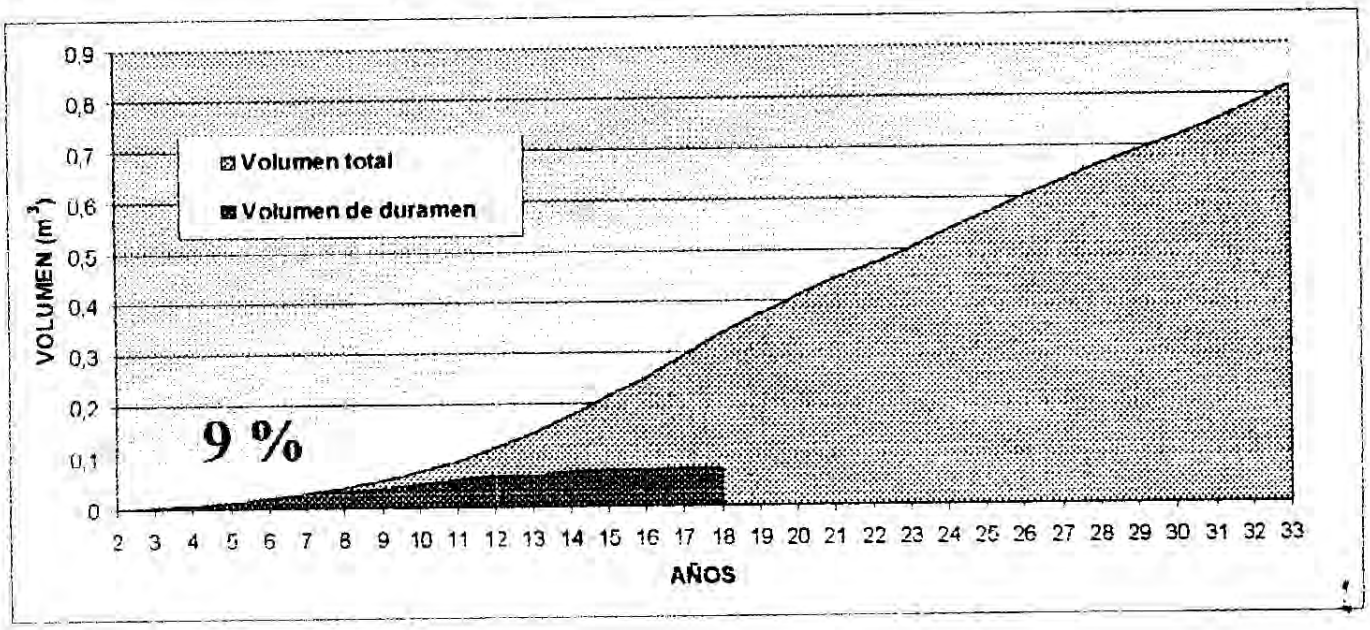


Gráfico 60: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 6

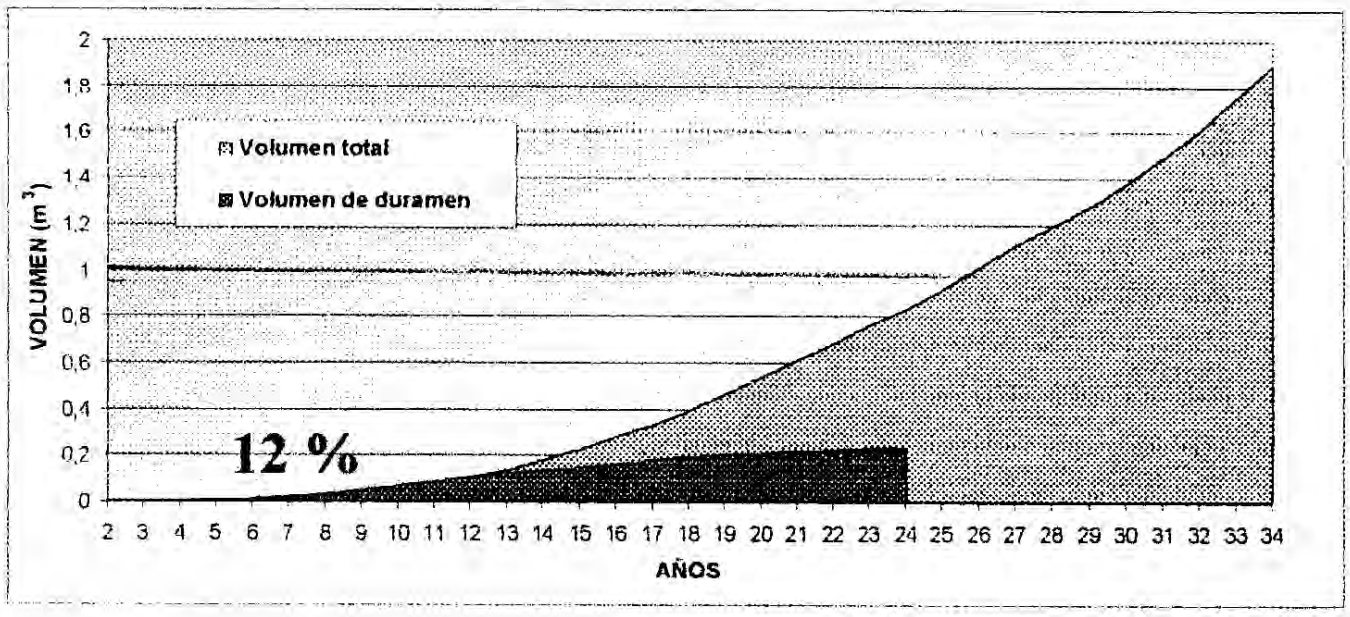


Gráfico 61: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 3

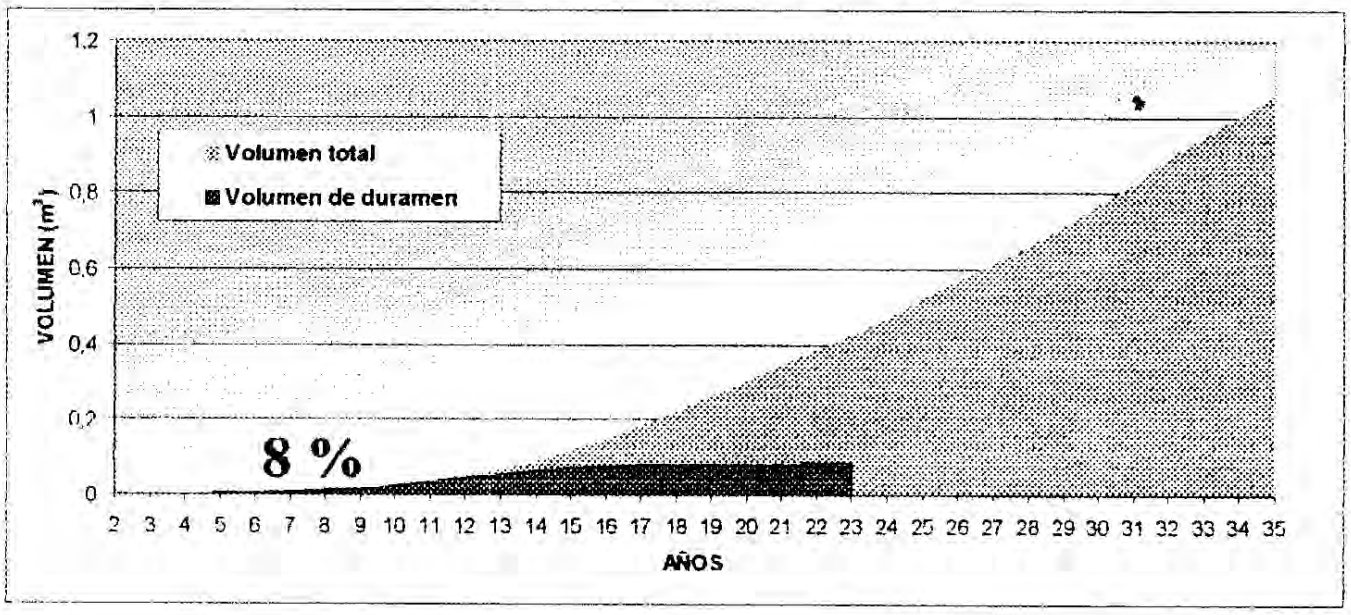


Gráfico 62: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 7

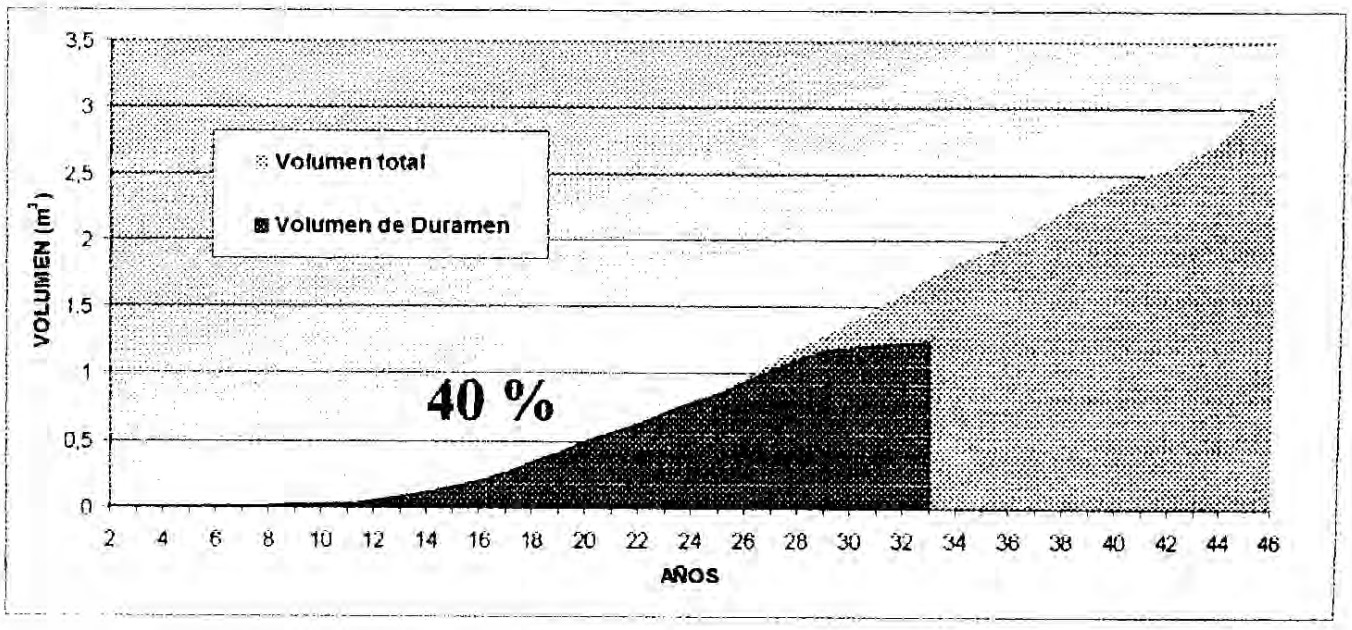


Gráfico 63: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 5

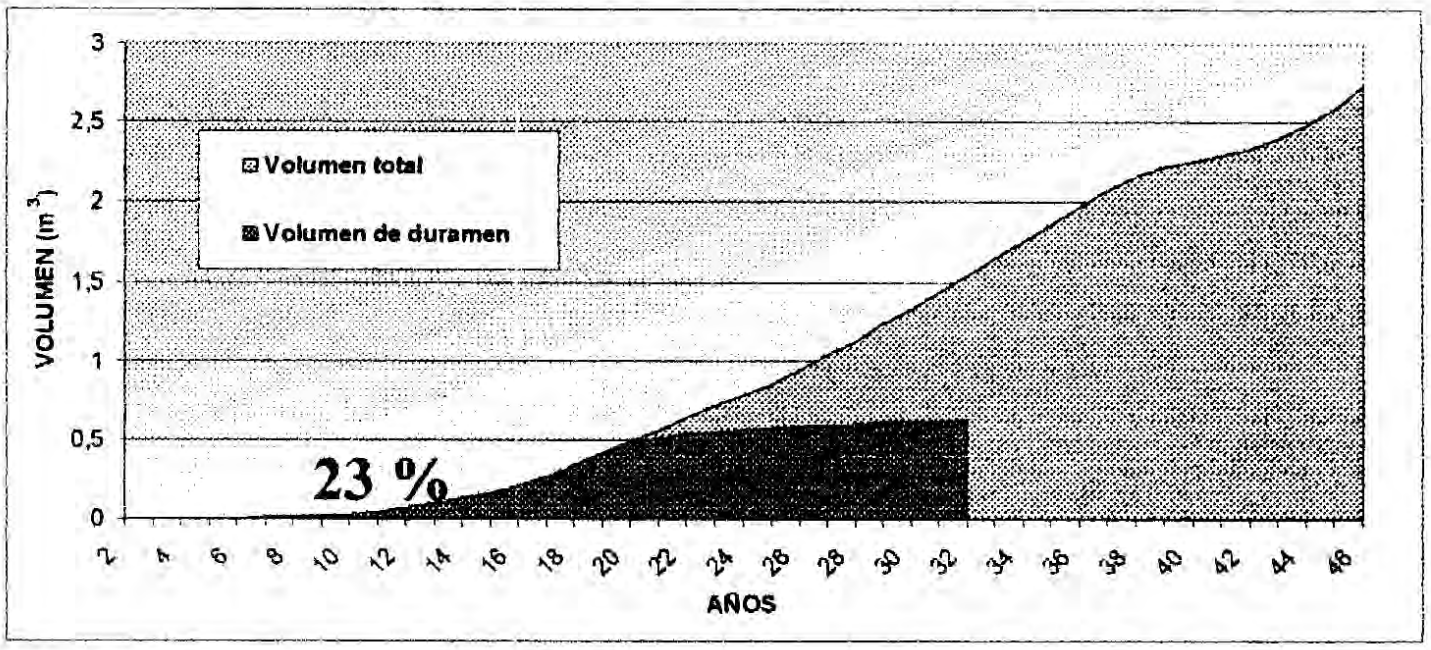


Gráfico 64: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 8

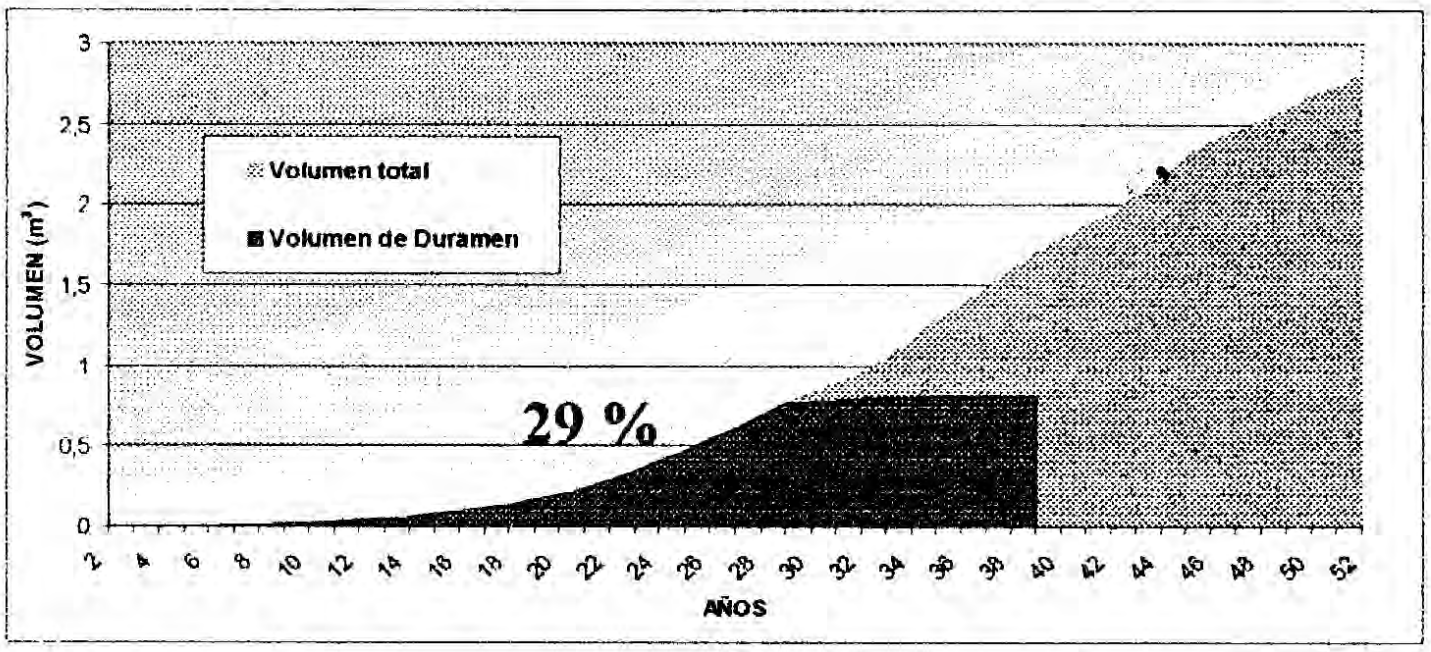


Gráfico 65: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 4

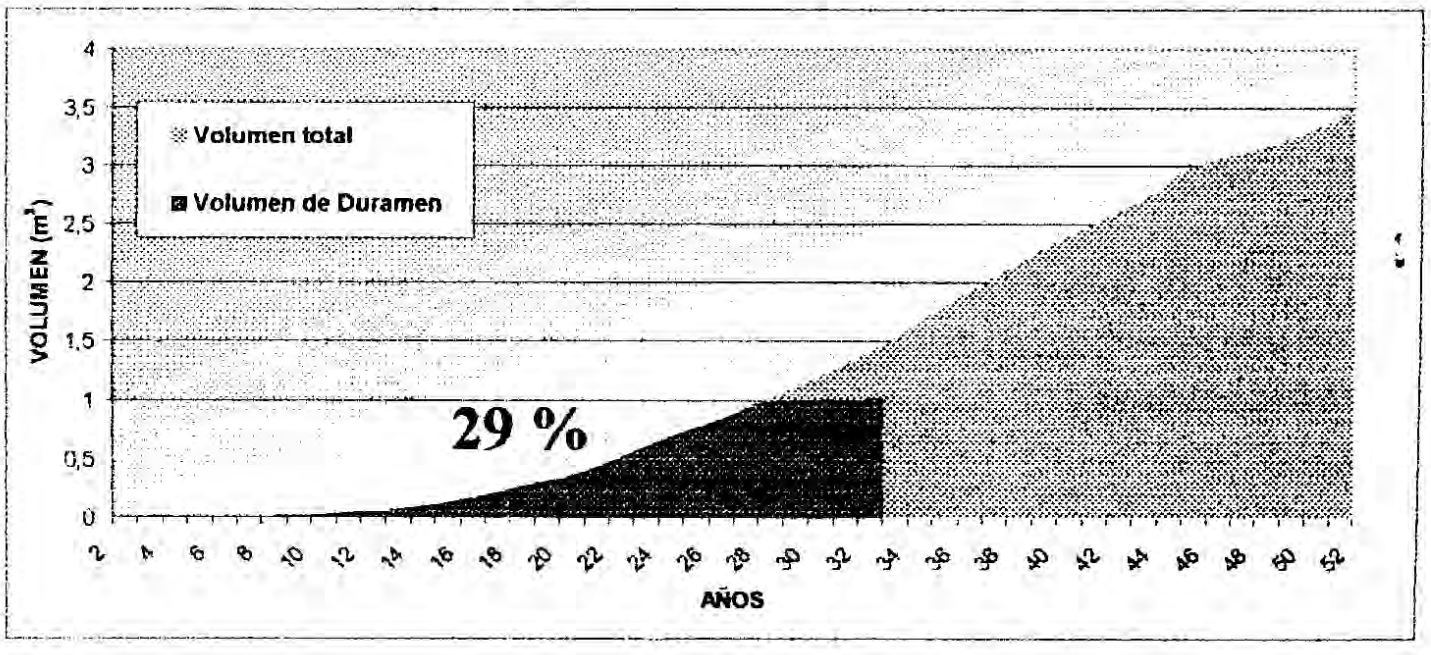


Gráfico 66: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 9

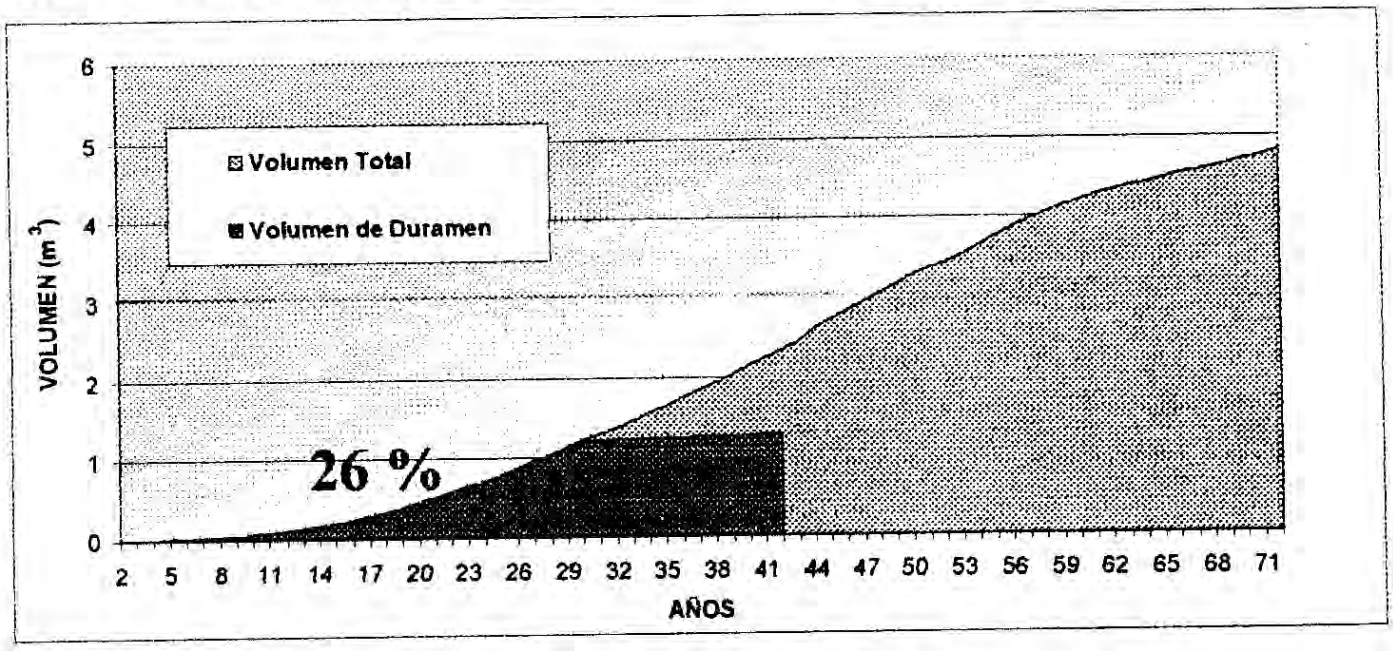
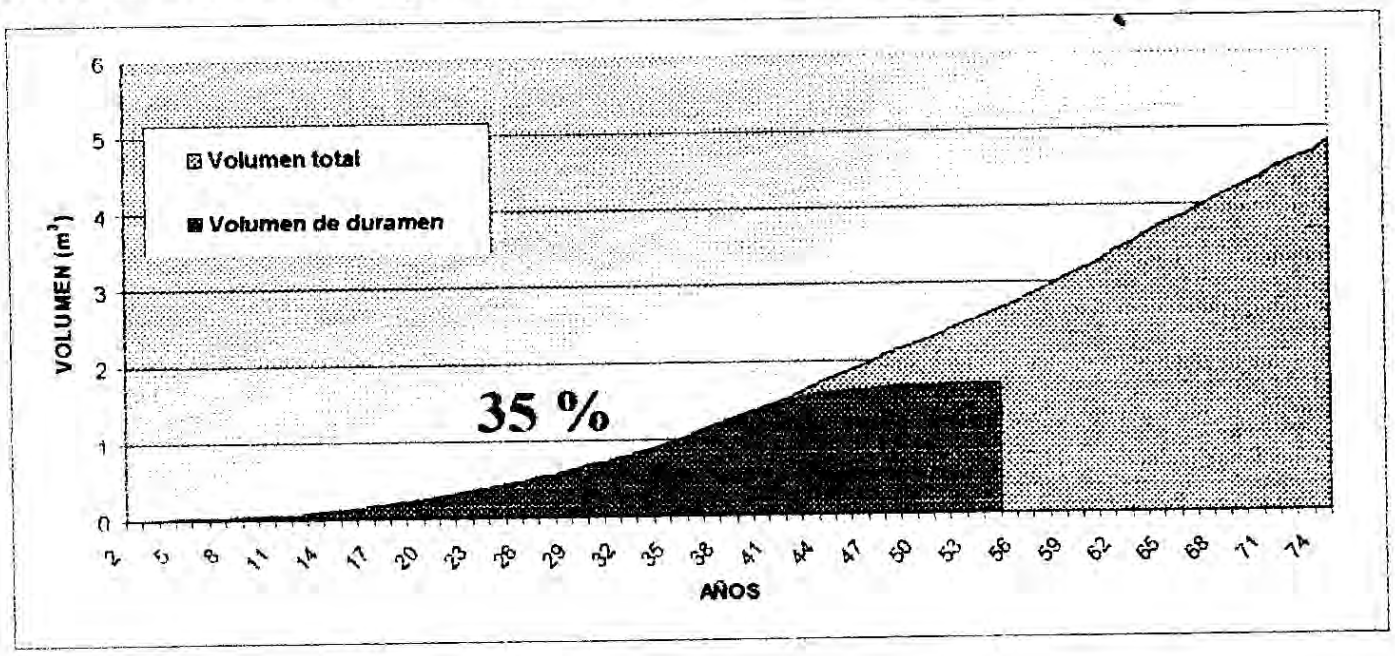


Gráfico 67: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 1



En terminos generales se observa un aumento en el porcentaje de duramen en volumen a medida que aumenta la edad. Entre los 35 y los 46 años, se puede ver un aumento relativo importante (20 %) en treminos porcentuales de volumen acumulado.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El rodal estudiado es disetaneo y tiene una distribución de frecuencias diamétricas (de 15 a 91 cm) compuestas por 3 generación coetáneas de individuos definidas en el análisis de tallo. El área basal por hectárea fue muy baja probablemente debido a que el rodal era mixto y no se tomaron en cuentra otras especies que no fueran *P. pinaster* para la medición de diámetros.

La altura total (H tot.) puede ser estimada a partir del *dap*, ya que tienden a correlacionarse muy bien. Sería recomendable continuar con el estudio de H tot. y *dap* en *P.pinaster* de manera de ampliar la muestra y poder llegar a estimacones con una mayor presición.

La regresión entre alturas, H tot. y H Ins. es buena por lo que es importante continuar con el estudio y medición de estas variables ya que sería de gran utilidad poder estimar H Ins. con H tot. para el calculo de volumen libre ramas con fines de aserrío. Es recomendable realizar futuros trabajos en los que se busquen relaciónes entre H Ins., poda natural y madera aserrada libre de nudos.

El factor de forma calculado en este trabajo tuvo alta dependencia de cada individuo debido a que el diámetro mínimo comercial no fue fijo; este dependió del criterio de motosierristas y compradores de la madera, llevando una gran variabilidad entre individuos lo que trajo como consecuencia un sesgo en las mediciones de volumenes comerciales calculados para árboles de cada clase diamétrica. En trabajos futuros sería importante mantener un diámetro mínimo de troza comercial fijo para todos los indivíduos independientemente de los intereses de quien coseche la madera; además deberían de tomarse más de un individuo representante de la clase diamétrica, con lo que se estarían reduciendo posibles sesgos.

Los defectos de fuste se presentan con más frecuencia en las clases diamétricas mayores. Esta tendencia es más notoria en la incidencia de inclinación y bifurcación que en torceduras y fustes curvados; podría asociarse con el historial, la exposición y el anclaje durante el crecimiento de las diferentes clases de tamaño-edad.

La proporción de corteza según *dap* tiende a disminuír para clases diamétricas entre 40 y 60 cm, presenta un muy buen ajuste con un modelo polinomial pero no hay que perder de vista que se cuenta con 10 datos por lo que se recomienda continuar con la medición de esta variable debido a que la corteza en *P. pinaster* puede actuar como un importante factor en la reducción del volumen utilizable.

El volumen comercial sin corteza de este rodal, puede ser estimado utilizando una tabla de volumen local, la cual presenta un buen ajuste con los valores comerciales observados. La tabla de volumen estándar presenta un error estimado demasiado alto por lo que no se recomienda su uso. Es importante remarcar que estas tablas son útiles unicamente para este rodal por lo antedicho acerca del factor de forma.

El análisis de tallo aplicado a indivíduos seleccionados fue fundamental para el estudio de crecimientos debido a que se trataba de un rodal disetaneo en el que la edad y la complegidad se definieron gracias a este.

Es posible realizar una segunda instancia de selección a partir de los resultados del análisis de tallo aplicado a árboles seleccionados fenotípicamente en primera instancia. Esta técnica es recomendable para selecciones futuras ya que permite tamizar individuos que pueden presentar buenas características fenotípicas pero importantes diferencias en edad que repercutan en incrementos volumétricos.

Se confirmó la superioridad de los individuos seleccionados cotejando sus crecimientos medios en volumen con los de árboles tipo evaluados en trabajos anteriores.

En caso de continuar con este trabajo, sería recomendable ampliar la cantidad de árboles seleccionados con individuos de otras Fracciones del Parque y realizar una prueba de progenie con los lotes de semilla identificada. A partir de esta se deberían tomar en cuenta las mejores familias correspondientes a progenies de polinización abierta para continuar con el mejoramiento de otras características.

Los crecimientos anuales corrientes siguen un patrón similar al de las precipitaciones anuales a pesar de que estas no estén por debajo del mínimo requerido por la especie, marcando la importancia de las precipitaciones para esta especie en este tipo de suelos.

Se observaron tendencias en el incremento del duramen con la edad. Se recomienda continuar con el estudio de esta variable en trabajos futuros, ya que la durabilidad de la madera de *P. pinaster* está altamente relacionada con esta variable.

VI. ANEXO

A continuación se presenta una tabla de volumen estándar construída por Laffitte *et. al.* (1964).

	Altura (m)					
Diámetro (cm)	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**
16	0,129	0,143	0,153			
18	0,169	0,187	0,201			
20	0,215	0,238	0,256			
22	0,268	0,297	0,318			
24	0,326	0,362	0,389	0,411		
26	0,394	0,436	0,468	0,495		
28	0,466	0,516	0,554	0,586		
30		0,613	0,649	0,686	0,718	
32		0,701	0,752	0,796	0,835	
34		0,805	0,864	0,915	0,957	
36		0,917	0,986	1,04	1,091	1,108
38		1,042	1,118	1,183	1,238	1,287
40			1,256	1,328	1,389	1,444
42			1,417	1,491	1,558	1,619
44			1,566	1,656	1,733	1,801
46			1,73	1,83	1,915	1,99
48			1,912	2,022	2,116	2,199
50				2,216	2,321	2,409
52				2,434	2,546	2,635
54				2,656	2,779	2,888
56				2,874	2,938	3,054
58				3,115	3,259	3,387
60				3,366	3,522	3,66

VII. RESUMEN

Se describieron variables cuantitativas y cualitativas de un rodal de *Pinus pinaster* Aiton resultado de un censo poblacional realizado en la Fracción 2 A del Parque F.D. Roosevelt, se seleccionaron individuos por sus características fenotípicas y se recolectó germoplasma de cada uno de ellos construyendo una base de datos de progenitores. A los árboles seleccionados se les efectuó análisis de tallo que aportó al estudio de crecimientos en volumen de cada uno de estos y a la descripción cualitativa del rodal.

Las variables descriptas para el rodal fueron diámetro a la altura del pecho, área basimétrica, factor de forma comercial con y sin corteza, altura total, altura de inserción de la rama viva inferior, porcentaje de defectos y volumen comercial sin corteza.

Las variables estudiadas para los individuos seleccionados fueron diámetro a la altura del pecho, proporción de corteza, altura total, altura de inserción de la rama viva inferior, defectos del fuste, volumen real comercial sin corteza, crecimiento anual corriente, crecimiento anual medio y volumen acumulado, porcentaje de duramen en volumen.

En el rodal se encontraron buenas correlaciones entre: altura total y diámetro a la altura del pecho; altura de inserción de la rama viva inferior y altura total; porcentaje de defectos y diámetro a la altura del pecho.

El análisis de tallo permitió constatar que el rodal disetáneo analizado estaba compuesto por tres generaciones y que los individuos seleccionados presentaron buen crecimiento en volumen.

Palabras clave: Pinus pinaster, censo poblacional, análisis de tallo, crecimiento anual corriente, crecimiento anual medio, volumen acumulado.

SUMMARY

Cualitative and cuantitative variables of a *Pinus pinaster* plantation in F.D. Roosevelt Park were described for the selection of individuals, using stem analysis.

Variables described were diameter breast height *u.b.*, individual basal area *u.b.*, bark proportion, commercial form factor, total height, height of the stem till the first live brunch, percentage of stem defects, current annual growth in volume, mean annual growth in volume and volume increment.

Key words: Pinus pinaster, stem analysis, current annual growth in volume, mean annual growth in volume and volume increment.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. TUSET, R; et, al. 1996. Investigación sobre la madera de pino marítimo (Pinus pinaster) cultivado en Uruguay. Universidad de la República, Facultad de Ingeniería – Facultad de Agronomía. pp 64.

2. BARBAT, J. P; MARTINEZ, C. F. 1981. Estudio sistemático de especies del genero Pinus existentes en: Estación experimental Bañado Medina, Parque de O.S.E., Parque de vacaciones de U.T.E. y Parques de Montevideo; su dispersión natural y comportamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 166p.

3. BONILLA, J. A. 1964. Sexta contribución dasométrica. Evaluación de los rendimientos del Pino Marítimo en la Zona de Carrasco (segunda parte). Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Boletín Departamento Forestal N ° 12, pp.10-20.

4. BONILLA, J. A; RAVA, C. A; ROLFO, M. 1964, Quinta contribución dasométrica. Evaluación de la calidad de sitio, en Pino Marítimo en la Zona de Carrasco en base a características edafológicas. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Boletín Departamento Forestal N ° 12, pp.1-9.

5. BONILLA, J. A; BOTTAZZI, J. A. 1964. Primera contribución dasométrica. Evaluación de los rendimientos del Pino Marítimo en la Zona de Carrasco. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Boletín Departamento Forestal N ° 9, pp.1-20.

6. LAFFITTE, J. C; MEZZOTTONI, C; BONILLA, J. A. 1964. Segunda contribución dasométrica. Tablas de volumen Standard de Pino Marítimo. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Boletín Departamento Forestal N ° 10, pp.1-10.

7. BONILLA, J. A; ROLFO, M. 1965. Séptima contribución dasométrica. El coeficiente mórfico en relación con el diámetro y la altura en Pino Marítimo. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Boletín Departamento Forestal N ° 13, pp.1-22.

8. BONILLA, J. A; ROSS, P; BUXEDAS, M. B. 1969. Tablas de volúmenes comerciales de Pino Marítimo. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Boletín Departamento Forestal N ° 15, pp.7-19.

9. BONILLA, J. A. 1965. Octava contribución dasométrica. Crecimiento de Pinos, Eucalyptus y Salicaceas en el Uruguay. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Boletín Departamento Forestal N° 16, pp.1-4.

10. ALIA, R. y MORO J. 1996. Comportamiento de procedencias de Pinus pinaster ait. en el centro de España . Investigación Agraria 5 (1)).

11. http://www.agrobyte.lugo.usc.es/agrobyte/publicaciones/pino/1introduccion.html

12. ALIA, R and MARTÍN S. 2003. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Maritime pine (Pinus pinaster). International plant genetic Resources Institute, Rome, Italy 6 pg.

13. AVERY. T. 1967. Forest measurements. New York, Mc Graw-Hill. 290 p.

14. BRUCE, X.; B. SCHUMACHER. 1950. Forest mensuration. Mc Graw Hill Book Company. 483 p.

15. CHAPMAN, H.; MEYER, W. 1949. Forest mensuration. Mc Graw Hill Book Company, Inc. 522p.

16. COZZO, D. 1973. Segunda noticia de una plantación de Pinus pinaster en la provincia de Sta Fé. Rev. For. Arg. 17 (2): 63.

17. BOUILARD, M. A. 1972. Crecimiento de P. radiata, P. pinaster y P. halepensis en dunas de San Clemente del Tuyú y mar de Ajó, Provincia de Buenos Aires. Rev. For. Arg. 16 (3-4): 97.

18. GARTLAND, H. M. y SERRA, O.E. 1967. Informaciones sobre las plantaciones forestales en las dunas marítimas de Miramar Provincia de Buenos Aires. Rev. For. Arg. 11 (1): 5.

19. NÁVAR , J y CONTRERAS, J. 2000. Ajuste de la distribución Weibull a las estructuras diamétricas de rodales irregulares de pino en Durango, México. Agrociencia 5. pg 353-361.

20. COWAY, M. J. 1976. Radiata pine, a basis for selection of trees for pruning and thinning. New Zealand Forest Service. Pg 12-15. Fourth edition 1976.

21. ZOBEL, B y TALBERT, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Universidad del Estado de Carolina del Norte. Pg 167-171. Edición 1992.

22. SORRENTINO, A. 1985. Manual teórico – práctico . Técnicas e instrumentos de medición forestal. 2. Montevideo – Uruguay. Pg 159 – 187.

23. SORRENTINO, A. 1997. Manual para diseño y ejecución de inventarios forestales. Montevideo - Uruguay.

24. http://www.meteorología.com.uy/caract_climat.htm

25. FUCARACCIO, F Y STAFFIERI, G. 1999. Desarrollo y Uso de Ecuaciones de Volumen y Tablas de Volumen en la República Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Pg. 29.

INDICE DE CUADROS, FIGURAS, GRÁFICOS Y TABLAS

Cuadro 1: Variables edáficas en la Fracción 2 A 32

Cuadro 2. Superficies, número de individuos y densidad de las zonas del rodal censado 52

Cuadro 3: Ficha de registro árbol 1 67

Cuadro 4: Ficha de registro árbol 2 68

Cuadro 5: Ficha de registro de árbol 3 69

Cuadro 6: Ficha de registro de árbol 4 70

Cuadro 7: Ficha de registro de árbol 5 71

Cuadro 8: Ficha de registro de árbol 6 72

Cuadro 9: Ficha de registro de árbol 7 73

Cuadro 10: Ficha de registro de árbol 8 74

Cuadro 11: Ficha de registro de árbol 9 75

Cuadro 12: Ficha de registro de árbol 10 76

Figura 1: Mapa de distribución natural del *Pinus pinaster* 7

Figura 2: Mapas de Precipitación media anual e Intensidad del viento 9

Figura 3: Mapas de Humedad relativa y de Temperatura media anual 10

Figura 4: Plano de las parcelas de muestreo en Bonilla y Botazzi, 1964 17

Figura 5: Relación teórica entre *crecimiento anual corriente* y *crecimiento anual medio* 22
Figura 6: Ejemplo de estimación de la edad sobre sección transversal del tocón 24
Figura 7: Foto aérea del Parque Franklin Delano Roosevelt 25
Figura 9: Area censada 27
Figura 10: Defectos del fuste 33
Figura 11: Arbol seleccionado 39
Figura 12: Disco recién extraído 40
Figura 13: Discos 40
Figura 14: Esquema de probeta 41
Figura 15: Imagen escaneada de probeta 41
Figura 16. Esquema de digitalizador 42
Figura 17: Esquema de ratón del digitalizador 42
Figura 18: Ejemplo de gráfico de análisis de tallo 44
Figura 19: Probeta radial del árbol 5 extraída a 3,6 m de altura 78

Gráfico 1: Volumen de madera según edad 11
Gráfico 2: Porcentaje del volumen de fuste comercial por diámetro de troza en función del *dap* 14
Gráfico 3: Relación entre *dap* y volumen aserrable hasta un diámetro mínimo de 20 cm (Bonilla *et al.*, 1964). 17
Gráfico 4: Altura en función de la edad 18
Gráfico 5: Relación factor de forma comercial en función del *dap* 19
Gráfico 6: Precipitaciones anuales máxima, mínima y total 31
Gráfico 7: Distribución de individuos en función de su clase diamétrica 49
Gráfico 8: Área basal en función de la clase diamétrica 51
Gráfico 9: Regresión entre altura total y *dap* 52
Gráfico 10: Regresión entre altura de inserción de la rama viva más baja y *dap* 53
Gráfico 11: Altura total media y altura media de inserción de la rama viva más baja según clase diamétrica 54
Gráfico 12: Regresión de altura de inserción de la rama viva inferior sobre altura total 54
Gráfico 13: Factor de forma comercial, con y sin corteza, según clases diamétricas 55
Gráfico 14: Porcentaje de corteza en diámetro según altura 56

Gráfico 15: Proporción de corteza en función de *dap*..... 57
Gráfico 16: Espesor de corteza en función de diámetro a la altura del tocón..... 57
Gráfico 17: Porcentaje de defectos 58
Gráfico 18: Volúmenes aparentes y comerciales de cada clase diamétrica..... 59
Gráfico 19: Regresión de volumen comercial sin corteza sobre *dap*..... 60
Gráfico 20: Árboles seleccionados dentro del rodal. 63
Gráfico 21: Volumen acumulado de los árboles seleccionados..... 64
Gráfico 22: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 1. 65
Gráfico 23: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 2 66
Gráfico 24: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 3 67
Gráfico 25: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 4 68
Gráfico 26: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 5 69
Gráfico 27: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 6 70
Gráfico 28: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 7 71
Gráfico 29: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 8 72
Gráfico 30: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 9 73
Gráfico 31: Curvas de crecimiento y volumen del árbol 10 74
Gráfico 32: Promedio de volumen acumulado de árboles seleccionados a la edad de 30 años 75
Gráfico 33: Volumen acumulado de árbol tipo de 30 años de edad; Bonilla, 1964 .. 75
Gráfico 34: Promedio de volumen acumulado en árboles seleccionados a la edad de 35 años 76
Gráfico 35: Volumen acumulado de árbol tipo de 35 años de edad; Bonilla, 1964 .. 76
Gráfico 36: Volumen acumulado de árbol tipo de 35 años de edad; Bonilla, 1964 .. 77
Gráfico 37: Esquema de tallo del árbol 1..... 79
Gráfico 38: Esquema de tallo del árbol 2..... 80
Gráfico 39: Esquema de tallo del árbol 3..... 81
Gráfico 40: Esquema del tallo del árbol 4..... 82
Gráfico 41: Esquema de tallo del árbol 5..... 83
Gráfico 42: Esquema de tallo del árbol 6..... 84
Gráfico 43: Esquema de tallo del árbol 7..... 85
Gráfico 44: Esquema de tallo del árbol 8..... 86
Gráfico 45: Esquema de tallo del árbol 9..... 87

Gráfico 46: Esquema de tallo del árbol 10 88
Gráfico 47: Crecimiento medio anual de árboles seleccionados en función del año. 90
Gráfico 48: Crecimiento anual corriente del árbol 1 91
Gráfico 49: Crecimiento anual corriente del árbol 2 91
Gráfico 50: Crecimiento anual corriente del árbol 3 92
Gráfico 51: Crecimiento anual corriente del árbol 4 92
Gráfico 52: Crecimiento anual corriente del árbol 5 92
Gráfico 53: Crecimiento anual corriente del árbol 6 93
Gráfico 54: Crecimiento anual corriente del árbol 7 93
Gráfico 55: Crecimiento anual corriente del árbol 8 93
Gráfico 56: Crecimiento anual corriente del árbol 9 94
Gráfico 57: Crecimiento anual corriente del árbol 10 94
Gráfico 58: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 2 95
Gráfico 59: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 10 95
Gráfico 60: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 6 96
Gráfico 61: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 3 96
Gráfico 62: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 7 96
Gráfico 63: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 5 97
Gráfico 64: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 8 97
Gráfico 65: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 4 97
Gráfico 66: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 9 98
Gráfico 67: Porcentaje de duramen en volumen para el árbol 1 98

Tabla 1: Propiedades físicas y mecánicas de *Pinus pinaster* 9
Tabla 2: Resumen de tabla de inventario 10
Tabla 3: Datos de inventario de parcelas con árboles tipo para análisis de tallo (Bonilla, 1964). 11
Tabla 4: Información dasométrica de pino marítimo a nivel nacional 12
Tabla 5: Resumen de inventarios de *Pinus pinaster* en Argentina 13
Tabla 6: Resultados en dos parcelas de inventario (Bonilla y Botazzi, 1964) 16
Tabla 7: Descripción de zonas 28
Tabla 8: Planilla de campo 33
Tabla 9: Ancho de anillo acumulado 43

Tabla 10: Area de anillo de crecimiento 45
Tabla 11: Volúmen por cada anillo 45
Tabla 12: Crecimientos anuales corriente, medio y total en volumen 46
Tabla 13: Factor de forma comercial con y sin corteza en función de la clase diamétrica 55
Tabla 14: Tabla de rodal 59
Tabla 15: Tabla Local de Volumen comercial sin corteza de Pino Marítimo 60
Tabla 16: Tabla estándar de Volumen comercial sin corteza de Pino Marítimo 61
Tabla 17: Comparación de IMA volumen para árboles entre 34 y 36 años de edad . 77
Tabla 18: Comparación de IMA volumen para árboles de 43 y 47 años de edad..... 78
Tabla 19: Arboles selectos por generación 89