

FO: DP/CHI/76/003  
DOCUMENTO DE TRABAJO N° 43.

INVESTIGACION Y DESARROLLO FORESTAL  
CORPORACION NACIONAL FORESTAL  
ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS  
PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION

"VARIABILIDAD DE LAS CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS  
HEREDITARIAS DEL Pinus radiata (D. Don)"

Roberto Delmastro N.  
Juan Edo. Díaz-Vaz O.  
Juan Enrique Schlatter V.,

JUNIO - 1982

SANTIAGO DE CHILE

FAO/IB # 2290174



## P R O L O G O


El presente documento, titulado "Variabilidad de las Características Tecnológicas Hereditarias del Pinus radiata (D. Don)", es el resultado del subcontrato N° DP/CHI/76/003-8/2/FO, celebrado entre el Proyecto CONAF/PNUD/FAO de "Investigación y Desarrollo Forestal" y la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad Austral de Chile.

Los autores de este estudio son los académicos de dicha Universidad señores: Roberto Delmastro N., Profesor de Genética y Mejoramiento Forestal; Juan Eduardo Díaz-Vaz O., Profesor de Tecnología de la Madera y Juan Enrique Schlatter V., Profesor de Suelos y Nutrición Forestal. Como colaborador principal participó el Profesor del Departamento de Silvicultura, señor Claudio Balocchi L.

A todos ellos el Proyecto les agradece sinceramente por la calidad del estudio y la eficiencia demostrada durante su elaboración.



BERTRAM HUSCH  
Director Internacional

  
JAIME LATORRE A.  
Director Nacional



## R E S U M E N

El presente documento se refiere a la variabilidad de seleccionadas propiedades físicas de la madera de Pinus radiata de acuerdo a su amplia distribución geográfica que ocupa en Chile. También se estudia la variabilidad existente entre árboles de un mismo rodal y dentro del individuo.

Además, se determina la forma en que las propiedades de la madera de dicha especie son afectadas y se ven correlacionadas por factores del medio en que crecen.

## S U M M A R Y

The document describes the variability observed in selected physical properties of the wood of Pinus radiata according to its geographical location in Chile. In addition, the variability among trees of the same stand and within individual trees was studied.

An attempt was also made to determine the manner in which variation in the selected properties was correlated with environmental factors.



## INDICE DE MATERIAS

	<u>Págs.</u>
PROLOGO	
RESUMEN/SUMMARY	
SUMARIO	
1. INTRODUCCION .....	1
2. METODOLOGIA .....	4
2.1. Diseño para la selección de parcelas .....	4
2.1.1. Selección de localidades .....	4
2.1.2. Selección de rodales .....	6
2.1.3. Selección de parcelas en los rodales .....	6
2.1.4. Selección de árboles en las parcelas .....	6
2.2. Descripción .....	8
2.2.1. Descripción de las parcelas .....	8
2.3. Diseño para la toma de muestras .....	9
2.3.1. Muestra tecnológica .....	9
2.3.1.1. Ancho de anillo .....	11
2.3.1.2. Densidad .....	11
2.3.1.3. Madera juvenil-madura .....	12
2.3.1.4. Largo de fibras .....	12
2.3.1.5. Dimensiones celulares .....	13
2.3.2. Muestras de suelo y follaje .....	13
2.3.2.1. Reconocimiento de suelos .....	13
2.3.2.2. Recolección de muestras de suelo .....	14
2.3.2.3. Recolección de muestras de follaje .....	16
2.3.3. Muestras genéticas .....	17
2.3.4. Resumen de las muestras colectadas .....	18
3. RESULTADOS .....	19
3.1. Características del sitio y dendrométricas de los ro dales .....	19
3.2. Peso específico .....	19
3.2.1. Método de determinación del peso específico emplea do .....	19
3.2.2. Resultados del peso específico .....	20
3.2.2.1. Variaciones del peso específico entre parcelas ..	20
3.2.2.2. Variaciones del peso específico entre parcelas por localidad .....	25

3.2.2.3. Variaciones del peso específico dentro del árbol	26
3.3. Largo de fibras	31
3.3.1. Método de determinación del largo de traqueidas	32
3.3.2. Resultados del largo de fibras	33
3.3.2.1. Variación del largo de fibras entre parcelas	33
3.3.2.2. Variaciones del largo de fibras entre parcelas por localidad	37
3.3.2.3. Variaciones del largo de fibras dentro del árbol	37
3.4. Ancho de anillos	40
3.4.1. Método de determinación del ancho de anillos	41
3.4.2. Resultado del ancho de anillo	41
3.4.2.1. Variación del ancho de anillos entre parcelas	41
3.4.2.2. Variaciones del ancho de anillos entre parcelas por localidad	46
3.4.2.3. Variaciones del ancho de anillos dentro del árbol	46
3.5. Madera juvenil y madura	50
3.5.1. Métodos de determinación de la madera juvenil y madura	52
3.5.2. Resultados de madera juvenil y madura	52
3.6. Relación de la densidad de la madera con factores externos	53
3.6.1. Densidad de la madera juvenil	55
3.6.2. Densidad de la madera intermedia	58
3.6.3. Densidad de la madera madura	59
3.7. Relación del largo de fibras (traqueidas) con factores externos	61
3.7.1. Largo de fibras de la madera juvenil	61
3.7.2. Largo de fibras de la madera intermedia	63
3.7.3. Largo de fibras de la madera madura	64
3.8. Relación del ancho de anillos con los factores externos	66
3.8.1. Ancho de anillos de la madera juvenil	66
3.8.2. Ancho de anillos de la madera intermedia	69
3.8.3. Ancho de anillos de la madera madura	71
4. CONCLUSIONES	74
5. BIBLIOGRAFIA	81
Lista de Publicaciones del Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003	85



## INDICE DE FIGURAS

<u>Nº</u>		<u>Págs.</u>
1	Peso específico promedio de la madera juvenil según ubicación geográfica .....	ii
2	Peso específico promedio de la madera intermedia según ubicación geográfica .....	iii
3	Peso específico promedio de la madera madura según ubicación geográfica .....	iv
4	Largo de fibras promedio de la madera juvenil según ubicación geográfica .....	vi
5	Largo de fibras promedio de la madera intermedia según ubicación geográfica .....	vii
6	Largo de fibras promedio de la madera madura según ubicación geográfica .....	viii
7	Ancho de anillo promedio de la madera juvenil según ubicación geográfica .....	x
8	Ancho de anillo promedio de la madera intermedia según ubicación geográfica .....	xi
9	Ancho de anillo promedio de la madera madura según ubicación geográfica .....	xii
10	Ubicación de las parcelas .....	7
11	Esquema de muestras tecnológicas .....	10
12	Peso específico de la madera en las parcelas	24
13 a	Variaciones del peso específico en el diámetro para las parcelas 1 a 24 .....	25

13 b	Variaciones del peso específico en el diámetro para las parcelas 25 a 42 .....	26
14	Variaciones del peso específico con la altura en el fuste y en el diámetro .....	30
15	Longitud de fibras de la madera en las parcelas .....	35
16	Ancho de anillos de la madera en las parcelas .....	46
17 a	Variaciones del ancho de anillos en el diámetro para las parcelas 1 a 20 .....	47
17 b	Variaciones del ancho de anillos en el diámetro para las parcelas 21 a 36 .....	48
17 c	Variaciones del ancho de anillos en el diámetro para las parcelas 37 a 42 .....	49
18	Variación del ancho de anillos en distintas alturas del fuste y ubicaciones en el diámetro .....	51
19	Variaciones del peso específico y ancho de anillos para distintas ubicaciones en el diámetro .....	54
20	.....	55
21	.....	56
22	.....	57
23	.....	58

## INDICE DE CUADROS

<u>Nº</u>		<u>Pág</u>
1	Identificación y características de las localidades seleccionadas .....	5
2	Resumen de las muestras colectadas por parcela y totales .....	18
3	Valores de peso específico por parcela ....	21
4	Valores de peso específico de madera juvenil, intermedia y madura .....	23
5	Valores de largo de fibras por parcela .....	33
6	Valores de largo de fibras de madera juvenil, intermedia y madura .....	38
7	Valores de ancho de anillos por parcela ....	42
8	Valores de ancho de anillos de madera juvenil intermedia y madura .....	43



## SUMARIO.

En 1979 se inició un estudio relacionado con la variación de las principales propiedades tecnológicas de Pinus radiata (D. Don) que crece en Chile, cuya primera etapa fue obtener una actualización de la literatura existente relativa al tema y que fuera evaluada en otros documentos similares a este (Delmastro, Díaz-Vaz y Schla<sup>u</sup>tter, 1979 y 1980).

La segunda etapa, motivo de la presente publicación, se relaciona con el estudio de la variación propiamente tal y de las relaciones entre las propiedades y factores del medio estudiadas, basado en un intensivo muestreo de diversos rodales a lo largo de la distribución de esta especie. Se estudió un total de 42 rodales, correspondientes a 21 localidades diferentes, en las cuales se muestreó una parcela de 30 x 30 m. (900 m<sup>2</sup>), de la que se obtuvo muestras de suelo, follaje, madera y semillas para estudios genéticos posteriores. En cada parcela se realizó una medición completa de las características dendrométricas y se obtuvo, en gran parte de las localidades, información sobre diversas variables de clima. Además se describió cada rodal del punto de vista de su ubicación geográfica y condiciones del terreno circundante.

En general, todas las características estudiadas, mostraron gran variación entre y dentro de los rodales, lo que se traduce en una ventaja para realizar futuras selecciones con miras a un mejoramiento genético de ellas.

El peso específico o densidad de la madera, mostró significativas diferencias entre localidades, no obstante, que la tendencia a aumentar o disminuir con la latitud, fue diferente para la madera juvenil y madura. El rango del peso específico promedio de las parcelas, fue entre 0,508 g/cm<sup>3</sup> hasta 0,345 g/cm<sup>3</sup>, siendo la diferencia aún mayor, entre árboles de diferentes rodales. Del mismo modo, se encontró diferencias del peso específico con la altura en el fuste.

Como se aprecia en las figuras 1, 2 y 3, la variación geográfica del peso específico de la madera juvenil, intermedia y madura respectivamente, es considerable. Desde un punto de vista industrial, estos resultados significan que existen diferencias de rendimiento de materia seca por hectárea (fibras), dependiendo de la zona y del tipo de madera que se industrialice. Así por ejemplo, en el caso de la madera madura, se obtuvo para un de

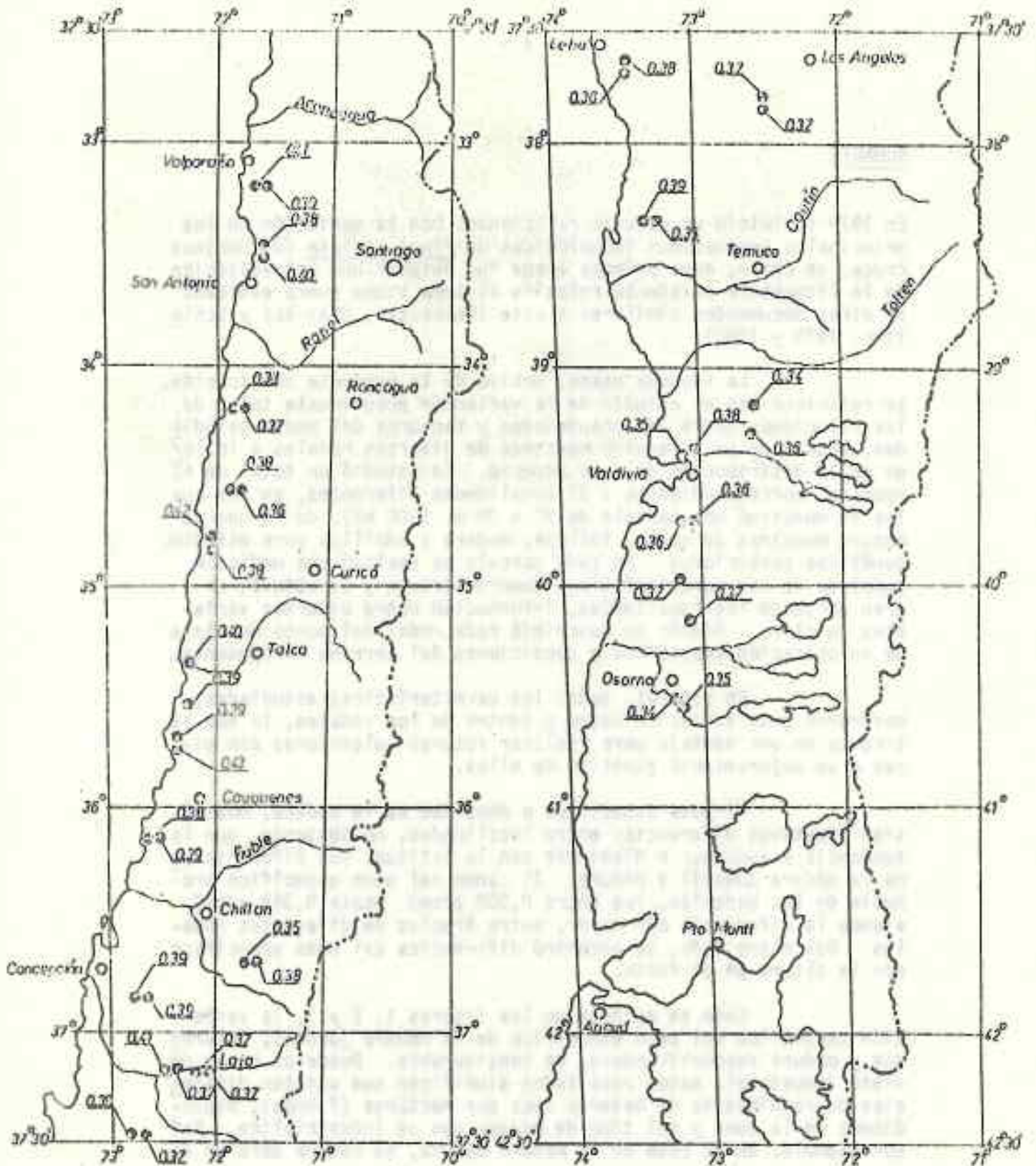


FIGURA N° 1. Peso específico promedio (g/cm<sup>3</sup>) de la madera juvenil según ubicación geográfica.

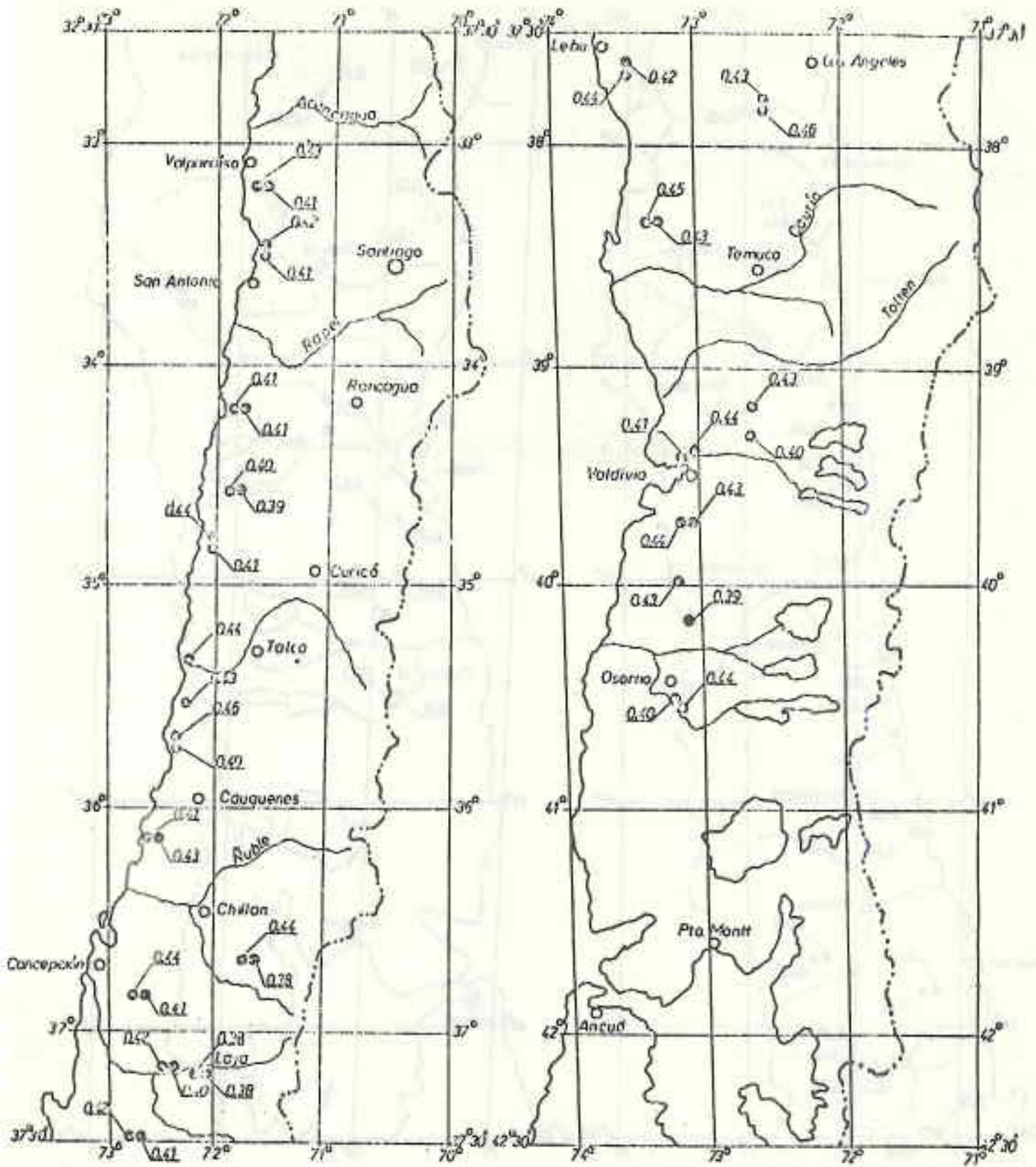


FIGURA N° 2. Peso específico promedio (g/cm<sup>3</sup>) de la madera intermedia según ubicación geográfica.

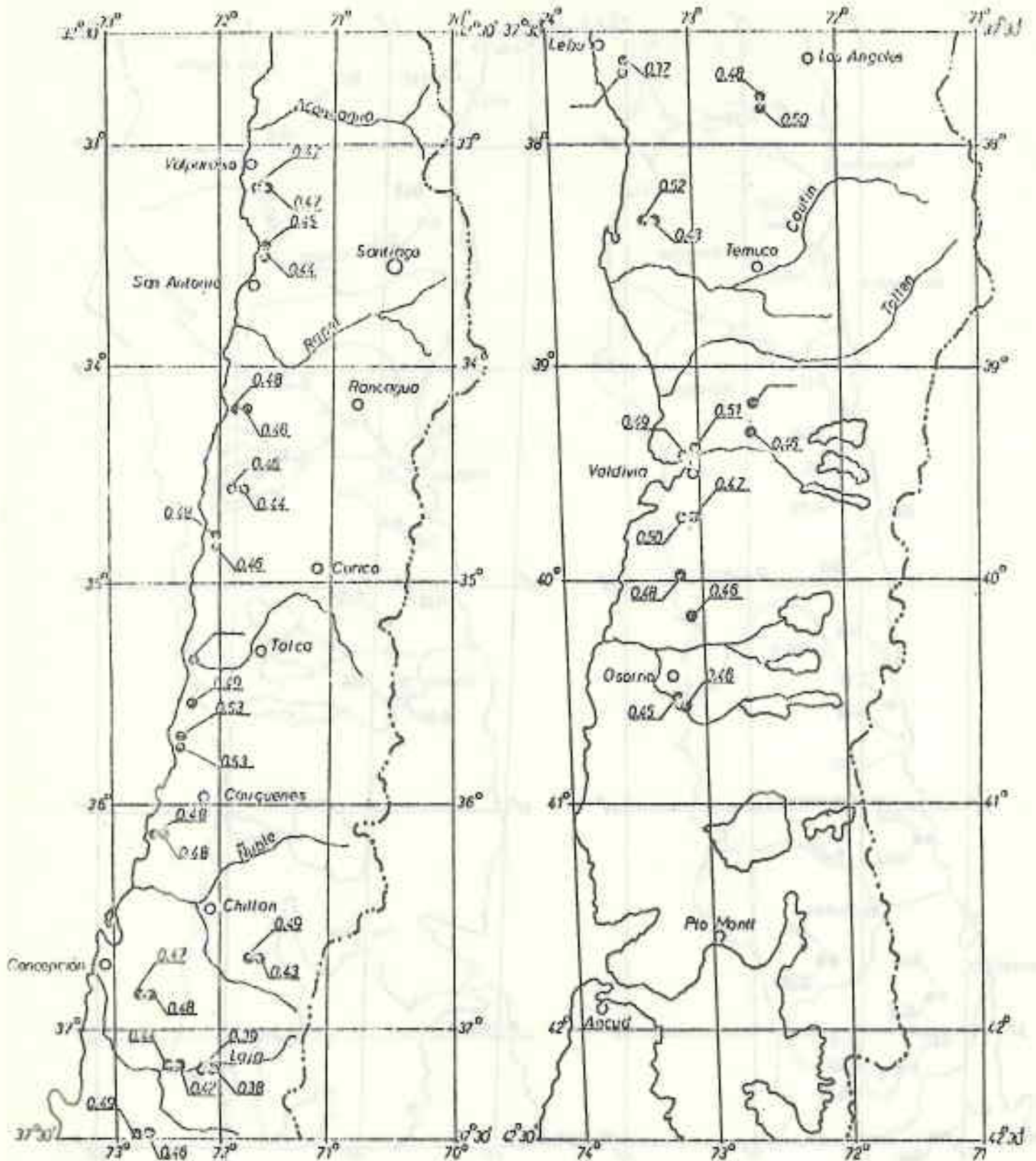


FIGURA N° 3. Peso específico promedio (g/cm<sup>3</sup>) de la madera madura según ubicación geográfica.



terminado lugar un peso específico promedio de 0,37 g/cm<sup>3</sup> y en otros 0,53 g/cm<sup>3</sup>. Por lo tanto, al emplear madera de la zona con mayor peso específico, se obtienen 96 toneladas más de materia seca por hectárea (suponiendo un rendimiento de 600 m<sup>3</sup>/ha.), que si se empleara madera de la zona con el peso específico menor.

Similares diferencias se pueden observar al comparar madera juvenil y madura de una misma localidad. Esto implica, que mientras mayor es la edad de los árboles que se industrialicen, la participación de la madera madura en el volumen total aumenta y en consecuencia el rendimiento de materia seca por unidad de volumen es mayor. Como se indicará más adelante, esto también tiene implicancia en la calidad del producto final, especialmente celulosa, debido a que la madera madura tiene un largo de fibra considerablemente mayor que la madera juvenil. Es necesario reiterar que la madera producto de los raleos y de la parte superior del fuste de los árboles, está constituida principalmente de madera juvenil, de un peso específico menor y de menor largo de fibra.

El largo de fibras varió significativamente entre las calidades, con un rango total promedio de 3,24 mm. a 2,71 mm., sin diferenciar tipos de madera. El largo de fibras siempre aumentó desde la médula a la corteza, con promedios de 2,08; 2,91 y 3,45 mm. para la madera juvenil, intermedia y madura.

Entre parcelas de la misma localidad, en la mayoría de los casos no se encontró diferencias significativas.

En los tres tipos de madera diferenciadas, se observó cierta tendencia a un incremento del valor del largo de fibras desde la zona de Pinto (VIII Región) al sur.

En las figuras 4, 5 y 6, se muestran los valores medios obtenidos en las diferentes localidades, para largo de fibra de la madera juvenil, intermedia y madura respectivamente.

Las variaciones del largo de fibra, tanto entre los tres tipos de madera como entre localidades para cada una de ellas, son importantes, afectando la calidad de la madera, principalmente en los aspectos de fabricación de papel. Es así que, en la madera juvenil se determinó en un caso un valor promedio de largo de fibra de 1,72 mm., mientras que en la madera madura se encontró un valor promedio máximo de 3,95 mm. de largo. No obstante, dentro de una misma localidad, la diferencia del largo de fibras entre ma



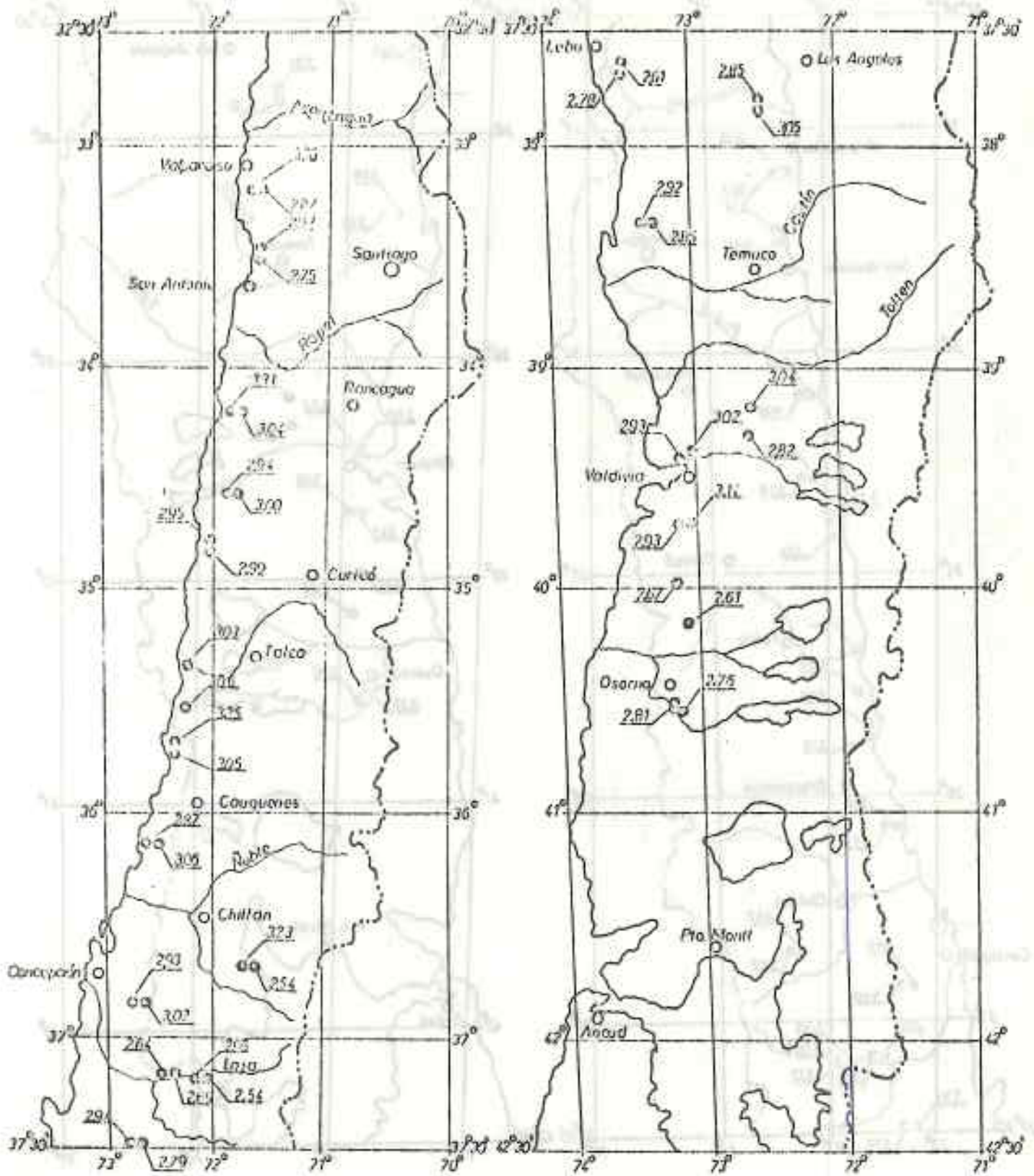


FIGURA N° 5. Largo de fibras promedio (mm) de la madera intermedia según ubicación geográfica.



dera juvenil y madura es menor, pero siempre del orden de 1,0 ó más milímetros. De acuerdo a esto, con rotaciones más largas, se obtiene madera con largo de fibras mayores.

El ancho de anillos, en el promedio total, mostró una clara tendencia a aumentar de Norte a Sur, con un rango de variación entre 0,39 y 0,91 cm. Dentro del árbol, el ancho de anillo disminuyó hacia la corteza y también desde la base hacia arriba, pero disminuyendo en cierta zona, para aumentar nuevamente en la zona de la copa viva.

En las figuras 7, 8 y 9 se indican los valores de ancho de anillos promedios de la madera juvenil, intermedia y madura respectivamente, según la ubicación geográfica. La diferencia de ancho de anillo entre la madera juvenil y madura para una misma localidad, en casi todos los casos, fue superior al cien por ciento.

En base a los criterios de peso específico y ancho de anillos, de acuerdo a los resultados obtenidos, la delimitación de madera juvenil y madura se encuentra entre los anillos 13° y 15°, medidas desde la médula.

Respecto a la relación del peso específico de la madera con los factores externos, se encontró que especialmente la madera juvenil se correlaciona negativamente con los factores que favorecen el crecimiento de los árboles, siendo el porcentaje de nitrógeno del follaje el más consistente. Esta variable fue también muy importante para explicar la variación total del peso específico, excepto para el caso de la madera juvenil.

El largo de fibras de la madera juvenil y madura mostraron una correlación negativa con la latitud y con nutrientes como fósforo y nitrógeno del follaje respectivamente. La madera intermedia por su parte se relacionó positivamente principalmente con las temperaturas.

El fósforo de reserva del suelo explicó parte de la variación total del largo de fibras de la madera juvenil, pero el nitrógeno del follaje, explicó la variación de la madera intermedia y el número de árboles por hectárea, parte de la variación de la madera madura.

Todas aquellas variables relacionadas con la calidad



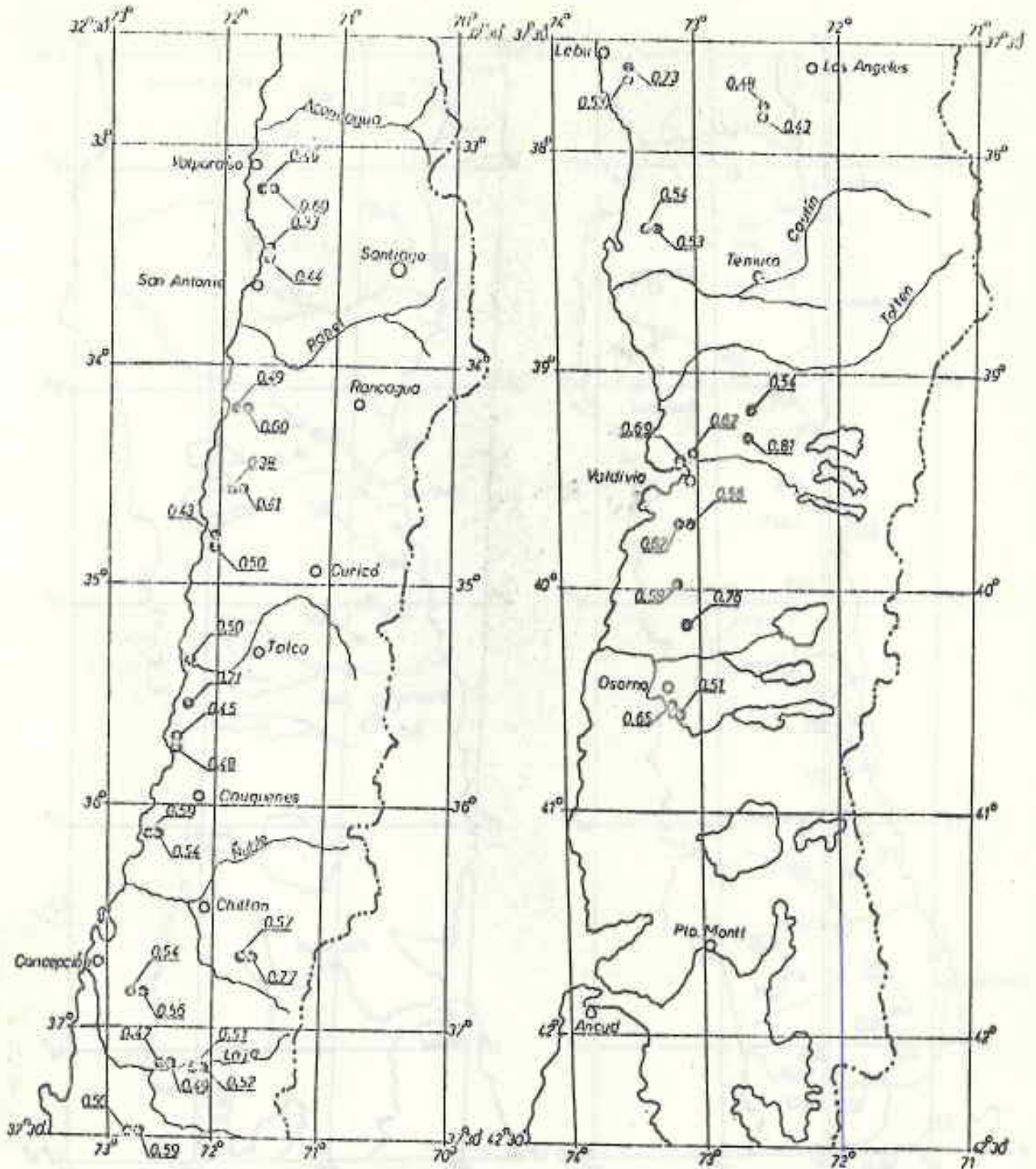


FIGURA N° 8. Ancho de anillo promedio (cm) de la madera intermedia según ubicación geográfica.





del sitio, estructura del suelo y factores que indican crecimiento, mostraron una correlación positiva alta con el ancho de anillos de la madera juvenil. Similares relaciones se encontraron para el ancho de anillos de la madera intermedia y madura.

Las variables que mejor explicaron la variación del ancho de anillos, están relacionadas con factores del suelo, especialmente densidad aparente, nitrógeno total y contenido de arena gruesa y fina.



## 1. INTRODUCCION.

En los últimos años se ha observado una tendencia generalizada por manejar intensivamente las plantaciones de Pinus radiata en el país. Mediante adecuadas y oportunas técnicas de raleo y poda, es posible obtener productos de alta calidad de la madera, con el consecuente aumento de la rentabilidad de los bosques.

En algunos casos se pretende lograr a futuro un aprovechamiento integral de la madera, de manera que de un mismo árbol se obtengan trozos tanto para contrachapado, como para madera aserrada, terminando finalmente con la madera de dimensiones menores para la fabricación de pulpa y tableros. No obstante, la industria de pulpa y tableros, con frecuencia está empleando desperdicios de la industria del terciado y aserrío. Por otro lado, cabe destacar que la producción de trozos de alta calidad para la exportación, es una actividad que ha cobrado gran auge en el último tiempo.

Las intervenciones silvícolas intensivas, realizadas con los objetivos señalados, entre otras cosas, trae consigo el cambio brusco del tipo de materia prima que recibirá en el futuro especialmente la industria de pulpa y papel. El cambio se deberá al hecho que esta industria consumirá la madera delgada procedente de raleos y parte superior de los árboles, madera que está constituida en gran proporción por madera juvenil.

La madera juvenil ha sido bastante estudiada en diversas especies creciendo en diferentes medios ambientes y tiene diferencias notables con la madera que se produce a edad más avanzada de los árboles. Entre las características más importantes cabe destacar su bajo peso específico, menor longitud de sus fibras, de paredes más delgadas, alto contenido de humedad y generalmente su alta proporción de madera de compresión con mayor cantidad de lignina. Estos caracteres en general la hacen menos deseable para la fabricación de pulpa, debido principalmente a su menor rendimiento de materia seca (fibras) y resistencias inferiores del papel. Las diferencias son notables con la madera madura que tiene mejores características del punto de vista del pulpaje. En general podemos decir que la madera de un mismo árbol es heterogénea, es decir, sus propiedades varían tanto en el sentido horizontal como vertical de este, lo que la hace una materia prima difícil de tratar desde el punto de vista industrial y químico. Semejantes situaciones se

presentan entre árboles del mismo rodal, entre rodales y entre localidades, donde prácticamente todas las propiedades de la madera varían en mayor o menor proporción, lo que hace que su manipulación sea aún más compleja.

El conocimiento profundo de la forma y dimensión en que esta variabilidad se presenta, es de fundamental importancia para poder iniciar programas de mejoramiento genético que tiendan a optimizar estos caracteres de acuerdo a las necesidades industriales por un lado y por el otro, disminuir de algún modo la heterogeneidad de la materia prima "madera".

La obtención de madera de alta calidad debe estar complementada por un adecuado entendimiento y manejo de los recursos genéticos de la especie, ya que esta es la única manera de obtener un máximo rendimiento de los suelos productivos. En general, existe una conciencia de la necesidad de incluir el aspecto genético en el manejo de los bosques y la mayoría de los programas están basados en el mejoramiento de la calidad general de los árboles, fundamentalmente en lo que se refiere a calidad de ramas y fuste y su velocidad de crecimiento.

El siguiente paso que se deberá dar, es incluir en los índices de selección aquellas propiedades de la madera más relevantes y al mismo tiempo de mayor heredabilidad.

La investigación que se describe a continuación pretendió estudiar intensivamente el Pinus radiata que crece en Chile a lo largo de su principal distribución geográfica; es decir, desde Valparaíso hasta la zona de Osorno y desde la costa hasta los 450 metros de altitud.

El plan de trabajo seguido, fue basado principalmente en los antecedentes obtenidos de una exhaustiva revisión bibliográfica realizada por los autores y que se encuentran compilados en otras publicaciones (Delmastro, Díaz-Vaz y Schlatter, 1979 y 1980).

Los objetivos principales de esta investigación fueron los siguientes:

1. Conocer la variabilidad de las principales propiedades de la madera de Pinus radiata a lo largo de su distribución geográfica en el país y estudiar la variabilidad que existe entre localidades, entre árboles de un mismo rodal y dentro del individuo.



## 2. METODOLOGIA.

### 2.1. Diseño para la Selección de Parcelas.

#### 2.1.1. Selección de localidades.

La selección de localidades donde se realizó el muestreo, se basó fundamentalmente en cuatro criterios principales, a saber: latitud, elevación, suelos y plantaciones.

Debido a la peculiar distribución del Pinus radiata en Chile, se estimó que al considerar la latitud como uno de los criterios principales de selección de localidades, se incluían automáticamente los factores más importantes del clima, tales como precipitación, temperatura, radiación solar y fotoperíodo.

En segundo término, la elevación sobre el nivel del mar se consideró selectivo por su efecto sobre el crecimiento en general y de las propiedades de la madera en particular.

Para la identificación de los principales tipos de suelos en cada localidad, se empleó el Mapa de Unidades de Uso Agrícola de los Suelos de Chile (ODEPA)<sup>1/</sup>, y se seleccionaron aquellos suelos más abundantes de cada localidad coincidentes con plantaciones.

Finalmente, la ocurrencia de plantaciones de importancia en las diferentes localidades, fue el factor determinante para la definición de la localidad. Con el fin de incluir aquellas zonas donde actualmente no hay gran cantidad de plantaciones adultas, pero sí considerables superficies de plantaciones nuevas, se procedió a actualizar los mapas editados por el Instituto Forestal en 1965, evacuando la información obtenida de los Informes Anuales de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) (1977 y 1978, retrospectivos a 1969); obteniendo así un nuevo mapa con las plantaciones actualizadas.

---

<sup>1/</sup>. Oficina de Planificación Agrícola, Ministerio de Agricultura.

La observación de dicho mapa conjuntamente con la información de latitudes, elevaciones y suelo, permitió identificar 42 localidades de interés para el estudio. Las características de cada parcela aparecen en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 1. Identificación y características de las localidades seleccionadas.

PARCELA	PROVINCIA	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION M.S. N.M.
1	Valparaíso	Placilla	33°07'S	71°35'W	320
2	Valparaíso	Placilla	33°07'S	71°35'W	340
3	San Antonio	El Tabo	33°27'S	71°38'W	150
4	San Antonio	El Quisco	33°24'S	71°41'W	120
5	Cardenal Caro	Pichilemu	34°18'S	71°53'W	400
6	Cardenal Caro	Pichilemu	34°18'S	71°53'W	360
7	Cardenal Caro	Paredones	34°42'S	71°52'W	200
8	Cardenal Caro	Paredones	34°42'S	71°51'W	260
9	Curicó	Vichuquén	34°48'S	72°05'W	65
10	Curicó	Vichuquén	34°49'S	72°04'W	40
11	Talca	Constitución	35°30'S	72°20'W	430
12	Talca	Constitución	35°19'S	72°23'W	190
13	Cauquenes	Chanco	35°43'S	72°34'W	10
14	Cauquenes	Chanco	35°40'S	72°34'W	15
15	Ruble	Cobquecura	36°11'S	72°41'W	415
16	Ruble	Cobquecura	36°11'S	72°41'W	365
17	Concepción	Concepción	36°56'S	72°44'W	330
18	Concepción	Concepción	36°56'S	72°54'W	280
19	Ruble	Pinto	36°44'S	71°46'W	430
20	Ruble	Pinto	36°44'S	71°46'W	370
21	Ruble	Cholguán	37°10'S	72°06'W	230
22	Ruble	Cholguán	37°10'S	72°05'W	230
23	Arauco	Lebu	37°37'S	73°36'W	25
24	Arauco	Lebu	37°35'S	73°36'W	190
25	Bío-Bío	Laja	37°14'S	72°26'W	110
26	Bío-Bío	Laja	37°14'S	72°26'W	110
27	Bío-Bío	Nacimiento	37°29'S	72°51'W	190
28	Bío-Bío	Nacimiento	37°29'S	72°51'W	180
29	Malleco	Mininco	37°51'S	72°29'W	220
30	Malleco	Mininco	37°49'S	72°29'W	200
31	Malleco	Cap. Pastene	38°16'S	73°12'W	140

PARCELA	PROVINCIA	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION M.S.N.M.
32	Malleco	Cap. Pastene	38°16'S	73°10'W	310
33	Cautín	Loncoche	39°25'S	72°40'W	110
34	Cautín	Loncoche	39°19'S	72°35'W	250
35	Osorno	Osorno	40°37'S	73°15'W	170
36	Osorno	Osorno	40°37'S	73°15'W	160
37	Valdivia	Valdivia	39°44'S	73°08'W	30
38	Valdivia	Valdivia	39°44'S	73°08'W	60
39	Valdivia	Cayumapu	39°45'S	73°07'W	20
40	Valdivia	Cayumapu	39°45'S	73°07'W	80
41	Valdivia	Los Ulmos	39°59'S	73°09'W	160
42	Valdivia	Los Ulmos	40°05'S	73°05'W	235

La ubicación geográfica de las parcelas se presenta en la Figura 10.

#### 2.1.2. Selección de rodales.

Los criterios principales para la selección de los rodales fueron los siguientes: edad mayor a 15 años, lo más representativo de la localidad, en cuanto a sitio y suelo, en lo posible sin tratamientos silvícolas o muy leves y carente de daños y/o defectos graves.

#### 2.1.3. Selección de parcelas en los rodales.

En cada rodal se delimitó una parcela de 30 por 30 m., representativa del rodal seleccionado y ubicada en un lugar homogéneo, considerando las características promedios del rodal en cuanto a suelo, densidad del rodal, exposición y pendiente.

#### 2.1.4. Selección de árboles en las parcelas.

En cada parcela se seleccionaron 40 árboles, distribuidos homogéneamente en el área, 20 de los cuales eran dominantes y 20 codominantes. Estos árboles tenían forma aceptable en cuanto a rectitud del fuste y calidad de copa y no presentaban signos de daños ni enfermedades.



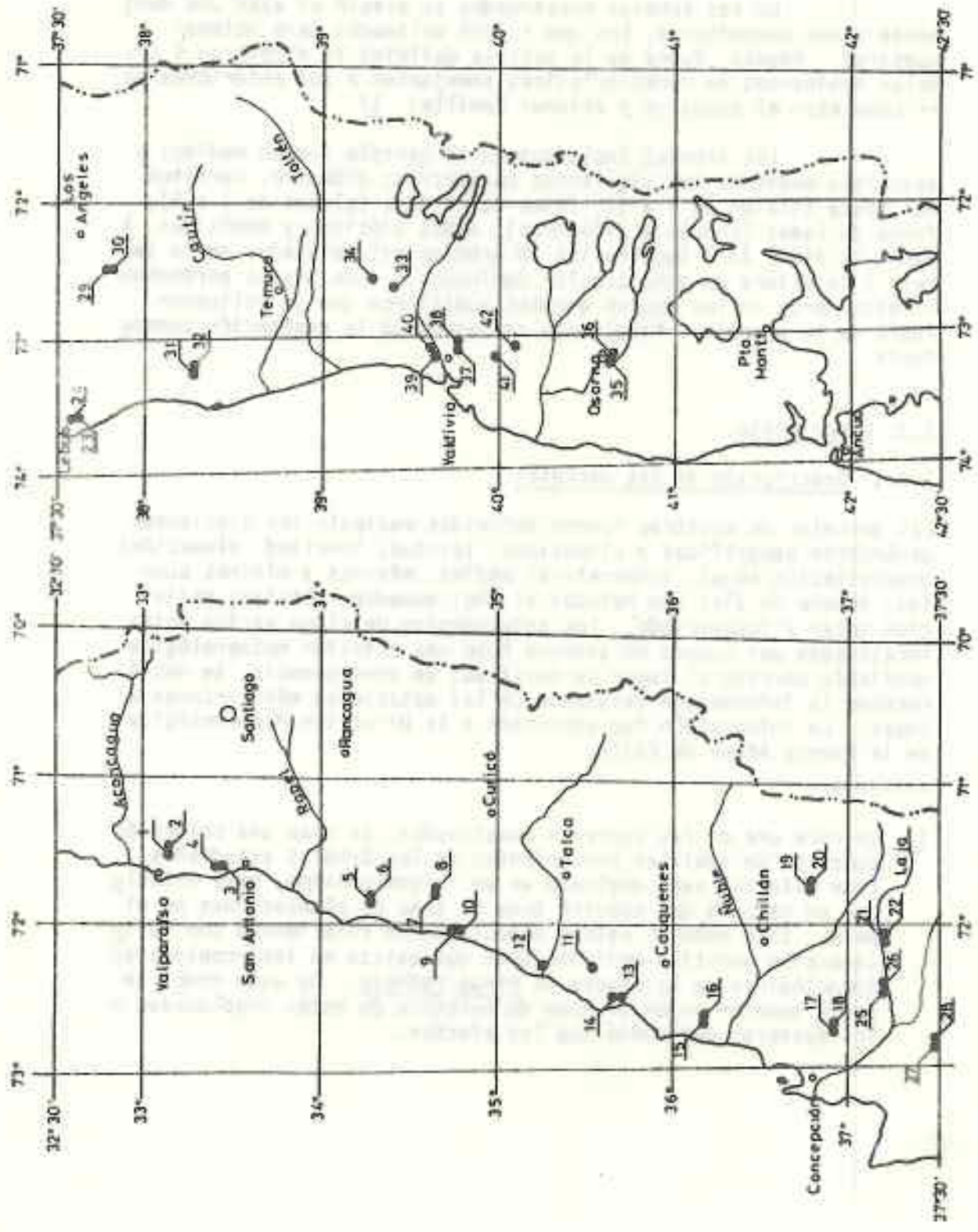


FIGURA N° 10. UBICACION DE LAS PARCELAS.

De los árboles muestreados se eligió al azar uno dominante y uno codominante, los que fueron volteados para obtener muestras. Además, fuera de la parcela definida se eligieron 4 árboles dominantes de características semejantes a los anteriores para completar el muestreo y obtener semillas. 1/.

Los árboles incluidos en la parcela fueron medidos y descritos mediante los siguientes parámetros: diámetro, rectitud del fuste (clases de 1 a 5), forma de la copa (clases de 1 a 5), forma de ramas (ángulo y diámetros), daños bióticos y abióticos. Además se midió la altura de los 40 árboles seleccionados en la parcela y la altura de ocho árboles dominados. Los mismos parámetros se obtuvieron de los cuatro árboles semilleros que se voltearon fuera de la parcela. Finalmente se describió la vegetación acompañante.

## 2.2. Descripción.

### 2.2.1. Descripción de las parcelas.

Las parcelas de muestreo fueron definidas mediante los siguientes parámetros geográficos y climáticos: latitud; longitud; elevación; precipitación anual; temperaturas medias, máximas y mínimas anuales; número de días con heladas al año; humedad relativa; radiación solar y fotoperíodo. Los antecedentes de clima varían entre localidades por cuanto no siempre hubo una estación meteorológica confiable cercana al lugar de muestreo; en consecuencia, se debió recoger la información existente de las estaciones más cercanas al lugar. La información fue adquirida a la Dirección Meteorológica de la Fuerza Aérea de Chile.

---

1/ En cada una de las parcelas muestreadas, se hizo una colección completa de semillas provenientes de los árboles estudiados. Este material será empleado en un futuro próximo, para establecer un estudio que cubrirá toda la zona de plantaciones en el país. Este estudio estará especialmente relacionado con la interacción genotipo-medioambiente que existe en las propiedades tecnológicas de la madera de Pinus radiata. De este modo, se podrá conocer mejor el modo de herencia de estas propiedades y los factores del medio que las afectan.

Además la parcela muestreada fue descrita mediante su exposición, pendiente, forma del terreno circundante, descripción general del suelo, uso histórico, etc.

### 2.3. Diseño para la toma de muestras.

#### 2.3.1. Muestra tecnológica.

La muestra tecnológica está constituida por todas las probetas que fueron necesarias para las determinaciones cumpliendo con los requisitos que los ensayos imponen en cuanto a tamaño y condiciones de las probetas. En cada una de las 42 parcelas consideradas, los 40 árboles por parcela proporcionaron tarugos de incremento, y dos de ellos, discos tomados a diferentes alturas.

Los tarugos de 11 mm. de diámetro fueron extraídos a la altura del pecho con dirección N-S, dos en cada uno de los 40 árboles considerados en la parcela. Uno de los tarugos fue dividido en tantas secciones de 3 anillos de ancho radial como fue posible. Cada una de las secciones de tarugos constituyó una probeta de ensayo. El tarugo gemelo fue dejado de reserva y permitirá con posterioridad, hacer otros estudios no considerados en esta investigación.

Los discos de los dos árboles que fueron volteados en cada parcela, se obtuvieron a distintas alturas en el fuste, dependiendo de la altura del árbol muestreado.

Los discos tuvieron un espesor de aproximadamente 6 cm. y se cortaron a las alturas calculadas según la siguiente relación:

$$\text{Distancia entre discos} = \frac{\text{altura total del árbol} \times 5}{\text{edad del árbol.}}$$

De cada disco se cortó un listón de 5 cm. de ancho siguiendo la dirección N-S de modo que cubrió todo el diámetro del disco. Cada uno de los listones fueron divididos en dos listones gemelos, tal cual lo muestra la Figura 11. Uno de los listones gemelos partiendo desde la médula y en ambos sentidos, fue dividido en secciones de 3 anillos de crecimiento. Cada una de las secciones cortadas constituyó una probeta. El segundo listón gemelo se dejó como reserva y permitirá efectuar determinaciones en posteriori

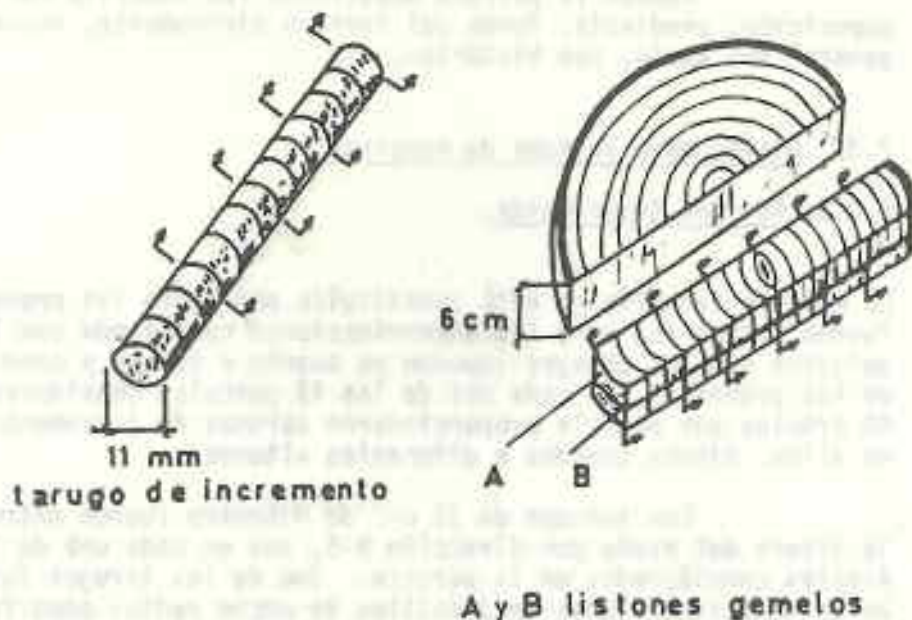


FIGURA N° 11. Esquema de muestras tecnológicas.

res estudios. Además de los discos descritos, se obtuvo uno en la base del árbol y otro al DAP<sup>1/</sup> los que tuvieron el mismo tratamiento descrito.

Finalmente se obtuvo un disco al DAP de cada uno de los cuatro árboles semilleros seleccionados fuera de la parcela, de los cuales se obtuvo un listón para análisis tecnológico.

<sup>1/</sup> DAP: Diámetro del árbol medido a 1,30 m. de altura desde la base de él.

Todos los ensayos se realizaron con las mismas probetas para lo que se siguió una secuencia preestablecida. Primero se determinó el ancho de los anillos, luego la densidad y con estos datos se obtuvo la información de madera juvenil y madura. Finalmente se midió el largo de traqueidas, análisis que significó destruir las muestras.

#### 2.3.1.1. Ancho de anillo.

En cada tarugo y en cada disco se determinó el ancho de anillos, antes de proceder a cortarlos en secciones de 3 anillos de ancho radial.

En la madera de Pinus radiata no se presentan dificultades para delimitar los anillos de crecimiento y, por lo tanto, el conteo y medición no requieren técnicas o preparación especial de las muestras. La preparación de los tarugos para esta determinación consistió únicamente en alisar cepillando una delgada franja de superficie transversal desde la corteza a la médula.

En el caso de las probetas provenientes de los análisis fustales, se midió y contó el número de anillos en la superficie transversal del listón previamente cepillado.

En ambos tipos de probetas, el conteo y medición del ancho del anillo, se efectuó con una máquina contadora de anillos con registro electrónico de la firma ADDO.

#### 2.3.1.2. Densidad.

La determinación de la densidad se efectuó en las probetas de tarugos y de discos.

Las determinaciones se realizaron mediante el "método del máximo contenido de humedad".

Para efectuar los análisis de las probetas se debió tomar una serie de precauciones, entre ellas se deben destacar las que se refieren al registro, marcación y almacenamiento de ellas.

En cuanto al registro y marcas para cada probeta se debió identificar claramente el origen, es decir, localidad, árbol,

altura, posición sociológica y posición cardinal de la muestra. En el caso de los análisis fustales se consideró además, la altura en el fuste. En relación al almacenamiento de las probetas, tanto en tarugos como en discos, se debió evitar pérdidas de humedad, proliferaciones fungosas y compresión o fracturas mecánicas de las muestras que pueden distorsionar los valores de peso específico. Para esto las probetas se almacenaron en una cámara de clima, con temperaturas cercanas a 5°C.

Las preparaciones de las secciones ya fueran éstas de discos o tarugos, mantuvieron uniformidad en cuanto a distribución del número de anillos de crecimiento y correspondencia en cuanto a la edad fisiológica entre las distintas probetas, de manera de considerar los efectos de las tendencias de crecimiento de los árboles. Por otra parte, en la separación de las secciones de cada tarugo o disco muestra, se cuidó al máximo posible que cada sección contuviera sólo anillos enteros. Para el caso de dificultad en la separación de anillos, se prefirió cortar algo de la madera temprana del anillo siguiente y no de la madera tardía del anillo considerado. Esto porque las variaciones de la densidad de la madera temprana en diferentes anillos casi no varía, en cambio, sí existen fuertes diferencias de densidad entre las zonas terminales de distintos anillos.

#### 2.3.1.3. Madera juvenil-madura.

Cada uno de los tarugos extraídos al DAP constituye una probeta para esta determinación que, basada además en los discos de los análisis fustales, permitió determinar las diferencias entre ambas maderas y los límites de la madera juvenil-madura, respectivamente. Fundamentalmente, se basó en la delimitación del cambio de tendencia de los valores de la densidad de la madera y el ancho del anillo que son las determinaciones que consideró secciones de tres anillos en la dirección radial o de cada anillo en el caso específico del ancho del incremento anual.

El análisis tomó en consideración 40 tarugos y aproximadamente 8 discos, lo que significó un total de 48 muestras en cada localidad.

#### 2.3.1.4. Largo de fibras.

Luego de las mediciones de densidad y determinada la madera madura-

juvenil, las mismas probetas fueron maceradas formándose tres grupos de probetas por árbol muestreado.

Las probetas correspondientes a los primeros 6 anillos cercanos a la médula formarán el primer grupo. Del anillo 7° al 12avo se tendrán el segundo grupo y del 13avo en adelante el tercer grupo.

El número de muestras por localidad correspondió según este esquema a 20 tarugos por localidad. En cada tarugo se consideraron 3 grupos, teniéndose en total 60 muestras. Como en cada muestra se midieron 55 traqueidas, a cada localidad correspondió 3.300 mediciones de largo de traqueidas.

Las secciones de los tarugos, fueron cortados en pequeños palillos, semejantes a un palo de fósforo y maceradas según el método de SCHULTZ. De cada maceración por probeta, se prepararon a lo menos, cuatro portaobjetos con fibras.

#### 2.3.1.5. Dimensiones celulares.

Las determinaciones de dimensiones celulares transversales consideran ancho de pared celular medida como doble pared y diámetro del volúmen.

El número de muestras que se realizarán será de 30 probetas por localidad que se obtendrán de 5 árboles dominantes y 5 codominantes considerando tres diferentes posiciones en el radio.

#### 2.3.2. Muestras de suelo y follaje.

##### 2.3.2.1. Reconocimiento de suelos.

El objetivo del reconocimiento de suelos, fue obtener antecedentes sobre la variación del suelo en el área de los rodales elegidos. Se ejecutó con bastón pedológico, en y alrededor de las parcelas instaladas, en un área de máximo 2,0 hás., considerando al relieve como factor de variación determinante. Estas observaciones se concentraron principalmente en el área de cada parcela, dentro de ella y en el área adyacente. En cada una de ellas se determinaron: profundidad, horizontes, detección de cambios de material de ori-

gen, textura, consistencia, color y presencia de manchas (moteado).

El reconocimiento de suelos anterior fue el criterio para estimar la representatividad de la calicata ubicada en el marco de cada rodal (parcela), y preparada para precisar la descripción del suelo. Esta calicata tuvo una profundidad que alcanzó hasta el horizonte C ó un máximo de 1,5 m. La descripción del perfil de suelo en ella se basó en un formulario de terreno, en que se determinó: horizontes, características morfológicas del horizonte O, forma de humus, material de origen (estimación), drenaje, na pa freática, profundidad de arraigamiento, límite de horizontes, textura, porcentaje de esqueleto, consistencia, estructura, color, capacidad de agua aprovechable (aproximado) y otras observaciones complementarias.

#### 2.3.2.2. Recolección de muestras de suelo.

Una vez descrito el suelo en el perfil representativo, se procedió a la recolección de muestras. Para tal fin, se diferenció entre muestras del suelo orgánico superficial y del suelo mineral subyacente.

En primer lugar se recolectaron muestras de horizonte O (hojarasca), para precisar información de la calidad nutritiva del sitio, lo que sin embargo es materia de estudio de un proyecto de investigación complementario. El diseño de muestreo para ellas se rigió según el del horizonte A (suelo mineral-orgánico superior)

Principal objeto de recolección fue el horizonte A. Para su análisis nutritivo (químico) se recolectaron tres muestras mezcla. Una de ellas en el área estricta de la parcela y dos en costados de ella, opuestos entre sí, entre árboles elegidos para el análisis foliar (y recolección de semillas). Dentro de la parcela, la muestra mezcla se compuso de aquella correspondiente a la calicata, otra a 3 metros de ella pendiente arriba y las restantes en 2 vértices elegidas al azar, a 5 metros equidistantes de dos costados. Fuera de la parcela las muestras se recolectaron sobre rectas, que unieron los árboles semilleros elegidos. Las muestras se extrajeron del 1°, 2°, 3° y 4° trazo una vez dividida cada recta en cinco trazos iguales.

Luego se extrajeron muestras en la calicata, de los



horizontes más profundos, en un máximo de dos. Finalidad de esto fue, completar y precisar la información sobre las características físicas y nutritivas del suelo en profundidad.

En el perfil de la calicata se extrajeron luego muestras de suelo, en cilindros metálicos, para la determinación del peso volumétrico o densidad aparente y el volumen total de poros. Esto se efectuó en tres horizontes: horizonte A, horizonte de transición y horizonte B; en cada uno de ellos, se extrajo tres cilindros con suelo sin disturbar.

En las tres muestras mezcla del horizonte A y las dos muestras de los horizontes subyacentes, se consideraron las siguientes variables y procedimientos:

i) Horizonte A, AB y B

pH : determinación electrométrica, de agua destilada y KCl 0,1 N, relación suelo-solución 1:2,5.

Carbono total : oxidación húmeda.

Nitrógeno total : Kjeldahl.

Elementos disponibles: solución extractora de ácido cítrico al 1% en suelo bajo 2 mm. y seco a 105°C. Determinación de P y K.

Elementos de reserva suministrable: solución extractora de HCl al 3% en suelo bajo 2 mm. y seco a 105°C. Determinación de P y K.

ii) Horizonte A, parcela.

En las muestras mezcla del horizonte A, correspondiente al área de la calicata y en aquellos de los horizontes AB y B, se determinó además:

Textura : sedimentación discontinua y tamizado luego de tratamiento con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, ditionito - citrato - bicarbonato de sodio y dispersión con hexametáfosfato de sodio.

11) Suelo sin disturbar

En las muestras sin disturbar, extraídas con cilindros de 100 cc, de los tres horizontes minerales, se determinó:

Densidad aparente : peso volumétrico secado a 105°C, método del cilindro (3 por horizonte).

Volumen total de poros: método del picnómetro de mercurio.

2.3.2.3. Recolección de muestras de follaje.

El análisis químico de muestras de follaje de los árboles, tuvo la finalidad de precisar el diagnóstico de fertilidad derivado de los estudios del suelo. Si bien los resultados de análisis del suelo permiten estimar eventualmente limitantes nutritivas, la precisión de ellas sólo es posible en combinación con un análisis foliar. Este método también tiene limitantes, ya que la concentración de los elementos nutritivos en las acículas presenta variaciones de año en año. Aún así, si bien reflejan principalmente las condiciones del último período vegetativo, es altamente probable que se presenten también, en general, las condiciones nutritivas del lugar.

Un diagnóstico relativamente seguro, se obtiene considerando a lo menos doce árboles en la recolección de follaje. Para lograrlo se consideraron seis árboles dominantes y codominantes que se voltearon para la recolección de muestras tecnológicas y semillas. Los restantes seis árboles, fueron vecinos de los anteriores que también se voltearon. Las muestras de estos doce árboles, se redujeron a tres muestras mezcla, constituida cada una por cuatro árboles, para su análisis químico.

Las acículas utilizadas en la recolección de muestras, fueron aquellas del último período vegetativo y ubicadas en la parte alta de la copa expuesta a plena luz, entre los verticilos 3-6 desde el ápice. Se utilizaron para ello las acículas sanas (en el sentido de un ataque biológico), desde ramas de segundo orden en el extremo de ramas mayores, y en lo posible, desde la posición en la copa correspondiente a los cuatro puntos cardinales.

Las tres muestras mezcla de acículas de Pinus radiata fueron tratadas de tal manera que, los procesos enzimáticos, tanto internos de las acículas como también de eventuales huéspedes (hon

gos), disminuyeran al máximo posible. Para tal efecto se evitó que fueran expuestas al sol y calor y una vez colocadas en las bolsas de polietileno se les permitió un buen intercambio gaseoso (abiertas). En lugares sombreados y libres de polvo se las extendió para que perdieran el exceso de humedad y luego se enviaron por transporte terrestre al laboratorio. Luego fueron enviadas inmediatamente al laboratorio en bolsas cerradas, evitando calor durante el transporte, pero dentro de un período máximo de dos días.

Llegadas al laboratorio las muestras fueron secadas al aire, bajo sombra, luego lavadas (extracción de polvo) y secadas entre 60 y 70°C durante 48 horas. Secas fueron almacenadas hasta su posterior tratamiento.

Para su análisis químico fueron molidas "a polvo", y luego analizadas en las siguientes variables y procedimientos:

Nitrógeno total : Kjeldahl.

Elementos fósforo y potasio en muestra calcinada y solubilizada con HCl 10% Boro : azometina.

### 2.3.3. Muestras genéticas.

Con el fin de aprovechar el trabajo de terreno planteado en el presente estudio y para poder estudiar diversos parámetros genéticos en esta especie, se colectaron semillas de polinización abierta a lo largo de su distribución geográfica en los mismos rodales seleccionados para el estudio general. Las semillas así obtenidas se emplearán en ensayos de progenie que se realizarán mediante otros proyectos de investigación.

La colección de conos se hizo de cinco árboles dominantes en cada localidad, con el objeto de obtener cinco familias de medios hermanos.

Considerando que en cada parcela se voltearon dos árboles para la obtención de muestras de los análisis fustales, se colectó conos del árbol dominante y de otros cuatro árboles de similares características, ubicados fuera de la parcela de muestreo.

Con el fin de evitar obtener semillas producto del cruzamiento entre los cinco árboles semilleros, los árboles escogidos

debían ubicarse a lo menos 100 metros de distancia entre sí. De cada árbol se colectó un mínimo de cinco conos sanos y cerrados, en lo posible producidos en años diferentes, para así aumentar el número de padres potenciales, obteniendo con ello una base genética mayor y mas representativa del rodal. No obstante, se colectó tantos conos como sea necesario para obtener un mínimo de 500 semillas por familia.

#### 2.3.4. Resumen de las muestras colectadas.

El Cuadro 2 presenta el resumen de las muestras colectadas por parcela y totales.

CUADRO N° 2. Resumen de las muestras colectadas por parcela y totales.

MUESTRA TIPO	N° X PARCELA	N° DE PARCELA	TOTAL N° MUESTRAS
<b>1. Tecnológicas</b>			
Tarugos de incremento 11 mm.	40 x 2	42	3.360
Listones árboles semilleros	4 x 2	42	336
Análisis fustales	(4-9) x 2	42	588
Probetas densidad (aprox.)	-	-	10.019
Medición largo fibras	-	-	138.600
<b>2. Suelos</b>			
Suelo	14	42	588
Acículas	3	42	126
Hojarasca	9	42	378
<b>3. Genéticas</b>			
Lotes semillas	5	42	210

### 3. RESULTADOS.

#### 3.1. Características del sitio y dendrométricas de los rodales.

Considerando que la información de sitio y de las características dendrométricas de los rodales seleccionados, sólo representan información básica para establecer las relaciones con las características tecnológicas, objetivo del presente estudio, dicha información se ha obviado pudiendo el lector referirse al informe de convenio N° 43 de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile.

#### 3.2. Peso Específico.

La densidad es una característica importante de la madera, que tiene estrecha relación con cada una de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de este material. Por otra parte la determinación de densidad es fácil de realizar, mediante métodos no destructivos. Por esto es que ella se emplea como criterio de evaluación, permitiendo predecir las posibilidades de uso, la calidad de los productos que se obtendrán, el rendimiento de la materia prima y los requerimientos técnicos en la producción.

En el presente documento los datos corresponden a valores de peso específico, es decir, la relación entre el peso anhidro de una muestra de madera y el peso que correspondería a un volumen igual de agua. Esta relación de pesos es normalmente referida a gramos divididos por centímetros cúbicos, ya que el valor del peso específico corresponde al valor que se obtiene al dividir el peso anhidro de la muestra por el volumen hinchado de la madera.

##### 3.2.1. Método de determinación del peso específico empleado.

Los métodos y procedimientos empleados para determinar los valores de densidad, dependen de ciertas características de las muestras como por ejemplo, tamaño de las probetas, regularidad de su superficie, número de determinaciones, exactitud requerida y objetivos del ensayo. Fundamentalmente los métodos tradicionales miden peso y volumen.

El método usado en este trabajo corresponde al de máximo contenido de humedad. Este método ampliamente usado en la actualidad consiste en la medición de peso de la probeta anhidra y saturada de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$G = \frac{P_0}{P_u - P_0 + \frac{P_0}{1,53}}$$

en donde : G = Peso Específico g/cm<sup>3</sup>; P<sub>0</sub> = peso anhidro g; P<sub>u</sub> = peso saturado g y 1,53 el valor de la densidad de la sustancia celular (SMITH, 1965).

Los procedimientos que se describen a continuación incluyen todos aquellos aspectos del dimensionamiento y preparación y cuidado de las muestras, como así también los criterios considerados para la selección del procedimiento de medición.

Las muestras para este ensayo correspondieron a secciones de tarugos incrementales de 11 mm. de diámetro y a probetas de sección cuadradas en el caso de los análisis fustales.

La metodología para la determinación de la densidad en las secciones de tarugos incrementales, se adecuó a las características principales de éstos que son: tamaño pequeño y superficies irregulares.

La respecto, y tal cual se mencionó anteriormente se indica como apropiado emplear el METODO DEL MAXIMO CONTENIDO DE HUMEDAD, que es usado en estos casos por numerosos investigadores. A pesar de que las muestras provenientes de los análisis fustales no presentan las limitaciones mencionadas para los tarugos, el análisis posterior de los resultados aconseja emplear un mismo procedimiento en la determinación de ambos tipos de muestras.

Con las probetas se tomaron una serie de precauciones, entre ellas cabe destacar las que se refieren al registro, marcación y almacenamiento de ellas, como se explica en 2.3.1.2.

### 3.2.2. Resultados del peso específico.

#### 3.2.2.1. Variaciones del peso específico entre parcelas.

El Cuadro 3, resume los valores de peso específico para cada una de las 42 parcelas muestreadas, incluyéndose en él, promedios, desviaciones estándares, errores estándares, mínimos y máximas.

CUADRO N° 3 : Valores de peso específico por parcela.

PARCELA N°	OBSERV. N°	PROMEDIO	DESV. EST.	ERROR EST.	MAXIMO	MINIMO
1	281	0.4423	0.0443	0.0026	0.5420	0.3540
2	192	0.4116	0.0525	0.0038	0.7950	0.3670
3	225	0.4555	0.0469	0.0031	0.6230	0.2270
4	230	0.4170	0.0443	0.0029	0.5240	0.2790
5	280	0.4338	0.0559	0.0033	0.5980	0.3160
6	187	0.4068	0.0558	0.0041	0.5850	0.2520
7	268	0.4217	0.0620	0.0038	0.6990	0.2400
8	312	0.4135	0.0573	0.0032	0.6370	0.2740
9	330	0.4688	0.0500	0.0028	0.6000	0.2460
10	255	0.4234	0.0524	0.0033	0.5750	0.2240
11	297	0.4472	0.0651	0.0038	0.6150	0.1700
12	159	0.4199	0.0485	0.0038	0.5900	0.3210
13	344	0.5082	0.0612	0.0033	0.6730	0.3520
14	199	0.4437	0.0764	0.0054	0.6830	0.2430
15	268	0.4295	0.0605	0.0037	0.5750	0.2710
16	259	0.4387	0.0583	0.0036	0.6370	0.2650
17	212	0.4267	0.0493	0.0034	0.5610	0.3290
18	301	0.4404	0.0551	0.0032	0.6690	0.3130
19	232	0.4351	0.0674	0.0044	0.5970	0.2910
20	269	0.4021	0.0427	0.0026	0.5640	0.3130
21	188	0.3764	0.0309	0.0023	0.4840	0.2780
22	198	0.3747	0.0308	0.0022	0.4690	0.2980
23	160	0.3971	0.0563	0.0044	0.5590	0.3010
24	268	0.4291	0.0563	0.0034	0.5570	0.3160
25	208	0.4162	0.0512	0.0036	0.5870	0.2430
26	202	0.3916	0.0428	0.0030	0.5070	0.2210
27	238	0.4280	0.0607	0.0039	0.5690	0.3070
28	205	0.4045	0.0462	0.0032	0.5340	0.3090
29	206	0.4175	0.0547	0.0038	0.5450	0.2930
30	195	0.4292	0.0625	0.0045	0.5650	0.3160
31	232	0.4555	0.0691	0.0045	0.6220	0.3200
32	192	0.4076	0.0615	0.0044	0.5590	0.2780
33	306	0.4181	0.0570	0.0033	0.5900	0.3080

PARCELA N°	OBSERV. N°	PROMEDIO	DESV. EST.	ERROR EST.	MAXIMO	MINIMO
34	159	0.3863	0.0578	0.0046	0.5380	0.2630
35	275	0.4043	0.0608	0.0037	0.6050	0.2410
36	255	0.4200	0.0602	0.0038	0.5460	0.3750
37	295	0.4502	0.0763	0.0044	0.7500	0.3050
38	306	0.4371	0.0618	0.0035	0.5800	0.3080
39	300	0.4339	0.0725	0.0042	0.6590	0.2160
40	395	0.4643	0.0731	0.0043	0.6560	0.3180
41	365	0.4579	0.0650	0.0034	0.6870	0.3040
42	272	0.4188	0.0612	0.0037	0.5770	0.2950

Del cuadro anterior se pueden apreciar las diferencias que son factibles de encontrar dentro de la distribución geográfica de las especies creciendo en Chile. Los valores máximos y mínimos en las distintas localidades demuestran la importancia de este parámetro, el peso específico, en los programas que pretenden mejorar las perspectivas de uso de la especie y la productividad de esta madera.

Los promedios que varían considerablemente, tienen un máximo correspondiente a la parcela N° 13 con 0,5082 g/cm<sup>3</sup>. El promedio más bajo corresponde a la parcela N° 22 con un peso específico de 0,3747 g/cm<sup>3</sup>.

Las diferencias que se encuentran entre las parcelas para los promedios generales, también se aprecian al diferenciar las tres zonas de crecimiento, esto es, madera juvenil, intermedia y madura.

El Cuadro 4 resume los valores de peso específico medidos en estas tres zonas de crecimiento en cada parcela.



CUADRO N° 4. Valores de peso específico de madera juvenil, intermedia y madura.

PAR CE- LA N°	MADERA JUVENIL		MADERA INTERMEDIA		MADERA MADURA	
	PROME DIO	DESV. EST.	PROME DIO	DESV. EST.	PROME DIO	DESV. EST.
1	0.4096	0.0268	0.4282	0.0281	0.4721	0.0306
2	0.3875	0.0245	0.4124	0.0356	0.4657	0.0720
3	0.3971	0.0250	0.4082	0.0291	0.4421	0.0534
4	0.3848	0.0239	0.4175	0.0275	0.4533	0.0309
5	0.3762	0.0214	0.4111	0.0243	0.4815	0.0316
6	0.3734	0.0377	0.4059	0.0301	0.4756	0.0509
7	0.3771	0.0246	0.4027	0.0523	0.4565	0.0321
8	0.3551	0.0231	0.3925	0.0266	0.4403	0.0318
9	0.4206	0.0323	0.4388	0.0383	0.4826	0.0327
10	0.3822	0.0292	0.4061	0.0299	0.4570	0.0362
11	0.3881	0.0277	0.4266	0.0279	0.4867	0.0450
12	0.3962	0.0270	0.4432	0.0415		
13	0.4334	0.0391	0.4864	0.0405	0.5286	0.0368
14	0.3864	0.0292	0.4597	0.0466	0.5290	0.0715
15	0.3804	0.0351	0.4124	0.0373	0.4838	0.0605
16	0.3943	0.0359	0.4296	0.0333	0.4782	0.0481
17	0.3854	0.0231	0.4420	0.0346	0.4694	0.0358
18	0.3858	0.0256	0.4133	0.0212	0.4829	0.0329
19	0.3488	0.0200	0.4383	0.0309	0.4924	0.0362
20	0.3756	0.0270	0.3795	0.0225	0.4277	0.0288
21	0.3708	0.0245	0.3789	0.0216	0.3858	0.0383
22	0.3681	0.0235	0.3773	0.0222	0.3838	0.0358
23	0.3558	0.0205	0.4387	0.0314		
24	0.3781	0.0318	0.4150	0.0249	0.3660	0.0386
25	0.4051	0.0367	0.4150	0.0347	0.4372	0.0541
26	0.3722	0.0305	0.3976	0.0268	0.4150	0.0427
27	0.3766	0.0279	0.4222	0.0291	0.4879	0.0414
28	0.3669	0.0258	0.4122	0.0252	0.4568	0.0316
29	0.3700	0.0282	0.4263	0.257	0.4796	0.0370
30	0.3707	0.0266	0.4559	0.0314	0.5023	0.0389
31	0.3751	0.0266	0.4512	0.0336	0.5166	0.0445
32	0.3532	0.0241	0.4299	0.0339	0.4811	0.0422
33	0.3586	0.0326	0.4029	0.0312	0.4570	0.0327
34	0.3437	0.0226	0.4297	0.0360		
35	0.3447	0.0245	0.3990	0.0408	0.4490	0.0415

PAR CE- LA Nº	MADERA JUVENIL		MADERA INTERMEDIA		MADERA MADURA	
	PROME DIO	DESV. EST.	PROME DIO	DESV. EST.	PROME DIO	DESV. EST.
36	0.3532	0.0264	0.4353	0.0350	0.4639	0.0364
37	0.3632	0.0304	0.4381	0.0371	0.4989	0.0530
38	0.3589	0.0219	0.4345	0.0397	0.4734	0.0389
39	0.3540	0.0323	0.4106	0.0418	0.4854	0.0452
40	0.3798	0.0311	0.4434	0.0354	0.5124	0.0489
41	0.3711	0.0300	0.4284	0.0400	0.4813	0.0412
42	0.3654	0.0315	0.03897	0.0322	0.4622	0.0369
TOTAL	0.3762	0.0338	0.4212	0.0396	0.4699	0.0521

La variación del peso específico en toda la distribución geográfica muestreada es más fácil de apreciar en la figura 12 en la que se grafican las diferencias de los valores promedios de cada parcela, considerando para este caso, los tres tipos de madera, es decir: madera juvenil, intermedia y madura separadamente. Cada una de ellas presentan comportamientos diferentes en cuanto a su variabilidad. Tal cual se esperaba los valores de peso específico se incrementan con la madurez de la madera que se forma. Es así como se puede apreciar en las figuras anteriores, una distribución más amplia de la madera madura y de valores altos de peso específico, esto es el peso específico correspondiente a los anillos 13-18 desde la médula hasta la corteza.

Los resultados de otros estudios indican que se han encontrado variaciones de consideración entre rodales de diferentes localidades, pero algunos autores han sugerido que se debe obtener información muy completa, respecto a la variación de la madera entre localidades, antes de seleccionar individuos comparados con la media de la región (ELDRIDGE, 1962).

En Chile se han encontrado diferencias de la densidad de la madera al estudiar rodales de 21 años de edad, de cuatro diferentes localidades. Sin embargo, no se estableció un patrón claro respecto a si esta variabilidad es del tipo clinal o ecotípica (PAZ Y CEBALLOS, 1966). En otro muestreo realizado por SMITH, se demostró que aparentemente existe una variación entre localidades, disminuyendo la densidad de norte a sur del país (comunicación personal).

1-madera juvenil 2-madera intermedia 3-madera madura

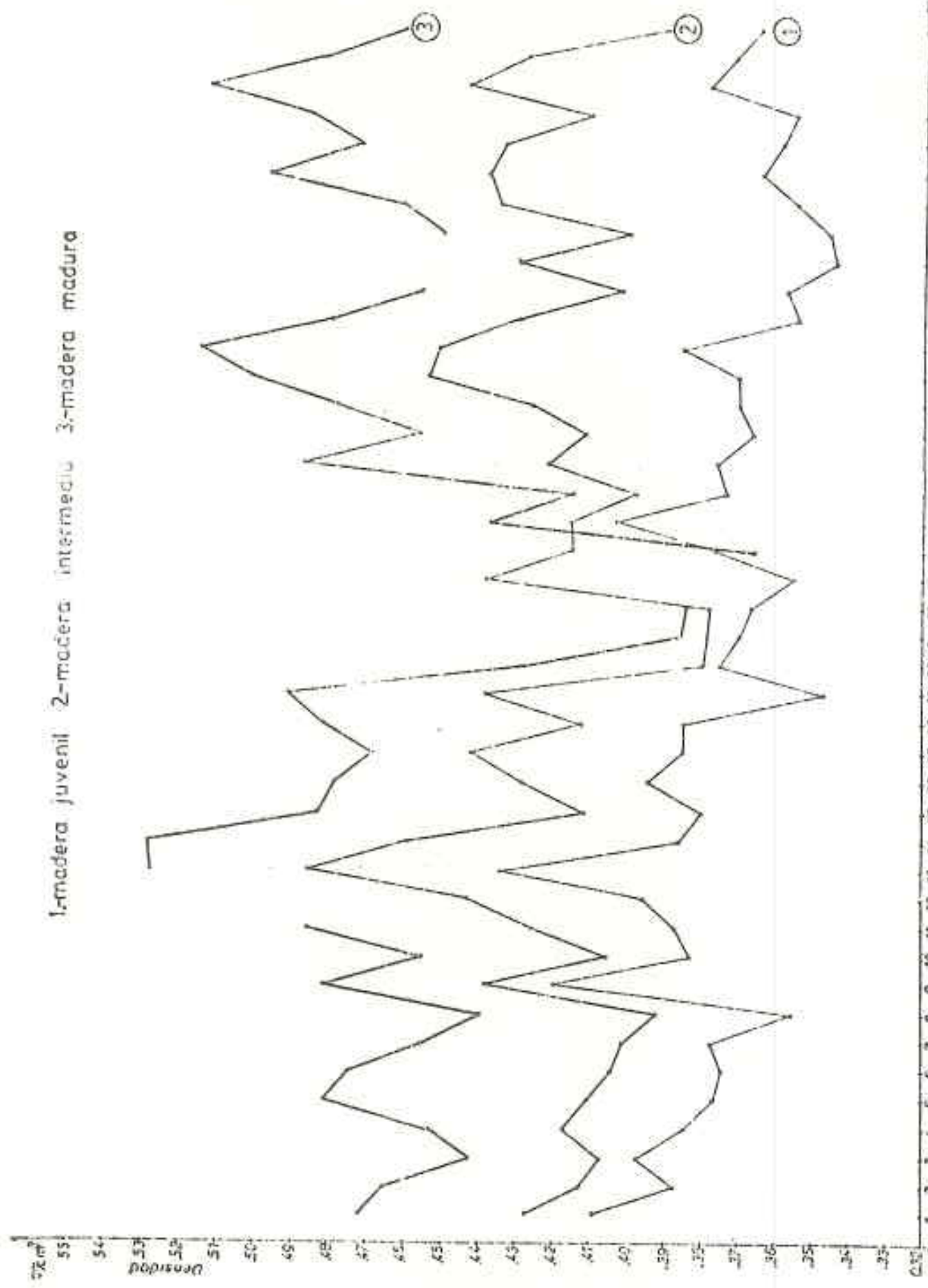


FIGURA N° 12. Peso específico de la madera en las parcelas.



En el presente estudio y en el caso de la madera juvenil se nota una cierta tendencia a disminuir el peso específico de norte a sur, es decir, desde la parcela N° 1 a la N° 42. Este resultado estaría de acuerdo con lo muestreado por SMITH. Sin embargo, en el caso de los valores de peso específico de la madera intermedia no se aprecia una tendencia semejante de norte a sur.

En el caso de los valores de peso específico de la madera madura, se aprecia en la figura una cierta tendencia a la formación de dos grupos que se delimitan en la parcela N° 19, este efecto no es factible de reconocer en los valores de madera juvenil ni intermedia. Si se consideran estas dos zonas en la madera madura, es factible visualizar una tendencia a incrementarse en peso específico desde el norte al sur, es decir, desde la parcela N° 1 a la parcela N° 19 e igualmente desde la parcela N° 20 a la N° 42.

Es posible de acuerdo a los datos obtenidos, pensar que las tendencias de variación del peso específico resulten distintas cuando el muestreo se realice ya sea en plantaciones jóvenes con una gran proporción de madera juvenil o en plantaciones adultas en que el porcentaje de madera juvenil sea mucho menor.

Las diferencias que experimenta el peso específico entre las parcelas resultaron significativas en un análisis de varianza.

Las diferencias entre parcelas se analizaron también estadísticamente, separando los tres tipos de madera, esto es madera juvenil 1-6 anillos, madera intermedia 7-12 anillos y madera madura 13-18 anillos.

En los tres casos mencionados el análisis muestra diferencias significativas al nivel de 1% en cada una de las zonas para el peso específico entre las parcelas.

#### 3.2.2.2. Variaciones del peso específico entre parcelas por localidad.

Las parcelas agrupadas por localidad, esto es, tomándolas de dos en dos, fueron sometidas a una prueba de "t", con el fin de detectar las diferencias que ellas presentarán para cada localidad.

En este caso, la prueba de "t" para el peso específico, solo en cuatro grupos de parcelas no mostró diferencias significativas, ellas son los pares de parcelas: 3-4, 7-8, 15-16 y 21-22.

Las 17 localidades restantes tuvieron diferencias significativas al nivel de 5% y 1%, por lo que éstas deben considerarse como parcelas diferentes aún cuando pertenecen a las mismas localidades.

Los resultados obtenidos para el peso específico estarían indicando suficiente diferenciación entre parcelas de una misma localidad, para la mayoría de los casos aquí analizados.

#### 3.2.2.3. Variación del peso específico dentro del árbol.

De acuerdo a gran parte de la bibliografía la mayor variabilidad de los valores de peso específico dentro del árbol se presenta al considerar diferentes ubicaciones en el diámetro.

En este estudio las variaciones de peso específico, considerando distintas ubicaciones en el diámetro para el promedio de los 40 árboles por parcela, se grafican en el Figura 13. En la gran mayoría de las parcelas las tendencias que experimenta el peso específico es de un aumento desde la médula hasta la corteza.

El incremento del peso específico hacia la madera más externa es normalmente característica en las especies coníferas.

Es indispensable tener en cuenta en los estudios de las propiedades de la madera, la variabilidad del peso específico en diferentes posiciones en el diámetro.

En *Pinus radiata* creciendo en cuatro diferentes zonas de Chile, PAZ y CEBALLOS (1966) encontraron en cada una de ellas un aumento de la densidad con la edad. Investigando esta misma especie en Chile (ULLOA, 1963; ORTIZ, 1965; MORALES, 1968), encontraron aumentos de la densidad desde la médula a la corteza. COMN (1974), citando a HARRIS (1965), indica que la madera juvenil a los seis años presenta un promedio entre 270 y 360 kg/m<sup>3</sup> y que la madera madura a los 35 años es un 50% mayor en densidad que los valores más bajos de madera juvenil en cualquier sitio.

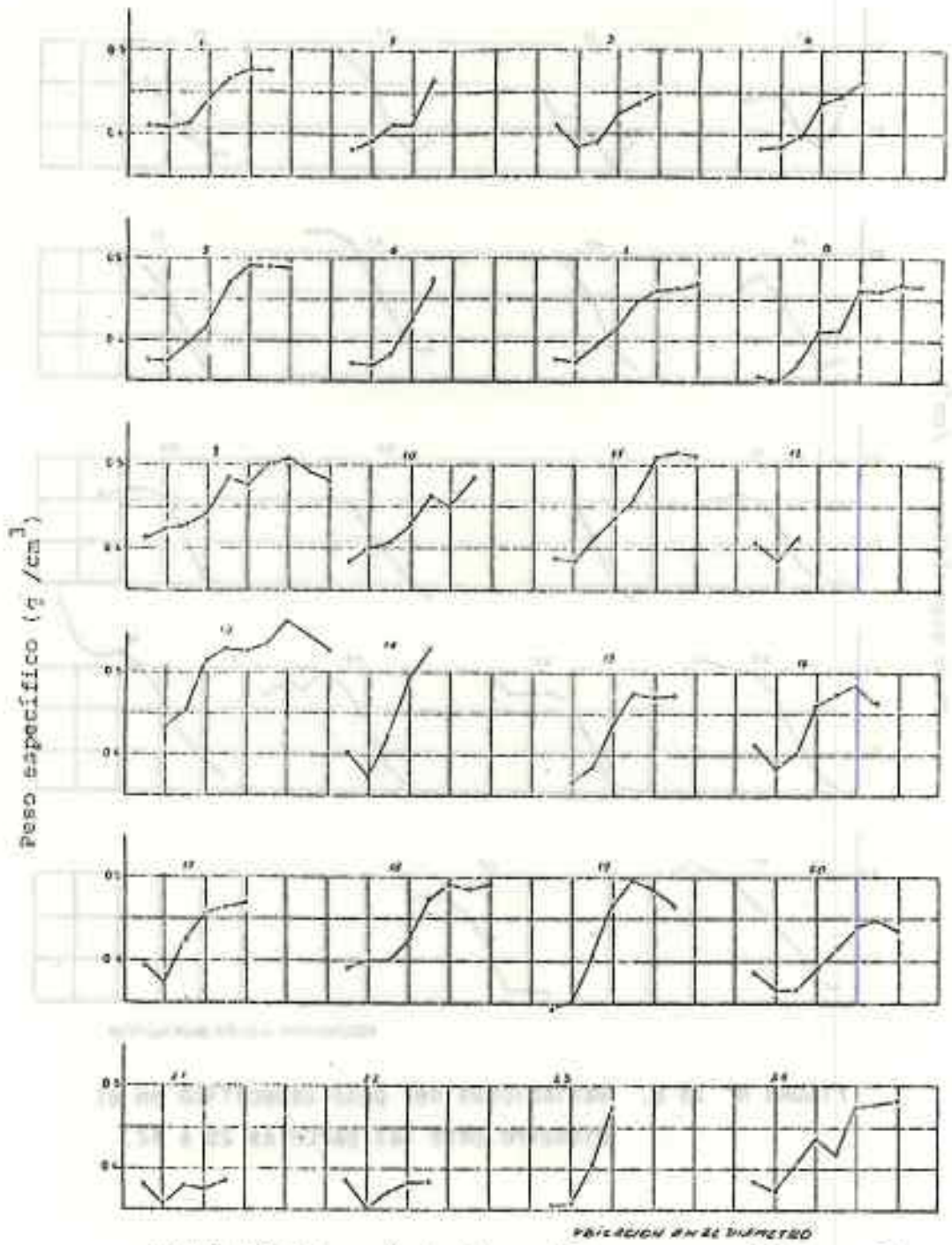
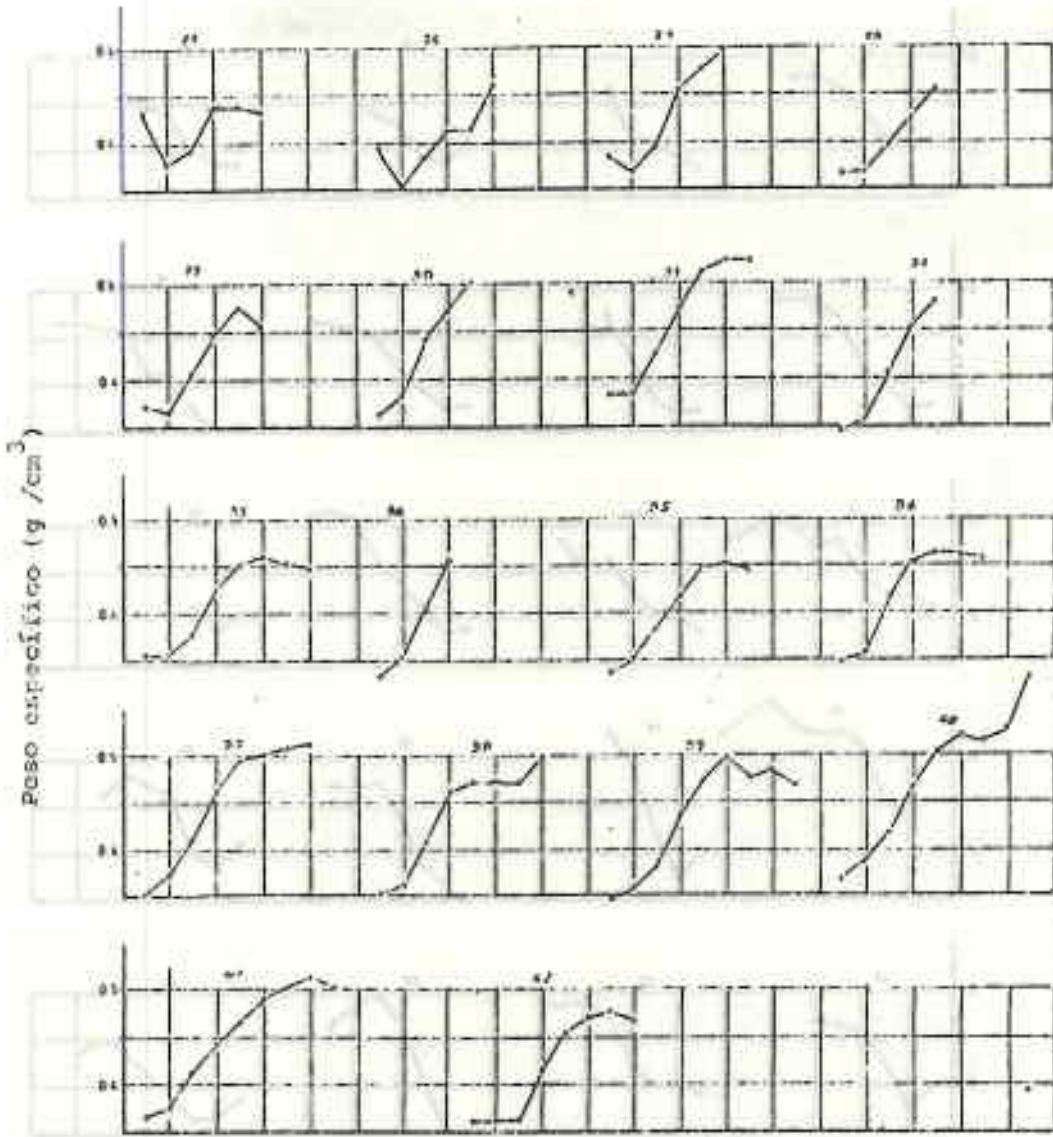


FIGURA N° 13 a. Variaciones del peso específico en el diámetro para las parcelas 1 a 24.



REGISTRACION EN EL DIAMETRO

FIGURA Nº 13 b. Variaciones del peso específico en el diámetro para las parcelas 25 a 42.

FIGURA Nº 13 a. Variaciones del peso específico en el diámetro para las parcelas 1 a 24.



Un análisis de varianza demostró que las diferencias de los pesos específicos en distintas ubicaciones en el diámetro, son significativas a un nivel del 1% para cada una de las 42 parcelas que se han analizado.

En Pinus radiata chileno PAZ y CEBALLOS, 1966, determinaron que la densidad anhidra disminuyó al aumentar la altura en el fuste, en todos los casos estudiados. También en Pinus radiata de Chile ORTIZ (1965) encontró iguales tendencias. Por otra parte un estudio realizado por RICHARDSON (1961) en Pinus nigra, muestra que probetas de una misma edad fisiológica en distintas alturas, no presentaron un patrón de variación de la densidad con la altura. Por el contrario muestras de maderas pertenecientes a un mismo anillo en distintas alturas desde el ápice presentan claramente una disminución de la densidad desde el ápice del árbol hasta el 5° internodo, luego un incremento hasta el 20° internodo, para luego no encontrarse tendencia alguna.

De acuerdo a las citas anteriores, la mayoría de las especies coníferas disminuyen su densidad con la altura.

Los valores de peso específico medido a distintas alturas -cada 5 incrementos de altura- en 84 árboles de las distintas parcelas se resumen en la figura 14. En ella se puede comprobar semejanzas con los otros estudios efectuados en Pinus radiata creciendo en Chile.

El promedio de peso específico para los árboles destinados al análisis fustal muestra que los primeros tres anillos más cercanos a la médula tuvieron un promedio de 0,3673 g/cm<sup>3</sup> con un máximo de 0,5850 g/cm<sup>3</sup> a la altura del DAP y un mínimo de 0,2890 g/cm<sup>3</sup> a la altura del 5° año de crecimiento.

Los anillos correspondientes al 4°, 5° y 6° incremento anual mostraban un valor promedio de 0,3079 g/cm<sup>3</sup> con un máximo de 0,5100 g/cm<sup>3</sup> a la altura del tocón y un mínimo de 0,2970 g/cm<sup>3</sup> a la altura del 5° año de crecimiento.

El peso específico de los anillos 7°, 8° y 9° año indicarán un promedio de 0,3907 g/cm<sup>3</sup>, un máximo de 0,5210 g/cm<sup>3</sup> para la altura del tocón y un mínimo de 0,2740 g/cm<sup>3</sup> para la altura del DAP.

Los anillos 10°, 11° y 12° tuvieron un promedio de

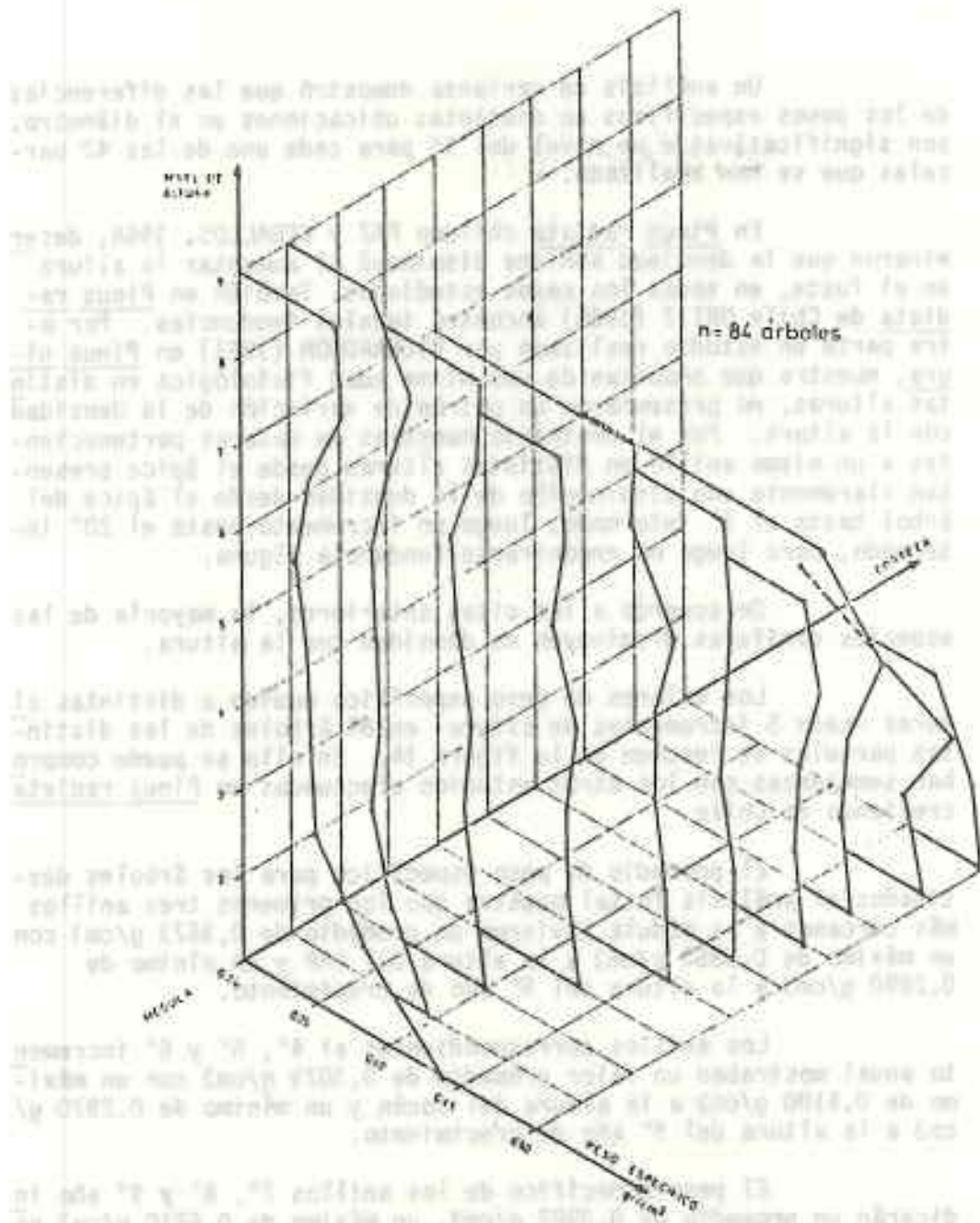


FIGURA N° 14. Variaciones del peso específico con la altura en el fuste y en el diámetro.

0,4539 g/cm<sup>3</sup>, un máximo de 0,6700 g/cm<sup>3</sup> a la altura del tocón y un mínimo de 0,3250 g/cm<sup>3</sup> para la altura del pecho.

Los incrementos anuales 13°, 14° y 15° tuvieron un promedio de 0,4664 g/cm<sup>3</sup> con un máximo de 0,6280 g/cm<sup>3</sup> a la altura del 10° año de incremento y un mínimo de 0,3080 g/cm<sup>3</sup> a la altura del pecho.

Los anillos de mayor edad fisiológica, 16°, 17° y 18° tuvieron un promedio de 0,4809 g/cm<sup>3</sup>, un máximo de 0,4809 g/cm<sup>3</sup> y un mínimo de 0,3810 g/cm<sup>3</sup> correspondientes a ambas muestras a la altura del pecho.

Las diferencias encontradas con la altura para cada una de las distintas ubicaciones en el radio no resultaron significativas en un análisis de varianza, con excepción de las ubicaciones más cercanas a la médula, esto es, las determinaciones realizadas en los anillos 1 al 3 y en la de los anillos 4 al 6.

### 3.3. Largo de fibras.

El largo de traqueidas o largo de fibras, es una de las características más importantes de la madera por su efecto en las resistencias y características superficiales del papel. Es así como DADSWELL y NICHOLLS (1959) concluyen que el largo de traqueidas, la densidad y la contracción son las tres determinaciones que entregan prácticamente casi toda la información requerida de una madera. La facilidad para determinarla y por proporcionar información muy útil, el largo de fibras es generalmente incluido en todos los estudios técnicos relacionados con pulpa y papel.

Las correlaciones del largo de traqueidas con otras características de la madera hacen deseable obtener árboles con traqueidas tan largas como sea posible, ya que éstas no sólo son importantes en la producción de papel, sino también significan ángulos fibrilares más pequeños y contracciones longitudinales menores (HARRIS, 1965). Diferentes autores han encontrado correlaciones negativas muy fuertes entre ángulo fibrilar y largo de traqueidas de -0,8 y -0,9 (KOCH, 1972). Estas dos últimas características están estrechamente relacionadas con las posibilidades de uso de la madera.

### 3.3.1. Método de determinación del largo de traqueidas.

En la extracción de muestras para determinar la longitud de fibras se debió tener en cuenta en primer lugar, que los árboles seleccionados no podían ser golpeados. Si no es posible voltear los árboles considerados en el muestreo, la extracción de tarugos incrementales es un procedimiento normalmente empleado (THORBJØRSEN, 1961; VAN BUIJTENEN et al., 1961; HARRIS, 1965; WHEELER, et al., 1966; HART y HAFLEY, 1967).

El uso de tarugos de incremento en la determinación del largo de traqueidas ha provocado ciertas inquietudes, ya que las fibras más largas tienen mayor probabilidad de ser cortadas, aumentando la proporción de fibras cortas enteras. Es así como HART y HAFLEY, 1967, se plantean el problema y obtienen un procedimiento para reducir la disminución de la proporción de las fibras más largas en tarugos de 10 mm. de diámetro. Estos autores indican que las secciones del tarugo deben recortar sus lados paralelamente al grano, tanto como sea el valor de la fibra más larga esperada para esa especie.

Para evitar esta distorsión de los valores que se obtengan, los tarugos fueron preparados de forma tal que las zonas de menor longitud, de 6 mm. se maceraron según el método de SCHULTZ. De cada maceración por probeta se prepararon a los menos 4 portaobjetos con fibras.

Una vez teñidas las fibras fueron montadas como preparaciones del tipo permanente, de manera de asegurar las posibilidades de comprobación de datos en los casos que sea necesario. Por cada probeta se midieron 55 fibras enteras de acuerdo a lo recomendado por la bibliografía (DADSWELL y NICHOLLS, 1959; HARRIS, 1965; BURDON y HARRIS, 1976; entre otros).

El método consistió en medir con un curvómetro la proyección de las fibras de las preparaciones sobre una pantalla.

Los resultados obtenidos por BURDON y HARRIS (1976) indicando que en Pinus radiata, se producen algunas anomalías en las maceraciones de madera temprana, obligó a incluir principalmente sólo madera tardía en las maceraciones y por ende en las mediciones. Al respecto, procedimiento semejante han usado otros autores como es el caso de DUFFIELD (1964).

3.3.2. Resultados del largo de fibras.

3.3.2.1. Variación del largo de fibras entre parcelas.

Los valores generales del largo de fibras analizados en cada una de las 42 parcelas, se resume en el Cuadro 5, en el que se incluyen valores, promedios, desviaciones estándares, errores estándares máximos y mínimos.

CUADRO N° 5. Valores de largo de fibras por parcela.

PARCELA N°	PROMEDIO	DES. EST.	ERROR EST.	MINIMO	MAXIMO
1	3.1758	0.7207	0.0955	1.7700	4.2500
2	2.8573	0.6282	0.0811	1.9100	3.9000
3	2.7118	0.4501	0.0581	1.7100	3.7300
4	2.8520	0.5121	0.0661	1.8800	3.6200
5	3.2417	0.5706	0.0737	2.2300	4.5500
6	3.0092	0.7530	0.080	1.7400	4.4000
7	2.9268	0.6615	0.0854	1.7800	4.0100
8	2.9965	0.6729	0.0869	1.9100	1.0500
9	3.1509	0.5612	0.0627	2.0800	4.0400
10	2.9517	0.6067	0.0783	2.0000	4.0700
11	2.9795	0.7134	0.0921	1.8400	4.2000
12	2.5553	0.5064	0.0801	1.7500	3.4800
13	3.2271	0.8041	0.0899	1.7400	4.4100
14	3.1108	0.7724	0.0997	1.9700	4.2400
15	2.7707	0.6489	0.0838	1.7200	3.8900
16	2.9045	0.6541	0.0844	1.8600	3.9700
17	2.8425	0.6311	0.0815	1.8300	4.0700
18	2.9465	0.6640	0.0857	1.7200	4.0000
19	3.0068	0.6159	0.0795	1.9400	3.8600
20	2.5373	0.5987	0.0773	1.6500	3.5500
21	2.4349	0.5334	0.0773	1.6300	3.2600
22	2.4791	0.5582	0.0733	1.4600	3.4800
23	2.3412	0.4888	0.0773	1.6200	3.1900
24	2.4553	0.4603	0.0594	1.5000	3.3000
25	2.5005	0.5891	0.0761	1.5500	3.5600
26	2.5552	0.5591	0.0722	1.5200	3.5300
27	2.7512	0.5869	0.0758	1.6200	3.7100

PARCELA N°	PROMEDIO	DES. EST.	ERROR EST.	MINIMO	MAXIMO
28	2.6668	0.5635	0.0727	1.7300	3.6300
29	2.6965	0.5358	0.0692	1.7300	3.5000
30	2.8484	0.5288	0.0700	1.9000	3.8100
31	3.8770	0.4733	0.0611	2.1100	3.8100
32	2.6849	0.4761	0.0645	1.6200	3.6300
33	2.6692	0.5549	0.0722	1.6100	3.6500
34	2.5813	0.5062	0.0800	1.8500	3.4100
35	2.6927	0.4735	0.0611	1.7600	3.8100
36	2.6688	0.4391	0.0567	1.8300	3.4900
37	2.7923	0.6050	0.0781	1.7900	4.0100
38	2.9728	0.6962	0.0899	1.7900	4.2400
39	2.8448	0.6798	0.0878	1.7200	3.8200
40	2.9568	0.6771	0.0897	1.8200	4.1200
41	2.9199	0.7616	0.0851	1.5900	4.1700
42	2.5921	0.7246	0.0960	1.5100	3.7200

De manera muy semejante a los valores que se encuentran para el peso específico, el largo de traqueidas muestra diferencias notorias en las distintas ubicaciones geográficas de la especie Pinus radiata creciendo en Chile.

En el Cuadro 5 se aprecia que el promedio del largo de fibras fluctúa entre 3.2417 mm. para la parcela N° 5 y 2.7118 mm. para la parcela N° 3. Por su parte las parcelas N° 23 y N° 27 muestran los valores individuales mínimos de 1,62 mm. y la parcela N° 5 el mayor valor de largo de fibras igual a 4,55 mm.

Estos datos son semejantes a los encontrados para la especie entre 4 sitios en Chile que presentaron valores entre 2,0 y 3,13 mm. (PAZ y CEBALLOS, 1966).

También se detectaron en este estudio diferencias notorias entre promedios al separar dentro del diámetro las tres zonas de crecimiento: madera juvenil, intermedia y madura.

Las variaciones del largo de traqueidas en cada una de las tres zonas de crecimiento consideradas, en las distintas ubicaciones geográficas se grafican en la Figura 15, la cual mues-

1-madera juvenil 2-madera intermedia 3-madera madura

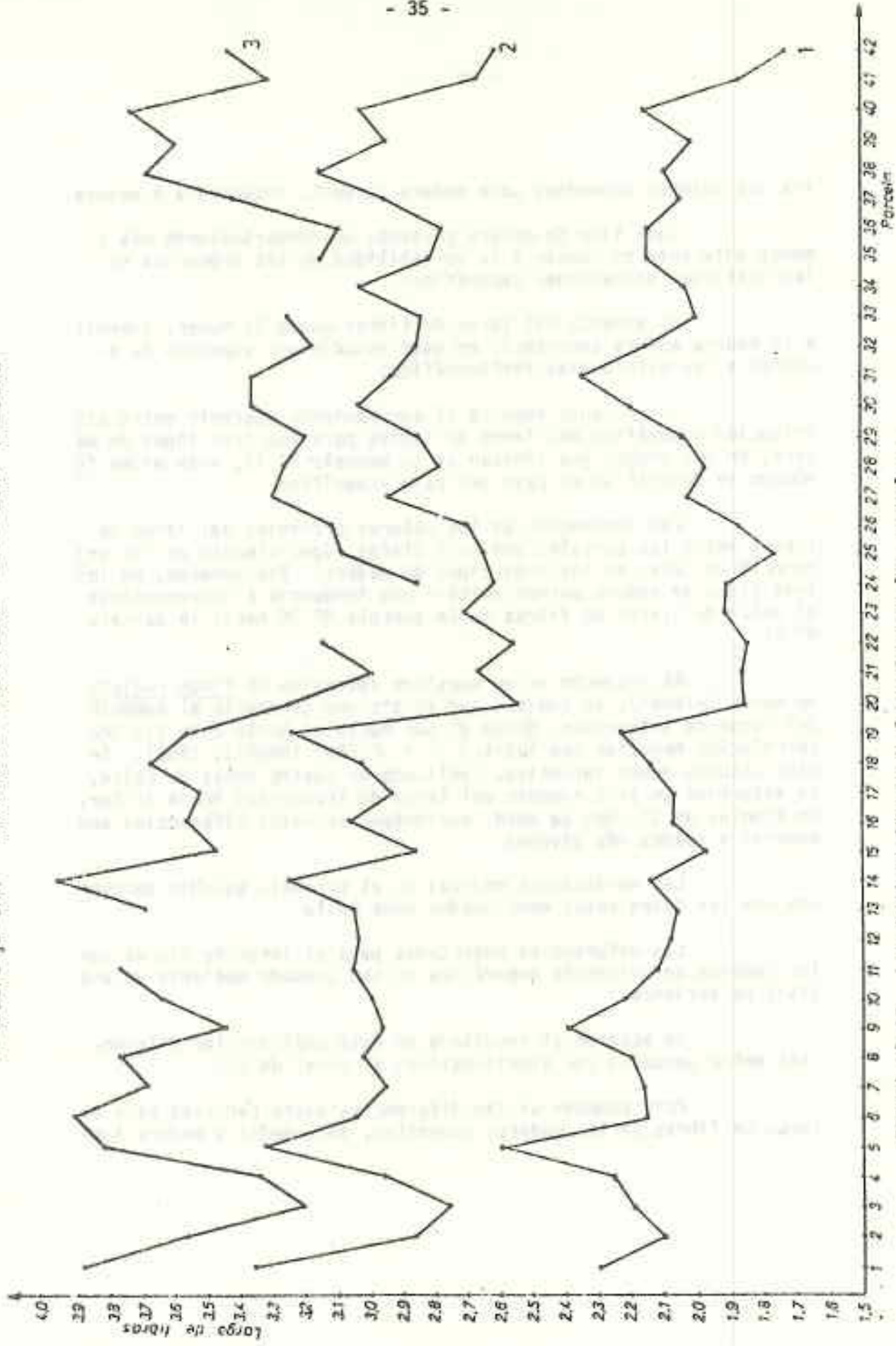


FIGURA N° 15. Longitud de fibras de la madera en las parcelas.

tra los valores promedios para madera juvenil, intermedia y madura.

Cada tipo de madera presenta un comportamiento más o menos diferente en cuanto a la variabilidad de los promedios en las distintas ubicaciones geográficas.

El aumento del largo de fibras desde la madera juvenil a la madera madura encontrado en este estudio era esperado de acuerdo a las diferencias bibliográficas.

Interesante resulta el agrupamiento aparente entre distribución geográfica del largo de fibras para los tres tipos de madera, en dos grupos que limitan en la parcela N° 19, este mismo fenómeno se detectó en el caso del peso específico.

Las tendencias de los valores promedios del largo de fibras entre las parcelas son poco claras especialmente en las primeras 19 parcelas en los tres tipos de madera. Sin embargo, en los tres tipos de madera parece existir una tendencia a incrementarse el valor del largo de fibras de la parcela N° 20 hacia la parcela N° 42.

Al respecto en un muestreo intensivo de *Pinus radiata* en Nueva Zelandia, se sugiere que existe una tendencia al aumento del largo de traqueidas, desde el Sur hacia el Norte esto es, una correlación negativa con latitud ( $r = -0,766$ ) (HARRIS, 1965). En otro estudio menos intensivo, realizado en cuatro zonas de Chile, se determinó un leve aumento del largo de traqueidas hacia el Sur, en árboles de 21 años de edad, aparentemente estas diferencias son menores a edades más jóvenes.

Las variaciones medidas en el presente estudio concuerdan con los datos antes mencionados para Chile.

Las diferencias detectadas para el largo de fibras con los cambios de ubicación geográfica se han probado mediante un análisis de varianza.

De acuerdo al resultado de este análisis las diferencias entre parcelas son significativas al nivel de 1%.

Para conocer si las diferencias entre parcelas para el largo de fibras de las maderas juveniles, intermedia y madura tam-



bién eran significativamente diferentes, se efectuó un análisis de varianza por separado para cada tipo de madera.

Los resultados de la prueba corroboran que las diferencias son significativas entre parcelas para las tres zonas del crecimiento. En cada zona las diferencias fueron significativas al nivel de 1%.

#### 3.3.2.2. Variación del largo de fibras entre parcelas por localidad.

Agrupando las parcelas por localidad, es decir, de dos en dos se efectuó una prueba de "t" para poblaciones no pareadas, de manera de conocer si las dos parcelas de cada localidad eran diferentes entre ellas.

De las 21 localidades analizadas solo 7 resultaron con diferencias significativas entre sus parcelas.

Estas parcelas deben por tanto, considerarse como poblaciones diferentes aún cuando se entiende que pertenecen a las mismas localidades.

#### 3.3.2.3. Variaciones del largo de fibras dentro del árbol.

Las fluctuaciones de los valores de largo de fibras en distintas ubicaciones en el diámetro en cada una de las parcelas se presentan en el Cuadro 6, en el que se diferencia madera juvenil, intermedia y madura.

CUADRO N° 6. Valores de largo de fibras de madera juvenil, intermedia y madura.

PAR CELA N°	MADERA JUVENIL		MADERA INTERMEDIA		MADERA MADURA	
	PROME DIO	DESV. EST.	PROME DIO	DESV. EST.	PROME DIO	DESV. EST.
1	2.2965	0.2528	3.3647	0.2392	3.8932	0.2129
2	2.1280	0.1330	2.8725	0.2527	3.5715	0.2162
3	2.1950	0.1806	2.7450	0.1464	3.1955	0.2158
4	2.2460	0.3086	2.9670	0.2012	3.3430	0.1563
5	2.6005	0.2828	3.3105	0.2695	3.8140	0.2754
6	2.1355	0.1917	3.0405	0.2235	3.8958	0.2374
7	2.1550	0.1812	2.9385	0.1728	3.6870	0.2458
8	2.1995	0.1764	3.0080	0.1716	3.7820	0.1655
9	2.3980	0.2022	2.9515	0.1776	3.4430	0.1627
10	2.2245	0.1596	2.9920	0.1570	3.6385	0.1945
11	2.1060	0.1569	3.0620	0.2131	3.7705	0.2036
12	2.0790	0.1713	3.0315	0.1400	--	--
13	2.0560	0.1620	3.0480	0.2802	3.6965	0.1711
14	2.1320	0.0983	3.2515	0.1829	3.9490	0.2013
15	1.9660	0.1337	2.8680	0.2027	3.4780	0.1738
16	2.0810	0.1626	3.0610	0.1894	3.5715	0.2417
17	2.0790	0.1299	2.9255	0.2502	3.530	0.2214
18	2.1405	0.1752	3.0155	0.2121	3.6835	0.1806
19	2.2215	0.2324	3.2295	0.2148	3.5695	0.2080
20	1.8440	0.1292	2.5445	0.2294	3.2235	0.2053
21	1.8450	0.1415	2.6565	0.2565	3.0015	0.2956
22	1.8405	0.1435	2.5355	0.1848	3.1261	0.2382
23	1.8985	0.1688	2.7840	0.2221	--	--
24	1.9020	0.1977	2.6065	0.2064	2.8575	0.2440
25	1.7740	0.1459	2.6350	0.2144	3.0925	0.2586
26	1.8770	0.1855	2.6910	0.1652	3.0975	0.3097
27	2.0130	0.2043	2.9395	0.1867	3.3010	0.2525
28	1.9675	0.1476	2.7870	0.1721	3.2460	0.2267
29	2.0310	0.1681	2.8545	0.2245	3.2040	0.2221
30	2.2035	0.1474	3.0450	0.1775	3.3759	0.2270
31	2.3345	0.1686	2.9160	0.1842	3.3805	0.2345
32	2.1380	0.1872	2.8530	0.1678	3.1900	0.2342
33	1.9955	0.2113	2.8220	0.2177	3.2174	0.2205
34	2.1220	0.1731	0.0405	0.2282	--	--
35	2.1355	0.2162	2.8135	0.2199	3.1290	0.2418

PAR CELA N°	MADERA JUVENIL		MADERA INTERMEDIA		MADERA MADURA	
	PROME DIO	DESV. EST.	PROME DIO	DESV. EST.	PROME DIO	DESV. EST.
36	2.1435	0.1691	2.7640	0.1758	3.0990	0.2106
37	2.0380	0.1486	2.9250	0.1848	3.4140	0.2370
38	2.0915	0.1684	3.1325	0.2127	3.6845	0.2243
39	2.0080	0.1459	2.9270	0.1910	3.5995	0.1830
40	2.1337	0.1421	3.0163	0.1984	3.7205	0.1791
41	1.8675	0.1884	2.6690	0.1626	3.3030	0.1826
42	1.7232	0.1092	2.6089	0.1513	3.4442	0.1872
TOTAL	2.0796	0.2428	2.9106	0.2791	3.4469	0.3467

Los valores promedios fluctúan en madera juvenil entre 1.732 mm en la parcela N° 42 y 2.6005 mm. en la parcela N° 5.

La madera intermedia con valores mayores a la anterior presenta promedios entre 2.5355 mm. en la parcela N° 22 y 3.3647 mm. en la parcela N° 1. La madera madura por su parte que es la que presentó los promedios mayores del largo de fibras, tuvo valores que fluctuaron entre 2.8575 mm. en la parcela N° 24 y 3.9490 mm. en la parcela N° 14.

Los valores medidos en este estudio son semejantes a los descritos por la bibliografía extranjera y nacional.

Es aceptado desde el trabajo de SANIO (1872) que el largo de traqueidas aumenta desde la médula a la corteza y la mayoría de las investigaciones en numerosas especies confirman un incremento fuerte en los primeros anillos, tendiendo a estabilizarse posteriormente.

Para *Pinus radiata* también se citan incrementos del largo de fibras desde la corteza a la médula.

Datos de esta especie en Chile, indican variaciones de promedios desde la médula a la corteza de 1,62 a 3,10 mm. (ORTIZ, 1965) y de 1,45 a 3,83 mm. según (PAZ y MELO, 1965).

Las diferencias encontradas entre los 3 tipos de madera fueron probadas estadísticamente para cada parcela individualmente.

Los análisis de varianza realizadas con este fin indican diferencias significativas al nivel del 1% entre las 3 zonas.

#### 3.4. Ancho de anillos.

La zona cambial de los árboles, situada entre el xilema secundario y el floema secundario, reinicia año tras año su actividad, cuando las condiciones ambientales le son propicias. La actividad cambial que en este caso da por resultado la formación de nuevas células, incrementa periódicamente el diámetro de los árboles. Iniciada con la producción de células de lúmenes anchos y paredes estrechas, termina -luego de algún tiempo- con la formación de células de lúmenes estrechos y paredes muy anchas. La primera parte del crecimiento conocida como madera temprana o de primavera y la segunda como madera tardía o de verano, constituyen cada vez un anillo de crecimiento.

El ancho de anillos ha sido sobreestimado durante mucho tiempo como un criterio de evaluación de la madera, debido a que sus relaciones con muchas características no son muy claras especialmente en las zonas de crecimiento juvenil.

Las diferencias de tamaño de los elementos celulares entre inicio y término de un anillo permiten diferenciar fácilmente un anillo del otro en algunas especies y difícilmente en otras. Para mejorar el contraste entre un anillo y otro se han desarrollado un sinnúmero de técnicas, las que en el caso de *Pinus radiata* no son necesarias ya que por lo general es fácil diferenciar y delimitar los anillos.

Por otra parte, en la medición misma del anillo se emplean normalmente equipos semiautomáticos que existen en todos los laboratorios. Uno de los más conocidos es la contadora de anillos ECKLUND de la firma ADDO con registro electrónico. Otros equipos automáticos emplean fotómetros, Rayos X, Rayos betas, agujas de tacto y otros que, fuera de permitir mediciones como densidad, proporcionan también el ancho de anillos (DIAZ-VAZ, 1974).

La actividad cambial varía en las diferentes partes del

fuste e igualmente entre árboles. Un árbol suprimido incrementa su diámetro sólo durante una parte del tiempo total del que usa un dominante adyacente. Igualmente hay grandes diferencias de especie, una con 80 días de actividad otras con 200 días o más. El total del crecimiento anual y su distribución estacional cambia además entre los años, como consecuencia a variaciones climáticas.

#### 3.4.1. Método de determinación del ancho de anillos.

Ya que la madera de Pinus radiata no presenta dificultades para delimitar los anillos de crecimiento y por lo tanto, el conteo y medición no necesitó de técnicas o preparación especial de las muestras. La preparación de los tarugos para esta determinación consistió únicamente en alisar cepillando una franja de superficie transversal desde la corteza a la médula.

El conteo y medición del ancho de anillos, se realizó mediante el empleo de una máquina contadora de anillos con registro electrónico de la firma ADDO.

#### 3.4.2. Resultado del ancho de anillos.

##### 3.4.2.1. Variación del ancho de anillo entre parcelas.

Los valores promedios por parcela para el ancho de los anillos se resumen en el Cuadro 7, del cual se agregan las desviaciones y errores estándares y los valores máximos y mínimos encontrados en cada parcela.

Los promedios presentan una variabilidad considerable entre ubicaciones geográficas siendo el promedio el perteneciente a la parcela N° 23 con 0,9107 cm. El promedio menor de 0.3862 cm correspondió a la parcela N° 13. Las variaciones extremas de los anillos medidos fue de 0.0300 cm para las parcelas N°s. 13, 32 y 41 y un máximo de 3.0000 cm correspondiente a la parcela N° 33.

CUADRO N° 7. Valores de ancho de anillos por parcela. (cm).

PARCELA N°	OBSERV. N°	PROMEDIO	DESV. EST.	ERROR EST.	MINIMO	MAXIMO
1	281	0.5531	0.2678	0.0160	0.1300	1.8300
2	192	0.6498	0.2279	0.0165	0.1900	1.4200
3	226	0.5232	0.2955	0.0197	0.0900	2.0000
4	230	0.4981	0.3281	0.0216	0.0900	1.5100
5	280	0.5823	0.4314	0.0258	0.0500	2.1400
6	188	0.7292	0.3567	0.0260	0.1700	1.6100
7	268	0.4560	0.3127	0.0190	0.0490	1.5300
8	313	0.4701	0.3634	0.0205	0.0500	1.8000
9	330	0.3964	0.2936	0.0162	0.0500	1.6200
10	255	0.5664	0.3213	0.0201	0.1000	1.7000
11	297	0.6724	0.4303	0.0250	0.0800	2.3900
12	159	0.7947	0.3551	0.0282	0.1800	1.6700
13	344	0.3862	0.3311	0.0148	0.0300	2.1700
14	200	0.5555	0.3007	0.0213	0.0500	1.6000
15	269	0.6513	0.4326	0.0264	0.0500	2.4000
16	259	0.6836	0.3880	0.0303	0.0500	2.6000
17	212	0.7031	0.3998	0.0275	0.1000	1.8800
18	303	0.5793	0.3831	0.0220	0.0700	2.0000
19	232	0.7141	0.5301	0.0348	0.0700	2.6000
20	270	0.6456	0.3998	0.0243	0.0800	2.2000
21	188	0.6411	0.2739	0.0200	0.1800	1.5500
22	198	0.6358	0.2869	0.0204	0.1000	1.3700
23	160	0.9107	0.4467	0.0353	0.1200	2.1000
24	272	0.7994	0.3840	0.0223	0.1200	2.2100
25	208	0.6322	0.3689	0.0256	0.1100	2.1600
26	203	0.6662	0.3762	0.0264	0.1100	1.9600
27	238	0.6947	0.4312	0.0280	0.1000	1.9100
28	205	0.8023	0.4559	0.0318	0.0600	2.0000
29	206	0.7059	0.4364	0.0304	0.0800	1.9900
30	195	0.7369	0.4760	0.0341	0.1000	2.3000
31	235	0.6526	0.4357	0.0284	0.0800	2.0000
32	192	0.7755	0.4709	0.0340	0.0300	2.2500
33	306	0.8392	0.6438	0.0368	0.0300	3.0000
34	159	0.8814	0.4321	0.0343	0.1000	2.0400
35	276	0.6997	0.4682	0.0282	0.0600	2.3300
36	255	0.6684	0.4299	0.0271	0.1200	2.3000
37	295	0.6508	0.4066	0.0237	0.0700	1.5500
38	306	0.6522	0.4502	0.0257	0.0600	2.4000
39	302	0.6151	0.3597	0.0207	0.0900	1.8500
40	294	0.5909	0.3662	0.0214	0.1000	2.3000
41	366	0.5317	0.4066	0.0213	0.0300	2.3600
42	272	0.7297	0.5304	0.0322	0.0700	2.8200

Las diferencias que se aprecian en el Cuadro 8 al variar la ubicación de las parcelas se muestran también al diferenciar las tres zonas del crecimiento en el Cuadro 7, el que incluye promedios y desviaciones para las maderas: juvenil, intermedia y madura.

Los anillos correspondientes a madera juvenil presentaron una variación de 0,7676 cm como promedio menor correspondiente a la parcela N° 2 y un promedio de valor máximo de 1.5609 en la parcela N° 29. La madera intermedia por su parte tuvo un promedio de valor máximo igual a 0,8099 cm y un valor mínimo igual a 0,3263 cm pertenecientes a las parcelas N°s. 33 y 4, respectivamente. La madera madura de promedio menores a las anteriores tuvo un valor promedio máximo de 0,5486 cm en la parcela N° 24 y un valor promedio mínimo igual a 0,2203 cm perteneciente a la parcela N° 13.

CUADRO N° 8. Valores de Ancho de Anillos de madera juvenil, intermedia y madura.

PARCELA N°	MADERA JUVENIL		MADERA INTERMEDIA		MADERA MADURA	
	PROMEDIO	DESV. EST.	PROMEDIO	DESV. EST.	PROMEDIO	DESV. EST.
1	0.8740	0.1633	0.4558	0.1205	0.4453	0.1166
2	0.7676	0.1556	0.5984	0.1464	0.5082	0.2318
3	0.8343	0.2074	0.4410	0.1444	0.2861	0.1088
4	0.8814	0.1883	0.3266	0.0917	0.2646	0.0903
5	1.1505	0.1981	0.4916	0.0988	0.2833	0.1052
6	1.0366	0.2218	0.5991	0.1875	0.4350	0.2360
7	0.9141	0.1662	0.3843	0.1027	0.2732	0.1145
8	1.0284	0.1908	0.4119	0.0843	0.2490	0.0986
9	0.9544	0.2454	0.4278	0.1171	0.2809	0.0910
10	1.0141	0.2217	0.5030	0.1247	0.3146	0.1221
11	1.2189	0.2368	0.7086	0.1651	0.3721	0.1564
12	1.0980	0.1802	0.4989	0.1337	--	---
13	0.9326	0.2649	0.4824	0.1277	0.2203	0.0715
14	0.8261	0.1614	0.4473	0.1358	0.2305	0.1017
15	1.1988	0.2629	0.5853	0.1849	0.3374	0.1503
16	1.3583	0.2966	0.5351	0.1834	0.3411	0.1400
17	1.1120	0.2069	0.5364	0.1895	0.3200	0.1421
18	1.1165	0.1707	0.5580	0.1152	0.3083	0.0903

PARCELA N°	MADERA JUVENIL		MADERA INTERMEDIA		MADERA MADURA	
	PROMEDIO	DESV. EST.	PROMEDIO	DESV. EST.	PROMEDIO	DESV. EST.
19	1.5609	0.3949	0.5666	0.1858	0.3479	0.1995
20	1.1264	0.2150	0.7660	0.1853	0.3476	0.1037
21	0.8813	0.1505	0.5066	0.1351	0.3389	0.0931
22	0.9025	0.1198	0.5230	0.1180	0.3116	0.1002
23	1.2866	0.1747	0.5347	0.1827	---	---
24	1.2533	0.2380	0.7295	0.1340	0.5486	0.1900
25	0.9990	0.2344	0.4716	0.1146	0.2805	0.1098
26	1.0506	0.1969	0.4863	0.1161	0.2897	0.1137
27	1.2187	0.1560	0.5049	0.1340	0.3524	0.1779
28	1.2754	0.2131	0.5905	0.1641	0.3621	0.1691
29	1.1451	0.1887	0.4763	0.1534	0.3350	0.1600
30	1.1950	0.1966	0.4314	0.1320	0.3883	0.1614
31	1.2288	0.2128	0.5413	0.1236	0.2979	0.0964
32	1.2366	0.2553	0.5284	0.1488	0.3241	0.1742
33	1.7737	0.4156	0.8099	0.2421	0.4109	0.1837
34	1.2180	0.2341	0.5377	0.2096	---	---
35	1.2386	0.2395	0.6605	0.2132	0.3994	0.1498
36	1.1730	0.1948	0.5081	0.1259	0.4010	0.1698
37	1.1771	0.2282	0.6163	0.1359	0.4286	0.1872
38	1.2963	0.2559	0.5609	0.1319	0.4264	0.1741
39	1.1032	0.1776	0.6914	0.1873	0.3795	0.1380
40	0.9921	0.2327	0.6192	0.1372	0.3760	0.1549
41	1.2373	0.2880	0.5795	0.1692	0.3619	0.1471
42	1.4772	0.3047	0.7613	0.2331	0.3505	0.1667

Las diferencias del ancho de los anillos entre las distintas ubicaciones geográficas se aprecian más claramente en la Figura 16, en donde se grafica el ancho de los anillos separando madera juvenil, intermedia y madura.

La Figura 16 muestra una cierta tendencia al incremento del ancho de los anillos hacia la zona sur, es decir, desde la parcela N° 1 a la N° 42, especialmente más marcada es esta tendencia en los casos de la madera juvenil y madera intermedia.

La aparente existencia de dos zonas de ubicaciones geográficas limitadas por la parcela N° 19 y presentes en las varia-



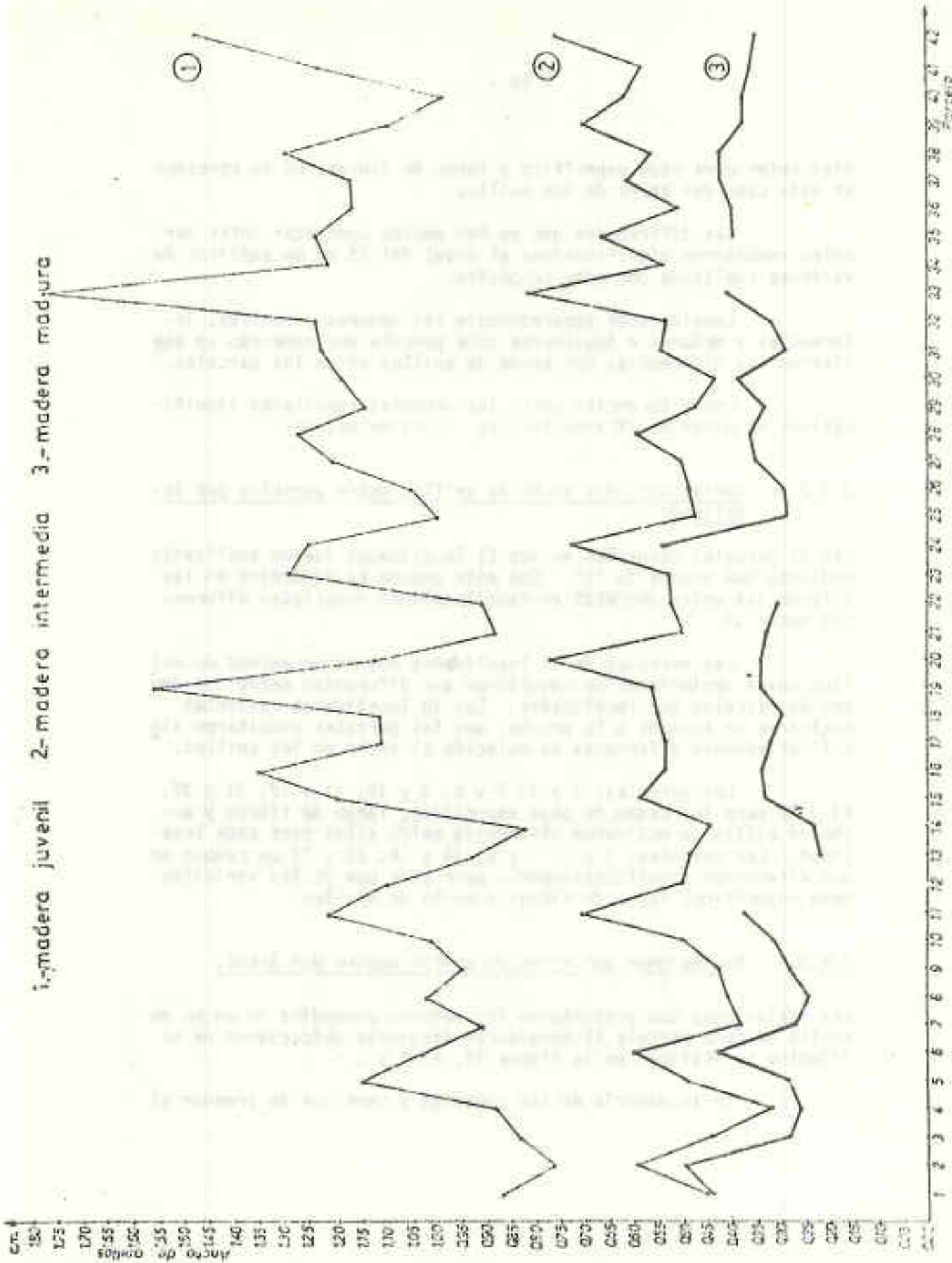


FIGURA N° 16. Ancho de anillos de la madera en las parcelas.

bles anteriores peso específico y largo de fibras, no se aprecian en este caso del ancho de los anillos.

Las diferencias que se han podido constatar entre parcelas resultaron significativas al nivel del 1% en un análisis de varianza realizado con este propósito.

Considerando separadamente las maderas juveniles, intermedias y maduras e igualmente cada parcela por separado se analizaron las diferencias del ancho de anillos entre las parcelas.

Las diferencias entre las parcelas resultaron significativas al nivel de 1% para los tres tipos de madera.

#### 3.4.2.2. Variaciones del ancho de anillos entre parcelas por localidad.

Las 42 parcelas agrupadas en sus 21 localidades fueron analizadas mediante una prueba de "t". Con esta prueba se determinó si las diferencias entre parcelas en cada localidad resultaban diferentes entre sí.

Las parcelas de 11 localidades mostraron anchos de anillos cuyas variaciones no resultaron ser diferentes entre los grupos de parcelas por localidades. Las 10 localidades restantes mostraron de acuerdo a la prueba, que las parcelas resultaron significativamente diferentes en relación al ancho de los anillos.

Las parcelas: 1 y 2; 5 y 6; 9 y 10; 11 y 12; 31 y 32; 41 y 42 para los casos de peso específico, largo de fibras y ancho de anillo se mostraron diferentes entre ellas para cada localidad. Las parcelas: 3 y 4; 7 y 8; 15 y 16; 21 y 22 en cambio no son diferentes significativamente para cada una de las variables peso específico, largo de fibras y ancho de anillos.

#### 3.4.2.3. Variaciones del ancho de anillo dentro del árbol.

Las variaciones que presentaron los valores promedios de ancho de anillo en cada parcela al considerar distintas ubicaciones en el diámetro se grafican en la Figura 17, a, b y c.

En la mayoría de las parcelas y como era de preveer el

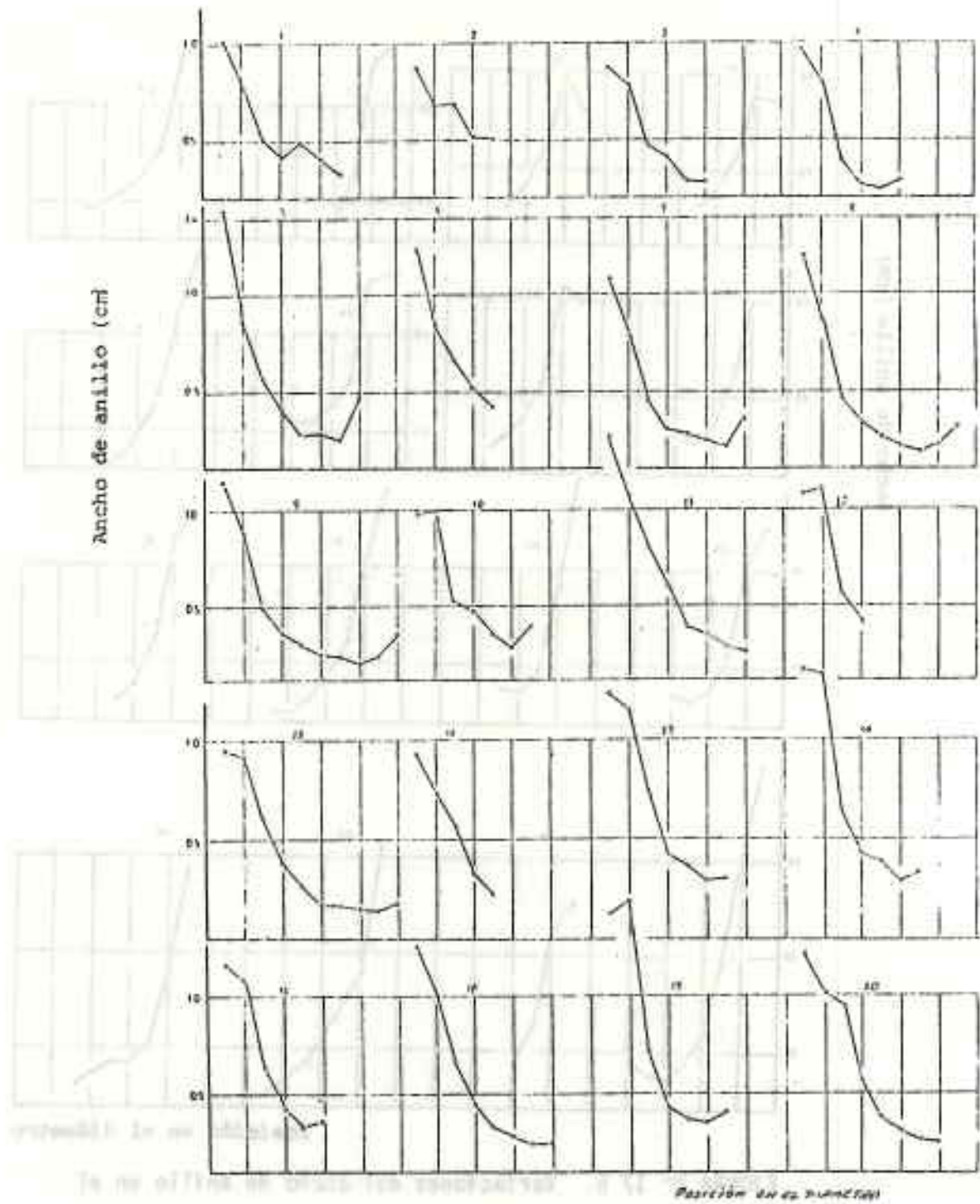


FIGURA N° 17 a. Variaciones del ancho de anillo en el diámetro para las parcelas 1 a 20.

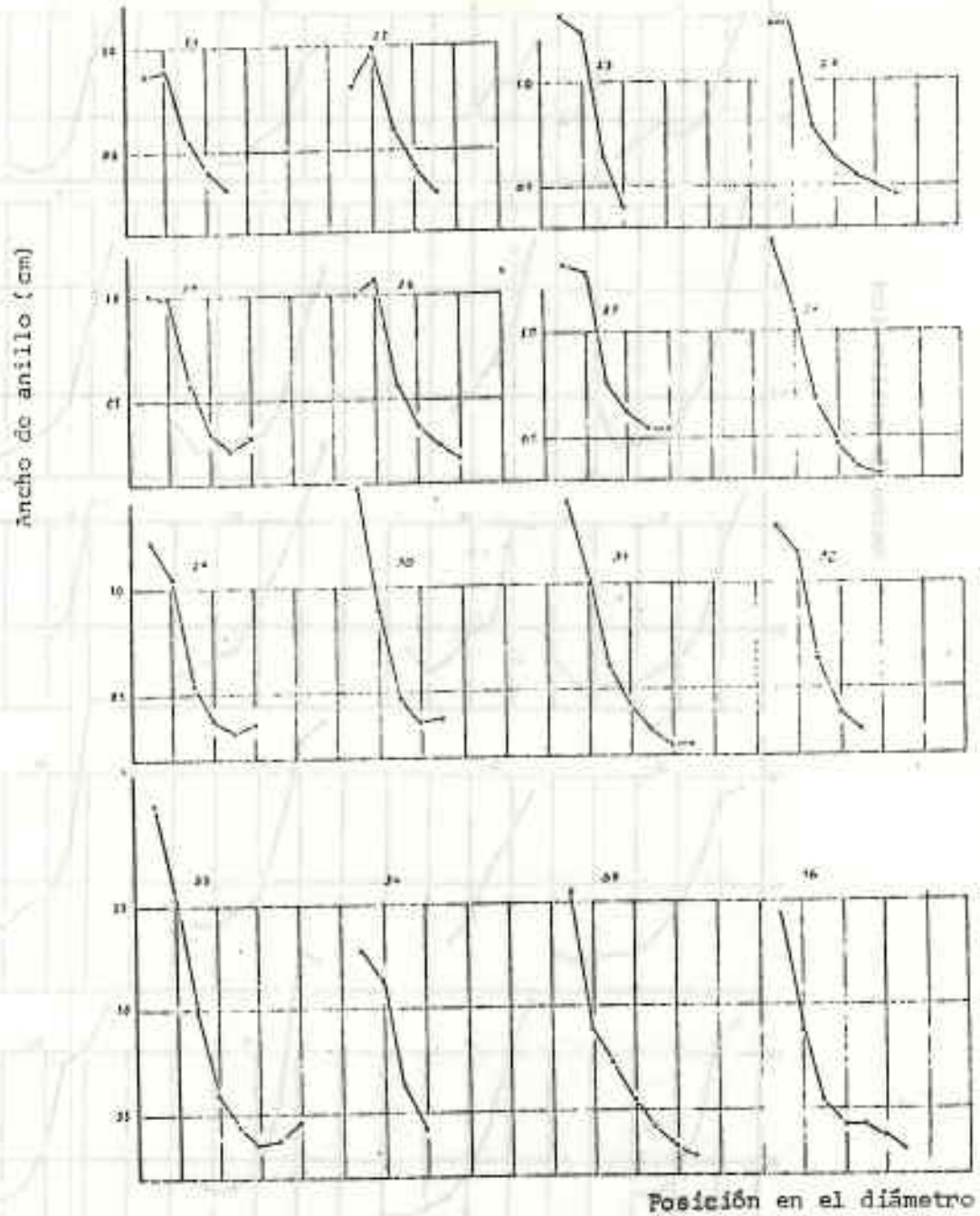


FIGURA N° 17 b. Variaciones del ancho de anillo en el diámetro para las parcelas 21 a 36.

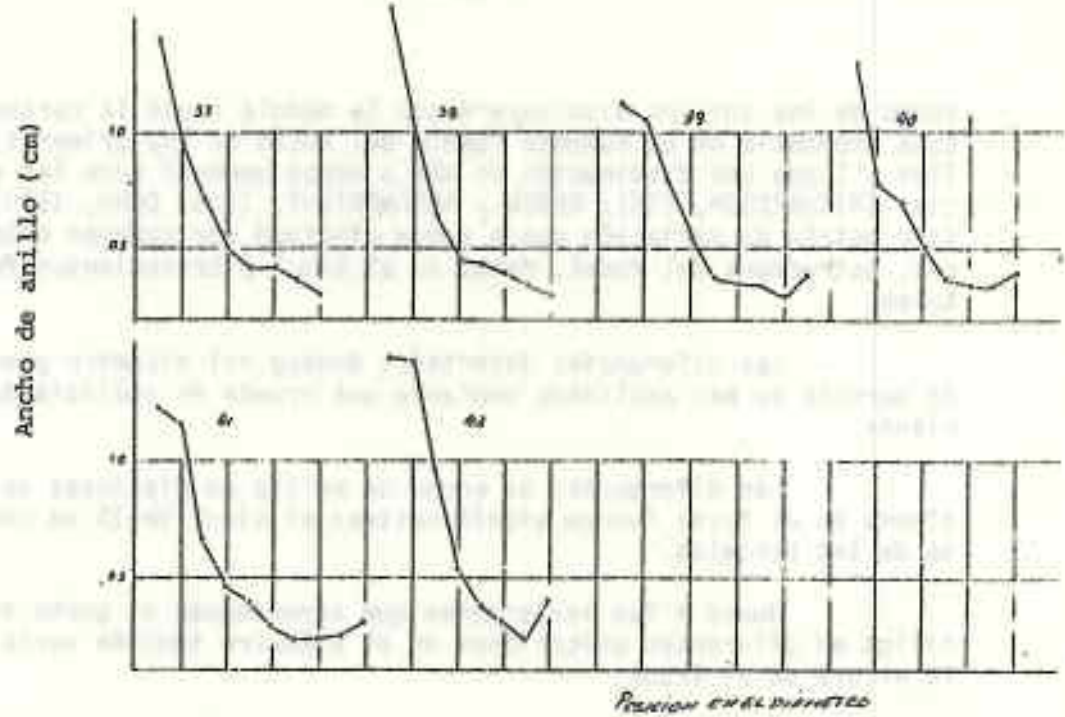


FIGURA N° 17 c. Variaciones del ancho de anillo en el diámetro para las parcelas 37 a 42.

ancho de los anillos disminuye desde la médula hacia la corteza. Esta tendencia de un aumento fuerte del ancho de los primeros anillos y luego una disminución es más o menos general para las especies (RICHARDSON, 1961; RESCH y ARGANBRIGHT, 1968; COWN, 1973). Este patrón de variación puede verse afectado por cambios climáticos, estructura del rodal, daños en el árbol o tratamientos forestales.

Las diferencias detectadas dentro del diámetro y en cada parcela se han analizado mediante una prueba de análisis de varianza.

Las diferencias de ancho de anillo en distintas ubicaciones en el fuste fueron significativas al nivel de 1% en cada una de las parcelas.

Junto a las variaciones que experimenta el ancho de anillos en diferentes ubicaciones en el diámetro también varía con la altura en el árbol.

Las variaciones del ancho de los anillos correspondientes a los árboles volteados para este estudio se muestran condensadas en la Figura 18.

Es notoria la variación del ancho de anillos promedio de los 84 árboles, tanto en la altura como en el diámetro. Los 3 primeros anillos más cercanos a la médula tienen un aumento de su espesor desde la base hasta una cierta altura (altura pecho - 3 nivel de altura) para luego comenzar a decrecer. En la parte superior hay en alguno de los casos un nuevo incremento del ancho de los anillos. El resto de los anillos presenta en general un patrón más o menos común, el cual corresponde a una disminución del ancho de anillos desde la base hacia la copa.

### 3.5. Madera juvenil y madura.

La madera que se encuentra en los primeros anillos cercanos a la médula, es conocida como madera juvenil y, en el más estricto sentido, corresponde a la formada en los primeros años de producción de una zona cambial cualquiera de un árbol.

Esta madera juvenil forma en los árboles una zona

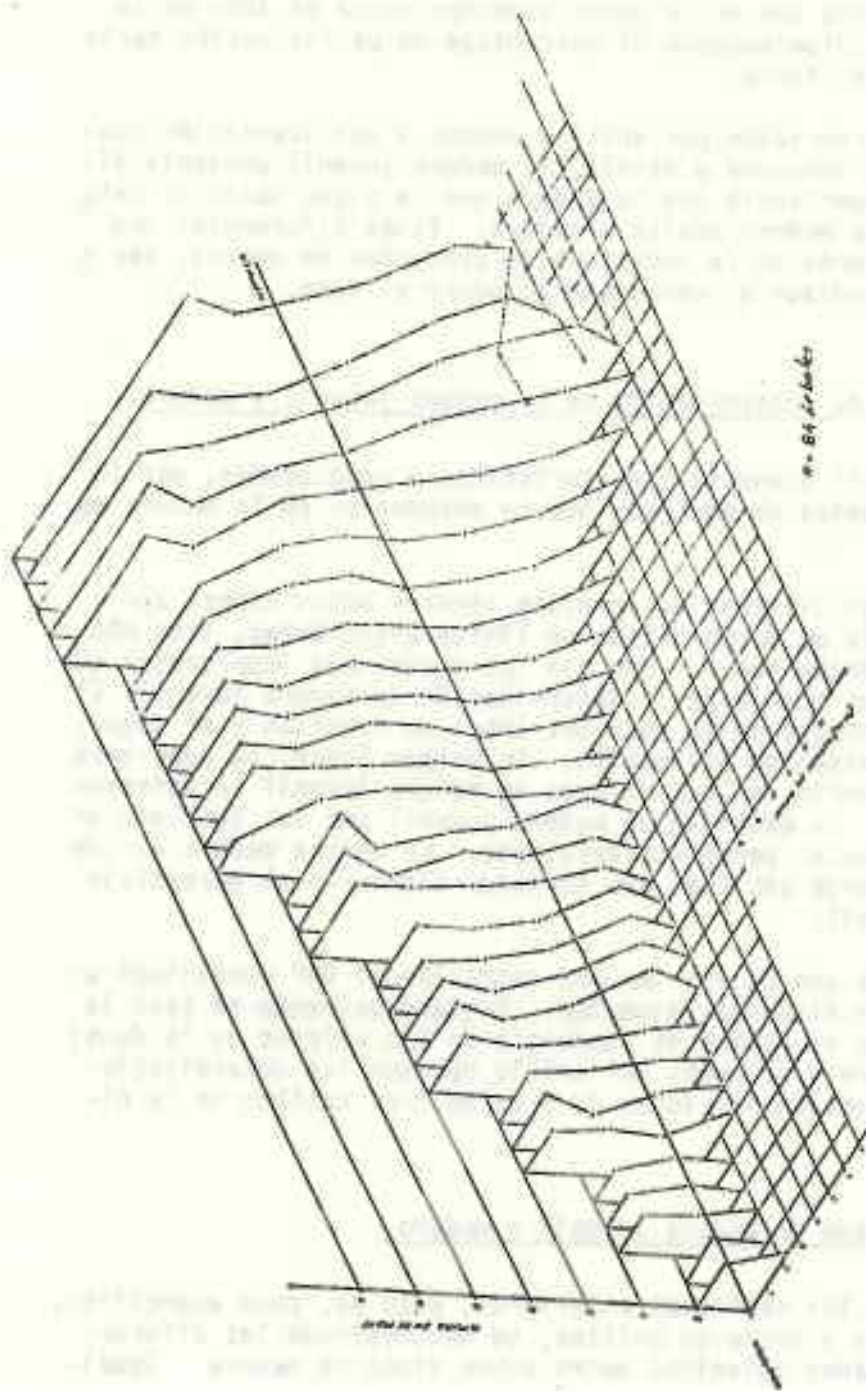


FIGURA N.º 18. Variación del ancho de anillo en distintas alturas del fuste y ubicaciones en el diámetro.

central cilíndrica que en la parte superior ocupa el 100% de la madera formada, disminuyendo el porcentaje de participación hacia la parte baja del fuste.

Caracterizada por anillos anchos y una transición suave entre madera temprana y tardía, la madera juvenil presenta diferencias de importancia con la madera que le sigue hacia el exterior, denominada madera adulta o madura. Estas diferencias que son de gran interés en la industria de productos de madera, han obligado a profundizar el conocimiento sobre el tema.

### 3.5.1. Métodos de determinación de la madera juvenil y madura.

La madera juvenil presenta características y propiedades, por lo general, diferentes de aquellas que se encuentran en la madera madura.

Estas diferencias permiten separar ambos tipos, aún cuando no existe en forma nítida un límite entre ambas, sino más bien una transición suave. Son dos los puntos más importantes que deben tomarse en cuenta en la determinación de madera juvenil. El primero es el efecto de la edad del árbol en cuestión y el segundo, el método mismo de evaluación. En primer lugar, la edad será de gran importancia, si los valores de madera juvenil se entregan en porcentaje. La cantidad de madera juvenil una vez completa en una zona del fuste, permanece constante. La madera madura en cambio, se incrementa año tras año haciendo disminuir el porcentaje de madera juvenil.

Cada uno de los tarugos extraídos al DAP constituyó una probeta para esta determinación. Fundamentalmente se basó la delimitación en el cambio de tendencia de los valores de la densidad de la madera y el ancho del anillo que son las determinaciones que considerarán secciones de tres en tres anillos en la dirección radial.

### 3.5.2. Resultado de madera juvenil y madura.

En cada uno de los capítulos anteriores, esto es, peso específico, largo de fibras y ancho de anillos, se han mostrado las diferencias de resultados obtenidos entre ambos tipos de madera. Igual-



mente en cada ocasión los análisis estadísticos han demostrado la significancia de estas diferencias.

Previo a la ejecución del presente trabajo, de acuerdo a la experiencia de los autores y apoyo bibliográfico se discriminaron tres zonas de crecimiento madera juvenil, del 1 al 6 anillo desde la médula, madera intermedia entre el 7 y 12 anillo y finalmente como madera madura de 13 anillo en adelante. Esta discriminación previa resultó bastante aproximada a la delimitación que se efectuó luego de los ensayos y que se analiza en base a la Figura 19, que se ha elaborado en base a 1.680 árboles.

Observando la Figura 19 se puede apreciar el cambio de pendiente que se produce tanto en el caso del peso específico como en el del ancho de anillos, en las cercanías de los anillos 13-15, los anillos siguientes comienzan a aumentar o disminuir, según sea el caso, más lentamente hasta llegar a una tendencia más o menos plana, o paralela al eje de las x, lo que caracteriza a la madera madura. En resumen se puede aproximar que la madera juvenil a la altura del pecho limita con la madera madura en el grupo de anillos 13-15.

### 3.6. Relación de la densidad de la madera con factores externos.

Con el objeto de conocer las relaciones que existen entre la densidad de la madera y los diversos factores estudiados, se realizó análisis de correlación simple y regresiones paso a paso, manteniendo diferenciada la madera juvenil, intermedia y madura.

Previo a entrar al análisis de los resultados encontrados, respecto a estas relaciones, es necesario destacar que tradicionalmente ha sido aceptado el hecho que el medio ambiente afecta a la formación de la madera en forma directa, lo que frecuentemente induce a error, por cuanto el efecto de los factores del medio es más bien indirecto. Lo que sucede en la realidad, es que el medio determina la formación estacional de los órganos del follaje de la copa, la que a su vez afecta el tipo de madera a formarse en un momento dado. En consecuencia, cualquier factor que afecte el estado de la copa, probablemente tendrá efectos en la madera. Ello implica que este efecto indirecto es extremadamente complejo, por cuanto depende de muchos factores a la vez y de innumerables interacciones difíciles de identificar y cuantificar. (LARSON, 1964).

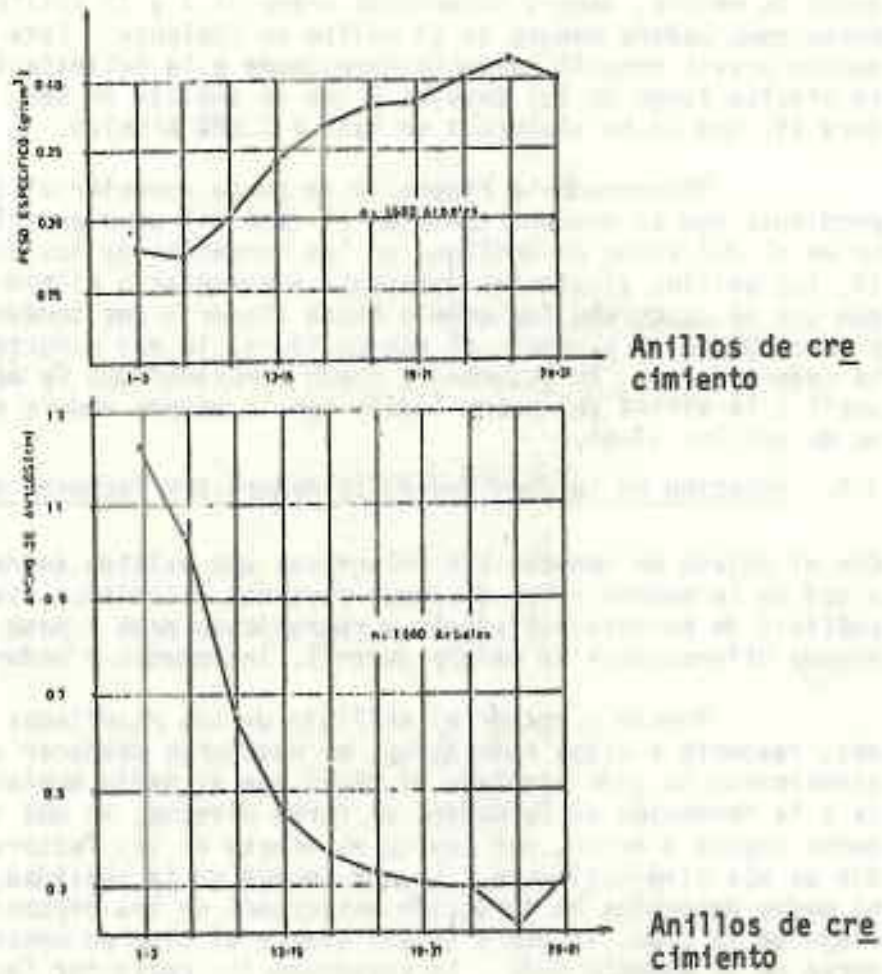


FIGURA N° 19. Variaciones del peso específico y ancho de anillos para distintas ubicaciones en el diámetro.

### 3.6.1. Densidad de la madera juvenil.

Las principales variables correlacionadas con la densidad de la madera juvenil se presentan a continuación.

<u>Variable</u>	<u>R</u>
Latitud	-0.5910 **
Longitud	-0.3452 *
Profundidad Hz A	-0.4337 **
Capacidad agua apro. 1 m	-0.4780 **
Capacidad agua apro.lim.raíces	-0.5151 **
% N del follaje	-0.4257 **
Densidad aparente p1	0.5642 **
Densidad aparente p2	0.5610 **
Densidad aparente p3	0.5872 **
Volúmen de poros p1	-0.4973 **
Volúmen de poros p2	-0.5490 **
Volúmen de poros p3	-0.5631 **
Arena gruesa p1	0.4615 **
Arena gruesa p2	0.4138 **
Arena gruesa p3	0.3829 *
Limo p1	-0.4121 **
Arcilla p1	-0.4686 **
Arcilla p2	-0.3709 *
Carbono total	-0.4438 **
Nitrógeno total	-0.4504 **
Potasio disponible	-0.3318 *
Temperatura máxima	0.4908 **
Precipitación anual	-0.5078 **
Temperatura media	0.4727 *
Nº árboles/ha muertos	-0.3756 *
Crecimiento medio	-0.3847 *
Índice de sitio	-0.5537 **

\* r.05

\*\* r.01

La gran cantidad de variables relacionadas con la densidad de la madera producida durante los primeros años, indica claramente su dependencia especialmente de los factores relacionados con el crecimiento y desarrollo del bosque. Aquellos factores del sitio que favorecen el crecimiento, tienen un efecto negativo en la densidad de los primeros anillos.

La mayor parte de estas variables, tienen estrecha relación con la calidad del sitio donde el bosque se encuentra creciendo, lo que se confirma por la correlación negativa muy significativa de la densidad de la madera juvenil con el índice de sitio, es decir, mientras mejor es el índice de sitio, menor será la densidad de la madera que se forma en los primeros años de vida del árbol.

Diversos autores han encontrado resultados similares, especialmente en casos extremos de baja fertilidad del suelo por ejemplo, donde la densidad de la madera resultó ser mayor (BURDON y HARRIS, 1973; COWN, 1974). En un sentido inverso, es ya conocido el hecho que un aumento de la fertilidad del suelo, produce una disminución significativa de la densidad de la madera después de la aplicación de fertilizantes (ZOBEL et al., 1961).

De acuerdo a los resultados de las correlaciones simples, se puede concluir que además existe una relación inversa con dos importantes factores geográficos y climáticos respectivamente; estos son la latitud y la precipitación anual, las cuales a su vez están relacionadas positivamente.

Algunos factores parecen estar relacionados positivamente con la densidad de la madera juvenil, como son la densidad aparente del suelo en las tres profundidades estudiadas, el contenido de arena gruesa, en las dos primeras profundidades y con temperatura máxima.

El efecto de la mortalidad de los árboles del rodal sobre la densidad de la madera juvenil, parece tener efecto no obstante que la correlación es sólo significativa. De acuerdo a los resultados de COWN (1974 a) una disminución de la densidad del rodal mediante raleo, tiende a disminuir la densidad de la madera producida después de la intervención. En nuestro caso, el aumento de mortalidad de los árboles parece tener el mismo efecto, por lo menos en los anillos de madera juvenil.

Con el fin de determinar qué variables de las estudiadas explican en mayor grado la variabilidad de la densidad de la madera juvenil, se realizaron estudios de regresión, mediante el método paso a paso.

Debido a que la información de clima no se tuvo completa para todas las parcelas muestreadas, se procedió a hacer dos

análisis separados. Uno con 26 parcelas que tenían la información completa de clima y otro análisis de regresiones con 39 parcelas, en las cuales se excluyó las variables climáticas. La otra limitante que se tuvo para no utilizar las 42 parcelas en el segundo análisis, fue el hecho que hubo tres parcelas que no contenían madera madura, por ser de una edad menor a la requerida.

A continuación se presenta el resultado de las regresiones considerando 39 y 26 parcelas, respectivamente.

<u>Variable</u>	<u>R múltiple</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aumento en R<sup>2</sup> 1/</u>
39 parcelas			
1 Latitud	0.567	0.322	0.322
2 Elevación	0.647	0.418	0.097
3 Area basal por ha.	0.700	0.490	0.072
4 Capacidad agua aprov. raíces	0.760	0.577	0.087
5 Fósforo disponible	0.769	0.638	0.061
26 parcelas			
1 Arcilla a prof. 1	0.728	0.530	0.530
2 Cap. agua aprov. raíces	0.814	0.662	0.132
3 Volúmen por hectárea	0.873	0.763	0.101
4 Potasio disponible	0.904	0.817	0.054

Con el fin de limitar el marco de discusión, se presentan aquellas variables que explican en forma individual hasta un 5% de la variación total de la densidad de la madera juvenil.

Si se consideran 39 parcelas, las cinco variables señaladas explican el 64% de la variación total en la densidad de esta madera; siendo la más importante la latitud que cuenta con el 32% de la variación.

Al agregar las variables del clima, utilizando sólo 26 parcelas en el análisis, la situación cambia, siendo el contenido

1/ Aumento en R<sup>2</sup> al agregar variables adicionales sucesivas.

de arcilla del suelo y la capacidad de agua aprovechable al nivel de las raíces, las variables que cuentan con el 66% de la variación de la densidad de la madera joven.

### 3.6.2. Densidad de la madera intermedia.

Las variables correlacionadas con la densidad de la madera intermedia, resultan ser las que se presentan a continuación.

<u>Variable</u>	<u>R</u>
Longitud	0.3134 *
Porcentaje de N en el follaje	-0.4443 **
Calidad de la copa	0.3172 *
Densidad de la madera juvenil	0.3397 *

\* r.05

\*\* r.01

En comparación con la madera juvenil, las variables relacionadas con la densidad de la madera intermedia son pocas, apareciendo la calidad de la copa de los árboles como relacionada en forma positiva. El nitrógeno en el follaje se mantiene como una variable importante.

La calidad de la copa cobra mayor importancia mientras mayor es la edad de los árboles, aparentemente al cerrarse el dosel después de los 6 años de edad. Considerando que la clasificación de calidad de copa que se empleó, cataloga las copas muy grandes como menos deseables, es posible que clases altas de calidad, tengan como consecuencia crecimiento menor y por tanto, una mayor densidad de la madera resultante. Este mismo fenómeno sucede con la madera madura, como se analizará posteriormente.

Existe además cierta relación entre la densidad de madera juvenil y madera intermedia, relación que desaparece entre la madera madura y esta primera.

El análisis de regresión, mostró las siguientes variables, como las más importantes respecto a la densidad de la madera intermedia.

<u>Variable</u>	<u>R múltiple</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aumento en R<sup>2</sup> 1/</u>
<u>39 parcelas</u>			
1 Porcentaje de N en follaje	0.573	0.328	0.328
2 Arcilla a profundidad 1	0.722	0.521	0.193
3 Porcentaje de K en follaje	0.767	0.588	0.066
4 Calidad de copa	0.807	0.651	0.064
<u>26 parcelas</u>			
1 Porcentaje de N en follaje	0.815	0.665	0.665
2 Drenaje interno	0.858	0.737	0.072

El contenido de nitrógeno del follaje, en ambos casos explica gran parte de la variación de la densidad de la madera intermedia, con 33% y 66%, respectivamente; no obstante, se debe tener presente que esta relación es inversa, de acuerdo al coeficiente de correlación simple analizado anteriormente.

### 3.6.3. Densidad de la madera madura.

Las variables relacionadas con la densidad de la madera madura son más numerosas que en el caso de la madera intermedia. Estas fueron las siguientes.

<u>Variable</u>	<u>R</u>
Longitud	-0.3359 *
Edad	0.3648 *
Porcentaje de N follaje	-0.4395 **
Esqueleto prof. 2	-0.3767 *
Esqueleto prof. 3	-0.3826 *
Arcilla prof. 1	0.3561 *
Arcilla prof. 2	0.3431 *
Arcilla prof. 3	0.3175 *

1/ Aumento en R<sup>2</sup> al agregar variables adicionales sucesivas.

<u>Variable</u>	<u>R</u>
pH HCl	-0.3351 *
Fósforo reserva	-0.3915 *
Volúmen por ha.	0.3501 *
Altura media	0.3401 *
Calidad de copa	0.3461 *
Calidad de ramas	0.3597 *
Densidad mad.interm.	0.8463 **

\* r.05

\*\* r.01

El porcentaje de nitrógeno del follaje de los árboles, es la variable que es consistentemente correlacionada negativamente con la densidad de la madera, tanto de la juvenil e intermedia como de la madura.

Es interesante destacar la fuerte correlación positiva que existe entre la densidad de la madera intermedia y madura, no existiendo correlación significativa entre esta última y la densidad de la madera juvenil. La independencia entre las densidades de las maderas de edades extremas, puede tener gran importancia en programas de mejoramiento genético que tienda a obtener madera más uniforme en un sentido radial; es decir, con madera juvenil de mayor densidad, cercana al valor de la madera madura, de modo tal que se obtenga un producto más homogéneo.

El análisis de regresión mostró las siguientes variables explicativas de la variación de la densidad en la madera madura.

<u>Variable</u>	<u>R múltiple</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aumento en R<sup>2</sup> 1/</u>
<u>39 parcelas</u>			
1 Porcentaje N follaje	0.439	0.193	0.193
2 Arena gruesa prof. 2	0.759	0.576	0.383
3 Porcentaje K follaje	0.809	0.654	0.078
4 Calidad de copa	0.851	0.725	0.070
<u>26 parcelas</u>			
1 Porcentaje N follaje	0.653	0.427	0.427
2 Arena gruesa prof. 3	0.790	0.624	0.198

1/ Aumento en R<sup>2</sup> al agregar variables adicionales sucesivas.



Las cuatro variables indicadas, al considerar 39 parcelas, explican el 72% de la variación de la densidad en la madera madura, siendo el contenido de nitrógeno en el follaje y el porcentaje de arena gruesa en la profundidad 2, con un total de 58%. El hecho de aparecer el contenido de arena gruesa posteriormente al contenido de nitrógeno, a pesar de explicar más la variación de la densidad en esta madera, presumiblemente se deba a una fuerte interacción con una o más variables diferentes.

Al agregar las variables climáticas, sólo el porcentaje de nitrógeno en el follaje y la arena gruesa en la profundidad 3, explican el 62% de la variación de la densidad en la madera madura.

### 3.7. Relación del largo de fibras (traqueidas) con factores externos.

Al igual que en el caso de la densidad, la variabilidad del largo de fibras, se relacionó con el resto de los factores estudiados a través de análisis de correlaciones y regresiones, para los tres tipos de madera separadamente.

#### 3.7.1. Largo de fibras de la madera juvenil.

Las siguientes variables mostraron coeficientes de correlación significativas con el largo de fibras de la madera juvenil.

<u>Variábles</u>	<u>R</u>
Latitud	-0.4207 **
Longitud	-0.3345 *
pH KCl	-0.3221 *
Nitrógeno total	-0.3462 *
Fósforo reserva	-0.4659 **
Precipitación anual	-0.4015 **
Calidad de ramas	0.3201 *
Densidad mad.intermedia	0.3424 *
Densidad mad.madura	0.4332 **

\* r.05

\*\* r.01

Las variables relacionadas con el largo de fibras de la madera juvenil, aparentemente no tienen relación directa con las variables de crecimiento, como en el caso de la densidad de esta madera. La latitud, precipitación anual y nutrientes, tienen una relación negativa bastante estrecha con el largo de fibras, lo que concuerda con lo encontrado por otros autores (DUFFIELD, 1964; RICHARDSON, 1964 a y 1964 b; HARRIS, 1965 a y 1965 b; POSEY et al., 1969).

La relación negativa con nutrientes, ha sido probado experimentalmente, mediante fertilizaciones que han producido una disminución temporal del largo de traqueidas, aunque no significativa (ZOBEL et al., 1961; SEIBT et al., 1968; HIGGS y RUDMAN, 1973).

La fuerte correlación positiva encontrada con la densidad de la madera madura y menor con la madera intermedia, no concuerda con los resultados obtenidos para *Pinus radiata* por BURDON y HARRIS (1976), pero sí con los resultados de NICHOLLS y DADSWELL (1960) cit. ELDRIGE (1962), los cuales encontraron una correlación positiva alta ( $r = 0.6$ ). Es posible que exista una correlación negativa genética, entre largo de traqueidas y la madera temprana, pero no así con la densidad de la madera tardía (DADSWELL et al., 1961; GOGGANS, 1964).

En relación a los factores del clima, varios autores han informado sobre la gran influencia que tienen sobre el largo de fibras de las coníferas, especialmente el aumento de temperatura (DUFFIELD, 1964; RICHARDSON, 1964 a; POSEY et al., 1969; COWN, 1974 b; LEDIG et al., 1975). En el presente estudio, sólo se encontró una relación con precipitación, no obstante que también una correlación negativa con latitud, la que a su vez implica mayores temperaturas medias.

El resultado de la regresión, para el largo de fibras de la madera juvenil, fue el siguiente.

<u>Variable</u>	<u>R múltiple</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aumento en R<sup>2</sup> 1/</u>
<u>39 parcelas</u>			
1 Fósforo de reserva	0.484	0.234	0.234
2 Arena fina prof. 3	0.625	0.391	0.157
3 Nitrógeno total	0.697	0.486	0.095

1/ Aumento en R<sup>2</sup> al agregar variables adicionales sucesivas.

<u>Variable:</u>	<u>R múltiple</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aumento en R<sup>2</sup></u>
4 Arena gruesa prof. 3	0.765	0.585	0.098
5 Porcentaje potasio follaje	0.815	0.664	0.079
<u>26 parcelas</u>			
1 Fósforo de reserva	0.566	0.320	0.320
2 Potasio disponible	0.706	0.498	0.178
3 Nitrógeno total	0.741	0.549	0.051
3 Cap.agua aprov.raíces	0.805	0.647	0.098
5 Drenaje externo.	0.837	0.700	0.053

En el caso de no considerar las variables del clima (39 parcelas), las variables señaladas explican el 66% de la variación total del largo de fibras de traqueídas en la madera juvenil. Al incluir los factores climáticos, se agregan variables relacionadas con el agua y desaparece la importancia de las propiedades físicas del suelo. Es conveniente destacar que para el largo de traqueídas, las propiedades del suelo parecen jugar un rol muy importante en cuanto a explicar su variación total.

### 3.7.2. Largo de fibras de la madera intermedia.

Respecto al largo de fibras de la madera intermedia, las siguientes variables se correlacionan con este caracter.

<u>Variable</u>	<u>R</u>
Latitud	-0.3533 *
Porcentaje nitrógeno follaje	-0.3651 *
Nitrógeno total	-0.3100 *
Fósforo reserva	-0.3281 *
Temperatura máxima	0.3863 *
Temperatura mínima	0.5168 **
Días con t° 0°C	-0.3674 *
Temperatura media	0.5027 **
N° árboles muertos/ha	0.3421 *
Densidad mad.intermedia	0.5185 **
Densidad mad.madura	0.6195 **
Largo de fibras mad.juvenil	0.7401 **

\* r.05

\*\* r.01

En el caso de la madera intermedia, se puede apreciar una mayor relación con variables de temperatura, especialmente media y mínima. Es importante el hecho que aún persiste la fuerte correlación positiva con la densidad de la madera intermedia y ma dura. Por otro lado, existe una fuerte correlación positiva con el largo de fibras de la madera producida en la etapa juvenil.

El análisis de regresión, para este tipo de madera, tuvo el siguiente resultado.

<u>Variable</u>	<u>R múltiple</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aumento en R<sup>2</sup> 1/</u>
<u>39 parcelas</u>			
1 Porcentaje de N follaje	0.391	0.153	0.153
2 Drenaje interno	0.563	0.317	0.164
3 Nitrógeno total	0.675	0.456	0.139
4 Limo prof. 3	0.768	0.590	0.134
5 Número de árboles /ha	0.815	0.664	0.074
<u>26 parcelas</u>			
1 Temperatura mínima	0.532	0.283	0.283
2 Arena fina prof.1	0.667	0.445	0.162
3 Nitrógeno total	0.752	0.566	0.121
4 Altura media	0.858	0.736	0.169

Al considerar las parcelas muestreadas sin la información de clima, las variables indicadas explican el 66% de la variación total del largo de traqueídas de la madera intermedia. Sin embargo, al incluir las variables de clima en 26 parcelas, las variables explicativas son totalmente diferentes, excepto por el nitrógeno total del suelo que permanece más o menos igual.

### 3.7.3. Largo de fibras de la madera madura.

Las siguientes variables mostraron tener correlación con el largo de fibras de la madera.

1/ Aumento en R<sup>2</sup> al agregar variables adicionales sucesivas.

<u>Variable</u>	<u>R</u>
Latitud	-0.4130 **
Edad	0.4019 *
Porcentaje N follaje	-0.4392 **
Volúmen de poros prof. 1	-0.3797 *
Esqueleto prof. 3	-0.3415 *
Temperatura máxima	0.3629 *
Temperatura mínima	0.5832 **
Días con t° 0°C	-0.5030 **
Temperatura media	0.6103 **
Número de árboles/ha	-0.3603 *
Número de árboles/ha muertos	-0.5029 **
Densidad mad. intermedia	0.3168 *
Densidad mad. madura	0.5265 **
Largo de fibras juvenil	0.5092 **
Largo de fibras intermedia	0.8192 **

\* r.05

\*\* r.01

La mayoría de las variables correlacionadas con la madera intermedia, lo son también con el largo de fibras de la madera madura, encontrándose correlaciones muy significativas con latitud, porcentaje del nitrógeno en el follaje, temperatura mínima, número de días con heladas, temperatura media y número de árboles muertos por hectárea, densidad de la madera madura y largo de fibras de la madera juvenil y madura.

El análisis de regresión, mostró las siguientes variables como las principales, que explican la variación del largo de traqueídas de la madera madura.

<u>Variable</u>	<u>R múltiple</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aumento en R<sup>2</sup> 1/</u>
<u>39 parcelas</u>			
1 Número de árboles/ha	0.503	0.253	0.253
2 Edad	0.644	0.415	0.162
3 Fósforo reserva	0.703	0.494	0.079
4 Esqueleto prof. 3	0.755	0.590	0.076
5 Elevación	0.794	0.630	0.061
6 Porcentaje nitrógeno follaje	0.839	0.705	0.074

1/ Aumento en R<sup>2</sup> al agregar variables adicionales sucesivas.

<u>Variable</u>	<u>R múltiple</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aumento en R<sup>2</sup></u>
<u>26 parcelas</u>			
1 Temperatura mínima	0.709	0.502	0.502
2 Arena fina prof. 1	0.839	0.704	0.201
3 Rectitud	0.858	0.736	0.032
4 Limo prof. 1	0.878	0.772	0.036
5 Crecimiento medio	0.913	0.833	0.062

Al igual que en el caso de la madera juvenil, al incluir sólo 26 parcelas en el análisis con las variables de clima, los factores que explican la variación del largo de fibras de la madera madura cambian radicalmente. En el primer caso, el 70% de la variación es explicada por las variables señaladas y en el segundo caso el 83% de la variación total del largo de traqueidas, en este tipo de madera.

### 3.8. Relación del ancho de anillos con los factores externos.

Previo al análisis de este importante factor, es necesario destacar que el ancho de los anillos es un carácter que refleja el estado actual y pasado del crecimiento del árbol, el que a su vez tiene relación directa con los factores del medio ambiente y en forma fundamental influye sobre la densidad de la madera.

#### 3.8.1. Ancho de anillos de la madera juvenil.

Los factores relacionados con el ancho de anillos fueron los siguientes:

<u>Variable</u>	<u>R</u>
Latitud	0.5793 **
Longitud	0.4903 **
Profundidad Hz A	0.5359 **
Profundidad raíces	0.4359 **
Cap. agua aprov. 1 m	0.5946 **
Cap. agua aprov. raíces	0.7251 **
Porcentaje Nitrógeno follaje	0.3147 *

Densidad aparente prof. 1	-0.7254	**
Densidad aparente prof. 2	-0.6844	**
Densidad aparente prof. 3	-0.7478	**
Volúmen poros prof. 1	0.6891	**
Volúmen poros prof. 2	0.6417	**
Volúmen poros prof. 3	0.7183	**
Arena gruesa prof. 1	-0.6635	**
Arena gruesa prof. 2	-0.5723	**
Diámetro medio	0.6258	**
Volúmen por ha	0.6908	**
Crecimiento medio	0.7635	**
Altura media	0.6226	**
Índice de sitio	0.7271	**
Densidad madera juvenil	-0.5034	**
Arena gruesa prof. 3	-0.5757	**
Arena fina prof. 2	0.3183	*
Limo prof. 1	0.6538	**
Limo prof. 2	0.5844	**
Limo prof. 3	0.6663	**
Arcilla prof. 1	0.5382	**
Arcilla prof. 2	0.3064	*
Carbono total	0.6442	**
Nitrógeno total	0.6627	**
Temperatura máxima	-0.3907	*
Temperatura mínima	-0.3644	*
Precipitación anual	0.5205	**
Temperatura media	-0.4272	*
Número de árboles/ha	-0.3237	*
Area basal por ha	0.5749	**

\* r.05

\*\* r.01

Como es de esperar, el ancho de anillos se encuentra correlacionado positivamente con todas las variables relacionadas con el crecimiento de los árboles, tales como área basal, diámetro medio, volúmen por hectárea, crecimiento medio, altura media e índice de sitio. Por otro lado, está correlacionado negativamente con aquellas variables que limitan el crecimiento, como las temperaturas extremas, pero tiene correlaciones más débiles y muy significativas, en forma negativa, con densidad aparente del suelo y arena gruesa a diferentes profundidades del suelo.

El ancho de anillos de la madera juvenil, tiene ade-

más una correlación negativa muy significativa con la densidad de la madera juvenil, por cuanto la primera tiene un fuerte efecto sobre la segunda, y debido a que durante los primeros años de los árboles todo el fuste está dentro de la copa viva.

Tal como lo sugiere LARSON (1962), los factores del medio ejercen su influencia sobre las características de la madera a través del crecimiento de la copa, de modo que se subentende, que durante este período, el medio domina los procesos de su formación.

Aparentemente un fotoperíodo más corto favorece el incremento del ancho de anillos en *Pinus radiata* (JENKINS et al., 1977). Igualmente, un período de sequía, durante el período de crecimiento, favorece la producción de anillos más delgados (SMITH y WILSE, 1961) y en consecuencia precipitaciones anuales mayores, tienden a producir ancho de anillos mayores; en nuestro caso fue  $r = 0,52^{**}$ ; para la precipitación anual. En general, mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo, tiene el mismo efecto sobre el ancho de anillos, así como la menor densidad del rodal (LARSON, 1962; COWN, 1973).

Los análisis de regresión, mostraron las siguientes variables como las principales, en explicar la variación total del ancho de anillos en esta madera.

<u>Variable</u>	<u>R múltiple</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aumento en R<sup>2</sup> 1/</u>
<u>39 parcelas</u>			
1 Densidad aparente prof. 3	0.769	0.592	0.592
2 Crecimiento medio	0.848	0.719	0.127
3 Limo prof. 3	0.880	0.774	0.055
<u>26 parcelas</u>			
1 Densidad aparente prof. 3	0.762	0.581	0.581
2 Calidad de copa	0.909	0.826	0.245
3 Drenaje exterior	0.938	0.880	0.054

En el caso de la regresión con 39 parcelas, el 77% de la variación del ancho de anillos es explicada por las variables indicadas. Sin embargo, al incluir las variables climáticas con

\*\* r. 05

1/ Aumento en R<sup>2</sup> al agregar variables adicionales sucesivas.



26 parcelas, esta relación cambia en dos variables, explicando el 88% de la variación, donde permanece la densidad aparente también con alrededor de 60% del total de la variación. Se debe recordar que de los análisis de correlación simple, la densidad aparente juega un rol importante, al tener una relación negativa altamente significativa con el ancho de anillos.

### 3.8.2. Ancho de anillos de madera intermedia.

La situación del ancho de anillos en la madera intermedia, respecto a las variables estudiadas es la siguiente.

<u>Variable</u>	<u>R</u>
Latitud	0.4969 **
Longitud	0.4020 **
Profundidad Hz A	0.4155 **
Cap. agua aprovechable 1 m	0.6158 **
Cap. agua aprov. raíces	0.5862 **
Volúmen poros prof. 3	0.5961 **
Arena gruesa prof. 1	-0.4426 **
Arena gruesa prof. 2	-0.3128 *
Arena gruesa prof. 3	-0.3546 *
Limo prof. 1	0.4029 **
Limo prof. 2	0.3845 *
Limo prof. 3	0.4494 **
Arcilla prof. 1	0.3739 *
Carbono total	0.6116 *
Nitrógeno total	0.6788 **
Fósforo reserva	0.3215 *
Temperatura máxima	-0.4599 **
Precipitación anual	0.5456 **
Densidad aparente prof. 1	-0.6017 **
Densidad aparente prof. 2	-0.6138 **
Densidad aparente prof. 3	-0.6386 **
Volúmen poros prof. 1	0.5133 **
Volúmen poros prof. 2	0.5713 **
Número árboles/ha	-0.4121 **
Número árb. muertos ha	0.3724 *
Area basal	0.4574 **
Diámetro medio	0.6379 **
Volúmen/ha	0.5996 **
Crecimiento medio	0.5693 **

Altura media	0.5953 **
Indice de sitio	0.5397 **
Densidad madera juvenil	-0.3215 **
Largo de fibras juvenil	-0.4309 **
Largo de fibras intermedia	-0.3279 *
Ancho de anillo juvenil	0.5873 **

\* r.05

\*\* r.01

De acuerdo a estos resultados, las variables relacionadas con el ancho de anillos de la madera intermedia, son muy semejantes a las de la madera juvenil. Sin embargo, aparecen dos variables de importancia que no se muestran correlacionadas tanto en la madera juvenil como la madura; estas son el largo de fibras de la madera juvenil y de la madera intermedia con una correlación menor. Además aparece una fuerte correlación entre el ancho de anillos de la madera juvenil e intermedia.

La correlación negativa entre el largo de fibra y el ancho de anillo en la madera intermedia, confirma el hecho que el largo de fibras aumenta hacia la corteza, mientras disminuye el ancho de los anillos de crecimiento.

En la madera intermedia por otro lado, no parece haber relación entre el ancho de anillos y la profundidad de raíces, puesto que a esa edad la profundización de raíces posiblemente es menor que en la etapa de crecimiento inicial.

El análisis de regresión, demostró que las siguientes variables explican gran parte de la variación del ancho de anillos en la madera intermedia.

<u>Variable</u>	<u>R múltiple</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aumento en R<sup>2</sup></u>	<u>1/</u>
<u>39 parcelas.</u>				
1 Nitrógeno total	0.725	0.526	0.526	
2 Diámetro medio	0.765	0.586	0.059	

1/ Aumento en R<sup>2</sup> al agregar variables adicionales sucesivas.

<u>Variable</u>	<u>R múltiple</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aumento en R<sup>2</sup></u>
<u>26 parcelas</u>			
1 Volúmen de poros	0.768	0.590	0.590
2 Esqueleto prof. 1	0.832	0.692	0.102
3 Esqueleto prof. 3	0.862	0.742	0.051
4 Porcentaje N follaje	0.890	0.793	0.050

Al considerar 39 parcelas sin la información de clima, sólo dos variables explican cerca del 60% de la variación total del ancho de anillos, que son nitrógeno total y diámetro medio, especialmente la primera.

No obstante, al introducir las variables de clima en las 26 parcelas resultantes, las variables principales se relacionan más con la constitución física del suelo, explicando el 79% de la variación total del ancho de anillos.

### 3.8.3. Ancho de anillos de la madera madura.

De las variables estudiadas, las que presentaron correlaciones significativas con el ancho de anillos de la madera madura, fueron las siguientes:

<u>Variabes</u>	<u>R</u>
Capacidad agua aprov. 1 m	0.4367 **
Capacidad agua aprov. lím.raíces	0.4068 *
Drenaje interno	0.4368 **
Porcentaje nitrógeno follaje	0.4692 **
Densidad aparente prof. 1	-0.4182 **
Densidad aparente prof. 2	-0.3393 *
Densidad aparente prof. 3	-0.4164 **
Volúmen de poros prof. 1	0.3733 *
Volúmen de poros prof. 2	0.3240 *
Volúmen de poros prof. 3	0.3989 *
Arena gruesa prof. 1	-0.5817 **
Arena gruesa prof. 2	-0.5475 **
Arena gruesa prof. 3	-0.5060 **
Limo prof. 1	0.3903 *
Arcilla prof. 1	0.5426 **
Arcilla prof. 2	0.5190 **

<u>Variables</u>	<u>R</u>
Arcilla prof. 3	0.4421 **
pH agua	-0.3864 *
pH KCl	-0.4012 *
Carbono total	0.3384 *
Nitrógeno total	0.3432 *
Fósforo disponible	-0.3835 *
Potasio disponible	0.4089 **
Precipitación anual	0.3508 *
Número árboles/ha	-0.3285 *
Número arb.muertos/ha	0.4692 **
Diámetro medio	0.3804 *
Volúmen por ha	0.3711 *
Crecimiento medio	0.4576 **
Altura media	0.4234 **
Índice de sitio	0.5398 **
Ancho anillo intermedia	0.5727 **

\* r.05

\*\* r.01

Las correlaciones resultantes, son un tanto diferentes que para madera intermedia y juvenil, por cuanto ya no tienen relación factores como latitud, longitud, profundidad de horizonte A o temperaturas, sino que cobran importancia otros factores, tales como drenaje interno, arcilla en horizontes profundos del suelo, potasio y fósforo disponible. Del mismo modo desaparece la relación inversa entre largo de fibras y ancho de anillos, que se observó en la madera intermedia.

Los análisis de regresión por otro lado, determinaron las siguientes variables como principales en explicar parte de la variación total del ancho de anillos en la madera madura.

<u>Variable</u>	<u>R múltiple</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aumento en R<sup>2</sup> 1/</u>
<u>39 parcelas</u>			
1 Arena gruesa prof. 1	0.582	0.338	0.338
2 Boro ppm	0.647	0.419	0.081

1/ Aumento en R<sup>2</sup> al agregar variables adicionales sucesivas.

<u>Variable</u>	<u>R múltiple</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>Aumento en R<sup>2</sup></u>
3 Número árb.muertos/ha	0.688	0.474	0.055
4 Arena fina prof. 1	0.726	0.528	0.054
<u>26 parcelas</u>			
1 Arena gruesa prof. 2	0.730	0.532	0.532
2 Arena fina prof. 1	0.858	0.737	0.204
3 Arena basal/ha	0.898	0.807	0.070
4 Esqueleto prof. 3	0.936	0.876	0.069

En el primer caso, las variables más importantes se refieren a características físicas del suelo, en forma no explicable el contenido de Boro en el suelo, y la densidad del rodal (53% de la variación total).

Al introducir las variables de clima, el aspecto físico del suelo mantiene su importancia y se agrega un aspecto de crecimiento del bosque que en conjunto explican el 88% de la variación total del ancho de anillos en la madera madura.

#### 4. CONCLUSIONES.

Las conclusiones que se presentan a continuación, se refieren a los aspectos relevantes de los resultados obtenidos y de las relaciones existentes entre ellos, que pudieron detectarse mediante diversos análisis estadísticos. Con el fin de una mayor claridad para el lector, se ha seguido la misma prelación de la presentación.

Las conclusiones no incluyen resultados de algunos análisis, relacionados principalmente con las características químicas, físicas y geomorfológicas del suelo y dendrométricas del rodal, por cuanto los resultados presentados aquí sólo sirvieron de base para los análisis sobre variación y de relaciones entre las propiedades tecnológicas principales y los diversos factores estudiados. Las conclusiones se pueden resumir en los siguientes puntos:

1. Los valores de peso específico entre distintas localidades, resultaron significativamente diferentes. La madera juvenil mostró una tendencia a disminuir su densidad de Norte a Sur. La madera intermedia no siguió una tendencia de variación apreciable con la latitud, mientras que la madera madura, tuvo tendencia a aumentar el peso específico desde Norte a Sur.
2. La fuerte variación del peso específico encontrada, indica la conveniencia de considerar que árboles en edad juvenil de la zona en estudio de más al norte, proporcionan mayor cantidad de materia seca por unidad de volumen que los de la zona en estudio de más al sur.
3. En un número importante de las localidades, se encontraron diferencias significativas de peso específico entre parcelas de una misma localidad. En futuros estudios menos extensos, se recomienda obtener mayor número de muestras de una misma localidad, si se desea detectar este tipo de variación con mayor precisión.
4. En relación a la variación del peso específico dentro del árbol, en todos los casos analizados, se encontró que éste aumentó desde la médula hacia la corteza. La madera juvenil (1 al 6° anillo desde la médula) tuvo un promedio general de  $0,3762 \pm 0,0338$  (g/cm<sup>3</sup>).

La madera intermedia (7 al 12° anillo) un promedio de  $0,4212 \pm 0,0396$  (g/cm<sup>3</sup>) y la madera madura (13° al 18° anillo) un promedio de  $0,4699 \pm 0,00521$  (g/cm<sup>3</sup>).

5. El peso específico disminuye con la altura en el fuste, aún cuando en los anillos más cercanos a la médula (madera juvenil) se presentó un aumento a partir del 6° nivel de incremento de altura.

De acuerdo a esto, en la utilización de madera juvenil, se obtiene mayor cantidad de materia seca por unidad de volumen si se usa la parte superior de árboles viejos que si se usa la parte interior de árboles jóvenes.

6. La madera juvenil tiene un peso específico significativamente menor que la madera madura. Esto implica que la utilización de madera proveniente de árboles jóvenes o del extremo superior de los árboles adultos, resulta en un producto de menor rendimiento de materia seca y de menor resistencia mecánica en general.
7. El rango de variación para el peso específico promedio fue entre  $0,5082$  (g/cm<sup>3</sup>), en la parcela correspondiente a Cauquenes-Chanco (N° 13) y  $0,3747$  (g/cm<sup>3</sup>), correspondiente a la parcela ubicada en Ñuble-Cholguán (N° 22). Variación de tal magnitud, está indicando que no es importante solamente el rendimiento del volumen por hectárea de un bosque, sino que además se debe tener en cuenta el peso específico medio de los árboles; especialmente si se trata de obtener fibra como producto final.
8. Un hecho consistente en todas las poblaciones muestreadas, fue la presencia de una gran variación entre los árboles de un mismo rodal, lo que constituye una base fundamental para la selección de individuos con madera de alto peso específico en programas de mejoramiento genético.
9. El largo de fibras presentó diferencias significativas al comparar distintas ubicaciones geográficas. Los promedios generales fluctuaron entre  $3,24$  (mm), en la parcela ubicada en Cardenal Caro-Pichilemu (N° 5) y  $2,71$  (mm) en la parcela ubicada en San Antonio-El Tabo (N° 3).
10. En los tres tipos de madera diferenciadas, esto es, juvenil, intermedia y madura, se observó cierta tendencia a un incremento del valor del largo de traqueidas desde la zona Pinto (Par-

cela N° 20) al Sur. Las maderas juvenil, intermedia y madura tuvieron promedios de  $2,028 \pm 0,24$  (mm);  $2,91 \pm 0,28$  (mm);  $3,45 \pm 0,35$  (mm) respectivamente. Al igual que en el caso del peso específico, la madera juvenil que tiene largos de traqueidas menores que la madera madura, ofrece características menos deseables para cierto tipo de industria.

11. En menos de la mitad de las localidades, se encontraron diferencias significativas entre parcelas de la misma localidad. No obstante, para poder obtener una conclusión definitiva en este aspecto, habría que realizar muestreos más intensivos dentro de una misma localidad.
12. El ancho de los anillos varió significativamente con la ubicación geográfica. En los tres tipos de madera, y especialmente en los casos de madera juvenil e intermedia, se detectó una tendencia al incremento de los valores promedios de Norte a Sur.
13. El rango de variación promedio del ancho de los anillos, fue entre  $0,91 \pm 0,45$  (cm), correspondiente a la localidad de Arauco-Lebu (N° 23) y de  $0,39 \pm 0,33$  (cm), correspondiente a la localidad de Cauquenes-Chanco (N° 13).
14. Las diferencias entre parcelas de una misma localidad fueron erráticas, encontrándose cerca de la mitad de las localidades con diferencias significativas y la otra mitad que no las presentó. Al igual que en los casos anteriores, un muestreo más intenso se requiere para obtener promedios de localidades más confiables.
15. Dentro del árbol, el ancho del anillo disminuyó desde la médula a la corteza e igualmente presentó tendencia a aumentar desde la base hasta cierta altura, para luego disminuir y volver a aumentar en la copa.
16. La delimitación de madera juvenil y madura en el análisis de 1.680 árboles, según los criterios de peso específico y ancho de anillo, mostraron que el rango de límite de estas dos maderas, se encuentra entre los anillos 13° a 15°, medidos desde la médula.

Considerando que la etapa juvenil tiene un crecimiento mucho



mayor que la etapa madura, y que hasta edades entre 13 y 15 años el árbol produce sólo madera juvenil, para edades de rotación de 20 a 25 años, parte importante del volumen total corresponderá a este tipo de madera. De aquí la importancia de seleccionar árboles con madera juvenil de mejores características.

17. Con respecto a la relación de la densidad de la madera con los factores externos estudiados, se encontró que la madera juvenil está muy relacionada en forma negativa con aquellos factores del crecimiento del bosque, principalmente capacidad de agua aprovechable, porcentaje de nitrógeno en el follaje, volumen total de poros, elementos como carbono y nitrógeno total e índice de sitio, todos factores que indican la calidad general del lugar en que se encuentra creciendo el bosque.
18. La madera intermedia aparece relacionada con menos variables que el caso anterior, permaneciendo como factor importante el porcentaje de nitrógeno en el follaje, siempre en una relación negativa.
19. La madera madura, por su parte, permanece relacionada negativamente con el porcentaje de nitrógeno del follaje.
20. El único tipo de madera que fue relacionada negativamente con la latitud resultó ser la madera juvenil. Esto significa que si cualquiera de estos factores antes mencionados incrementan, el peso específico de la madera posiblemente será menor.
21. En los análisis de los factores que se suponen explican parte de la variación total de las características estudiadas, se trató de interpretar los resultados obtenidos, identificando aquellos factores que posiblemente influyen o afectan en mayor grado a las propiedades objeto de este trabajo. Conclusiones más definitivas respecto a estos efectos, necesariamente deben ser obtenidos de resultados experimentales en los casos que sea factible realizar.
22. Las variables que mejor explican la variación total de la madera juvenil, fueron principalmente la latitud (32%), elevación (10%), área basal por hectárea (7%), y capacidad de agua aprovechable (9%), cuando se consideró un total de 39 parcelas. Al incluir las variables climáticas, la variable que ex

- plicó más del 50% de la variación total de la densidad de la madera juvenil, fue el contenido de arcilla del suelo.
23. Las variables que mejor explicaron la variación total del peso específico de la madera intermedia, fueron el porcentaje del nitrógeno del follaje (43%), contenido de arcilla (19%), porcentaje de potasio en el follaje (7%) y calidad de copa (6%). Cuando se incluyeron las variables climáticas (en 26 parcelas), la variable que explicó el 66% de la variación del peso específico de esta madera, fue el porcentaje de nitrógeno del follaje.
  24. En el caso del peso específico de la madera madura, el porcentaje del nitrógeno del follaje explicó el 19% de la variabilidad total y el contenido de arena gruesa un 38%, permaneciendo como variables importantes además, el porcentaje de potasio del follaje con 8% y la calidad de la copa con 7%. A su vez, al incluir las variables de clima, el porcentaje de nitrógeno del follaje permaneció como la variable que explicó un mayor porcentaje de la variación total (43%). El contenido de arena gruesa por su parte, contó para el 20% de la variación total del peso específico de la madera madura.
  25. El largo de fibras de la madera juvenil, mostró una estrecha correlación negativa con la latitud, fósforo de reserva del suelo y precipitación anual. Además presentó una alta correlación con la densidad de la madera madura.
  26. La madera intermedia, para el caso del largo de fibras, mostró una alta correlación positiva con las temperaturas mínimas y media, con la densidad de la madera intermedia y madura y muy alta correlación con el largo de fibras de la madera juvenil.
  27. El largo de fibras de la madera madura, mostró estar correlacionada negativamente con la latitud, porcentaje de nitrógeno del follaje, días con temperaturas menores de cero grado y con el número de árboles muertos por hectárea. Una correlación positiva con temperaturas mínimas y media, tal como la madera intermedia, y positivamente con la densidad de la madera madura y con el largo de fibras de la madera juvenil e intermedia.
  28. La variación del largo de fibras de la madera juvenil, fue explicada en su mayor parte por fósforo de reserva del suelo

(23%), contenido de arena fina (18%), nitrógeno total (9%), arena gruesa (10%) y porcentaje de potasio del follaje (8%).

Al incluir en el análisis las variables del clima (considerando 26 parcelas), el fósforo de reserva, el potasio disponible, el nitrógeno total, la capacidad de agua aprovechable y el drenaje interno, fueron las variables que explicaron el 70% de la variación total.

29. En la madera intermedia, la variación total del largo de fibras fue explicado principalmente por el porcentaje de nitrógeno del follaje (15%), drenaje interno (16%), nitrógeno total (14%), contenido de limo (13%) y número de árboles por hectárea (7%). Al estudiar sólo 26 parcelas, incluyendo las variables de clima, las variables que explicaron la mayor parte de la variación total fueron, temperatura mínima (28%), contenido de arena fina (26%), nitrógeno total (12%) y la altura media del rodal (17%).
30. Las variables que explican gran parte de la variación del largo de fibras de la madera madura, fueron el número de árboles por hectárea (25%), la edad del rodal (16%), fósforo de reserva (8%), el esqueleto (8%), la elevación (6%) y el porcentaje de nitrógeno en el follaje (7%). Cuando se incluyeron las variables del clima, la temperatura mínima explicó el 50% y arena fina el 20% de la variación total.
31. Un gran número de variables presentaron una alta correlación con el ancho del anillo de la madera juvenil, fundamentalmente todas aquellas relacionadas con calidad de sitio, estructura del suelo y factores que indican crecimiento; de los cuales los más representativos son crecimiento medio e índice de sitio. A excepción de la densidad aparente del suelo y el contenido de arena gruesa, todas las demás variables tienen una correlación positiva con el ancho de anillos de la madera juvenil.
32. El ancho de anillo de la madera intermedia, está correlacionada en forma muy semejante con las variables válidas para el ancho de anillo de la madera juvenil, y esto es de esperar ya que entre ellas se encontró una correlación positiva altamente significativa.
33. La madera madura, presenta el ancho de anillos correlacionadas positivamente con capacidad de agua aprovechable, drenaje in-

- terno, porcentaje de nitrógeno del follaje, contenido de arcilla y variables que miden el crecimiento. Además, presenta una correlación positiva alta, con el ancho de anillos de la madera intermedia. Presenta una correlación negativa, con la densidad aparente del suelo y el contenido de arena gruesa.
34. La variación total del ancho de anillos de la madera juvenil, fue explicada en casi un 60% por la densidad aparente del suelo, tanto cuando no se consideraron las variables de clima, como cuando se incluyeron en el análisis de 26 parcelas.
  35. En la madera intermedia, la variación total del ancho de los anillos fue explicada fundamentalmente por el nitrógeno total (53%), sin considerar las variables de clima y por el volumen de poros en un 59%, cuando se incluyeron estas variables.
  36. La variación total del ancho de anillos de la madera madura, fue explicada en su mayor parte por el contenido de arena gruesa y fina, tanto para el caso en que se incluyeron las variables de clima, como para el caso en que estas fueron excluidas.

Es necesario destacar que este estudio ha sido un primer intento por estudiar, en forma extensiva, la variabilidad de las propiedades tecnológicas más importantes del Pinus radiata que crece a lo largo de Chile, y a su vez las variaciones dentro de los rodales. Ambos tipos de variación serán la base para futuras selecciones en programas de mejoramiento genético.

El muestreo realizado sólo en 42 lugares, para una especie que está distribuida a lo largo de 1.000 km, dista mucho de ser ideal y suficiente para conocer con exactitud la variación geográfica real de estas importantes propiedades de la madera y sus relaciones con los factores del ambiente y genéticos de los árboles. Esto implica, que en el futuro, se debería continuar con estudios de esta naturaleza, de modo que se complete la información en zonas intermedias que no abarcó el presente trabajo.

5. BIBLIOGRAFIA.

- BURDON, R.D., and HARRIS, J. 1973. Wood Density in Radiata Pine Clones on Four Different Sites, N.Z. For. Sci., 3 (3): 286-303.
- BURDON, R.D., and HARRIS, J.M. 1976. Preliminary Study of Tracheid Length in Provenances of *Pinus radiata*, New Zealand Forest Service, Forest Research Institute, Genetics and Tree Improvement Report N° 108, 18 pp. (unpublished).
- CONAF. 1977. Plantaciones Forestales Efectuadas por la Corporación Nacional Forestal. Departamento de Silvicultura, Ministerio de Agricultura.
- CONAF. 1978. Plantaciones Forestales Efectuadas por la Corporación Nacional Forestal. Departamento de Silvicultura, Ministerio de Agricultura, 106 pp.
- COWN, D.J. 1973. Effects of Severe Thinning and Pruning Treatment on the Intinsic Wood Properties on Young Radiata Pine. N.Z. For. Sci., 3 (3): 379-89.
- COWN, D.J. 1974 a. Comparison of the Effects of Two Thinning Regimes on Some Wood Properties of Radiata Pine. N.Z. J. For. Sci., 4(3): 540-51.
- COWN, D.J. 1974 b. Physical Properties in Corsican Pine Grown in New Zealand. N.Z. J. For. Sci., 4 (1): 76-93.
- DADSWELL, H.E., NICHOLLS, J.W.P. 1959. Assessment of Wood Qualities for Tree Breeding. Div. of For. Prod. CSIRO, Tech. Paper N° 4, 16 pp.
- DADSWELL, H.E., FIELDING, J.M., NICHOLLS, J.W. and BROWN, A.G. 1961. Tree-to-Tree Variations and the Gross Heritability of Wood Characteristics of *Pinus radiata*. Tappi, 44 (3): 174-9.
- DELMASTRO, R., DIAZ-VAZ, J.E. y SCHLATTER, J.E. 1979. Variabilidad de las Características Tecnológicas Hereditarias de *Pinus radiata* (D.Don): Fase I. Revisión Bibliográfica. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ingeniería Forestal, Serie Técnica, Informe de Convenio N° 2, Proyecto CONAF/PNUD/FAO. 156 pp.

- DELMASTRO, R., DIAZ-VAZ, J.E., SCHLATTER, J.E. 1980. Variabilidad de las Características Tecnológicas Hereditarias del Pinus radiata (D.Don). Revisión Bibliográfica. Proyecto CONAF/PNUD/FAO CHI/76/003. Documento de Trabajo N° 34. 157 pp.
- DELMASTRO, R., DIAZ-VAZ, J.E., SCHLATTER, J.E. 1981. Variabilidad de las Características Tecnológicas Hereditarias de Pinus radiata (D.Don): Informe N° 3. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Serie Técnica, Informe de Convenio N° 43, Proyecto CONAF/PNUD/FAO. 187 pp.
- DIAZ-VAZ, J.E. 1974. Vergleichende Untersuchung der Schwankungen von Tracheidimensionen und Röntgenoptisch Ermittelte Rohdichte innerhalb des Jahrrings. Dissertation Uni. Goettingen, 90 pp.
- DUFFIELD, J.W. 1964. Tracheid Length Variation Patterns in Douglas-Fir and Selection of Extreme Variants. Tappi, 27 (2): 122-4
- ELDRIDGE, K.G. 1962. Improvement of Pinus radiata for Forestry in Gippsland. Appita, 15 (5): 111-5
- GOGGANS, J. 1964. Correlation and Heredability of Certain Wood Properties in Loblolly Pine (Pinus taeda). Tappi, 47 (6): 318-22.
- HARRIS, M.J. 1965 a. A Survey of the Wood Density, Tracheid Length and Latewood Characteristics of Radiata Pine Grown in New Zealand N.Z. For. Serv., Forest Research Institute, Technical Paper N° 47, 31 pp.
- HARRIS, M.J. 1965 b. Enrichment of Radiata Pine Heartwood with Extractives. IUFRO Meeting Sect. 41, N.Z. For. Serv. Repr. N° 334, 17 pp.
- HART, C.A., and HAFLEY, W.L. 1967. Estimation of Wood Fiber Length from Increment Cores. Tappi, 50 (12): 615-8.
- HIGGS, M.L. and RUDMAN, P. 1973. The Effects of Fertilizing and Thinning on Wood Properties of Eucalyptus regnans. Appita, 27 (1): 51-5
- INSTITUTO FORESTAL. 1966. Inventario de las Plantaciones Forestales de la Zona Centro Sur de Chile. Informe Técnico N° 24, Santiago de Chile, 93 pp.
- JENKINS, P.A., HELLMERS, H., EDGE, E.A., ROOK, D.A. and BURDON, R. D. 1977. Influence of Photoperiod on Growth and Wood Formation of Pinus radiata. N.Z. J. For. Sci., 7 (2): 172-91.

- KOCH, P. 1972. Utilization of Southern Pines. USDA., Southern Forest Exp. Sta., Agriculture Handbook N° 420, Vol. I y II, 1663 pp.
- LARSON, P.R. 1962. A Biological Approach to Wood Quality. *Tappi*, 45 (6): 443-8
- LARSON, P.R. 1964. Some Indirect Effects of Environment on Wood Formation. in: Zimmermann: The Formation of Wood in Forest Trees. Academic Press New York, : 345-65.
- LEDIG, F.T., ZOBEL, B.J., and MATTHIAS, M.F. 1975. Geoclimatic Patterns in Specific Gravity and Tracheid Length in Wood of Pitch Pine. *Can. Jour. For. Res.*, 5 (2): 318-29
- MORALES, R. 1968. Variación del Peso Específico y Largo de Traqueidas según Edad y Sitio en Plantaciones de Pinus radiata (D. Don). Tesis, Universidad de Chile, Escuela de Ingeniería Forestal. 58 pp.
- ODEPA. 1968. Unidades de Uso Agrícola de los Suelos de Chile, Entre las Provincias de Aconcagua y Chiloé. Oficina de Planificación Agrícola, Ministerio de Agricultura. 12 pp.
- ORTIZ, M. 1965. Variaciones del Largo de Traqueidas y Peso Específico en Pino insigne. Instituto Forestal, Santiago, Chile. Informe Técnico N° 21: 35-40.
- PAZ, J., CEBALLOS, M.E. 1966. Propiedades Fundamentales del Pinus radiata (D. Don). Proyecto de Investigación CIC N° 2, Informe Final, 60 pp. (mimeo).
- PAZ, J. y MELO, R. 1965. Contribución al Análisis de las Variaciones del Largo de Fibras y Peso Específico en Pino Insigne. Instituto Forestal, Santiago, Chile. Informe Técnico N° 21: 45-9.
- POSEY, C.E., BRIDGWATER, F.E., and BUXTON, J.A. 1969. Natural Variation in Specific Gravity, Fiber Length, and Growth Rate of Eastern Cottonwood in the Southern Great Plains. *Tappi*, 52 (8): 1508-11.
- RESCH, H., ARGANBRIGHT, D.G. 1968. Variation of Specific Gravity Extractives Content, and Tracheid Length in Red-wood Trees. *For. Sci.*, 14 (2): 148-55.

- RICHARDSON, S.D. 1961. A Biological Basic For Sampling in Studies of Wood Properties. *Tappi*, 44 (3): 170-3.
- RICHARDSON, S.D. 1964 a. The External Environment and Tracheid Size in Conifers. Academic Press. Inc., New York, Formation of Wood in Forest Trees, New Zealand Forest Service, Repr. N° 52, 367-87.
- RICHARDSON, S.D. 1964 b. Studies on the Physiology of Xilem Development III-Effects of Temperature, Defoliation and Stem Girdling on Tracheid Size in Conifer Seedlings. *Jour. Inst. Wood Sci.*, (12): 3-11.
- SEIBT, Von G., KNIGGE, W., REEMTSMA, J.B. und ULRICH. 1968. Untersuchungen über den Einfluss Verschiedener Düngungsmassnahmen Auf Ertragleistung, Holzeigenschaften, Nadelanalytische Merkmale und Rodenzustand des Fichtenbestandes im Düngungsversuchung Derrel-Lintzel. *Allg. Forst - u. Jadztg.*, 139 (2): 25-72.
- SMITH, D.M. 1965. Rapid Measurement of Tracheid Cross-Sectional Dimensions of Conifers: Its Application to Specific Gravity Determinations. *For. Prod. J.*, 15 (8): 325-34.
- SMITH, M. and WILSE, C. 1961. Some Anatomical Responses of Loblolly Pine to Soil-Water Deficiencies. *Tappi*, 44 (3): 179-85.
- THORBJORSEN, F. 1961. Variation in Density and Fiber Length in Wood of Yellow Poplar. *Tappi*, 44 (3): 192-5.
- ULLOA, I. 1963. Variación del Largo de Traqueidas y Peso Específico en Relación a su Ubicación en el Tronco del Arbol. *Universidad de Chile, Bol. Téc.* 1, 16 pp.
- VAN BUIJTENEN, J.P., JORANSON, P.N., and Mc LAURIN, D.J. 1961. Pulping Southern Pine Increment Cores By Means of a Small Scale Kraft Procedure. *Tappi*, 44 (3): 166-9.
- WHEELER, E.Y., ZOBEL, B.J. and WEEKS, D.L. 1966. Tracheid Length and Diameter Variation in the Bole of Loblolly Pine. *Tappi*, 49 (1): 484-90.
- ZOBEL, B.J., GOGGANS, J.F., MAKI, T.E., and HENSON, F. 1961. Some Effects of Fertilizer on Wood Properties of Loblolly Pine. *Tappi*, 44 (3): 186-91.



LISTA DE PUBLICACIONES DEL PROYECTO

CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003

- DOCUMENTO TECNICO N° 1. Enero, 1978. 400 p.  
"Bibliografía Forestal de Chile, Retrospectiva 1800-1975".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 1. Junio, 1977.  
B. Husch y E. Jones: "Estado actual de las plantaciones de Pinus radiata en Chile".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 2. Septiembre, 1977. 19 p.  
Bertram Husch: "Política Forestal, su Significado, Formulación y Utilidad".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 3. Octubre, 1977. 128 p.  
"Resumen de Información sobre Proyectos de Investigación Forestal en Chile 1967-1977".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 4. Septiembre, 1977. 62 p.  
Equipo de Trabajo en Inventarios Forestales: "Seminario sobre objetivos de un Inventario Forestal Continuo en Chile".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 5. Febrero, 1978. 48 p.  
Larry Benítez L.: "Recopilación de las Investigaciones realizadas en el país acerca de Plagas y Enfermedades en Pino insignis y Eucaliptus".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 6. Marzo, 1978. 134 p.  
Boris Cerda S.: "Política y Clasificación de la Legislación Forestal Chilena en Actual Vigencia".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 7. Abril, 1978. 85 p.  
Robert Bjornsen: "La Preparación de Ejercicios para el Simulador de Incendios".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 8. Mayo, 1978. 118 p.  
"Bibliografía Forestal de Chile 1975-1977".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 9. Mayo 1978. 48 p.  
Víctor Durán, Carlos Douglas, Gonzalo Espinoza, Charles Jordan:  
"Proposición para la Expansión del Programa Nacional de Capacitación de Obreros Forestales".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 10. Agosto, 1978. 55 p.  
Boris Cerda S., Manuel Délano C.: "Análisis del Sistema de Divulgación de las Publicaciones Forestales Chilenas".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 11. Noviembre, 1978.  
Rowland Burdon: "Mejoramiento Genético Forestal en Chile".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 12. Noviembre, 1978. 94 p.  
Gara, Robert I.: "Protección Forestal en Chile: Proposición de un Plan Nacional".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 13. Octubre, 1978. 55 p.  
Equipo de Trabajo en Investigaciones Forestales: "El Rol del Estado en la Investigación Forestal. (El caso de Chile)".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 14. Diciembre, 1978. 36 p.  
Fenton, Robert: "Un Programa de Investigación para las Plantaciones Chilenas en *Pinus radiata*".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 15. Marzo, 1979. 132 p.  
César Ormazábal P., Boris Cerda S.: "Boletín Bibliográfico Forestal Chileno 1978".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 16. Marzo, 1979. 52 p.  
Andrew G. Gordon: "Uso y Abastecimiento de Semillas Forestales en Chile".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 17. Abril, 1979.  
Fernando Cox Z.: "Diseño y Manual de Instrucciones para el Inventario Forestal Nacional Continuo de Plantaciones Forestales".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 18. Mayo, 1979. 85 p.  
Mauricio Montecinos R., Patricio Argandoña R.: "Legislación Actual Sobre el Patrimonio Forestal del Estado de Chile".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 19. Mayo, 1979. 58 p.  
J.A. Adams: "Fertilización de Plantaciones de *Pinus radiata* en Chile".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 20. Mayo, 1979.  
George Fry: "Propuesta para el Manejo Intensivo de Plantaciones de *Pinus radiata* en Chile".

- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 21. Mayo, 1979. 55 p.  
Fernando Cox Z.: "Antecedentes básicos para el diseño del Sistema de Procesamiento de datos del Inventario Nacional Continuo de Plantaciones Forestales".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 22. Junio, 1979. 81 p.  
Ramiro Morales A., Benjamín Olivares P., Juan Gutiérrez M., y Jaime García S.: "Estado Actual del Manejo de Plantaciones de Pinus radiata D. Don en Chile".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 23. Julio, 1979.  
Goetz Schuerholz: "Proposición para la Administración y el Manejo de los Recursos de Vida Silvestre en Chile".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 24. Julio, 1979.  
Harald Schmidt, Roberto Ipinza, León Vial: "Regeneración de Bosque Nativo de raulí. Estudio Bibliográfico".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 25. Julio, 1979. 191 p.  
Brian L. Houseal S.: "Manual para la Planificación y Diseño de los Parques Nacionales".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 26. Agosto, 1979. 81 p.  
César Ormazábal Pagliotti: "Análisis Crítico de los Estudios de Mercado de Productos del Pinus radiata realizados en Chile".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 27. Agosto, 1979. 81 p.  
Manuel Contreras S., Carmen Luz de la Maza A., Ricardo Merino C., Ramiro Morales A., Patricio Barros F., y Andrés Weintraub P.: "Evaluación Económica de Parques Nacionales".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 28. Septiembre, 1979. 40 p.  
Fernando Garrido, Manuel Ibarra, Jacqueline Steinmetz y Jorge Serón: "Variación de Poblaciones Naturales de Raulí (Nothofagus alpina (Poepp et Endl) Oerst). Revisión Bibliográfica".
- DOCUMENTOS DE TRABAJO N° 29. Octubre, 1979. 94 p.  
Mario Puente E., Claudio Donoso Z., Rubén Peñaloza W., y Eduardo Morales V.: "Manejo de renovales de raulí (Nothofagus alpina) y roble (Nothofagus obliqua). Identificación y caracterización de renovales de raulí y roble".

- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 30. Noviembre, 1979. 114 p.  
Ramiro Morales A., Andrés Weintraub P., Roland Peters N. y Jaime García: "Modelos de Simulación y Manejo para Plantaciones Forestales. Conceptos y Revisión Bibliográfica".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 31. Enero, 1980. 68 p.  
José A. Prado D., Santiago Barros A., Patricio Rojas V., Daniel Barros R., Antonio Ruston J., Antonio Vita A., y Gabriel Cogollor: "Metodología para la instalación y Análisis de Ensayos de Introducción de Especies".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 32. Abril, 1980. 66 p.  
Mario Puente E., Claudio Donoso Z., Rubén Peñaloza W., Eduardo Morales V.: "Sugerencias para Ensayos de Raleos en el Manejo de Renovales de raulí (Nothofagus alpina) y roble (Nothofagus obliqua)".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 33. Mayo, 1980. 121 p.  
Fernando Cox Z.: "Inventario Forestal Nacional Permanente de Bosque Nativo. Diseño y Manual de Instrucciones".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 34. Julio, 1980. 157 p.  
Roberto Delmastro N., J. Eduardo Díaz-Vaz O., y J. Enrique Schlatter: "Variabilidad de las Características Tecnológicas Hereditarias del Pinus radiata (D. Don). Revisión Bibliográfica".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 35. Noviembre, 1980. 159 p.  
Gonzalo Fernández T.: "Potencial Productivo de Plantaciones de Pinus radiata en las VII, VIII y IX Regiones".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 36. Febrero, 1981. 125 p.  
Ramiro Morales A., Andrés Weintraub P., Benjamín Olivares P., y Roland Peters: "Modelos para el Manejo de Plantaciones de Pino insigne (Pinus radiata D. Don)".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 37. Abril, 1981.  
R. Morales, A. Weintraub, B. Olivares y R. Peters: "Tablas de Producción para plantaciones de Pino insigne".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 38. Mayo, 1981.  
Claudio Donoso: "Tipos Forestales en los Bosques Nativos de Chile".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 39. Mayo, 1981.

Fernando Garrido: "Los Sistemas silviculturales aplicables a los Bosques Nativos Chilenos".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 40. Julio, 1981. 156 p.

Manuel Contreras S., Carmen Luz de la Maza A., Ricardo Merino C., Ramiro Morales A., Patricio Barros F., y Andrés Weintraub P.: "Metodología de Evaluación Económica de Parques Nacionales".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 41. Octubre, 1981. 73 p.

Mario Puente E., Rubén Peñaloza W., Claudio Donoso Z.: "Estudio de raleo y otras técnicas para el manejo de renovales de Raulí".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 42. Noviembre, 1981. 47 p.

Juan Oltremari A., Gonzalo Paredes V., y Pedro Real H.: "Metodología para la reclasificación y redelimitación de Parques Nacionales y Reservas Forestales en Chile".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 43. Junio, 1982. 89 p.

Roberto Delmastro N., Juan Edo. Díaz-Vaz O., y Juan Enrique Schlatter V.: "Variabilidad de las Características Tecnológicas Hereditarias del Pinus radiata (D. Don)".

