

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

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento Manejo de Bosque y Medio Ambiente



DETERMINACION DE LA DENSIDAD BASICA DE LA MADERA EN  
UN RODAL ADULTO DE PINO MARITIMO.  
(*Pinus pinaster* Ait.)




CONCEPCION - CHILE

2000



DETERMINACION DE LA DENSIDAD BASICA DE LA MADERA EN  
UN RODAL ADULTO DE PINO MARITIMO.  
(*Pinus pinaster* Ait.)


Profesor Asesor



---

Luis Valenzuela Hurtado  
Profesor Asociado.  
Ingeniero de ejecución  
en maderas, M. Sc. Ph. D.


Profesor Asesor



---

Miguel Espinosa Bancalari  
Profesor Titular.  
Ingeniero Forestal, Ph. D.

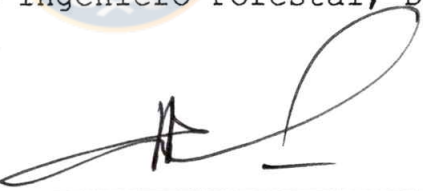
Director Departamento  
Manejo de Bosque y  
Medio Ambiente



---

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

Decano Facultad  
Ciencias Forestales



---

Fernando Drake Aranda  
Profesor Asociado.  
Ingeniero Forestal.

Calificación de la memoria de título:

Sr. Luis Valenzuela Hurtado: 85 puntos  
Sr. Miguel Espinosa Bancalari: 85 puntos

*Dedicatorias*



A DIOS Y A MIS PADRES

## **AGRADECIMIENTOS**

Gran colaboración de mis profesores Luis Valenzuela H., Miguel Espinosa B. y Manuel Caro R., quienes con su constante apoyo y entrega posibilitaron la realización y feliz término del presente estudio.

Al constante apoyo de mis compañeros Ricardo Rodríguez, Luciano Vejar, Erich Vera, Bladimir Álvarez y tantos otros por sus sabios consejos, conocimiento y amistad.



# ÍNDICE MATERIA

CAPÍTULOS	PÁGINA
I INTRODUCCIÓN.....	10
II MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
2.1 Descripción del área de estudio.....	13
2.2 Metodología.....	14
2.3 Análisis de los datos.....	16
III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
3.1 Variación de la densidad por clase de copa.....	18
3.2 Variación de la densidad a lo largo del fuste.....	18
3.3 Variación de la densidad entre las orientaciones norte y sur.....	21
3.4 Variación de la densidad entre los anillos de crecimientos.....	23
3.5 Relaciones.....	26
IV CONCLUSIONES.....	28
V RESUMEN.....	29
VI SUMMARY.....	30
VI BIBLIOGRAFÍA.....	31

VII APÉNDICE.....	35
Apéndice A.....	36
Apéndice B.....	42
VIII ANEXO.....	44
1B. Características del rodal.....	45



## ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULOS PÁGINA

### MATERIA

1.Densidad básica promedio según clases de copa, altura y Orientación (norte y sur) del fuste.....	19
2.Densidades básicas en grupos de cuatro anillos de crecimiento, Según clase de copa a distintas alturas del fuste.....	24

### APÉNDICE A

1A. Características generales de los árboles muestra.....	37
2A. Análisis de varianza de la densidad básica por clases de copa, Altura y Orientación de la rodela.....	38
3A. Análisis de varianza de la densidad básica por anillos de crecimiento a distintas alturas del fuste.....	38
4A. Tests de homogeneidad de varianza de la densidad básica por anillos crecimiento a distintas alturas del fuste.....	38
5A. Valores (%) en porcentaje de la madera de verano por clase de copa y altura del árbol.....	39
6A. Valores (mm) del ancho del anillo de crecimiento por clase de copa y altura del	



árbol.....	40
7A. Valores (mm) de la distancia radial de la médula al anillo de crecimiento por clase de copa y altura del árbol.....	41

ANEXO

1B. Tabla de rodal de la plantación.....	45
2B. Tabla Variación de la densidad básica promedio con la altura por clases diamétrica en árboles de <i>Pinus pinaster</i> de 55 años de edad.....	45



## ÍNDICE FIGURAS

CAPÍTULOS	PÁGINA
MATERIA	
1. Vigüeta con los anillos de crecimiento y la línea recta que pasa por el centro de la médula.....	16
2. Variación en altura de la densidad básica, para las orientaciones norte y sur por clase de copa.....	20
3. Vigüetas con los anillos de crecimiento y la línea que separa la madera normal (radio sur) de la madera de compresión (radio norte).....	22
4. Variación radial de la Densidad básica con orientación norte (madera de compresión) y sur (madera normal) por clase de copa a distintas alturas del fuste.....	25
5 Relaciones de la densidad básica y el Radio de cada rodela para cada clase de copa.....	27
APÉNDICE B	
1B. Probabilidad de los residuos normales de la densidad básica, para las distintas rodelas del fuste.....	43

## I INTRODUCCIÓN

La norma chilena NCH176/20F86 (1988) define densidad básica de la madera como "la relación entre la masa de la probeta en estado anhidro y el volumen de la probeta en estado verde". Esta relación constituye uno de los criterios más importantes para determinar la calidad de la madera, ya que se relaciona de manera directa con las propiedades de la madera y rendimiento de pulpa para la industria papelera (Daniel et al., 1982).

En general el comportamiento de la densidad varía de acuerdo a dos grandes factores: internos y externos del árbol.

Dentro de los primeros se encuentran el porcentaje de madera de verano, el tamaño celular y el espesor de la pared celular (Zobel et al., 1992).

Los factores externos se pueden clasificar en tres grandes grupos: las condiciones edafoclimáticas, las prácticas silvícolas y los asociados a la especie (Dorado et al., 1995).

Con respecto a las condiciones edafoclimáticas las más relevantes que afectan la densidad son: la humedad del suelo, la temperatura atmosférica, la latitud y la altitud (Daniel et al., 1982).

La humedad del suelo es el factor que más influye en el crecimiento del árbol, provocando un considerable efecto sobre el tamaño del anillo anual, el porcentaje de madera de verano y la densidad, (Zimmerman y Brown, 1980, citados por Baldini, 1994).

El segundo factor externo que afecta la densidad de la madera corresponde a las prácticas silvícolas (raleo y fertilización); luego los efectos sobre la densidad son variados. Por ejemplo, si el raleo o la fertilización eleva la proporción relativa de madera temprana la densidad disminuye; si se eleva el porcentaje de madera de verano, la densidad aumenta (Daniel et al., 1982).

El tercer factor externo está asociado a la especie. Variación en densidad se observa entre especies, dentro de la misma especie y dentro de un mismo individuo. Por ejemplo entre especies diferentes se encuentran densidades que oscilan desde 1,08 g/cm<sup>3</sup> para madera de *Amomyrtus luma* Mol., hasta 0,32 g/cm<sup>3</sup> para madera de *Populus nigra* L. (Melo y Paz, 1993). También en rodales de pinos de igual edad (35 años) las densidades de las maderas son diferentes; para *Pinus pinaster* Ait. (0,47 g/cm<sup>3</sup>) y *Pinus radiata* D. Don (0,42 g/cm<sup>3</sup>), presentando la primera mejores propiedades físicas y mecánicas (Knowles y Miller, 1989).

La edad de los árboles y las clases diamétricas son factores que afectan a la densidad dentro de una

misma especie. Al respecto, Uprichard (1980) sostiene que la edad del árbol controla las propiedades de la madera y la calidad de la celulosa que de ésta se obtiene. También se han encontrado diferencias de densidades entre árboles de distintas clases diamétricas. En un rodal de *Pinus pinaster* de 55 años de edad, los árboles de clase diamétrica superior presentaron menor densidad, en comparación a las clases diamétricas media e inferior (Cárdenas, 1995).

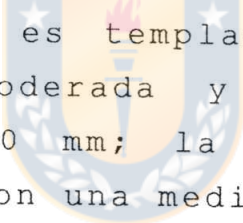
Uprichard (1980), señala que la densidad varía dentro de un mismo árbol, y que hay un aumento desde la médula hacia la corteza y desde el ápice a la base del árbol, concordando con lo encontrado por Cardenas (1995) en un rodal de *Pinus pinaster*.

El objetivo general de este estudio es determinar la densidad básica de la madera en un rodal adulto de pino marítimo (*Pinus pinaster*) de 44 años de edad. Específicamente medir la densidad con respecto a la variación en altura y radial por clase de copa y relacionar la densidad básica con el porcentaje de madera de verano, ancho del anillo de crecimiento, distancia de la médula al anillo de crecimiento y radio de cada rodela.

## II MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Descripción del área de estudio.

El estudio se realizó en un rodal de pino marítimo de 44 años de edad de 7,1 hectáreas, establecido en el fundo Casablanca, propiedad de la empresa Forestal Cementos Biobío S.A., ubicado en la región del Biobío, provincia de Ñuble, comuna de Quirihue, (Latitud 36° - 37° Sur y Longitud 72° - 73° Oeste). Posee pendientes no mayor de un 12% con predominancia a la exposición norte.



El clima del lugar es templado cálido con una amplitud térmica moderada y una pluviometría media anual de 1320 mm; la temperatura media anual es de 14,2°C con una media de 18°C en enero y de 9,1°C en julio (Toledo y Zapater, 1991). La plantación está establecida en suelos de la serie San Carlos, cuyo material de origen son cenizas volcánicas jóvenes y de textura franco arcilloarenosa (Instituto Geográfico Militar, 1984)

En agosto de 1998 se efectuó un inventario del rodal; se determinó que la densidad media es de 420 arb/ha con un área basal total de 65,437 m<sup>2</sup>/ha. El rodal no ha sido sometido a intervenciones silvícolas. El sotobosque está compuesto principalmente por maqui, litre y radal.

## 2.2 Metodología

**Selección y medición de los árboles muestra.** La selección de los árboles muestra se basó en la distribución diamétrica del rodal. Se registraron 12 clases de diámetro las cuales se agruparon en tres rangos de tamaño y se asumió que cada uno correspondía a las clases de copa existentes en el rodal (Smith, 1986): suprimida (32 a 38 cm), intermedia (38 a 46 cm) y dominante (46 a 54 cm). Nueve árboles fueron seleccionados, tres árboles por cada clase de copa.

Se procedió a trozar cada árbol para la obtención de rodela a la altura del tocón, 0,3 m, a 1,3 m (DAP), a 4,6 m (Fuste 1), a 8,1 m (Fuste 2), a 11,3 m (fuste 3), a 14,3 m (Copa 1) y a 17,1 m (Copa 2) (Apéndice 1A).

Todas las rodela presentaban madera de compresión en la orientación norte (Fig. 3).

De estas rodela se obtuvieron vigueta con orientación sur-norte, para la medición del porcentaje de madera de verano y la obtención de probeta en grupos de cuatro anillos (Para facilitar el corte de la vigueta).

En laboratorio se midió la densidad básica de cada una de las probeta utilizando la metodología seguida por Pinto (1997).

En la vigueta la medición del porcentaje de madera de verano se basó en la diferencia de colores de los tejidos de primavera y verano, siendo el segundo de color más oscuro. Al respecto, Cown et al. (1991) señalan que la distinción a simple vista es posible de realizar y es tan buena como cualquier otro método.

De norte a sur, se trazó una línea recta por la médula de cada vigueta. Posteriormente se marcó la vigueta en grupos de cuatro anillos (Fig. 1). Por la línea recta se midió linealmente con el pie de metro los anchos de la madera de verano y el ancho de cada grupo de cuatro anillos (madera de primavera + madera de verano).

Los valores obtenidos fueron transformados en porcentajes, considerando el ancho del grupo de los cuatro anillos como 100%, obteniéndose el porcentaje de madera de verano con la siguiente relación:

$$\%MV = \frac{(A+B+C+D) * 100}{E}$$

%MV: Porcentaje de la madera de verano

- A : Ancho de la madera de verano del primer anillo.
- B : Ancho de la madera de verano del segundo anillo.
- C : Ancho de la madera de verano del tercer anillo.
- D : Ancho de la madera de verano del cuarto anillo.
- E : Ancho total del grupo de los cuatro anillos.



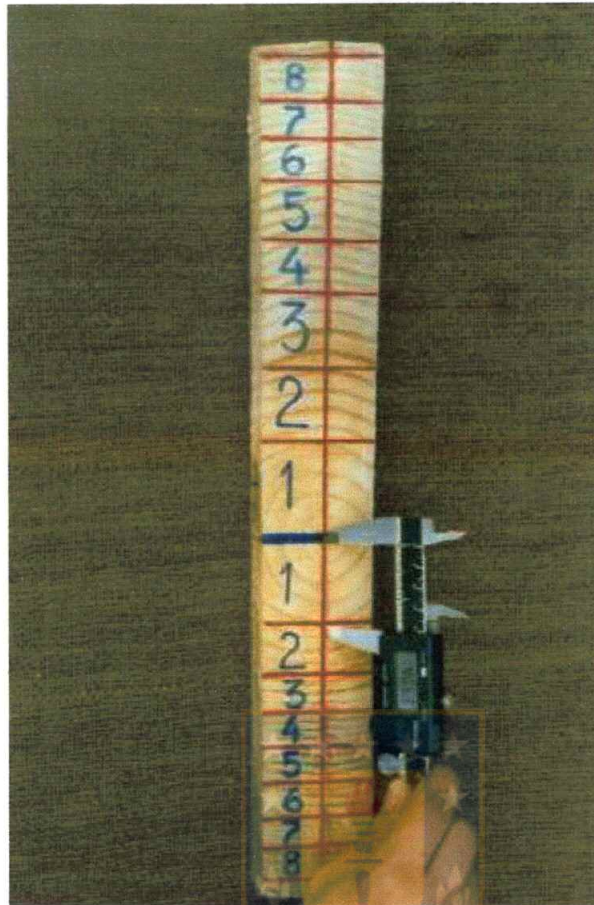


Figura 1. Vigüeta con los anillos de crecimiento y la línea recta que pasa por el centro de la médula.

Las variables radio y distancia desde la médula al anillo también se midieron directamente de las vigüetas.

### **2.3 Análisis de los datos**

Con la información obtenida se graficaron las relaciones entre la densidad a distintas alturas del fuste y las siguientes variables: orientación de cada rodela (norte y sur), número de anillos de

crecimiento, porcentaje de madera de verano, ancho del anillo, distancia desde la médula al anillo y radio de cada rodela, para cada clase de copa.

Para determinar si existió diferencia significativa en la densidad con respecto a las clases de copa, altura del fuste, orientación de cada rodela y número de anillos, se realizó un análisis de varianza, para un diseño de subparcelas divididas (Steel y Torrie, 1988). Posteriormente se cumplió los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad de los residuos (Apéndice, tablas 3A y 1B).

Las demás relaciones fueron evaluadas a través de regresión simple, donde se utilizaron todos los valores en grupos de cuatro anillos (Apéndice, tablas 25A al 27A).

### III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

#### 3.1 Variación de la densidad por clase de copa.

Las densidades de la clase dominante a lo largo del fuste fueron menores y más homogéneas que la clase intermedia y suprimida como se observa en la tabla 1, tanto para la orientación norte como del sur.

Estadísticamente al comparar las densidades medias totales de las clases de copa se encontró diferencias significativas (Apéndice Tabla 2A), entre la clase dominante con las clases suprimida e intermedia, en cambio las densidades entre los intermedios y suprimidos no se encontró diferencias significativas, aunque la densidad media de la clase suprimida fue mayor.

Las diferencias de densidad de la madera por clase de copa, se debe a que los árboles dominantes presentaron menor porcentaje de madera de verano (21,8 %) y viceversa que los árboles suprimidos (27,6 %) lo que concuerdan con lo señalado por Zobel et al. (1992).

#### 3.2 Variación de la densidad a lo largo del fuste.

Al comparar estadísticamente las densidades para la orientación norte y para la orientación sur, por separado, a lo largo del fuste por clase de copa se encontraron diferencias significativas (Apéndice

Tabla 2A). Donde la densidad tiende a disminuir desde la base al ápice del árbol en todas las clases de copas, como se observa en la figura 2.

Tabla 1. Densidad básica promedio según clases de copa, altura y orientación del fuste (norte y sur).

Altura (m)	n	Parámetros	Dominante		Intermedio		Suprimido	
			norte	sur	norte	sur	norte	sur
17,1	9	$\bar{x}$	0,413	0,351	0,434	0,371	0,410	0,362
		(DE)	0,020	0,035	0,036	0,028	0,043	0,052
		(CV)	4,918	10,048	8,194	7,453	10,498	14,248
14,3	15	$\bar{x}$	0,444	0,396	0,487	0,380	0,443	0,415
		(DE)	0,042	0,024	0,015	0,026	0,045	0,049
		(CV)	9,524	6,008	3,177	6,755	10,142	11,724
11,3	21	$\bar{x}$	0,456	0,372	0,480	0,389	0,506	0,432
		(DE)	0,008	0,035	0,018	0,011	0,020	0,052
		(CV)	1,702	9,373	3,707	2,820	3,978	12,025
8,1	24	$\bar{x}$	0,449	0,390	0,487	0,394	0,471	0,404
		(DE)	0,027	0,049	0,026	0,015	0,068	0,004
		(CV)	6,064	12,585	5,388	3,814	14,465	1,078
4,6	24	$\bar{x}$	0,468	0,391	0,494	0,431	0,495	0,446
		(DE)	0,021	0,020	0,021	0,431	0,059	0,021
		(CV)	4,420	5,077	4,311	6,814	11,840	4,750
1,3	27	$\bar{x}$	0,467	0,396	0,566	0,473	0,571	0,445
		(DE)	0,041	0,015	0,092	0,085	0,045	0,030
		(CV)	8,747	3,910	16,198	18,022	7,852	6,663
0,3	33	$\bar{x}$	0,477	0,416	0,578	0,455	0,550	0,458
		(DE)	0,019	0,017	0,052	0,027	0,069	0,031
		(CV)	3,948	4,006	9,027	5,893	12,598	6,874

$\bar{x}$  : Media aritmética.  
n : Número de probetas

(CV): Coeficiente de variación.  
(DE): Desviación estándar.

La variación de la densidad de la madera con la altura se explican según Daniel et al. (1982), por la variación de del porcentaje de madera de verano y por la presencia de madera juvenil y madura, donde la madera juvenil se encuentra en gran porcentaje a mayor altura del fuste y está relacionada con densidades menores, en comparación con la madera madura, la cual se encuentra en la porción inferior del árbol.

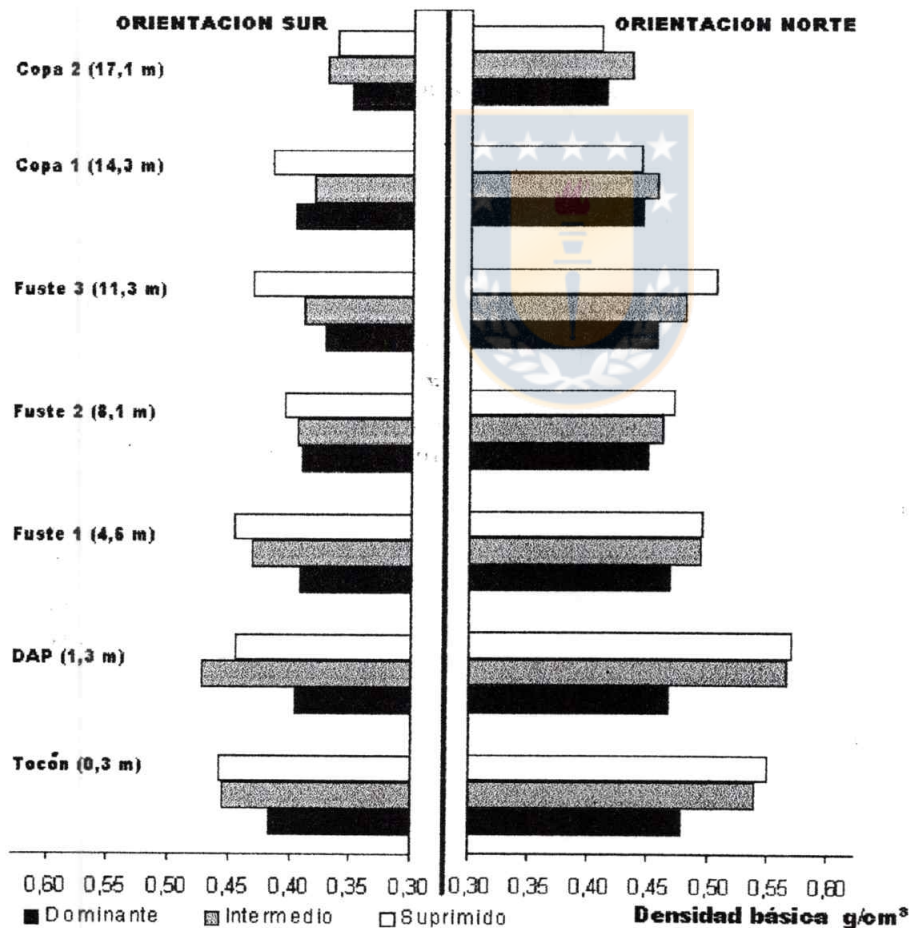


Figura 2. Variación en altura de la densidad básica, para las orientaciones norte y sur por clase de copa.

Al comparar los resultados de este estudio con los de Cárdenas (1995) se observan tendencias semejantes: disminución de la densidad desde la base al ápice de los árboles para todas las clases de copa y los valores de densidad de la madera fueron inferiores para los dominantes que el resto de las clases de copa. Sin embargo, debido a que en este estudio los árboles presentaban madera de compresión, la densidad resultó superior.

### **3.3 Variación de la densidad entre las orientaciones norte y sur.**

Se encontró estadísticamente diferencias significativas (Apéndice Tabla 2A) en la densidad de la madera, entre las orientaciones norte y sur, para cada altura y por clases de copa. Donde la orientación norte es de mayor densidad que la orientación sur ( figura 2 y 4). Esta diferencia se debe a la presencia de madera de compresión encontrada en todos los árboles muestreados. Viguetas obtenidas de un árbol contienen este defecto se muestra en la figura 3. Esta madera de compresión puede tener su origen por efecto fototrópico de la especie o por la acción del viento (Reader y Kurmes, 1996).

La alta densidad encontrada en los árboles con madera de compresión, se debe a que las paredes de las traqueidas de la madera de primavera son

más gruesas en comparación con una madera normal (Brown et al., 1949). Zobel et al., (1992) señalan que el contenido de lignina aumenta a medida que aumenta la densidad de la madera y que la madera de compresión se caracteriza por poseer un alto contenido de ésta.

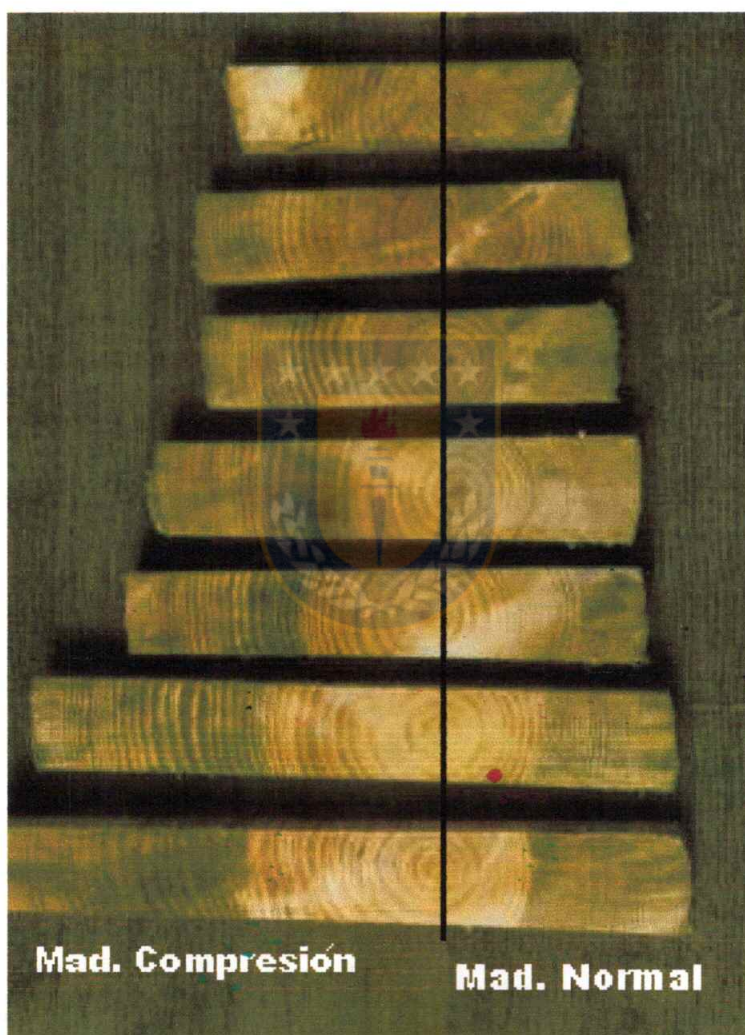


Figura 3. Viguetas con los anillos de crecimiento y la línea que separa la madera normal (radio sur) de la madera de compresión (radio norte).

### 3.4 Variación de la densidad entre los anillos de crecimientos.

Al observar la tabla 2 y la figura 4 el comportamiento radial de la densidad, se inició con un ascenso gradual desde la médula al octavo anillo al nivel de la copa (17,3 m de altura) en 3 las clases de copa. Luego las densidades a la altura de 8,1 m y las demás alturas, tiende a estabilizarse gradualmente en ambas orientaciones. se debería posiblemente a un engrosamiento de las paredes celulares en la dirección radial médula-corteza, estimulado por una baja de auxinas (Daniel et al., 1982).

Al comparar estadísticamente ( Apéndice 3A) las densidades entre los anillos por clase de copa, a distintas alturas del fustes, para ambas orientaciones (norte y sur), solamente se encontraron diferencias significativas en la sección de la copa (14 m y 17 m) tanto en la orientación norte como en la del sur, en las 3 clases de copa.



Tabla 2. Densidades básicas en grupos de cuatro anillos, por clase de copa, a distintas alturas del fuste.

Altura (m)	n	N° anillo	Dominante									Intermedio									Suprimido								
			norte			SUR			norte			SUR			norte			SUR											
			Media	DE	CV	Media	DE	CV	Media	DE	CV	Media	DE	CV	Media	DE	CV	Media	DE	CV									
17,1	3	2	0,362	0,047	13,0	0,333	0,038	11,2	0,363	0,046	12,6	0,357	0,051	14,2	0,313	0,049	15,6	0,345	0,117	33,8									
		6	0,451	0,045	9,9	0,361	0,047	13,0	0,435	0,057	15,5	0,355	0,024	6,7	0,446	0,098	22,0	0,386	0,057	14,8									
		10	0,425	0,048	11,2	0,358	0,021	6,0	0,504	0,043	8,5	0,400	0,030	7,4	0,470	0,028	6,0	0,355	0,015	4,2									
14,3	3	2	0,385	0,013	3,4	0,381	0,014	3,6	0,426	0,032	7,4	0,350	0,049	14,1	0,398	0,083	20,8	0,473	0,200	42,3									
		6	0,444	0,123	27,6	0,364	0,049	13,4	0,474	0,004	0,9	0,377	0,017	4,5	0,377	0,028	7,4	0,358	0,031	8,6									
		10	0,459	0,025	5,5	0,363	0,031	8,5	0,527	0,049	9,2	0,383	0,018	4,8	0,466	0,054	11,7	0,458	0,079	17,3									
		14	0,476	0,030	6,2	0,380	0,032	8,3	0,509	0,039	7,8	0,396	0,044	11,1	0,459	0,056	12,2	0,395	0,034	8,7									
17	0,455	0,041	9,0	0,494	0,071	14,3	0,498	0,035	7,1	0,396	0,032	8,1	0,516	0,052	10,0	0,392	0,028	7,1											
11,3	3	2	0,396	0,037	9,2	0,375	0,030	7,9	0,439	0,052	11,9	0,421	0,010	2,3	0,456	0,030	6,6	0,441	0,065	14,7									
		6	0,471	0,021	4,5	0,399	0,042	10,4	0,461	0,061	13,3	0,379	0,050	13,1	0,477	0,016	3,4	0,441	0,065	14,7									
		10	0,475	0,014	3,0	0,375	0,051	13,5	0,456	0,117	25,6	0,369	0,030	8,1	0,477	0,014	3,0	0,397	0,047	11,9									
		14	0,452	0,043	9,5	0,350	0,021	5,9	0,492	0,035	7,2	0,356	0,033	9,2	0,491	0,027	5,4	0,407	0,059	14,3									
		18	0,492	0,051	10,4	0,369	0,040	10,9	0,498	0,038	7,6	0,372	0,012	3,3	0,533	0,040	7,4	0,437	0,046	10,5									
		22	0,458	0,001	0,3	0,366	0,032	9,1	0,504	0,086	17,0	0,408	0,005	1,3	0,573	0,050	8,7	0,468	0,056	12,0									
25	0,445	0,040	9,0	0,371	0,051	13,6	0,513	0,029	5,6	0,419	0,012	2,9	0,537	0,062	11,6	0,430	0,031	7,1											
9,1	3	2	0,391	0,020	5,0	0,380	0,024	6,4	0,453	0,025	5,5	0,418	0,015	3,7	0,386	0,037	9,5	0,365	0,027	7,4									
		6	0,455	0,015	3,3	0,397	0,011	2,7	0,454	0,047	10,4	0,413	0,011	2,6	0,437	0,117	26,8	0,394	0,062	15,7									
		10	0,460	0,061	13,3	0,388	0,068	17,6	0,473	0,029	6,2	0,388	0,026	6,8	0,503	0,113	22,4	0,403	0,017	4,2									
		14	0,478	0,051	10,7	0,379	0,045	12,8	0,488	0,021	4,3	0,383	0,010	2,6	0,468	0,059	12,5	0,395	0,024	6,2									
		18	0,465	0,032	7,0	0,393	0,055	14,0	0,489	0,046	9,4	0,369	0,032	8,7	0,498	0,079	15,8	0,415	0,011	2,7									
		22	0,462	0,017	3,6	0,384	0,069	18,1	0,538	0,033	6,2	0,392	0,028	7,0	0,515	0,056	10,9	0,429	0,028	6,4									
26	0,435	0,031	7,1	0,405	0,101	24,8	0,516	0,051	9,9	0,398	0,030	7,4	0,492	0,082	16,7	0,428	0,012	2,8											
4,6	3	2	0,405	0,010	2,4	0,397	0,016	4,0	0,420	0,014	3,3	0,429	0,032	7,4	0,399	0,109	27,2	0,448	0,097	21,6									
		6	0,522	0,045	9,6	0,413	0,018	4,4	0,460	0,009	1,9	0,442	0,007	1,5	0,432	0,095	22,1	0,490	0,126	25,8									
		10	0,524	0,036	6,9	0,387	0,008	2,0	0,501	0,038	7,5	0,423	0,023	5,5	0,492	0,037	7,5	0,436	0,064	14,6									
		14	0,459	0,061	13,3	0,375	0,031	8,3	0,542	0,051	9,4	0,424	0,027	6,5	0,543	0,039	7,1	0,397	0,056	14,2									
		18	0,479	0,043	8,9	0,400	0,043	10,9	0,514	0,025	4,8	0,405	0,052	12,9	0,511	0,037	7,2	0,425	0,031	7,4									
		22	0,457	0,035	7,7	0,392	0,030	7,7	0,509	0,004	0,7	0,426	0,060	14,1	0,535	0,016	2,9	0,425	0,038	8,9									
		26	0,458	0,014	3,1	0,380	0,035	9,3	0,497	0,036	7,3	0,435	0,034	7,9	0,532	0,081	15,2	0,471	0,050	10,6									
30	0,441	0,005	1,2	0,387	0,067	17,3	0,509	0,048	9,5	0,462	0,086	16,6	0,520	0,069	17,2	0,474	0,093	19,7											
1,3	3	2	0,454	0,004	1,0	0,407	0,009	2,3	0,522	0,164	31,4	0,492	0,049	9,9	0,490	0,018	3,7	0,471	0,093	19,7									
		6	0,499	0,020	4,0	0,425	0,011	2,6	0,548	0,139	25,3	0,537	0,159	29,5	0,592	0,044	7,5	0,435	0,064	14,6									
		10	0,490	0,093	18,9	0,412	0,027	6,5	0,568	0,102	18,0	0,517	0,149	28,9	0,609	0,073	12,0	0,448	0,093	20,8									
		14	0,475	0,121	25,4	0,374	0,029	7,8	0,598	0,107	17,8	0,459	0,089	19,3	0,598	0,065	10,9	0,418	0,024	5,8									
		18	0,481	0,053	11,0	0,391	0,019	4,8	0,586	0,103	17,5	0,451	0,101	22,3	0,591	0,079	13,4	0,431	0,017	4,0									
		22	0,452	0,010	2,2	0,398	0,025	6,4	0,570	0,068	12,0	0,447	0,082	18,4	0,595	0,105	17,7	0,454	0,015	3,2									
		26	0,455	0,034	7,4	0,387	0,015	3,8	0,579	0,057	9,9	0,439	0,029	6,6	0,550	0,053	9,6	0,451	0,029	6,5									
		30	0,463	0,060	13,0	0,380	0,030	7,8	0,568	0,048	8,5	0,469	0,079	16,8	0,550	0,035	6,5	0,465	0,043	9,3									
34	0,437	0,039	9,0	0,386	0,020	5,2	0,559	0,071	12,7	0,444	0,072	16,2	0,564	0,026	4,6	0,428	0,036	8,4											
0,3	3	2	0,500	0,006	1,2	0,426	0,016	3,8	0,577	0,060	10,4	0,526	0,051	9,6	0,514	0,033	6,4	0,518	0,035	6,8									
		6	0,510	0,049	9,6	0,460	0,027	5,9	0,630	0,124	19,8	0,505	0,022	4,4	0,540	0,066	12,2	0,532	0,052	9,8									
		10	0,554	0,011	1,9	0,448	0,039	8,8	0,609	0,129	21,2	0,494	0,042	8,6	0,560	0,082	14,6	0,475	0,068	14,2									
		14	0,489	0,045	9,2	0,388	0,036	9,4	0,636	0,104	16,3	0,392	0,022	5,6	0,565	0,093	16,5	0,437	0,035	8,1									
		18	0,441	0,022	5,0	0,389	0,027	6,9	0,603	0,062	10,3	0,421	0,028	6,5	0,580	0,098	16,8	0,466	0,028	5,9									
		22	0,440	0,029	6,6	0,405	0,017	4,2	0,565	0,056	9,9	0,424	0,054	12,8	0,578	0,114	19,7	0,457	0,063	13,9									
		26	0,430	0,003	0,7	0,406	0,021	5,3	0,561	0,046	8,2	0,447	0,035	7,8	0,575	0,097	16,9	0,428	0,045	10,5									
		30	0,465	0,041	8,9	0,402	0,015	3,7	0,561	0,048	8,6	0,450	0,054	12,0	0,541	0,091	16,8	0,422	0,022	5,2									
		34	0,467	0,040	8,5	0,416	0,022	5,3	0,560	0,047	8,4	0,448	0,058	13,0	0,536	0,054	10,1	0,439	0,039	8,9									
		37	0,532	0,149	28,0	0,411	0,022	5,4	0,530	0,087	16,3	0,451	0,081	18,0	0,540	0,097	17,9	0,417	0,016	3,7									
42	0,420	0,025	5,9	0,427	0,027	6,3	0,524	0,066	12,6	0,449	0,062	13,9	0,523	0,051	9,7	0,446	0,047	10,4											

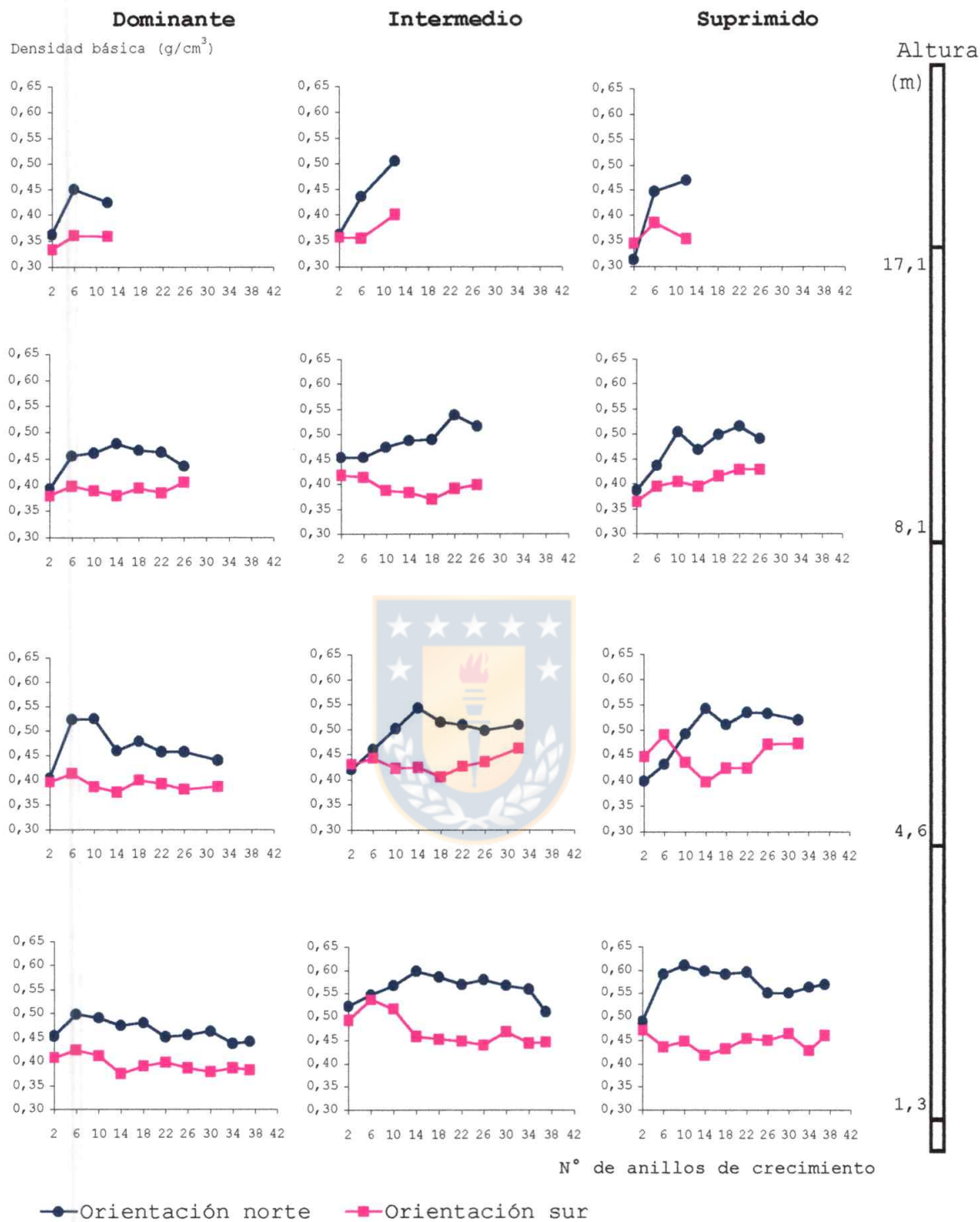


Figura 4. Variación radial de la densidad básica con orientación norte (madera de compresión) y sur (madera normal) de cada rodela por clase de copa.

### 3.5 Relaciones

Como se muestra en la figura 5, se encontraron relaciones entre el radio, norte y sur, con la densidad media de dicho radio para cada clase de copa.

En general, la tendencia de la densidad media fue aumentar con el incremento del radio de las rodelas. Esto se debió a que tanto la densidad de la madera como el radio de las rodelas disminuyen con la altura en el fuste del árbol. También los radios de mayor longitud se encontraron en la orientación norte (madera de compresión) en todas las clases de copa (Figura 3).

No se encontraron relaciones entre la densidad básica con las variables: porcentaje de madera de verano, distancia de la médula al anillo de crecimiento y ancho del anillo de crecimiento, obteniéndose bajos coeficientes de determinación. Las bajas correlaciones encontradas se deberían a la alta densidad de la madera de primavera que conforman los anillos de crecimientos de la madera de compresión, en la orientación norte de los fustes de los árboles, así también a la excentricidad de los fustes (Brown et al., 1949).

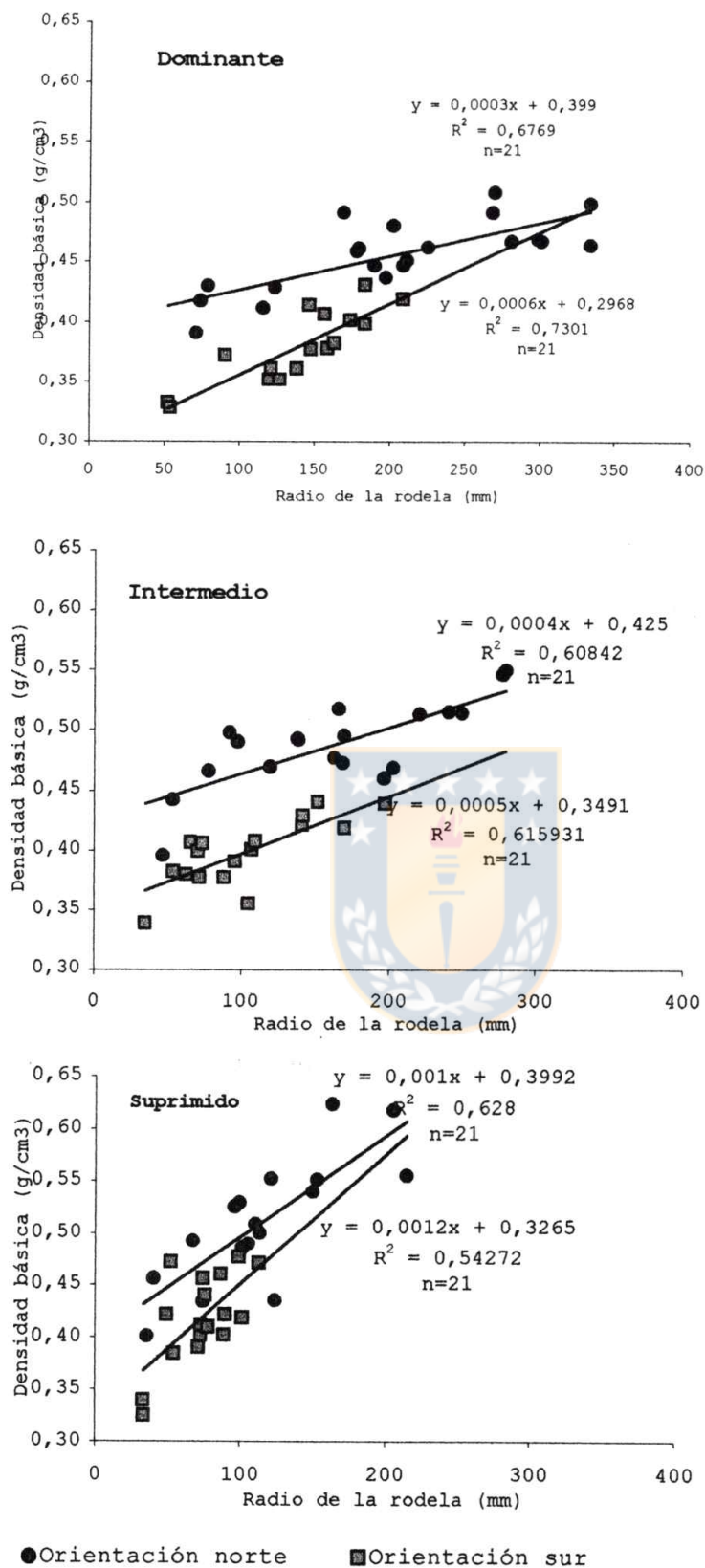


Figura 5. Relaciones entre la densidad básica y el radio de cada rodela por clase de copa.

#### IV CONCLUSIONES

- La densidad básica de la madera de ***Pinus pinaster*** disminuye desde la base al ápice del árbol y aumenta desde la médula a la corteza.
- La madera de compresión presenta siempre mayor densidad básica que la madera normal.
- Los árboles dominantes presentan menor densidad básica que los árboles intermedios y suprimidos.
- La clase dominante presenta menor variación de la densidad básica dentro del árbol, tanto para la madera de compresión, como para la madera normal.
- Existe correlación entre la densidad básica con el radio de cada rodela: a mayor radio mayor es la densidad.

## V RESUMEN

Se determinó la densidad básica de la madera, en relación al número de anillos, radio de la rodela, altura y clase de copa, en árboles de *Pinus pinaster* Ait., provenientes de un rodal de 44 años de edad, sin manejo silvícola (poda y raleo), en nueve árboles (tres dominantes, tres intermedios y tres suprimidos). Las mediciones de la densidad básica, se realizaron en grupos de cuatro anillos. Además se relacionó la densidad con el ancho del anillo de crecimiento, porcentaje de madera de verano, radio de cada rodela y la distancia de la médula al anillo de crecimiento.

La densidad básica disminuye desde la base hacia el ápice del árbol. El radio norte de cada rodela presentó mayor densidad que el radio sur debido a la presencia de madera de compresión. La variación de la densidad radial a la altura de la copa mostró un incremento desde la médula hasta el octavo anillo.

No se encontró correlación entre la densidad básica con el porcentaje de madera de verano, distancia de la médula al anillo de crecimiento y el ancho del anillo de crecimiento. Sin embargo se encontró una alta correlación, entre el radio de la rodela y su respectiva densidad.

## VI SUMMARY

The basic density of the wood was determined, relacionated with respect to the growth ring number, radio of each disk, crown class and height in ***Pinus pinaster*** Ait., the trees came from a stand of 44 years and were without silvicultural management (pruning and thinning), nine trees were selected, (three dominant, three intermediat and three suppressed). Meseasurements of the basic density were carried out in groups of four rings. Furthermore, density was relacionated with the width of the growth ring, latewood percentege, radio of each disk and distance from pith to the growth ring.

Basic density showed a decrease from the base toward the apex of the tree. The north radius of each disk presented bigger density that the south radius due to the presence of the compression wood. The variation of the radial density to the height of the crown showed an increment from the pith until the eighth ring.

It was not relation finded between the basic density with the summner wood percentage, distance from the pith to the growth ring and the growth ring. However, different relation were occured between radio of the disks and each one of theirs densities.

## VII BIBLIOGRAFÍA

1. Baldini, J. 1994. Análisis del crecimiento de un rodal adulto de ***Pinus radiata*** D. Don. Memoria de título, Ing. Forestal. Univ. de Concepción, Fac. Cs. For., Dpto. Silvicultura. Concepción, Chile.
2. Brown, H., A. Panshin and C. Forsaith. 1949. Textbook of wood technology. Mc Graw-Hill. New York, USA.
3. Cárdenas M. 1995. Determinación de patrones de variación en peso específico, longitud y coarseness de traqueidas en tres especies exóticas crecidas en la Reserva Forestal de Malleco, sector los Guindos. Memoria de título Ing. Forestal. Univ. de Concepción. Fac. Cs. For., Dpto. Manejo de Bosque y Medio Ambiente. Concepción, Chile.
4. Cown, D. J., McConchie and Young, G. 1991. Radiata pine, wood properties survey. Edition Ministry of Forestry, FRI Bulletin N° 50. Rotorua, New Zealand.
5. Daniel, T. W., J. A. Helms y F. S. Baker. 1982. Principios de Silvicultura. Mc Graw- Hill. México.



6. Delmastro, R., Diaz, J. E, y Schlatter, J. E: 1979. Variabilidad de las características tecnológicas hereditarias de ***Pinus radiata*** D. Don.: Fase I. Univ. Austral de Chile, Fac. de Ing. For. Valdivia, Chile
7. Díaz, J. y Ojeda F.. 1980. Densidad intraincremental de ***Pseudotsuga menziesii*** Mirb. Franco. I: Variaciones en un análisis fustal. Bosque 3(2):86-95.
8. Dorado M., Astini E., Tablada M. y M. Bolatti. 1995. Densidad de la madera de tres especies de pinos en la zona de Río de los Sauces. Investigación Agraria. Sistema Recursos Forestales. Vol. 4(2). Córdoba, Argentina.
9. Fernández J. y Díez M. 1994. Influencia de la anchura del anillo de crecimiento en la densidad y otras propiedades físico-mecánicas de la madera estructural de diversas especies. Investigación agraria. Sistema Recursos Forestales. Vol. 3(2). Madrid, España.
10. González, D. 1987. Efecto de la intensidad de raleo sobre la densidad aparente de la madera de ***Pinus radiata*** D. Don. Memoria de título, Ing. For. Univ. Concepción, Fac. Cs. For., Dpto. Silvicultura. Concepción, Chile.

11. González, J. y Molina J., 1989. Consideraciones sobre los tratamientos silviculturales y los rendimientos cuantitativos en madera pulpable de pino radiata. Chile Forestal (163): Documento Técnico N°38.
12. Instituto Geográfico Militar. 1984. Geografía de Chile, Geografía de los suelos. Edición Instituto Geográfico Militar, tomo V. Santiago, Chile.
13. Knowles F. and J Miller. 1989. Introduced forest trees in New Zealand: recognition, role, and seed source six. **Pinus pinaster** Aiton - Maritime pine. Ministry of Forestry, Forest Research Institute. Rotorua, New Zealand.
14. Melo, R. y J. Paz. 1993. Tecnología de la celulosa y el papel, física y química de la madera. Universidad de Concepción. Proyectos de Desarrollo de Docencia. Concepción, Chile.
15. Norma Chilena Oficial, NCh 176/2.of86 modificada. 1988. Madera - Parte 2: Determinación de la densidad. Santiago, Chile.
16. Pérez, V. A. y J. Cabrera. 1987. Incidencia de la edad del árbol sobre las propiedades físicas y mecánicas del **Pinus radiata**. Chile For. Documento Técnico número 136.

17. Pinto, M. 1997. Determinación del patrón de variación de la madera tardía formada en fustes de ***Pinus radiata*** Don D. en un rodal de 18 años de edad . Memoria de Título Ing. Forestal. Univ. Concepción, Fac. Cs. For., Dpto. Manejo de Bosque y Medio Ambiente. Concepción, Chile.
18. Smith, D. 1986. The practice of silviculture. John Wiley and Sons. New York.
19. Steel R. y H. Torrie. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. 2<sup>a</sup> ed. Mcgraw-Hill/Interamericana. México.
20. Toledo, X. y E. Zapater. 1991. Geografía General y Regional de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.
21. Uprichard, J.M. 1980. Efects of wood age on the papermaking properties of Radiata pine kraft pulps. New Zealand Journal of Forestry Science 10(3):558-576.
22. Zobel, B. y T. Talbert. 1992. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Limusa. North Carolina.



**VIII APÉNDICE A**

Tabla 1A. Características generales de los árboles muestra.

Características generales	N° Rodela	Altura (m)
Árbol N° 1	T	0,4
DAP (cm) 54	D	1,3
Altura Total (m) 23,6	F1	4,6
Altura Copa Viva (m) 9,2	F2	8
Altura Tocón (cm) 45	F3	11,3
N° Rodelas 8	C1	14,4
	C2	16,9
	C3	19,5
Sector abierto, muy ralo, con pendientes que no superan el 7%. Exposición norte.	Ápice	23,6
Árbol N° 2	T	0,33
DAP (cm) 46	D	1,3
Altura Total (m) 23,7	F1	4,638
Altura Copa Viva (m) 9,1	F2	7,976
Altura Tocón (cm) 33	F3	11,314
N° Rodelas 8	C1	14,652
	C2	17,19
	C3	19,728
Sector abierto, ralo, con pendientes que no superan el 5% (Aprox. 5 m orilla de camino). Exposición norte.	Ápice	23,778
Árbol N° 3	T	0,25
DAP (cm) 48	D	1,3
Altura Total (m) 21,2	F1	4,638
Altura Copa Viva (m) 9,2	F2	8,746
Altura Tocón (cm) 25	C1	12,084
N° Rodelas 7	C2	14,622
	C3	17,16
Sector más poblado que los anteriores, pendiente de 10%. Exposición norte. Los árboles presentan una curvatura, en la base del fuste.	Ápice	21,298
Árbol N° 4	T	0,35
DAP (cm) 52	D	1,3
Alt, Total (m) 25,698	F1	4,638
Alt, Copa Viva (m) 14,184	F2	7,976
Alt, Tocón (cm) 35	C1	11,514
N° Rodelas 8	C2	14,052
	C3	16,59
	C4	19,128
Área con exposición noreste con 8% de pendiente. Árboles con curvatura en la base del fuste.	Ápice	25,698
Árbol N° 5	T	0,36
DAP (cm) 42	D	1,3
Alt, Total (m) 20,39	F1	4,638
Alt, Copa Viva (m) 9,876	F2	7,976
Alt, Tocón (cm) 36	C1	10,514
N° Rodelas 7	C2	13,052
	C3	17,19
Sector semiralo, con exposición noreste y 12% de pendiente.	Ápice	20,39
Árbol N° 6	T	34
DAP (cm) 34	D	1,3
Alt, Total (m) 24,568	F1	4,638
Alt, Copa Viva (m) 6,898	F2	7,976
Alt, Tocón (cm) 34	F3	11,314
N° Rodelas 8	F4	14,652
	C1	17,67
	C2	20,208
Exposición Noroeste, existe mayor densidad lo que se refleja en una mayor rectitud de los fustes, 15% de Pendiente.	Ápice	24,568
Árbol N° 7	T	0,42
DAP (cm) 40	D	1,3
Alt, Total (m) 25,878	F1	4,638
Alt, Copa Viva (m) 8,688	F2	7,976
Alt, Tocón (cm) 42	F3	11,314
N° Rodelas 8	F4	14,652
	C1	17,19
	C2	19,728
Ídem al anterior.	Ápice	25,878
Árbol N° 8	T	0,19
DAP (cm) 32	D	1,3
Alt, Total (m) 22,84	F1	4,638
Alt., Copa Viva (m) 6,45	F2	7,976
Alt, Tocón (cm) 19	F3	11,314
N° Rodelas 7	F4	13,852
	C1	16,39
Ídem al anterior.	Ápice	22,84
Árbol N° 9	T	23
DAP (cm) 36	D	1,3
Alt, Total (m) 23,228	F1	4,638
Alt., Copa Viva (m) 6,038	F2	7,976
Alt, Tocón (cm) 23	F3	11,314
N° Rodelas 8	F4	14,652
	C1	17,19
	C2	19,728
Ídem al anterior.	Ápice	23,228

Tabla 2A. Análisis de varianza de la densidad básica por clases de copa, altura y orientación de la rodela.

Fuente de Variación	Grados de libertad del efecto	Media cuadrática del efecto	Grados de libertad del error	Media cuadrática del error	F Calculado	Probabilidad
Clases Copa	2	0,02702	6	0,006261	4,315300	0,038971
Altura	6	2	36	0,001239	192,5510	0,000000
Orientación	1	0,210607	6	0,001978	106,4890	0,000048
interacción clase de copa y altura	12	0,002566	36	0,001239	20,70300	0,045788
interacción clase de copa y orientación	2	0,002646	6	0,001978	1,337900	0,330762
interacción altura y orientación	6	0,001619	36	0,000906	1,787400	0,129445
interacción clase de copa altura y orientación	12	0,00751	36	0,000906	0,829400	0,620502

Nota: Probabilidad al 5%.

Tabla 3A. Resultados del Análisis de varianza: Efecto del anillo sobre la densidad básica a distintas alturas del fuste.

Fuente de Variación n° anillos	Grados de libertad del efecto	Media cuadrática del efecto	Grados de libertad del error	Media cuadrática del error	F Calculado	Probabilidad
Tocón	30	0,003840	132	0,00423	0,906910	0,608940
DAP	24	0,002399	48	0,001662	1,443780	0,138006
Fuste 1	21	0,003317	72	0,004935	0,672251	0,845938
Fuste 2	18	0,002713	84	0,002242	1,21033	0,272097
Fuste 3	18	0,002953	63	0,005607	0,526629	0,934731
Copa 1	12	0,008633	60	0,002654	3,25298	0,001190
Copa 2	6	0,010663	36	0,002607	4,09056	0,003143

Nota: Probabilidad al 5%.

Tabla 4A. Tests de homogeneidad de varianza de la densidad básica de la Tabla 3A a distintas alturas del fuste.

Altura del fuste	Hartley F-max	Cochran Bartlett C	Chi-cuadrado	Grados de libertad	Probabilidad
Tocón	317,1569	0,074493	73,80577	65	0,212772
DAP	400,90544	0,066344	59,39293	80	0,958991
Fuste 1	4137,137	0,064686	50,85781	71	0,965948
Fuste 2	80,80914	0,094927	32,82769	41	0,814646
Fuste 3	17586,46	0,054625	46,35116	62	0,930881
Copa 1	117,8142	0,159633	32,29672	29	0,307116
Copa 2	233,5623	0,178931	25,36094	17	0,087003

Nota: Probabilidad 5%.

Tabla 5A. Valores en porcentaje (%) de madera de verano por clase de copa y altura del árbol.

N° Anillos	Dominante						Intermedio						Suprimido					
	Árb. 1		Árb. 2		Árb. 3		Árb. 4		Árb. 5		Árb. 6		Árb. 7		Árb. 8		Árb. 9	
	norte	sur	norte	sur	norte	sur	norte	sur	norte	sur	norte	sur	norte	sur	norte	sur	norte	sur
2	17,4	20,1	10,6	14,9	12,9	11,2	11,7	10,7	12,9	14,2	6,8	8,7	28,4	39,9	15,0	24,0	9,1	12,9
6	43,2	13,2	19,0	18,4	25,9	15,6	22,7	22,1	29,8	17,5	21,0	19,4	38,9	47,3	18,1	15,4	16,0	13,7
10	16,9	10,3	26,6	9,4	24,7	16,9	33,5	36,5	32,4	17,3	29,0	15,6	42,4	17,0	18,5	12,3	15,9	10,4
2	29,1	11,0	18,7	14,8	26,1	15,7	12,4	13,1	19,6	24,2	10,0	16,8	18,8	28,4	14,1	11,8	30,0	23,1
6	25,9	17,4	21,8	13,6	31,5	15,4	41,2	15,6	25,8	22,2	23,6	18,6	33,5	21,9	24,3	16,8	17,5	17,0
10	36,5	21,8	18,6	9,4	22,2	16,9	32,8	23,7	23,1	20,0	29,6	19,7	46,0	17,1	20,6	18,9	26,8	17,4
14	21,8	13,3	29,1	16,8	33,9	23,1	35,7	16,3	36,6	20,1	25,0	23,1	31,7	21,5	24,5	25,0	26,1	17,2
18	17,9	11,3	36,0	20,0	29,2	21,2	36,5	17,8	30,3	18,2	28,4	28,6	33,2	17,5	25,2	22,8	24,9	21,7
2	7,3	9,5	19,5	16,3	12,4	12,5	13,7	10,7	20,9	16,8	19,7	25,7	13,8	11,1	24,8	18,0	34,2	14,0
6	14,3	13,9	27,7	20,7	30,2	16,9	31,3	13,1	26,7	22,5	17,0	17,9	20,6	15,5	29,0	16,9	22,3	14,6
10	35,8	25,4	22,3	19,7	27,6	19,0	47,7	31,2	27,4	18,7	18,6	19,7	37,8	23,0	35,8	23,6	30,6	17,4
14	24,7	15,7	20,0	15,8	24,1	15,7	28,8	23,1	43,8	17,8	23,8	13,8	56,7	27,0	43,9	30,4	27,6	19,3
18	17,6	16,8	19,0	15,0	24,3	16,0	25,4	26,0	41,8	15,7	28,5	19,5	60,2	26,6	38,1	30,3	30,0	22,9
22	23,3	13,7	25,9	15,4	24,7	19,0	27,3	24,2	43,5	14,9	32,0	22,3	67,2	21,9	30,6	41,0	37,9	21,6
24	24,7	19,1	26,5	18,7	26,4	24,8	28,1	23,9	32,9	13,3	32,3	18,4	47,3	25,7	24,5	42,8	31,5	27,0
2	20,0	8,2	13,0	20,2	11,2	9,5	18,6	7,9	19,7	13,7	17,8	25,7	18,6	9,7	14,6	14,4	15,8	19,7
6	21,6	8,4	40,4	21,0	22,3	12,9	24,1	10,8	45,4	26,0	22,2	17,7	16,3	18,1	21,1	19,9	30,6	24,5
10	18,6	14,6	34,1	20,7	22,8	21,8	15,2	16,0	30,0	19,1	36,0	16,0	89,3	17,6	19,2	28,4	29,5	27,0
14	27,9	20,1	26,2	21,1	27,2	23,2	26,6	27,1	31,0	26,3	38,6	13,8	42,7	29,9	17,3	29,5	25,5	22,0
18	19,1	23,8	23,9	18,1	20,9	21,2	44,8	26,4	32,1	30,3	53,5	19,5	32,1	17,8	19,7	34,6	42,1	19,4
22	19,0	18,7	22,5	16,5	19,8	19,9	32,2	29,8	28,3	26,5	33,5	22,3	34,9	25,4	24,7	29,0	34,1	23,2
26	18,6	17,0	23,9	20,2	23,9	21,4	35,3	28,0	34,8	30,5	51,8	18,4	50,6	24,1	20,9	24,1	38,2	32,8
2	22,8	10,2	12,2	14,0	11,5	10,7	24,4	11,8	18,2	10,1	26,4	23,5	14,5	14,2	20,0	9,9	16,6	15,2
6	21,6	12,0	17,6	13,9	19,9	10,6	24,6	16,4	27,5	19,0	24,4	23,2	35,1	11,8	28,2	19,1	23,2	14,8
10	18,6	12,9	23,1	24,3	23,0	18,3	22,8	18,0	44,4	28,3	33,9	20,6	33,1	16,5	20,1	25,8	21,5	16,6
14	23,8	18,1	31,5	27,0	23,8	22,3	26,1	32,7	34,0	24,5	32,2	29,5	32,2	20,5	17,3	18,8	31,8	27,8
18	34,9	20,1	21,9	22,5	28,1	22,2	21,9	24,7	29,4	23,1	36,2	25,4	50,1	30,1	19,7	18,9	27,9	25,3
22	23,6	22,3	18,5	16,9	27,0	22,5	51,9	25,3	28,9	23,3	36,3	33,5	55,1	33,9	24,7	22,7	22,4	23,0
26	64,6	14,4	21,6	15,8	18,5	17,1	47,6	30,3	17,1	31,1	45,2	29,2	50,7	31,2	26,6	30,9	43,0	23,0
30	17,7	11,8	19,4	19,8	25,8	27,1	56,5	25,6	14,5	28,1	48,7	30,7	61,5	28,5	22,7	24,7	42,2	30,5
2	15,0	16,0	23,5	12,0	23,3	22,1	37,2	34,0	13,9	10,1	20,4	13,9	38,7	21,5	20,8	11,5	15,1	17,6
6	25,0	17,0	20,0	12,7	19,5	16,4	35,8	31,2	32,7	21,9	33,0	21,6	33,4	28,7	22,6	23,9	20,7	23,3
10	22,6	18,1	16,0	8,1	48,6	17,8	29,5	20,4	30,1	18,4	32,8	29,0	35,0	34,8	31,2	30,6	36,1	20,5
14	22,5	23,3	17,5	13,0	31,5	18,9	17,1	7,5	31,9	33,8	36,1	26,5	47,7	18,1	29,6	26,1	31,1	20,4
18	25,7	27,1	44,8	24,2	28,5	21,5	31,7	12,5	52,7	28,0	42,4	30,8	27,1	20,8	28,1	23,0	33,6	24,1
22	81,1	25,7	39,5	17,0	27,6	25,6	40,5	14,8	33,0	29,7	44,9	26,4	19,4	48,1	31,0	25,5	34,6	24,6
26	27,4	25,2	25,9	15,8	22,6	27,6	24,5	11,8	34,0	29,4	47,0	29,2	52,2	36,7	42,0	27,3	29,6	35,9
30	28,1	23,3	22,3	17,9	22,7	26,1	24,7	9,2	38,7	25,6	65,5	30,7	36,8	33,3	41,6	24,3	50,5	30,5
34	26,4	21,4	29,1	29,7	27,0	22,3	18,0	7,2	37,4	33,2	55,3	29,1	22,3	34,1	44,3	29,0	49,3	29,1
2	10,1	19,6	14,4	20,5	17,3	14,6	32,6	20,5	21,1	20,7	18,8	22,8	16,7	11,5	11,5	11,1	28,5	35,4
6	16,0	18,9	18,7	17,0	16,9	15,5	10,2	25,7	23,6	26,9	28,4	30,3	16,4	21,0	25,9	26,6	16,6	16,1
10	17,7	23,2	25,2	19,0	20,5	15,4	28,2	19,7	21,0	18,5	46,8	21,2	22,5	42,6	32,7	23,3	23,0	14,1
14	19,4	15,8	22,0	12,8	17,3	14,7	41,3	22,7	24,9	17,0	40,7	8,2	31,4	35,7	28,0	30,5	31,9	19,6
18	28,6	19,8	27,5	28,6	25,2	18,2	40,9	25,6	40,7	29,5	34,8	9,7	34,6	31,4	28,9	23,3	20,2	24,4
22	42,1	26,1	30,8	23,7	29,0	22,9	37,0	30,0	34,9	30,0	63,3	18,6	27,0	23,2	28,5	30,3	30,9	32,5
26	28,9	28,9	35,0	22,3	27,8	21,5	49,6	34,2	38,9	28,5	42,3	20,1	52,5	27,8	20,6	35,5	36,6	42,3
30	24,9	22,9	28,6	20,5	32,3	23,5	48,1	28,6	79,2	30,1	52,8	23,3	34,3	19,2	40,2	28,2	32,4	32,5
34	40,2	18,8	30,1	27,4	29,8	30,1	44,3	27,7	46,9	20,2	55,1	24,5	42,9	23,5	38,0	29,3	33,9	36,8
38	24,9	20,2	31,9	20,7	34,1	30,0	47,6	26,3	34,8	24,9	44,4	23,7	45,8	21,1	31,5	28,2	39,5	35,7
42	29,9	23,9	29,9	23,9	37,3	37,2	47,7	33,1	41,3	17,0	45,1	14,1	37,5	33,8	32,8	24,9	46,4	37,5



Tabla 6A. Valores (mm) del ancho del anillo de crecimiento (promedio de 4 anillos) por clase de copa y altura del árbol.

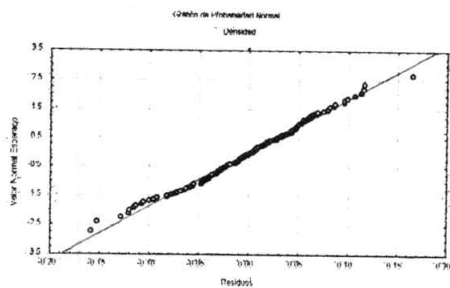
N° Anillos	Dominante						Intermedio						Suprimido					
	Arb.1 norte sur		Arb.2 norte sur		Arb.3 norte sur		Arb.4 norte sur		Arb.5 norte sur		Arb.6 norte sur		Arb.7 norte sur		Arb.8 norte sur		Arb.9 norte sur	
2	6,11	4,57	4,82	4,24	5,48	4,81	5,39	4,74	4,01	3,62	4,21	4,19	5,09	6,15	5,4	2,91	3,29	3,15
6	6,98	4,78	6,7	4,25	6,21	4,85	6,53	5,41	4,19	3,12	3,69	2,73	5,87	3,51	4,68	2,92	3,15	2,45
10	6,77	3,92	7,12	4,65	6,19	3,86	7,56	3,36	3,57	1,99	5,54	2,72	5,63	2,7	4,16	2,52	3,66	2,8
2	6,92	6,31	4,74	4,41	6,05	5,32	6,83	6,25	6,24	6,8	4,6	0	5,14	2,93	4,63	3,76	3,28	3,27
6	11,2	7,12	5,96	4,82	6,08	4,69	8,82	6,43	7,9	2,88	5,51	3,49	4,89	2,64	3,96	3,07	3,65	2,36
10	10,7	5,87	6,48	4,65	6,88	3,86	7,63	5,61	5,28	3,2	6,09	3,09	5,55	3,4	3,81	2,45	3,74	2,68
14	7,44	4,41	7,67	4,9	7,52	5,65	6,67	4,77	6,2	1,93	4	2,58	4,01	2,21	3,81	1,75	3,51	2,76
18	6,02	2,94	4,22	2,75	4,42	3,19	4,62	3,17	4,3	0,82	2,85	3,13	3,62	1,79	2,5	2,05	2,75	2,6
2	8,35	6,91	6,11	5,47	6,25	5,25	7,92	6,4	5,96	4,46	5,15	4,36	7,08	6,43	4,15	3,06	4,95	4,31
6	9,44	6,37	9,58	6,08	7,99	5,52	8,42	4,78	6,98	3,69	5,49	3,26	5,76	4,78	6,45	3,18	4,88	3,11
10	6,73	4,12	7,79	5,15	8,05	5,67	10,2	2,85	6,03	3,3	3,88	3,03	3,14	3,2	4,56	5,07	4,1	2,98
14	6,82	3,86	7,35	4,78	7,82	5,41	7,66	3,93	6,71	3,02	2,6	2,86	2,5	2,4	3,66	1,96	3,7	2,4
18	6,19	3,97	6,73	3,6	6,75	4,38	6,32	2,46	4,83	1,76	2,23	1,61	2,97	1,69	2,7	1,25	2,33	1,6
22	4,04	2,29	6,19	3,16	5,7	4,1	5,22	2,01	3,42	1,51	2,69	1,12	4,56	2,21	2,34	1,62	2,02	2,29
24	3,36	1,59	3,71	1,83	1,97	1,43	3,56	1,57	0,63	1,88	2,42	1,38	5,15	1,87	1,56	1,56	2,11	1,55
2	7,89	7,18	6,99	6,53	7,01	6,04	8,61	7,17	7,44	6,94	5,15	4,36	6,93	6,71	4,38	3,8	5,6	5,23
6	7,76	5,8	9,54	5,37	8,87	6,32	10,1	5,75	6,98	4,11	6,44	3,65	3,84	3,39	5,49	4,05	5,15	3,82
10	8,4	4,88	8,21	4,99	8,64	5,22	5,18	2,85	6,6	4,2	2,94	3,54	2,53	3,25	3,85	2,42	4,44	2,99
14	10,3	4,9	8,6	4,46	7,74	4,9	6,26	2,82	5,76	2,19	2,95	2,86	2,88	2,55	3,75	1,86	3,02	2,98
18	6,67	3,49	7,97	3,8	6,6	4,21	8,31	4,04	6,11	2,1	2,93	1,61	3,86	1,81	2,85	1,98	40,1	2,06
22	5,44	2,78	6,17	3,01	5,54	3,97	6,59	2,3	4,91	5,31	3	1,12	3,45	2,09	2,36	1,64	2,15	1,56
26	4,08	2	4,74	2,21	4,99	4,01	5,74	1,86	2,99	1,1	0,71	1,38	4,15	2,24	2,21	1,68	2,11	0,92
2	7,89	7,57	8,46	6,78	10,8	9,43	9,29	8,5	8,01	10	6,82	0	5,15	4,69	4,72	3,92	7,69	6,81
6	7,76	7,27	13,1	6,68	8,83	6,29	8,94	7,8	9,15	5,31	4,54	6,64	5,03	4,31	5,97	3,92	5,5	4,88
10	8,4	3,66	11,3	5,21	9,07	4,71	7,37	5,11	4,36	1,85	3,09	4,39	3,13	2,71	4,38	2,51	3,35	2,88
14	6,59	4,28	9,98	5,61	6,31	4,04	4,27	1,88	6,82	4,12	2,78	2,79	2,49	2,52	3,75	2,17	2,92	1,75
18	7,54	5	6,72	3,66	6,94	4,36	7,93	3,12	4,25	3,08	3,16	2,2	2,22	2,13	2,85	1,76	3,07	1,43
22	6,17	3,16	6,71	3,46	4,96	4,19	10,1	3,69	4,45	3	3,35	1,31	2,43	2,09	2,36	1,43	2,71	1,51
26	5,4	3	6,7	3,24	4,52	3,56	6,12	2,94	3,11	1,9	2,85	1,98	3,22	1,89	2,33	1,54	2,72	1,47
30	3,1	2,75	4,31	2,28	4,97	4,23	6,17	2,31	2,11	1,54	2,8	1,48	3,79	2,18	2,01	1,44	2,36	0,98
2	9,76	8,34	9,85	7,88	5,64	4,68	6,11	8,5	7,19	5,32	7,7	7,31	1,4	2,77	5,83	4,37	8,99	7,89
6	11,4	6,94	11,5	7,7	9,58	6,02	6,16	7,8	6,84	6,64	8,19	4,59	4,57	3,14	3,96	2,27	6,94	4,54
10	8,93	5,57	9,13	5,15	9,2	6,11	5,69	5,11	9,83	5,45	4,02	2,43	5,46	1,74	5,38	2,47	5,03	3,26
14	5,7	2,96	9,1	4,43	8,86	4,95	6,52	1,88	7,16	3,13	4,11	2,24	6,35	2,83	6,29	2,51	2,89	1,9
18	8,45	3,5	12,1	3,83	8,74	4,85	5,48	3,12	7,48	4,23	4,19	1,71	4,5	2,68	5,26	2,02	2,88	1,66
22	10,7	4,21	8,15	3,51	5,66	3,77	13	3,69	6,12	3,35	4,45	1,71	4,78	1,89	5,04	1,47	3,42	1,63
26	6,33	3,2	6,5	2,85	6,23	4,12	11,9	2,94	5,18	3,33	4,57	1,56	2,43	1,55	3,39	1,17	2,94	1,22
30	5,35	2,61	4,73	2,81	6,36	4,44	14,1	2,31	3,06	2,39	4,19	1,22	3,61	1,28	2,81	1,13	2,89	1,31
34	3,78	2,78	4,33	1,57	7,29	4,54	9,4	2,41	2,38	1,6	2,57	1,27	4,44	1,17	2,94	0,82	2,25	1,38
2	7,17	5,2	6,24	4,48	6,3	5,2	5,26	5,44	2,72	2,68	7,23	4,73	2,5	3,47	4,25	3,39	5,86	5,85
6	13,5	8,06	11	8,72	7,83	5,23	20,6	9,52	7,5	5,87	7,42	4,61	3,74	2,57	4,68	2,85	9,57	7,48
10	11,3	5,99	11,3	7,28	10,5	6,17	7,58	7,73	9,54	6,21	4,88	3,61	5,81	1,97	4,19	2,08	6,15	5,25
14	8,11	4,08	10,5	6,12	9,05	6,3	3,44	3,94	11,3	6,76	2,54	2,13	7,11	4,02	6,6	3,12	6,88	2,51
18	8,11	3,49	6,53	4,04	9,73	6,67	3,61	3,09	8	3,63	4,28	1,81	4,38	3,46	6,59	2,58	3,4	1,64
22	10,6	4,52	14,2	4,39	6,09	4,34	6,88	4,53	9,76	4,09	5,03	1,82	3,82	3,74	5,06	1,8	4,1	1,46
26	8,86	3,94	6,3	4,39	5,08	4,92	6,25	3,4	6,36	3,03	3,39	2,55	2,8	3,13	5,18	1,2	3,73	1,46
30	5,15	3,59	8,82	3,47	4,72	4,12	5,25	3,99	6,34	2,6	5,93	2,57	2,72	4,11	8,11	1,56	3,06	1,38
34	4,75	3	8,42	2,67	4,86	3,89	4,94	3,93	4,59	1,67	4,2	1,57	3,44	4,3	5,9	1,23	3,29	0,95
38	3,37	2,52	3,49	1,33	4,68	3,81	3,84	2,1	2,42	0,96	3,81	1,64	3,83	3,86	2,97	1,07	2,4	0,88
42	2,61	1,56	2,61	1,56	1,6	1,59	2,35	1,8	0,98	0,51	2,76	1,77	4,72	3,99	3,3	0,9	3	0,8

Tabla 7A. Valores (mm) de la distancia radial de la médula al anillo de crecimiento por clase de copa y altura del árbol.

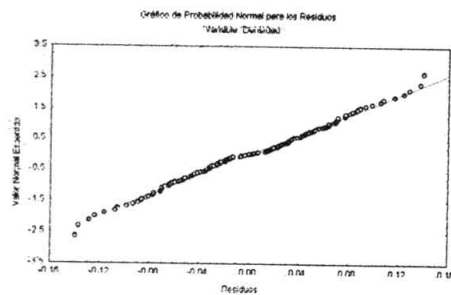
N° Anillos	Dominante						Intermedio						Suprimido					
	Árb.1 norte sur		Árb. 2 norte sur		Árb.3 norte sur		Árb.4 norte sur		Árb.5 norte sur		Árb. 6 norte sur		Árb.7 norte sur		Árb.8 norte sur		Árb.9 norte sur	
2	24,4	18,3	19,3	17,0	21,9	19,2	21,6	19,0	16,1	14,5	16,8	16,8	20,4	24,6	15,77	11,6	13,2	12,6
6	52,4	37,4	46,1	34,0	46,7	38,6	47,7	40,6	32,8	27,0	31,6	27,7	43,8	38,6	19,4	23,3	25,8	22,4
10	79,4	53,1	74,5	52,6	71,5	54,0	77,9	54,0	47,1	34,9	53,8	38,5	66,3	49,4	36,0	33,4	40,4	33,6
2	27,7	25,2	19,0	17,6	24,2	21,3	27,3	25,0	25,0	27,2	18,4	15,5	20,6	20,9	18,5	15,0	13,1	13,1
6	72,5	53,7	42,8	36,9	48,5	40,0	62,6	50,7	56,6	38,7	40,4	28,6	40,1	36,1	34,3	27,3	27,7	22,5
10	115,5	77,2	68,7	55,5	76,0	55,4	93,1	73,1	77,7	51,5	64,8	40,7	62,3	49,6	49,6	37,1	42,6	33,3
14	145,2	94,9	99,4	75,1	106,1	78,0	119,8	92,2	102,5	59,2	80,8	56,2	78,4	60,4	64,8	44,1	56,7	44,3
18	169,3	106,6	116,3	86,1	123,8	90,8	138,3	104,9	119,7	62,5	92,2	65,6	92,9	71,3	74,8	52,3	67,6	54,7
2	33,4	27,6	24,4	21,9	25,0	21,0	31,7	25,6	23,8	17,9	20,6	17,4	28,3	22,2	16,6	12,2	19,8	17,2
6	71,2	53,1	62,8	46,2	56,9	43,1	65,3	44,7	51,7	32,6	42,6	30,5	51,3	40,6	42,4	25,0	39,3	29,7
10	98,1	69,6	93,9	66,8	89,1	65,7	106,0	66,1	75,9	45,8	58,1	42,6	63,9	53,5	60,6	45,2	55,7	41,6
14	125,4	85,0	123,3	85,9	120,4	87,4	136,7	71,8	102,7	57,9	68,5	54,0	73,9	64,5	75,3	53,1	70,5	51,2
18	150,1	100,9	150,2	100,3	147,4	104,9	161,9	81,7	122,0	64,9	77,4	60,4	85,8	74,2	86,1	58,1	79,8	57,6
22	166,3	110,1	175,0	112,9	170,2	121,3	182,8	89,7	135,7	71,0	88,1	64,9	104,0	82,4	95,4	64,5	87,9	66,7
24	179,7	116,4	189,8	120,2	178,1	127,0	197,0	96,0	138,7	71,7	97,8	70,4	124,6	89,9	101,7	70,8	96,3	72,9
2	31,6	28,7	27,9	26,1	28,0	24,2	34,4	28,7	29,8	27,8	20,6	17,4	27,7	26,8	17,5	15,2	22,4	20,9
6	62,6	51,9	66,1	47,6	63,5	49,4	75,0	51,7	57,7	44,2	46,4	32,0	43,1	40,4	39,5	31,4	43,0	36,2
10	96,2	71,4	98,9	67,5	98,1	70,3	95,7	63,1	84,1	61,0	58,1	46,2	53,2	53,4	54,9	41,1	60,7	48,1
14	137,5	91,0	133,3	85,4	129,0	89,9	120,7	74,4	107,1	69,7	69,9	57,6	64,7	63,6	69,9	48,5	72,8	60,1
18	164,2	105,0	165,2	100,6	155,5	106,7	153,9	90,5	131,5	78,1	81,6	64,0	80,1	70,8	81,3	56,4	82,8	68,3
22	185,9	116,1	189,9	112,6	177,6	122,6	180,3	99,7	151,2	84,2	93,6	68,5	93,9	79,2	90,7	63,0	91,4	74,5
26	202,3	124,0	208,8	121,4	197,6	138,6	203,2	107,1	163,1	88,6	106,0	74,0	110,5	88,2	99,6	69,7	99,8	78,2
2	31,6	30,3	33,8	27,1	43,3	37,7	37,2	34,0	32,0	26,4	27,3	26,2	20,8	18,7	18,9	15,7	30,8	27,3
6	62,6	59,4	86,2	53,8	78,6	62,9	72,9	65,2	68,6	47,7	45,4	41,8	40,7	36,0	42,8	31,4	52,7	46,8
10	96,2	74,0	131,4	74,7	114,8	81,7	102,4	85,6	86,1	55,0	57,8	57,8	53,3	46,8	60,3	41,4	66,1	58,3
14	122,5	91,1	171,3	97,1	140,1	97,9	119,5	93,1	113,3	71,5	68,9	65,4	63,2	56,9	75,3	50,1	77,8	65,3
18	152,7	111,1	198,2	111,8	167,8	115,3	151,2	105,6	130,3	83,8	81,6	72,3	72,1	65,4	86,7	57,1	90,1	71,0
22	177,4	123,8	225,0	125,6	187,7	132,1	191,7	120,4	148,1	95,8	95,0	79,2	81,8	73,7	96,2	62,8	100,9	77,0
26	198,9	135,7	251,8	138,6	205,8	146,3	216,1	132,1	160,5	103,4	106,4	85,4	94,7	81,3	105,5	69,0	111,8	82,9
30	211,3	146,7	269,0	147,7	225,6	163,2	240,8	141,4	169,0	109,6	117,5	90,3	109,8	90,0	113,5	74,7	121,2	86,8
2	39,0	30,0	39,4	31,5	22,6	18,7	37,2	34,0	28,8	21,3	30,8	29,3	5,6	11,1	23,3	17,5	35,9	31,6
6	84,6	57,8	85,3	62,3	60,9	42,8	72,9	65,2	56,1	47,8	63,5	47,6	23,9	23,6	39,1	26,6	63,7	49,7
10	120,3	80,0	121,8	82,9	97,7	67,2	102,4	85,6	95,4	69,6	79,6	57,3	45,7	30,6	60,7	36,4	83,8	62,8
14	143,1	91,9	158,2	100,6	133,1	87,0	119,5	93,1	124,1	82,2	96,0	66,3	71,1	41,9	85,8	46,5	95,4	70,4
18	176,9	105,9	206,5	115,9	168,1	106,4	151,2	105,6	154,0	99,1	112,8	73,1	89,1	52,6	106,9	54,5	106,9	77,0
22	219,7	122,7	239,1	129,9	190,7	121,5	191,7	120,4	178,5	112,5	130,6	80,0	108,2	60,2	127,0	60,4	120,6	83,5
26	245,0	135,5	265,1	141,3	215,7	138,0	216,1	132,1	199,2	125,8	148,9	86,2	117,9	66,4	140,6	65,1	132,3	88,4
30	266,4	145,9	284,0	152,6	241,1	155,7	240,8	141,4	211,4	135,4	165,6	91,1	132,4	71,5	151,8	69,6	143,9	93,7
34	281,5	157,0	301,3	158,8	270,2	173,9	243,6	148,0	220,9	141,8	175,9	96,1	150,1	76,2	163,6	72,9	152,9	99,2
2	28,7	20,8	24,9	17,9	25,2	20,8	21,0	21,8	10,9	10,7	28,9	18,9	10,0	13,9	17,0	13,6	23,4	23,4
6	82,7	53,0	69,1	52,8	56,5	41,7	103,4	59,8	40,9	34,2	58,6	37,3	25,0	24,2	35,7	25,0	61,7	53,3
10	127,8	77,0	114,2	81,9	98,4	66,4	133,8	90,8	79,0	59,0	78,1	51,8	48,2	32,1	52,5	33,3	86,3	74,3
14	160,2	93,3	156,2	106,4	134,5	91,6	147,5	106,5	124,3	86,1	88,3	60,3	76,6	48,1	78,9	45,8	113,8	84,4
18	192,7	107,3	182,4	122,6	173,5	118,3	161,9	118,9	156,2	100,6	105,4	67,5	94,2	61,9	105,3	56,1	127,4	90,9
22	235,0	125,3	239,1	140,2	197,8	135,6	189,5	137,0	195,3	116,9	125,5	74,8	109,4	76,9	125,5	63,3	143,8	96,8
26	270,4	141,1	264,3	157,7	218,1	155,3	214,5	150,6	220,7	129,1	139,1	85,0	120,6	89,4	146,2	68,1	158,7	102,8
30	291,0	155,5	299,6	171,6	237,0	171,8	235,5	166,6	246,0	139,5	162,8	95,2	131,5	105,9	166,2	74,3	171,0	102,8
34	310,0	167,5	333,3	182,3	256,4	187,4	255,2	182,3	264,4	146,1	179,6	101,5	145,3	123,1	189,8	79,2	184,1	106,6
38	323,5	177,5	347,2	187,6	275,1	202,6	270,6	190,7	274,1	150,0	194,8	108,1	160,6	138,5	201,7	83,5	193,7	110,1
42	333,9	183,8	333,9	183,8	299,5	209,0	280,0	197,9	278,0	152,0	205,8	115,1	179,5	154,5	214,9	87,1	205,7	113,3

VIII APÉNDICE B

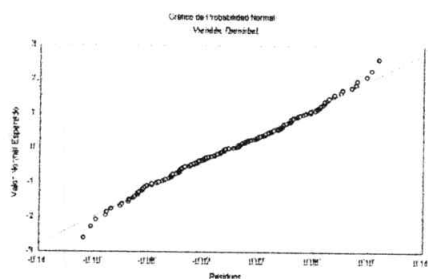




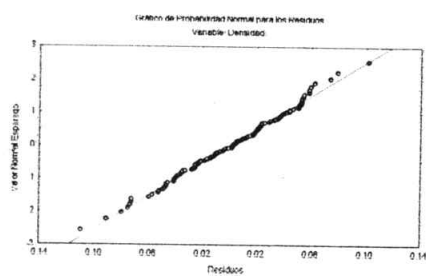
Tocón



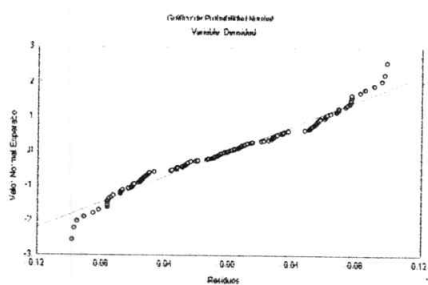
DAP



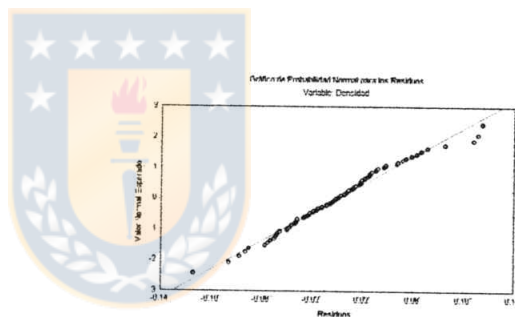
Fuste 1



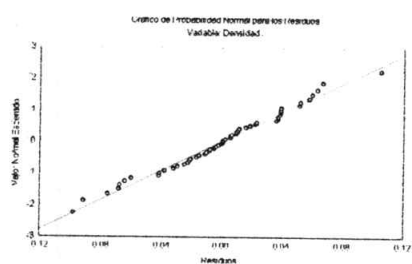
Fuste 2



Fuste 3



Copa 1



Copa 2

Figura 1B. Probabilidad de los residuos normales de la densidad básica, para las distintas rodelas del fuste.



## 1B. Características del rodal

El rodal no presenta una densidad homogénea, sin embargo en los sectores donde existe mayor pendiente (>10%) la densidad de los árboles es notoriamente superior. El sotobosque lo integran principalmente especies arbustivas como maqui, litre y radal. Existe un gran mantillo de acículas, alcanzando una altura de 15 cm.

Tabla 1B. Tabla de rodal de la plantación.

DAP (cm)	Frecuencia (arb/ha)	Área basal total (m <sup>2</sup> /ha)	Altura (m)
32	13	1,072	26,1
34	13	1,211	26,4
36	20	2,036	26,7
38	33	3,780	27,0
40	33	4,189	27,2
42	27	3,695	27,5
44	33	5,068	27,7
46	33	5,540	27,9
48	47	8,445	28,0
50	60	11,781	28,2
52	40	8,495	28,4
54	20	4,580	28,5
Totales	420	65,437	

DAP: Diámetro altura de pecho (1,3 m)

H : Altura del árbol

$H = 1 / (DAP + 10)$

Tabla 2B. Variación de la densidad básica promedio con la altura por clase diamétricas en árboles de *Pinus pinaster* de 55 años de edad.

Altura del fuste (m)	Clase diamétrica		
	Superior	Medio	Inferior
0,26	0,451	0,478	0,430
6,0	0,418	0,434	0,410
10,0	0,414	0,449	0,409
16,0	0,390	0,421	0,415
20,0	0,382	0,397	0,422
Promedio:	0,411	0,436	0,417

Fuente: Cárdenas, (1995).