

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA**



**RELACION ENTRE FACTORES FISIOGRAFICOS,  
CRECIMIENTO Y DENSIDAD DE RENOVALES DE  
RAULI-ROBLE EN HACIENDA JAUJA,  
IX REGION, CHILE**

**POR**

**JOHN ALEXANDER CRAIG-CHRISTIE ROJAS**


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

**CONCEPCION - CHILE**

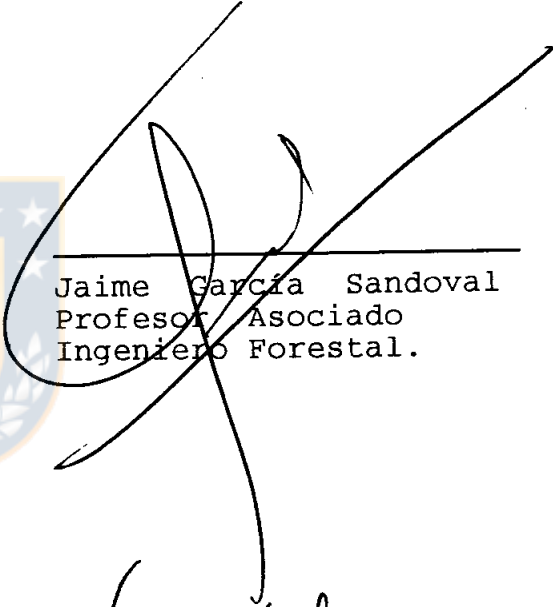
**1 9 9 5**

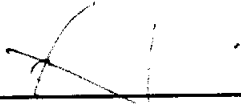
RELACION ENTRE FACTORES FISIOGRAFICOS, CRECIMIENTO  
Y DENSIDAD DE RENOVALES DE RAULI-ROBLE EN HACIENDA  
JAUJA, IX REGION, CHILE.


Profesor Asesor

  
\_\_\_\_\_  
Miguel Espinosa Bancalari  
Profesor Asociado  
Ingeniero Forestal Ph.D.

Profesor Asesor

  
\_\_\_\_\_  
Jaime García Sandoval  
Profesor Asociado  
Ingeniero Forestal.

  
\_\_\_\_\_  
Miguel Espinosa Bancalari  
Profesor Asociado  
Ingeniero Forestal Ph.D.  
Director Departamento  
Silvicultura.

  
\_\_\_\_\_  
Jaime Millán Herrera  
Profesor Titular  
Ingeniero Forestal Dr.  
Decano Facultad de  
Ciencias Forestales.



## AGRADECIMIENTOS

El autor desea manifestar sus agradecimientos a las siguientes personas:

Profesor Miguel Espinosa Bancalari, por su indispensable aporte profesional, su paciente colaboración y permanente incentivo.

Profesor Jaime García Sandoval, por su valiosa entrega de conocimientos y experiencia, esenciales para la conclusión de este trabajo.

y a la empresa propietaria del predio Jauja, Forestal Mininco S.A., quienes proporcionaron la información necesaria para la realización de esta memoria de título.

DEDICATORIAS

A JAVIERA, MI AMADA HIJA.



## INDICE DE MATERIAS

CAPITULO		PAGINA
I	INTRODUCCION.....	1
II	REVISION BIBLIOGRAFICA.....	4
	2.1 Sitio.....	4
	2.2 Fisiografía.....	5
	2.3 Renovales de Raulí-Roble.....	10
III	MATERIALES Y METODOS.....	13
	3.1 Descripción del área de estudio..	13
	3.1.1 Accesos.....	13
	3.1.2 Clasificación climática.....	13
	3.1.3 Clasificación de suelos.....	13
	3.2 Descripción de los renovales en estudio.....	14
	3.3 Metodología.....	15
	3.3.1 Definición de variables.....	15
	3.3.2 Segregación de la información....	16
	3.3.3 Distribución del diámetro medio cuadrático promedio.....	19
	3.3.4 Análisis estadístico.....	19
IV	RESULTADOS Y DISCUSION.....	22
	4.1 Distribución del diámetro medio cuadrático promedio.....	22
	4.1.1 Exposición.....	22

CAPITULO	PAGINA
4.1.2	Altitud..... 24
4.2	Resultados de análisis estadísticos para la variable Altitud.... 30
4.2.1	Comportamiento del tipo forestal Raulí-Roble con la variable Altitud..... 30
4.2.2	Comportamiento del tipo forestal Raulí con la variable Altitud..... 32
4.2.3	Comportamiento del tipo forestal Roble con la variable Altitud..... 33
4.2.4	Comportamiento del tipo forestal Otras especies con la variable Altitud..... 36
4.3	Resultados de análisis estadísticos para la variable Exposición... 38
4.3.1	Comportamiento del tipo forestal Raulí-Roble con la variable Exposición..... 38
4.3.2	Comportamiento del tipo forestal Raulí con la variable Exposición.. 40
4.3.3	Comportamiento del tipo forestal Roble con la variable Exposición.. 42
4.3.4	Comportamiento del tipo forestal Otras especies con la variable Exposición..... 44

CAPITULO	PAGINA
4.4	Resultados de análisis estadísticos para la variable Pendiente.. 46
4.4.1	Comportamiento del tipo forestal Raulí-Roble con la variable Pendiente..... 46
4.4.2	Comportamiento del tipo forestal Raulí con la variable Pendiente... 47
4.4.3	Comportamiento del tipo forestal Roble con la variable Pendiente... 49
4.4.4	Comportamiento del tipo forestal Otras especies con la variable Pendiente..... 50
4.5	Resultados de análisis estadísticos para la variable Posición en la pendiente..... 52
4.5.1	Comportamiento del tipo forestal Raulí-Roble con la variable Posición en la pendiente..... 52
4.5.2	Comportamiento del tipo forestal Raulí con la variable Posición en la pendiente..... 53
4.5.3	Comportamiento del tipo forestal Roble con la variable Posición en la pendiente..... 54
4.5.4	Comportamiento del tipo forestal

CAPITULO	PAGINA
	Otras especies con la variable
	Posición en la pendiente..... 56
4.6	Análisis de regresión múltiple.... 58
V	CONCLUSIONES..... 61
VI	RESUMEN..... 63
	SUMMARY..... 64
VII	BIBLIOGRAFIA..... 65
VIII	APENDICE..... 70





## INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
	<u>En el texto</u>	
1	Número de parcelas por variable fisiográfica y por rangos.....	18
2	Resultados de análisis de varianza para la variable Altitud y tipo forestal Raulí-Roble.....	31
3	Resultados de análisis de varianza para la variable Altitud y tipo forestal Raulí.....	33
4	Resultados de análisis de varianza para la variable Altitud y tipo forestal Roble.....	35
5	Resultados de análisis de varianza para la variable Altitud y tipo forestal Otras especies.....	38
6	Resultados de análisis de varianza para la variable Exposición y tipo forestal Raulí-Roble.....	39
7	Resultados de análisis de varianza para la variable Exposición y tipo forestal Raulí.....	41
8	Resultados de análisis de varianza para la variable Exposición y tipo forestal	

	<u>En el texto</u>	
	Roble.....	43
9	Resultados de análisis de varianza para la variable Exposición y tipo forestal	
	Otras especies.....	46
10	Resultados de análisis de varianza para la variable Pendiente y tipo forestal	
	Raulí-Roble.....	48
11	Resultados de análisis de varianza para la variable Pendiente y tipo forestal	
	Raulí.....	48
12	Resultados de análisis de varianza para la variable Pendiente y tipo forestal	
	Roble.....	50
13	Resultados de análisis de varianza para la variable Pendiente y tipo forestal	
	Otras especies.....	52
14	Resultados de análisis de varianza para la variable Posición en la pendiente y tipo forestal Raulí-Roble.....	53
15	Resultados de análisis de varianza para la variable Posición en la pendiente y tipo forestal Raulí.....	54
16	Resultados de análisis de varianza para la variable Posición en la pendiente y	

En el texto

	tipo forestal Roble.....	56
17	Resultados de análisis de varianza para la variable Posición en la pendiente y tipo forestal Otras especies.....	58
18	Resumen de resultados del análisis de regresión múltiple.....	59

En el apéndice

1A	Formulario tipo de ordenamiento de la información.....	70
2A	Resumen de resultados de análisis de Varianza.....	70
3A	Resumen de resultados de prueba Tukey....	71
4A	Distribución de frecuencias del número de parcelas por clase diamétrica para tipo forestal Raulí-Roble y variable Exposición.....	72
5A	Distribución de frecuencias del número de parcelas por clase diamétrica para tipo forestal Raulí y variable Exposición.....	73
6A	Distribución de frecuencias del número de parcelas por clase diamétrica para tipo forestal Roble y variable	

	<u>En el apéndice</u>	
	Exposición.....	74
7A	Distribución de frecuencias del número de parcelas por clase diamétrica para tipo forestal Raulí-Roble y variable Altitud.....	75
8A	Distribución de frecuencias del número de parcelas por clase diamétrica para tipo forestal Raulí y variable Altitud...	76
9A	Distribución de frecuencias del número de parcelas por clase diamétrica para tipo forestal Roble y variable Altitud...	77
10A	Matriz de correlación entre variables de rodal y fisiográficas.....	78
11A	Ecuaciones resultantes del análisis de regresión múltiple.....	79

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PAGINA
	<u>En el texto</u>	
1	Frecuencia relativa del número de parcelas por clase diamétrica para tipo forestal Raulí-Roble y variable Exposición.....	23
2	Frecuencia relativa del número de parcelas por clase diamétrica para tipo forestal Raulí y variable Exposición.....	25
3	Frecuencia relativa del número de parcelas por clase diamétrica para tipo forestal Roble y variable Exposición.....	26
4	Frecuencia relativa del número de parcelas por clase diamétrica para tipo forestal Raulí-Roble y variable Altitud.....	27
5	Frecuencia relativa del número de parcelas por clase diamétrica para tipo forestal Raulí y variable Altitud.....	28
6	Frecuencia relativa del número de parcelas por clase diamétrica para tipo forestal Roble y variable Altitud.....	29
7	Variables de rodal del tipo forestal Raulí expresadas en valores porcentuales promedios, correspondientes a Altitud.....	34
8	Variables de rodal del tipo forestal Roble expresadas en valores porcentuales promedios, correspondientes a Altitud.....	37
9	Variables de rodal del tipo forestal Raulí expresadas en valores porcentuales promedios, correspondientes a Exposición.....	42

En el texto

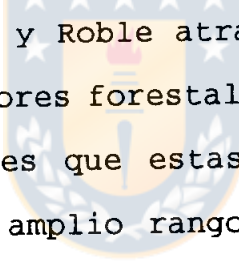
10	Variables de rodal del tipo forestal Roble expresadas en valores porcentuales promedios, correspondientes a Exposición.....	45
11	Variables de rodal del tipo forestal Raulí expresadas en valores porcentuales promedios, correspondientes a Pendiente.....	49
12	Variables de rodal del tipo forestal Roble expresadas en valores porcentuales promedios, correspondientes a Pendiente.....	51
13	Variables de rodal del tipo forestal Raulí expresadas en valores porcentuales promedios, correspondientes a Posición en la pendiente.....	55
14	Variables de rodal del tipo forestal Roble expresadas en valores porcentuales promedios, correspondientes a Posición en la pendiente.....	57

En el apéndice

1A	Obtención de la información fisiográfica de las variables Altitud y Pendiente.....	80
2A	Obtención de la información fisiográfica de la variable Exposición.....	81
3A	Obtención de la información fisiográfica de la variable Posición en la pendiente.....	82

## I. INTRODUCCION

Ante la escasez de bosques nativos adultos en condiciones productivas (Puente et al. 1979), los renovales han surgido en el país como una alternativa de producción futura de maderas nobles, en especial, aquellos en que participan las diversas especies de *Nothofagus* que crecen en el territorio nacional.



Los renovales de Raulí y Roble atraen la mayor atención de parte de los investigadores forestales, lo que se explica por las numerosas cualidades que estas especies poseen. Entre ellas se destacan: un amplio rango de distribución que va desde 35° a 41° de latitud sur, y de 100 a 1200 m s.n.m. en altitud, una tasa de crecimiento relativamente rápida, la importante superficie que ambas especies ocupan a lo largo de su distribución y las excelentes propiedades de su madera por lo que son altamente cotizadas en el mercado internacional (Wadsworth, 1976).

El ambiente ecológico en que crecen los renovales de Raulí y Roble es generalmente montañoso y de topografía abrupta, rasgo que da lugar a la existencia de microhábitats que por

su diversidad hacen más compleja y variadas las condiciones del sitio.

La necesidad de desentrañar e interpretar aquellos factores y leyes naturales que rigen el crecimiento de los árboles en este ambiente, sugiere que el esfuerzo en la investigación debe ser orientado a la obtención de conocimientos que pudiendo ser empleados como elementos del manejo forestal, a su vez permitan conciliar la explotación económica del bosque con el cumplimiento de su función de protección de los recursos agua, suelo y vida silvestre. Todo esto teniendo presente el deber superior de mantener el patrimonio actual del bosque nativo, mejorar su calidad, y en lo posible incrementar su superficie, de tal forma que éste trascienda a las futuras generaciones sin perder su potencial productivo.

Dentro de este contexto de búsqueda de respuestas, el presente tema de tesis analiza la relación existente entre algunos factores fisiográficos y el crecimiento de renovales de Raulí y Roble en el predio Jauja, de propiedad de Forestal Mininco S.A.

Los objetivos de este estudio son los siguientes:

- Analizar el efecto de las variables fisiográficas altitud,



exposición, pendiente, y posición en la pendiente, sobre el crecimiento y densidad de los renovales de Raulí y Roble.

- Identificar las variables fisiográficas y las combinaciones entre ellas que representen las mejores condiciones de crecimiento y desarrollo para las especies en estudio.

- Analizar la relación lineal entre los factores fisiográficos y el crecimiento de los renovales de Raulí y Roble.



## II. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Sitio

El sitio forestal se puede definir como un área de tierra y los factores climáticos, edáficos y bióticos que constituyen su medioambiente y que en conjunto determinan la capacidad para desarrollar árboles forestales u otro tipo de vegetación (Donoso, 1990; Daniel et al. 1982).

Pritchett (1979), sostiene que la reproducción, sobrevivencia y crecimiento de los árboles sobre un sitio particular, representa una respuesta integrada a un complejo de muchas fluctuaciones e interacciones entre los factores medioambientales. La capacidad de las especies forestales para desarrollarse y competir exitosamente por un sitio es influida por factores internos (fisiológicos) y externos (ambientales). La integración de estas propiedades combinadas determinan la productividad forestal.

Según Pritchett (1979), los factores del sitio que influyen en la productividad pueden ser convenientemente agrupados en bióticos y abióticos. Algunos componentes bióticos de particular importancia son: densidad del rodal, variabilidad genética del rodal, vegetación competitiva, enfermedades y

daños de insectos. Los factores abióticos del medioambiente que afectan el crecimiento de los árboles, pueden ser agrupados dentro de: clima, fisiografía y suelo.

La influencia de los factores abióticos en el crecimiento de los árboles es razonablemente medida por métodos de índice de sitio o por métodos indirectos, en tanto los factores biológicos son difíciles de identificar y cuantificar.

## 2.2 Fisiografía

La influencia de variables fisiográficas sobre la productividad del bosque ha sido más ampliamente reconocida que los otros componentes del sitio. La topografía ejerce su efecto sobre el crecimiento a través de una modificación local del clima y variables edáficas, particularmente humedad, luz y regímenes de temperatura (Prittchett, 1979; Donoso, 1993).

Asociaciones entre calidad de sitio y fisiografía pueden ser evaluadas en términos de características topográficas medibles, tales como altitud, exposición y pendiente, o como categorías discretas de posiciones topográficas tales como: cimas, laderas, concavidades y hondonadas (Pritchett, 1979).

Al respecto, Wilde (1958), señala que los suelos forestados

en topografías onduladas o montañosas proporcionan una muy buena ilustración de los efectos de los tres mayores factores edáficos: agua, oxigenación y nutrientes. Respecto de la posición en que crecen los árboles sobre la ladera, este autor sostiene que los suelos de las cumbres de las montañas, reciben mayor oxigenación, menor cantidad de agua de lluvias y están sujetos a denudación, lo que hace disminuir la cantidad de nutrientes disponibles y en consecuencia sustenta rodales de baja tasa de crecimiento.

Por el contrario, los suelos de la parte baja de la pendiente reciben torrentes de agua y fertilización en forma de coloides, humus y sales solubles, producto de la erosión mineral. Como resultado de este enriquecimiento del suelo, los rodales incrementan su crecimiento en altura, pero a medida que se desciende a una depresión, el agua se acumula en exceso y el crecimiento cae abruptamente como consecuencia de una disminución de la oxigenación (Wilde, 1958).

Un planteamiento similar sostienen Daniel et al. (1982), al afirmar que la pendiente y la posición en la pendiente influyen sobre las propiedades físicas del suelo. Los suelos son más jóvenes en las pendientes superiores debido al proceso de erosión natural y, cuando más inclinada es la pendiente, mayor es la tasa de erosión. La topografía

también influye sobre las propiedades del suelo: por ejemplo la precipitación pluvial aumenta generalmente al aumentar la altitud, junto con algunos otros cambios en el macro clima total bajo el cual se está formando el suelo.

Peralta (1975) citado por Donoso (1990), señala que: "la exposición tiene un papel decisivo en la formación de ciertos tipos de suelos en la región sur de Chile, observándose en general que los suelos en laderas de exposición norte, son más delgados e inestables producto de una erosión acelerada. En tanto los suelos más profundos se encuentran en exposición sur". Sin embargo, en estudios realizados en Malleco (Deus, 1982) y Cautín (Castillo, 1983), se determinó que con la altitud y la exposición los suelos no presentan variabilidad que pueda afectar al desarrollo de la vegetación.

En las localidades montañosas, es común encontrar fenómenos de inversión térmica, -en general la temperatura aumenta en vez de disminuir con la altitud- en riscos y faldeos superiores el aire se enfría rápidamente durante las noches, como es más pesado que el aire tibio que se encuentra a menor altura, baja por las laderas como un río, y llega al fondo de los valles cordilleranos introduciéndose como una cuña por debajo del aire tibio empujándolo hacia arriba (Donoso, 1990).

En áreas montañosas, también es frecuente encontrar hondonadas y depresiones en que el aire frío producido por estas inversiones de temperatura se acumula, formando lo que se conoce como bolsones de frío. En ellos se producen heladas tardías de primavera y tempranas de otoño, lo que incide en estaciones de crecimiento más cortas (Donoso, 1990). Según este autor, la topografía ejerce influencia sobre el clima produciendo microclimas que se manifiestan especialmente en variaciones de temperatura, de precipitación y en la vegetación. Por ejemplo, en Chile y particularmente en la región mediterránea, las laderas de exposición norte de los cerros son pronunciadamente más iluminadas y calientes que las de exposición sur, las que a su vez serán más húmedas y frías. Esto influye en la vegetación que es más densa y de distinta composición en las exposiciones sur, con lo cual se modifican las relaciones de humedad (percolación y escurrimiento) y la erosión del suelo.

Los efectos de la exposición van a estar influidos por la pendiente que tenga la ladera, ya que la radiación solar alcanza su máxima efectividad cuando llega a una superficie en ángulo recto, de esta forma, pendiente y exposición influyen en la distribución de la vegetación en las regiones montañosas debido a las variaciones de temperatura y por consiguiente de humedad (Donoso, 1990).

En relación al efecto o influencia de la exposición sobre la vegetación, Puente et al. (1979), caracterizan los renovales de Raulí y Roble de las provincias de Malleco, Cautín y Valdivia, de la siguiente manera:

Exposición Norte. Roble y Raulí se desplazan hacia mayores altitudes debido a temperaturas mayores. Las especies tolerantes a la luz y Coigue, pierden participación, beneficiándose Raulí y Roble.

Exposición Oeste. Muy similar a exposición Norte, en cuanto a temperatura, pero en relación a humedad, por efecto de aproximación y biombo climático se asemeja más a exposición Sur.

Exposición Sur. En esta exposición hay un efecto de menor temperatura que incide en la distribución altitudinal. Las especies predominantes se caracterizan por su mayor adaptación a la humedad, como son las especies tolerantes y Coigue. Raulí y Roble tienen importancia relativamente menor.

Exposición Este. Esta exposición se caracteriza por presentar bajas temperaturas, lo que puede determinar una disminución del número de individuos de diámetros mayores con respecto a otras exposiciones.

### 2.3 Renovales de Raulí-Roble

La clasificación del bosque nativo Chileno (Instituto Forestal, 1967, citado por Puente et al. 1979), define a los renovales de Raulí-Roble como rodales inmaduros en los cuales Roble o Raulí en conjunto o separadamente, constituyen las especies predominantes. Como especies asociadas a estos renovales se mencionan a Coigue, Lingue, Laurel y Avellano. Esta formación pertenece al tipo forestal Roble-Raulí-Coigue.

Según Donoso (1981), se trata de un tipo forestal de alto interés económico que no existía originalmente en Chile, sino que se ha formado debido a la acción alteradora del hombre a través de la tala masiva y de los incendios para transformar áreas boscosas para la agricultura y ganadería.

La superficie ocupada por bosques de segundo crecimiento a nivel nacional asciende a 336.668 ha, dentro de las cuales 151.299 ha son de Raulí-Roble y 107.891 ha no clasificadas (De camino et al. 1974; citados por Puente et al. 1979). Esta superficie se distribuye en un amplio rango latitudinal que va desde 35° hasta 41° latitud Sur, y desde 100 hasta 1200 m s.n.m. de altitud (Puente et al. 1979).

En la topografía montañosa que caracteriza el hábitat de Raulí-Roble en la Cordillera de los Andes, Roble aparece como



más termófilo que Raulí, sin embargo crece con frecuencia en sitios planos o de escasa pendiente en las cuales está sometido a heladas. Raulí en cambio crece normalmente en pendientes, si bien las temperaturas del día son algo más bajas, el efecto de las fajas cálidas en las pendientes medias, producidas por efecto de la inversión térmica durante la noche, disminuye la ocurrencia de heladas (Weinberg 1973, citado por puente et al. 1979).

Las especies adaptadas a condiciones de temperaturas más cálidas van a ser capaces de desarrollarse hasta mayores altitudes en las laderas de exposición Norte, en tanto que las especies propias de áreas húmedas y frías van a tener límites altitudinales más altos en exposición Sur (Donoso, 1990).

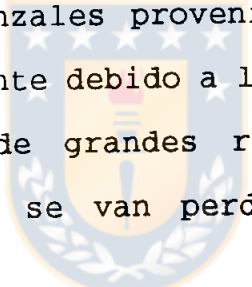
La altitud tiene una relación directa y demostrada en la presencia relativa de Raulí-Roble. Las mayores densidades totales y de ambas especies, ocurren en promedio entre 600 y 1000 m s.n.m. con especial participación de la especie Raulí, así como bajo los 600 m s.n.m. la mayor participación la representa Roble (Puente et al. 1979).

En relación con el origen de estas especies, Puente et al. (1979), sostienen que los renovales de monte alto tienden a

ser más densos que los de monte bajo, tal como los de monte medio mantienen una densidad intermedia.

Las características de origen y composición dependerán de la condición original de los bosques, del tipo y frecuencia de la intervención ejercida en el pasado sobre ellos y de factores de azar.

Al respecto Hawly y Smith (1972), señalan que los individuos originados por rebrote se desarrollan mucho más rápido al principio que los brinzales provenientes de semilla de la misma edad, probablemente debido a la herencia de un sistema radicular extenso y de grandes reservas de hidratos de carbono, ventajas que se van perdiendo en las sucesivas rotaciones.



### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Accesos. El predio Jauja, propiedad de Forestal Mininco S.A., se encuentran en la precordillera Andina, novena región, Provincia de Malleco. Tiene acceso por el camino a los Guindos, Reserva Nacional Malleco, a través de un recorrido de 60 Km desde Collipulli.

3.1.2 Clasificación climática. De acuerdo a la clasificación climática de Fuenzalida (Chile, 1966), el clima de la zona de estudio, corresponde al templado cálido con estación seca y lluviosa semejantes (CsB2).

Datos de temperatura y precipitación registrados en la estación meteorológica del fundo Jauja, indican que la temperatura media del mes más frío es de 8.4°C y la del mes más cálido 11.3°C, con una mínima absoluta de -3.0 °C y una máxima absoluta de 33.0 °C. La precipitación anual promedio de los últimos 10 años asciende a 2500 mm.

3.1.3 Clasificación de suelos. Fuenzalida (Chile, 1966), clasifica los suelos de la zona de estudio como pardo

forestales, donde la abundante nieve en invierno y los veranos secos, determinan un desarrollo neutro con un horizonte A poco desarrollado.

Estos suelos presentan un desarrollo discontinuo, y es frecuente encontrarlos ocultos por depósitos recientes derivados del desplazamiento del regolito.

La topografía del área es del tipo montañoso con pendientes abruptas, características de la precordillera Andina. Toro (1987), sostiene que estos suelos a pesar de tener un origen similar a partir de cenizas volcánicas recientes, las diferencias en topografía han permitido el desarrollo de suelos diferentes.

### 3.2 Descripción general de los renovales en estudio

Los renovales objeto de este estudio están compuestos principalmente por las especies Raulí y Roble, y como especies asociadas de menor importancia participan Coigue, Lingue, Laurel y Avellano. Abarcan una superficie de 1970 ha, y se dispersan en un rango altitudinal de 300 a 1130 m s.n.m.

Estos renovales presentan en general una estructura típica de rodales coetáneos mixtos, compuestos por especies de distinto grado de tolerancia a la sombra (Espinosa 1990).

Aparentemente no han sufrido intervenciones recientes, aunque se tiene antecedentes, según conversación con lugareños antiguos, que el bosque original, en más de una oportunidad fue explotado, quemado y posteriormente sembrado con trigo.

### 3.3 Metodología

La información básica para la realización de esta memoria de título, fue proporcionada por la empresa propietaria de los predios estudiados, la que consistió en un inventario forestal efectuado el año 1987 y la cartografía del área de estudio.

3.3.1 Definición de variables. Entre las variables dependientes se consideró a las siguientes: Área basal por hectárea (AB), Número de árboles por hectárea (N/ha) y Diámetro medio cuadrático (DMC).

Como variables independientes se incluyó a los factores fisiográficos Altitud, Exposición, Pendiente y Posición en la pendiente.

Se diferenciaron cuatro tipos forestales, los que se definieron en función del área basal, según proposición de Núñez y Peñaloza (1986):

Tipo Raulí: al menos el 70% del área basal total de la parcela corresponde a Raulí.

Tipo Raulí-Roble: Raulí y Roble participan con más del 50% del área basal total de la parcela, sin que ninguno de los dos alcance el 70%.

Tipo Roble: al menos el 70% del área basal total de la parcela corresponde a Roble.

Tipo Otras: Raulí y Roble participan con menos del 50% del área basal total de la parcela. El tipo Otras incluye especies tolerantes como Lingue, Laurel, Avellano, además de Coigue con muy baja participación.

3.3.2 Segregación de la información. La información fisiográfica correspondiente a las variables Altitud, Exposición, Pendiente y Posición en la pendiente, de cada una de las 364 parcelas que contempló el inventario, fue obtenida de la cartografía correspondiente a ambos predios. Se utilizó planos topográficos restituidos escala 1:20.000 con una equidistancia de 10 m entre curvas de nivel.

Para la variable Posición en la pendiente, se eliminó un total de once parcelas debido a la imposibilidad de obtener

su información desde la cartografía.

Cada variable fisiográfica fue subdividida en un número conveniente de rangos; es así como la variable Altitud, que se distribuye entre los 300 y 1200 m s.n.m., se subdividió en cinco rangos de 200 m de amplitud, sin embargo se eliminaron los rangos 300-500 y 1100-1300 m s.n.m. por constituir una muestra demasiado pequeña (apéndice, figura 1A).

La Pendiente, también obtenida de planos restituidos, fue subdividida en tres rangos: 0-25%; 25-50% y mayor a 50% (apéndice, figura 1A).

La Exposición fue extraída para cada parcela en forma de acimut (0-360°), por medio de una brújula orientada en sentido perpendicular a las curvas de nivel en el punto de máxima pendiente, la que posteriormente fue subdividida en cuatro rangos: 315-45°; 45-135°; 135-225° y 225-315°, representando así las exposiciones Norte, Este, Sur y Oeste, respectivamente (apéndice, figura 2A).

La Posición en la pendiente (apéndice, figura 3A), al igual que la variable Exposición, fue transformada a variable cuantitativa expresándola como porcentaje de la longitud total de la ladera, medida desde la cima hasta la posición de

la parcela, según metodología de Brown y Stires (1984). Posteriormente se dividió en cuatro rangos: 0-25%; 25-50%; 50-75% y 75-100%.

La tabla 1, muestra un resumen del total de parcelas que contiene cada variable fisiográfica y cada uno de sus rangos.

TABLA 1. NUMERO DE PARCELAS POR VARIABLE FISIOGRAFICA Y POR RANGOS.

Variable	Rango	N° Parcelas	Total
Altitud (m s.n.m.)	500-700	55	357
	700-900	143	
	900-1100	159	
Exposición	N	147	364
	E	27	
	S	86	
	O	104	
Pendiente (grados)	0-25	200	364
	25-50	113	
	>50	51	
Posición en la pendiente (%)	0-25	55	353
	25-50	76	
	50-75	104	
	75-100	118	

La información correspondiente a las variables de rodal obtenida del inventario, se separó por tipo forestal y por parcela. Posteriormente fue dispuesta en formularios tipo (apéndice, tabla 1A), donde previamente se ordenaron las parcelas de acuerdo al rango de la variable fisiográfica a



que pertenecían.

### 3.3.3 Distribución del diámetro medio cuadrático promedio.

Debido a la imposibilidad de construir tablas de rodal por no contar con la información de terreno para cada parcela, no fue factible desarrollar análisis de distribución diamétrica. La necesidad de conocer cuáles son las clases de diámetro existentes y cómo se distribuyen a través de las variables fisiográficas, motivó la construcción de tablas y gráficos de frecuencia relativa del número de parcelas por clase diamétrica. Para esto se utilizó los diámetros promedios (DMC) de cada parcela.

### 3.3.4 Análisis estadístico.

Dado que se tienen cuatro variables fisiográficas, tres variables de rodal y cuatro tipos forestales, se obtienen 48 combinaciones entre ellos (apéndice, tabla 2A).

Para cada combinación, variable fisiográfica-variable de rodal-tipo forestal, se docimó la homogeneidad de varianzas en base a la prueba de Bartlett (Freese, 1970). En aquellas combinaciones cuyas varianzas resultaron ser heterogéneas, se efectuaron distintos tipos de transformación de variables hasta obtener la homogeneidad (Scheffler, 1981), las que son indicadas al pie de cada tabla cuando corresponde.

Posteriormente, y con el fin de determinar si existían diferencias significativas en el crecimiento y densidad de los distintos rangos de cada variable fisiográfica, se realizó un análisis de varianza. Para aquellos casos en que se detectaron diferencias significativas ( $p=0.05$ ), se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, con la finalidad de conocer entre cuáles rangos se producían estas diferencias (Scheffler, 1981; Li, 1982).

Un segundo análisis estadístico consistió en el ajuste de regresiones múltiples entre variables fisiográficas como independientes y variables de rodal como dependientes. Esto se hizo para las doce combinaciones entre las tres variables de rodal y los cuatro tipos forestales, para determinar si existía o no alguna relación lineal entre las variables fisiográficas y de rodal estudiadas. Se probó el modelo de tipo lineal (Freese, 1970; Snedecor, 1981):

$$Y = a + bX_1 + bX_2 + bX_3 + bX_4$$

Donde  $X_1$  es Altitud,  $X_2$  Exposición,  $X_3$  Pendiente y  $X_4$  Posición en la Pendiente. La variable dependiente  $Y$ , tomó los valores de AB, N/ha y DMC, para cada tipo forestal.

Con cada una de las combinaciones variable fisiográfica-variable de rodal-tipo forestal, se determinó el grado de

correlación lineal entre variables dependientes e independientes (apéndice, tabla 9A).

Los análisis estadísticos mencionados, se hicieron en base a la información obtenida de 353 parcelas, y fueron procesados a través de los programas computacionales Lotus y Systat.

La inclusión en el análisis de regresión de variables fisiográficas como únicas variables explicativas del crecimiento y densidad de las especies estudiadas, responde a lo señalado por Pritchett (1979) y Donoso (1990), en relación a que al emplear sólo variables fisiográficas, probablemente se esté incluyendo en forma indirecta otras variables que son afectadas directamente por la fisiografía, como es el caso de microclima y suelo.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

##### 4.1 Distribución del diámetro medio cuadrático promedio

Las tablas y gráficos de frecuencia relativa desarrollados, permiten conocer cuáles son las clases diamétricas existentes y cómo se comportan en las distintas situaciones fisiográficas estudiadas.

4.1.1 Exposición. Las tablas (en apéndice) 3A, 4A, y 5A, muestran las clases diamétricas presentes en cada exposición para el tipo forestal Raulí-Roble y para los tipos Raulí y Roble en forma separada. En estas tablas también se puede apreciar el número y el porcentaje de parcelas en que se encuentra presente cada tipo. Esta información da origen a las figuras 1,2 y 3. Del análisis comparativo de estas figuras, se puede obtener información sobre las clases diamétricas que participan en las distintas exposiciones, y cómo se distribuyen las parcelas entre ellas. Producto de este análisis, se pueden distinguir las siguientes situaciones:

-En las exposiciones Norte, Sur y Oeste, la mayor frecuencia de parcelas del tipo forestal Raulí-Roble se concentra en la clase diamétrica 15-20 cm. En la exposición Este en cambio,

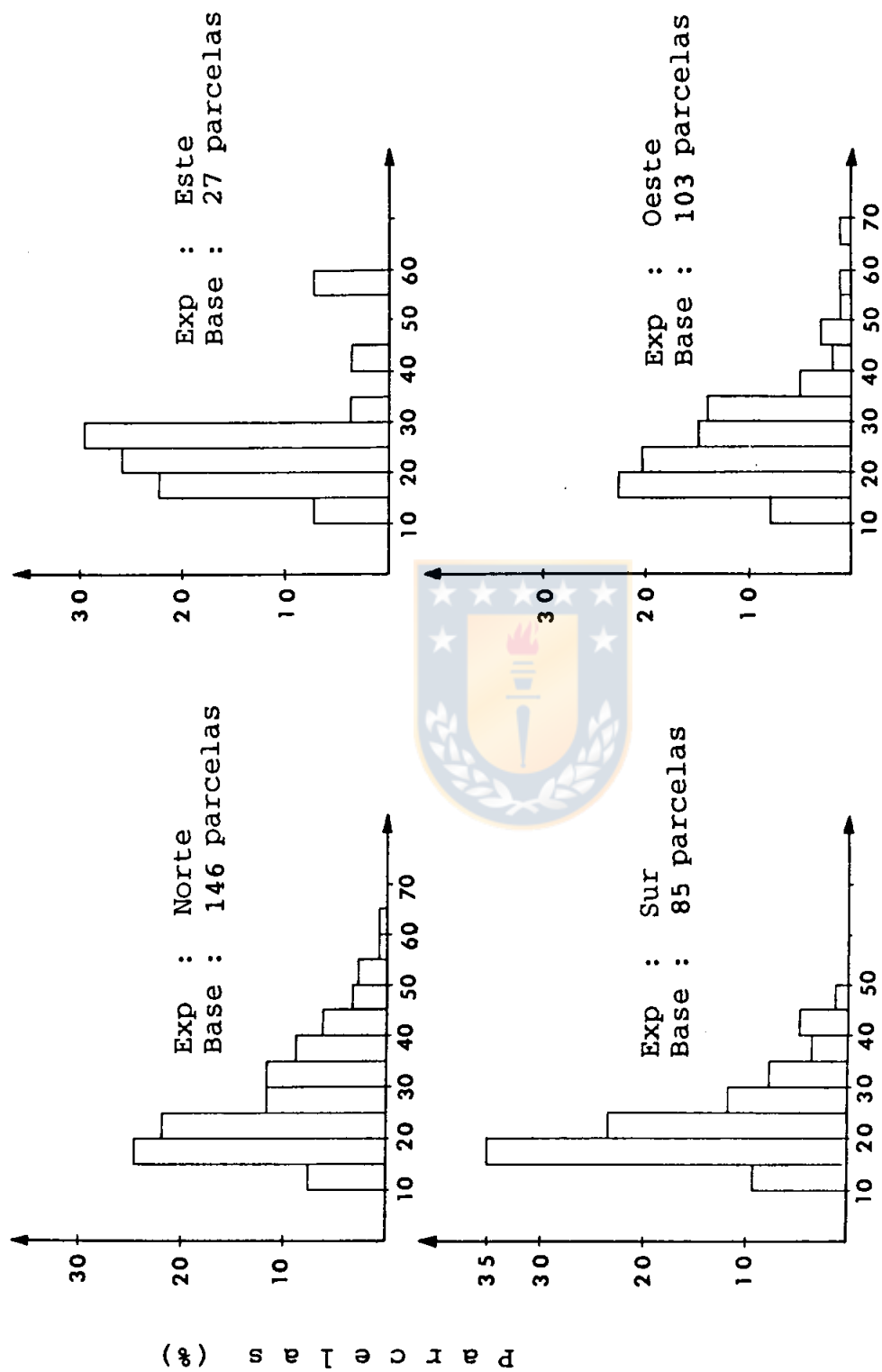


FIGURA 1. Frecuencia relativa del número de parcelas por clase diamétrica para tipo forestal Raulí-Roble y variable Exposición.

mayor frecuencia se desplaza hacia la clase diamétrica 25-30 cm (figura 1).

-El tipo Raulí presenta una distribución cercana a la normal en las exposiciones Norte y Oeste (figura 2).

-Raulí no presenta diámetros superiores a 50 cm en ninguna exposición y existen menos clases diamétricas en las exposiciones más frías y húmedas como son Sur y Este (figura 2).

-Roble presenta clases diamétricas mayores en exposiciones Norte y Oeste (figura 3), donde se pueden encontrar diámetros de hasta 90 cm. Estas exposiciones son, según Puente et al. (1979) y Donoso (1978a), las que mejor se ajustan a los requerimientos de esta especie.

4.1.2 Altitud. Las tablas (en apéndice) 6A, 7A y 8A, muestran las clases diamétricas (DMC) existentes para los tipos forestales Raulí-Roble, Raulí, Roble y cómo se distribuyen las parcelas a través de ellas en los distintos rangos altitudinales. Estas tablas dan origen a las figuras 4, 5 y 6 respectivamente.

Del análisis de estas tres figuras se observan las situaciones siguientes:

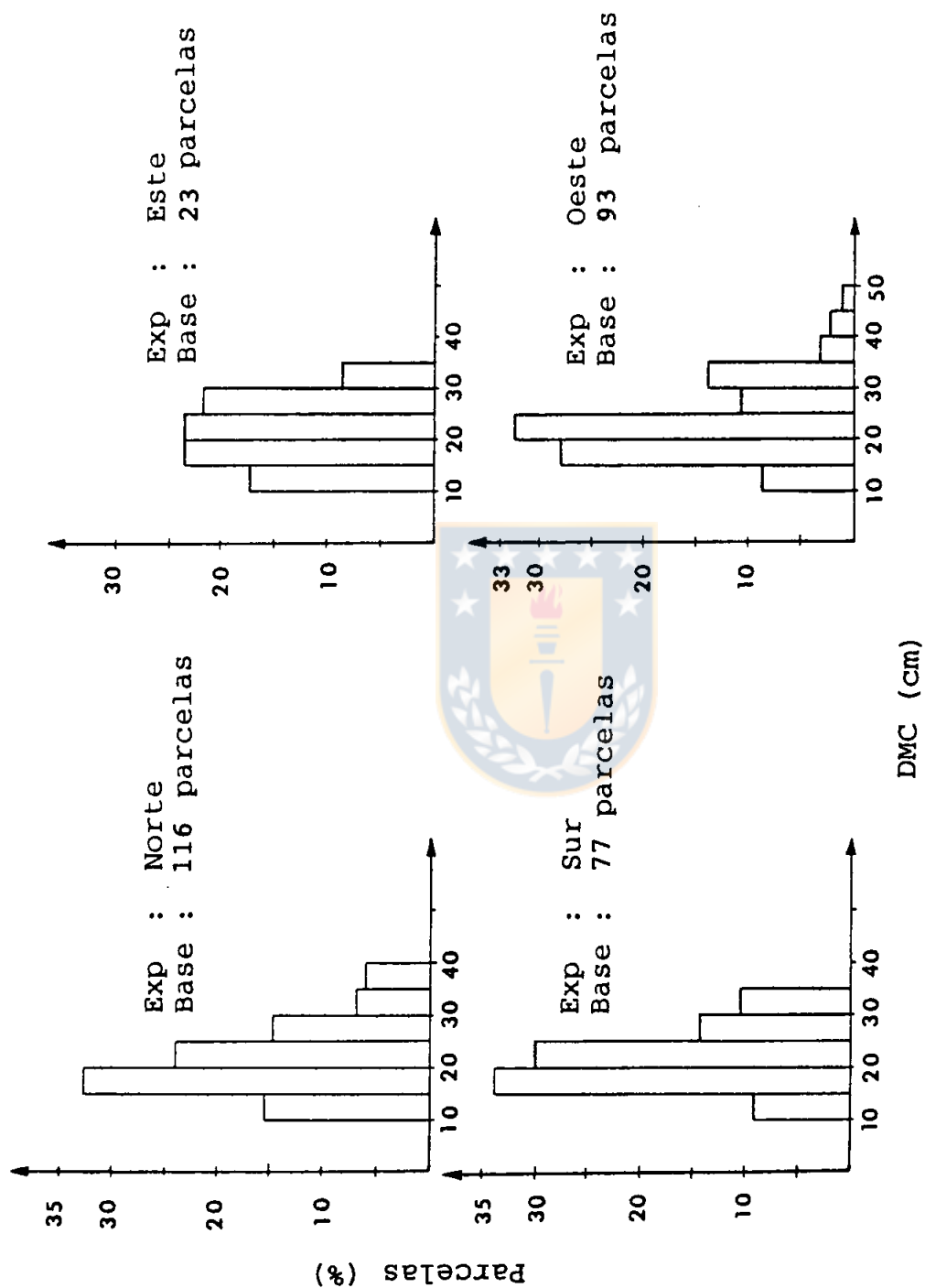


FIGURA 2. Frecuencia relativa del número de parcelas por clase diamétrica para tipo forestal Raulí y variable Exposición.

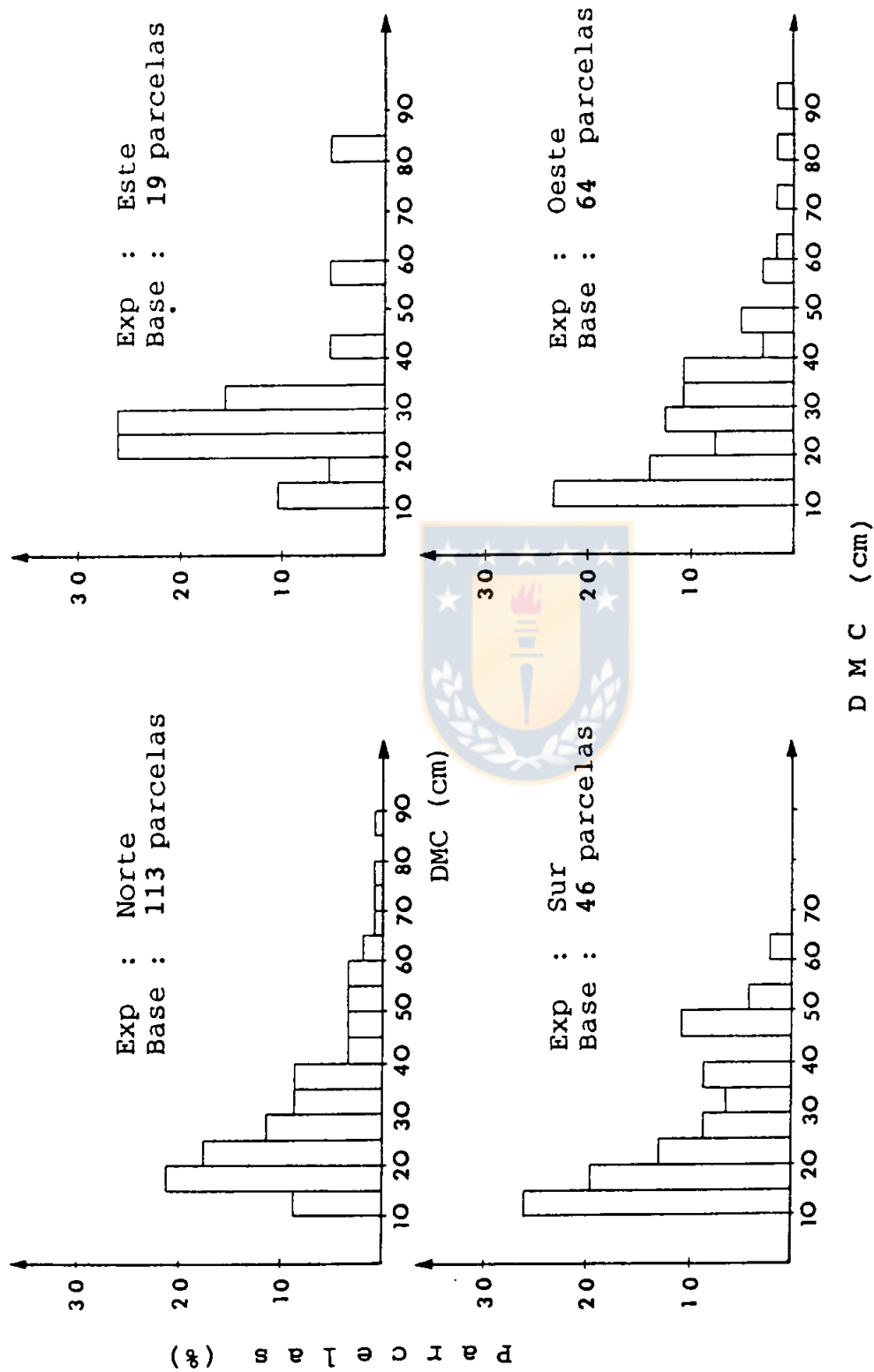
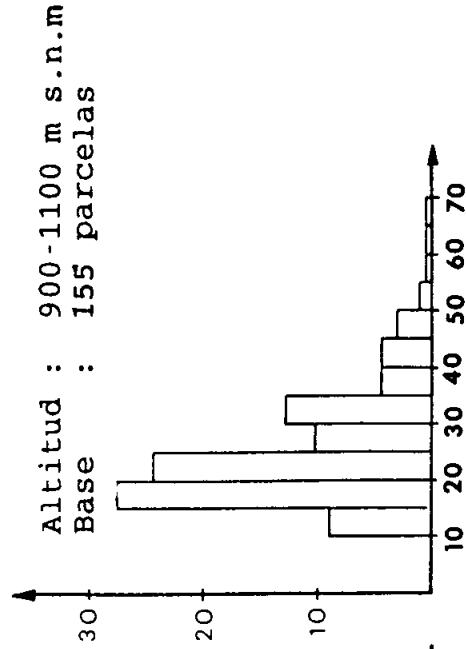
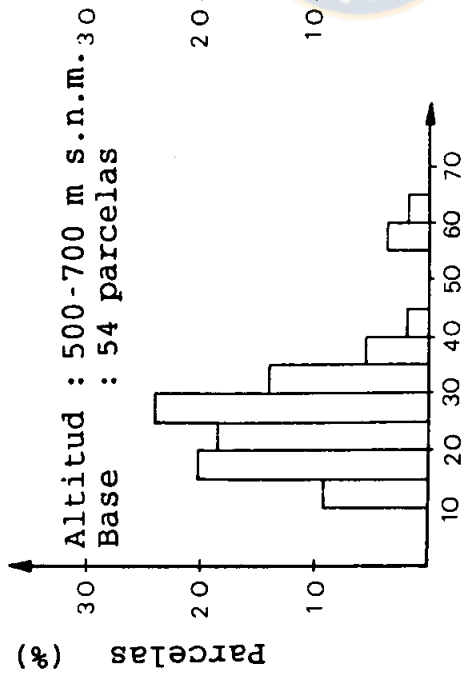


FIGURA 3. Frecuencia relativa del número de parcelas por clase diamétrica para tipo forestal Roble y variable Exposición.



Altitud : 700-900 m s.n.m.  
 Base : 143 parcelas



D M C (cm)

FIGURA 4. Frecuencia relativa del número de parcelas por clase diamétrica para tipo forestal Raulí-Roble y variable Altitud.

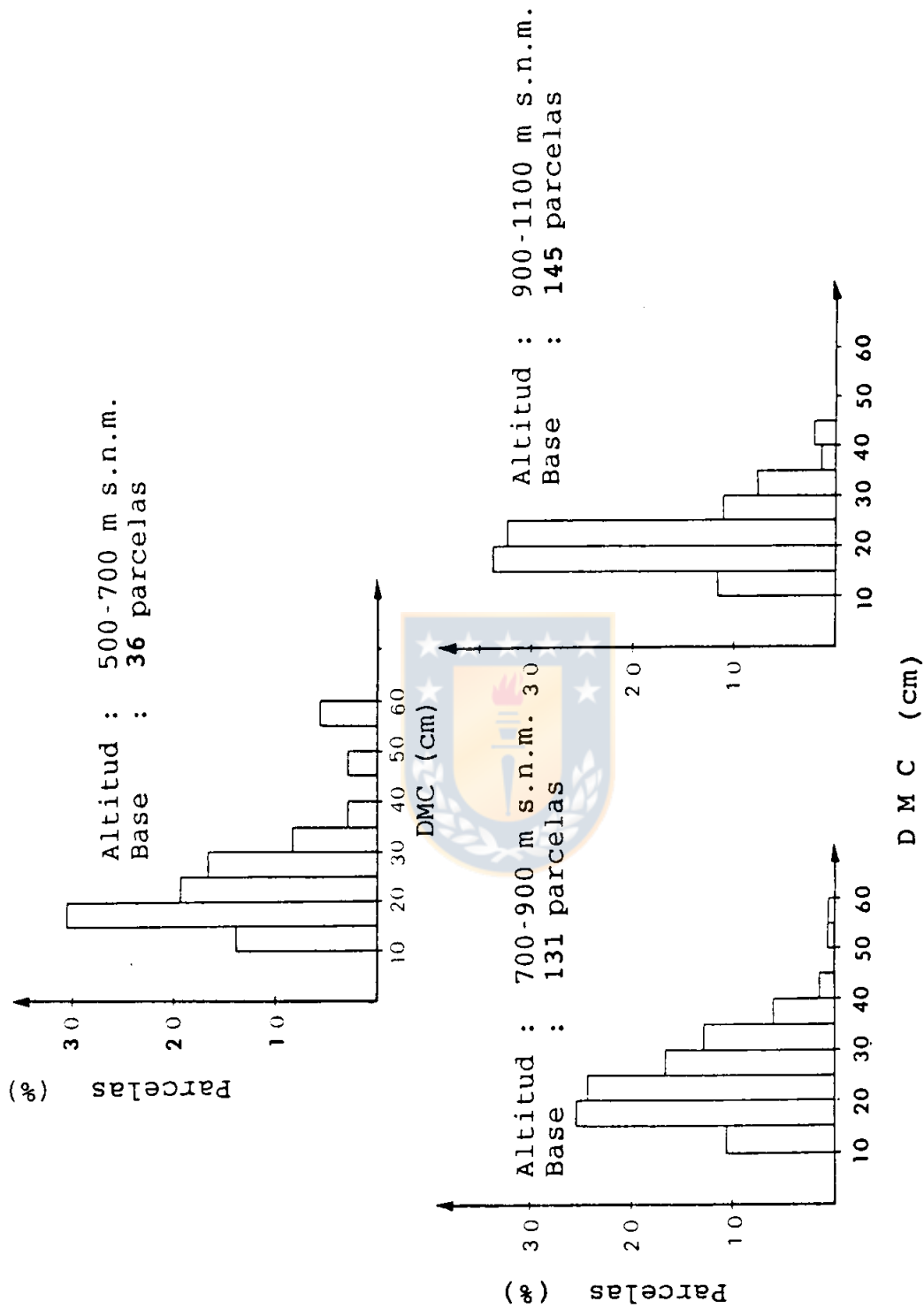


FIGURA 5. Frecuencia relativa del número de parcelas por clase diamétrica para tipo forestal Raulí y variable Altitud.

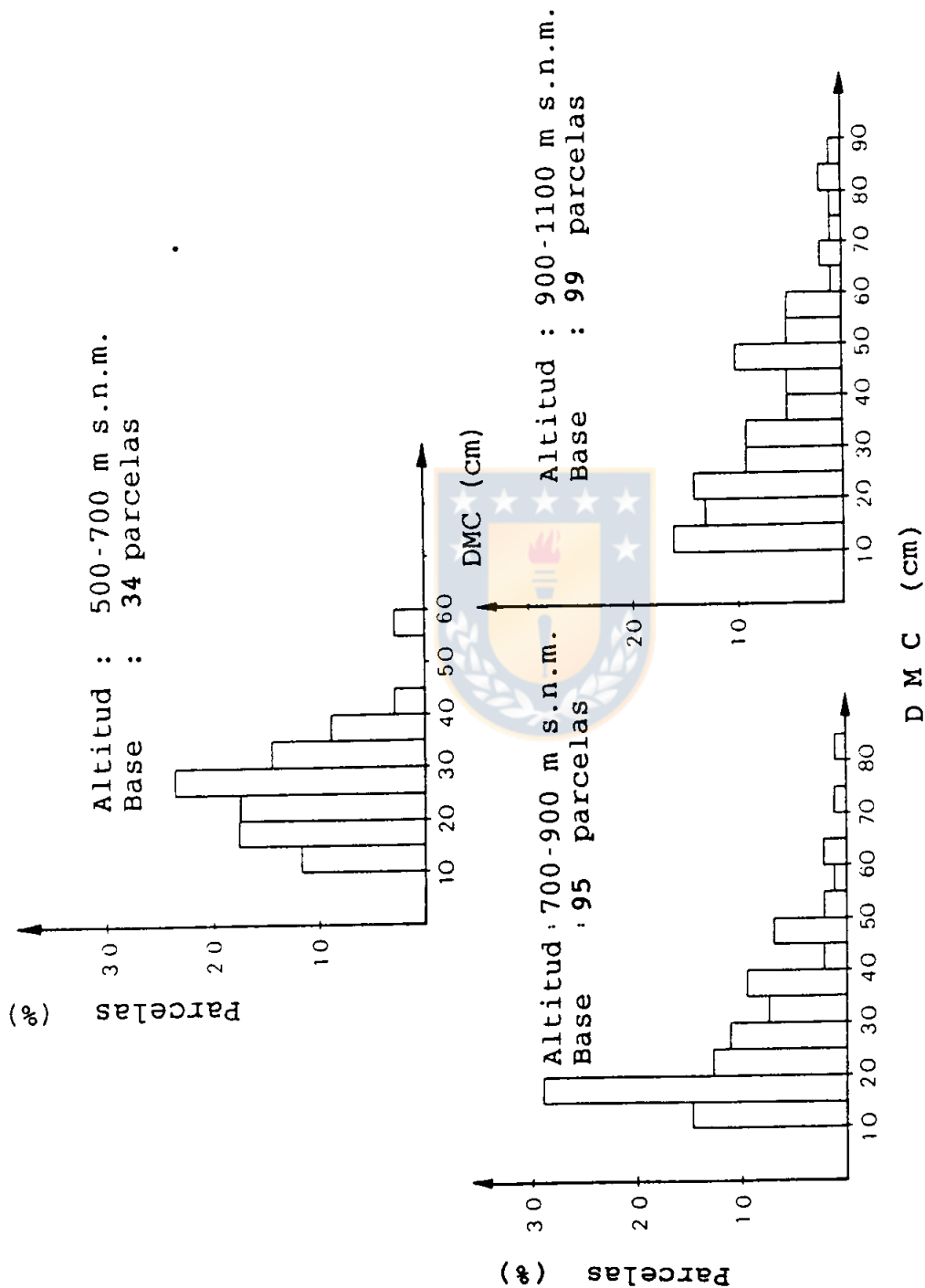


FIGURA 6. Frecuencia relativa del número de parcelas por clase diamétrica para tipo forestal Roble y variable Altitud.

-Raulí-Roble, en su rango altitudinal 500-700 m s.n.m. presenta una distribución diamétrica aproximada a la normal, en cambio los rangos 700-900 y 900-1100 m s.n.m. se asemejan a la distribución de jota invertida (figura 4).

-Raulí no presenta diámetros superiores a 60 cm en ningún rango altitudinal (figura 5). En cambio Roble progresivamente va presentando diámetros mayores a medida que aumenta la altitud, hasta llegar al rango altitudinal 900-1100 m s.n.m. con todas las clases diamétricas existentes entre 10 y 90 cm (figura 6). Esta es una situación poco común en la especie, ya que en estas latitudes generalmente crece bajo los 600 m s.n.m., como lo señalan Donoso (1978a, 1978b) y Puente et al. (1979).

#### 4.2 Resultados de análisis estadísticos para la variable Altitud

4.2.1 Comportamiento del tipo forestal Raulí-Roble con la variable Altitud. El análisis de varianza muestra diferencias significativas a nivel de 5% para las variables de rodal AB y N/ha, en cambio para DMC las diferencias existentes no son significativas.

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey, indica que las diferencias encontradas son significativas entre el rango

500-700 con 700-900 m s.n.m., para las variables AB Y N/ha.

En la tabla 2, se puede observar que las tres variables de rodal consideradas, presentan los mayores valores promedios en el rango 500-700 m s.n.m., y los menores en el rango 700-900 m s.n.m..

Esto sugiere que el rango altitudinal 500-700, presentaría condiciones más favorables para el crecimiento de Raulí-Roble. Puente et al. (1979), determinaron que las mayores densidades para estas especies se presentan entre los 600 y 800 m s.n.m., en estudios realizados en Malleco, Cautín y Valdivia.

TABLA 2. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ALTITUD Y TIPO FORESTAL RAULI-ROBLE.

Variable de rodal	Altitud (m s.n.m.)			Análisis de varianza
	500-700	700-900	900-1100	
AB	23.70	18.50	20.30	*
N/ha	510.60	401.50	455.60	*
DMC	26.00	25.80	25.40	n.s.

\* = significativo  $p < 0.05$   
n.s. = no significativo

4.2.2 Comportamiento del tipo forestal Raulí con la variable Altitud. El análisis de varianza muestra diferencias significativas a nivel de 5% para las tres variables de rodal, AB, N/ha y DMC (tabla 3).

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey indica que para AB y N/ha, los rangos altitudinales 700-900 y 900-1100 m s.n.m. presentan diferencias significativas con el rango 500-700 m s.n.m..

En cuanto a DMC la prueba de Tukey detecta diferencias significativas entre el rango 700-900 con 500-700 m s.n.m..

Sobre los 700 m s.n.m., Raulí presenta los mayores valores promedios en las tres variables de rodal controladas. Este resultado no concuerda con lo señalado por Burgos (1984), quien, en un estudio realizado en la precordillera de Chillán, determina que la mayor productividad potencial de Raulí en relación a la altitud, se encuentra bajo los 650 m s.n.m.

La predominancia de Raulí en las altitudes medias y altas, confirmaría que se trata de una especie que siendo menos termófila que Roble, generalmente no se encuentra creciendo en zonas bajas, por el efecto de las heladas y bolsones de

aire frío (Donoso, 1978b; 1990; Puente et al. 1979).

TABLA 3. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ALTITUD Y TIPO FORESTAL RAULI.

Variable de rodal	Altitud (m s.n.m.)			Análisis de varianza
	500-700	700-900	900-1100	
AB	8.33	12.96	12.88	*
N/ha	194.56	317.30	357.99	*
DMC	15.74	22.14	19.56	*

\* = significativo  $p < 0.05$

La figura 7, muestra el comportamiento de Raulí con la altitud. Las variables AB y DMC, presentan valores porcentuales máximos en el rango altitudinal 700-900 m s.n.m. En cambio en el rango 500-700 m s.n.m. los valores porcentuales de las tres variables de rodal controladas son mínimos.

4.2.3 Comportamiento del tipo forestal Roble con la variable Altitud. Los resultados del análisis de varianza para AB y N/ha, muestran diferencias significativas a nivel de 5%, no así para DMC, a pesar de que el rango 500-700 m s.n.m., presenta un valor promedio superior (tabla 4).

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey para AB y N/ha, revela que las diferencias existentes se presentan entre el

rango 500-700 con los rangos 700-900 y 900-1100 m s.n.m.

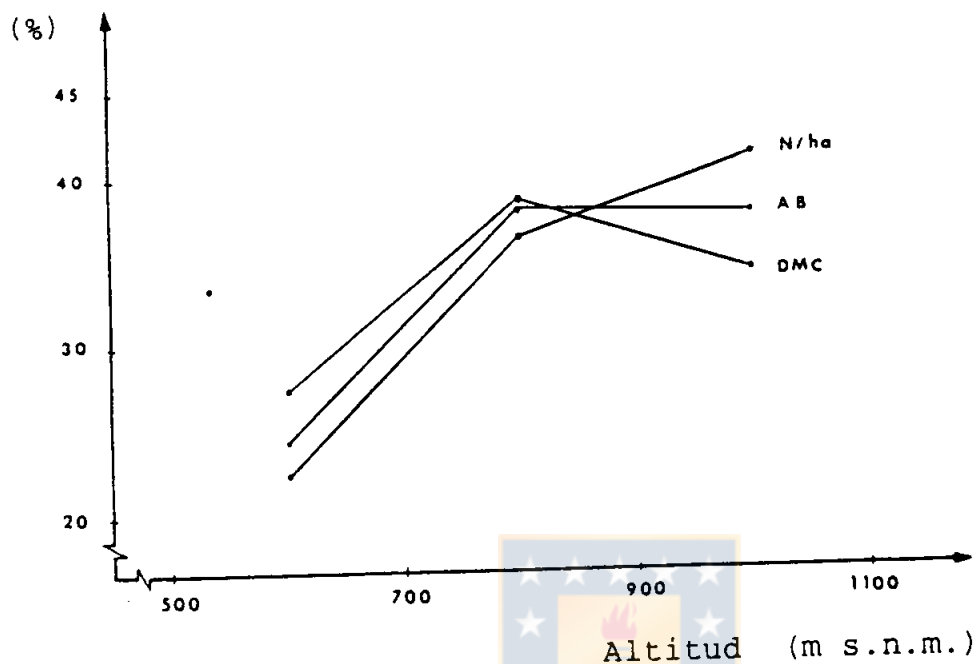


FIGURA 7. Variables de rodal del tipo forestal Raulí, expresadas en valores porcentuales promedios, correspondientes a Altitud (datos tabla 3).

Se observa que los valores promedio del rango más bajo, es decir 500-700 m s.n.m., son superiores en las tres variables de rodal estudiadas.

Estos resultados coinciden con lo señalado por Puente et al. (1979), quienes sostienen que Roble crece de preferencia en sectores más bajos, donde también predominan las pendientes más suaves, esto es bajo los 600 m s.n.m.. Sin embargo la



frecuencia con que aparece Roble en el rango más bajo (500-700 m s.n.m.) es de 61% respecto del total de parcelas en

TABLA 4. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ALTITUD Y TIPO FORESTAL ROBLE.

Variable de rodal	Altitud (m s.n.m.)			Análisis de varianza
	500-700	700-900	900-1100	
AB (*)	3.14	1.62	1.94	*
N/ha (**)	1.90	1.29	1.27	*
DMC (**)	4.11	3.42	3.56	n.s.

\* = Significativo  $p < 0.05$   
 n.s. = No significativo  
 (\*) = Variable transformada a raíz cuadrada  
 (\*\*) = Variable transformada a log (x+1)

este rango, comparado con un 65% de participación de Raulí en el mismo (en apéndice, tablas 7A Y 8A). Si se analizan las áreas basales de ambos tipos forestales en este rango, se puede establecer que Roble presenta diámetros mayores que Raulí en este segmento altitudinal. Donoso (1978b), señala que en estas altitudes, Roble está expuesto a heladas durante primavera y otoño y a temperaturas congelantes durante el invierno.

En el análisis de la distribución del número de parcelas por clase de DMC medio para Roble (figura 6), se observa la participación de clases diamétricas entre 60 y 90 cm, que

probablemente se trataría de árboles remanentes de la explotación anterior.

La presencia de estos ejemplares, podría introducir un factor de error en los resultados influyendo en los diámetros promedios y en el área basal de la especie. Más aun cuando su distribución a través de la altitud, parece no ser aleatoria, ya que aumenta su participación al aumentar la altitud.

No obstante lo anterior, la participación de estos ejemplares remanentes sobre los 700 m s.n.m., no parece ser significativa debido a que de todos modos los promedios de las variables de rodal se muestran mayores bajo esta cota.

La figura 8, muestra la predominancia de Roble en el rango 500-700 m s.n.m., expresada a través de los mayores valores porcentuales presentados en este rango en cada una de las variables de rodal estudiadas. Una leve alza que experimentan DMC y AB en el rango más alto (900-1100 m s.n.m.), probablemente se deba a la influencia de algunos ejemplares remanentes de la rotación anterior.

4.2.4 Comportamiento del tipo forestal Otras especies con la variable Altitud. El análisis de varianza para el tipo Otras especies, presenta diferencias significativas a nivel de 5%

para las variables AB y N/ha. Aunque DMC no muestra diferencias significativas, se aprecia una cierta tendencia al aumento de las dimensiones del diámetro de los árboles a medida que aumenta la altitud (tabla 5).

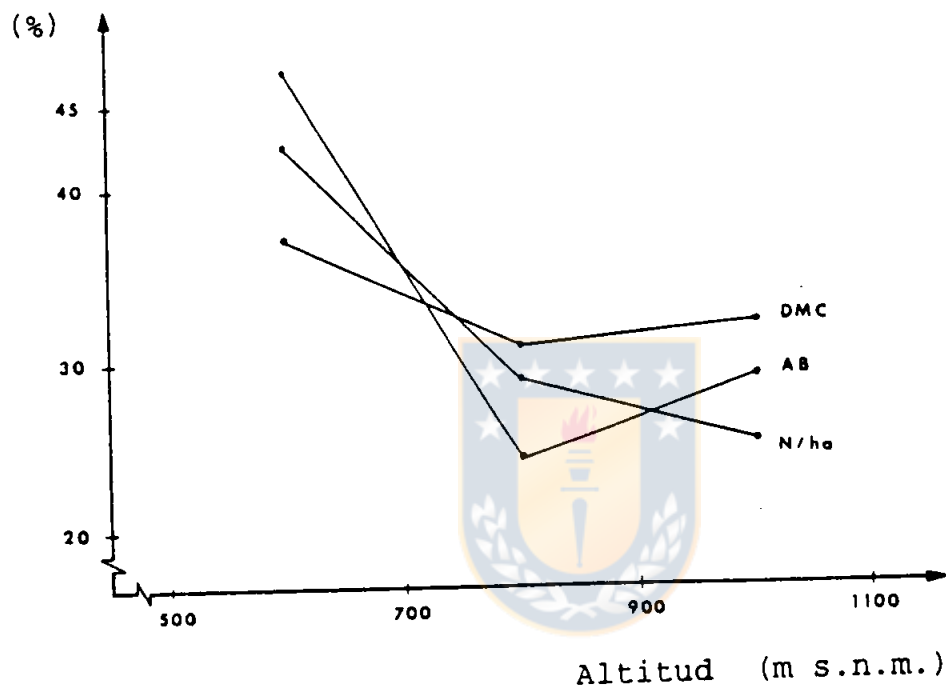


FIGURA 8. Variables de rodal del tipo forestal Roble, expresadas en valores porcentuales promedios, correspondientes a Altitud (datos tabla 4).

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey para AB, presenta diferencias significativas entre los rangos 700-900 y 900-1100 m s.n.m., con el rango 500-700 m s.n.m. Contrariamente, en N/ha estas diferencias se presentan entre los rangos 500-700 y 700-900 m s.n.m., con el rango 900-1100

m s.n.m., lo que indica que en este último rango existe un menor número de árboles pero de diámetros mayores.

TABLA 5. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ALTITUD Y EL TIPO FORESTAL OTRAS ESPECIES.

Variable de rodal	Altitud (m s.n.m.)			Análisis de varianza
	500-700	700-900	900-1100	
AB	8.33	12.96	12.88	*
N/ha	662.20	664.30	496.50	*
DMC (*)	1.39	1.41	1.43	n.s.

\* = Significativo  $p < 0.05$   
 n.s. = No significativo  
 (\*) = Variable transformada a  $\log(x+1)$

### 4.3 Resultados de análisis estadísticos para la variable exposición

4.3.1 Comportamiento del tipo forestal Raulí-Roble con la variable Exposición. El análisis de varianza entrega diferencias significativas a nivel de 5% para N/ha y DMC. Para AB estas diferencias no se manifiestan (tabla 6).

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey para N/ha, revela que se detectan diferencias significativas entre la exposición Sur con las exposiciones Norte y Oeste.

En cuanto a DMC, las diferencias encontradas se presentan entre las exposiciones Norte y Oeste con la exposición Sur. Estos resultados indicarían que existe un mayor número de árboles de Raulí-Roble en exposiciones Sur, y producto de esta mayor densidad y consecuentemente mayor competencia entre los árboles, éstos presentan diámetros menores.

TABLA 6. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE EXPOSICION Y EL TIPO FORESTAL RAULI-ROBLE.

Variable de rodal	Exposición (grados)				Análisis de varianza
	N	E	S	O	
AB	19.88	23.24	19.16	19.45	n.s.
N/ha (*)	19.09	21.46	21.47	19.04	*
DMC	26.46	25.76	22.78	25.67	*

\* = Significativo  $p < 0.05$   
n.s. = No significativo  
(\*) = Variable transformada a raíz cuadrada

Como lo revela la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, el DMC de Raulí-Roble presenta un mayor crecimiento en exposiciones Norte y Oeste. En la distribución del DMC medio para este tipo forestal y la variable Exposición (figuras 2 y 3), se puede observar que los mayores diámetros en estas exposiciones son aportados sólo por Roble, encontrándose ejemplares de entre 60 y 90 cm. Como se mencionó anteriormente, la presencia de estos diámetros superiores de

Roble, probablemente pertenecientes a rotaciones anteriores, podría llevar a conclusiones erradas. Sin embargo, lo particular de este hecho, es que justamente aparecen en exposiciones más asoleadas y cálidas como Norte y Oeste en las cuales Roble encuentra condiciones más favorables para su crecimiento (Donoso, 1978a; Puente et al.1979).

4.3.2 Comportamiento del tipo forestal Raulí con la variable Exposición. El análisis de varianza muestra diferencias significativas a nivel de 5% para las variables AB Y N/ha. DMC no presenta diferencias significativas (tabla 7).

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey para AB, detecta diferencias entre la exposiciones Sur y Norte. En N/ha las diferencias se producen entre exposición Sur y exposiciones Norte y Oeste.

Los mayores valores promedios de las tres variables de rodal, se presentan en exposición Sur.

Los resultados obtenidos coinciden con lo señalado por Puente et al. (1979), Deus (1982) y Burgos (1984); quienes sostienen que Raulí crece de preferencia en exposición Sur, donde la especie tendría una mayor productividad potencial debido a condiciones ambientales más favorables para su crecimiento.

TABLA 7. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE EXPOSICION Y TIPO FORESTAL RAULI.

Variable de rodal	Exposición (grados)				análisis de varianza
	N	E	S	O	
AB	10.22	12.41	14.80	12.30	*
N/ha (*)	13.87	14.49	18.19	15.40	*
DMC (*)	3.95	3.91	4.25	4.17	n.s.

\* = Significativo  $p < 0.05$   
 n.s. = No significativo  
 (\*) = Variable transformada a raíz cuadrada

La figura 9, permite apreciar el comportamiento de Raulí entre las distintas exposiciones. Las variables de rodal AB, DMC y N/ha presentan los valores porcentuales más bajos en exposición Norte; por el contrario los valores máximos de las tres variables de rodal estudiadas se producen en exposiciones Sur. Esto podría indicar que las condiciones ambientales existentes en exposiciones Sur son propicias para la obtención de un mejor crecimiento y desarrollo, dado que es una especie que presenta requerimientos altos de humedad.

En la distribución del DMC medio para el tipo forestal Raulí y la variable Exposición (apéndice, tabla 4A), se observa la importancia relativa que podría tener Raulí en exposiciones Sur, donde se le encuentra participando en un 90% del total de parcelas existentes en esta exposición. Posteriormente le

siguen las exposiciones Oeste con 89%, Este con 85% y Norte con 79%.

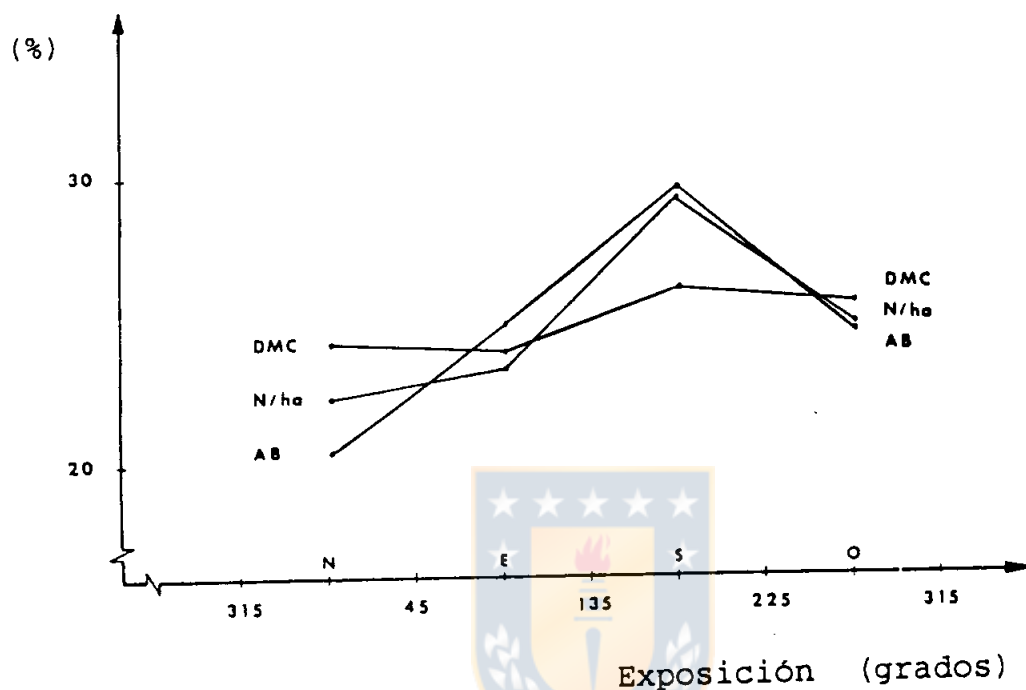


FIGURA 9. Variables de rodal del tipo forestal Raulí, expresadas en valores porcentuales promedios, correspondientes a Exposición (datos tabla 7).

4.3.3 Comportamiento del tipo forestal Roble con la variable Exposición. El análisis de varianza de la combinación Roble-Exposición muestra diferencias significativas a nivel de 5% en las tres variables de rodal controladas (tabla 8).

Los resultados de la prueba de Tukey para la variable AB



muestran que las exposiciones Norte y Este, presentan diferencias significativas con la exposición Sur. Para N/ha las exposiciones Norte y Este son significativas con Sur y Oeste. En cambio para DMC las diferencias se presentan entre la exposición Norte con las exposiciones Sur y Oeste.

Como se mencionó anteriormente, Roble es una especie termófila que crece preferentemente en exposiciones más cálidas como Norte y Oeste (Donoso 1978a; Puente *et al.* 1979). Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio, muestran mayor crecimiento en área basal y mayor densidad en número de árboles en las exposiciones Norte y Este. Sólo los diámetros son significativamente mayores en exposición Norte.

TABLA 8. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE EXPOSICION Y TIPO FORESTAL ROBLE.

Variable de rodal	Exposición (grados)				Análisis de varianza
	N	E	S	O	
AB	9.65	10.93	5.10	7.14	*
N/ha (*)	9.31	11.13	6.26	6.94	*
DMC	24.33	21.08	13.97	18.88	*

\* = Significativo  $p < 0.05$

(\*) = Variable transformada a raíz cuadrada

El análisis de Tukey para las variables de rodal del tipo forestal Roble, muestra diferencias significativas entre las

distintas exposiciones. La figura 10 respalda lo anterior, en ella se puede observar que en exposición Este, AB y N/ha presentan los máximos valores porcentuales.

DMC, presenta el mayor valor porcentual en exposición Norte, lo que indica que los diámetros son mayores en esta exposición, en tanto en exposición Este habría una mayor cantidad de árboles, pero de diámetros menores, lo que podría estar relacionado con las condiciones más frías y húmedas de esta exposición.

Los valores de las tres variables de rodal caen abruptamente en la exposición Sur, presentando los porcentajes mínimos. Lo anterior podría tener relación con la disminución de la temperatura promedio y del período vegetativo de esta especie en exposiciones más frías y húmedas (Ruiz y Schlatter, 1985).

4.3.4 Comportamiento del tipo forestal Otras especies con la variable Exposición. El análisis de varianza muestra diferencias significativas a nivel de 5% para las variables AB y N/ha, en cambio para la variable de rodal DMC esta prueba no detectó diferencias significativas (tabla 9).

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey indica que, para AB, las diferencias son significativas entre

exposiciones Oeste con Este; y para N/ha entre Oeste con Este y Sur.

Los valores promedios de las tres variables de rodal estudiados, son mayores en exposición Oeste.

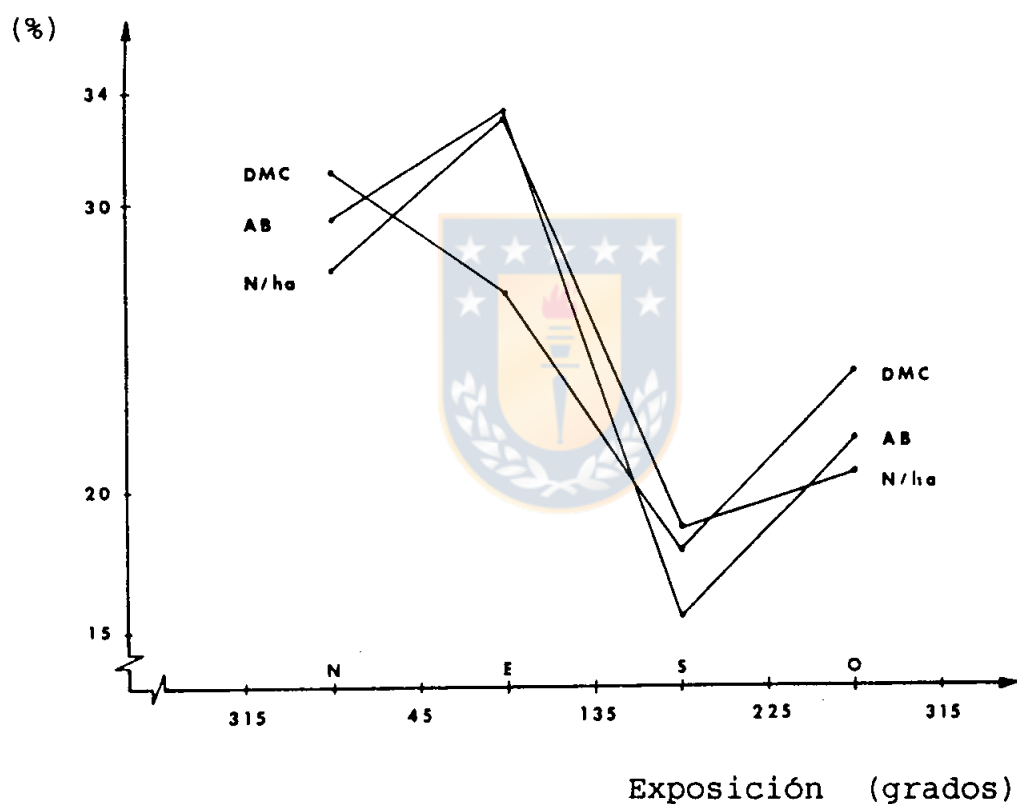


FIGURA 10. Variables de rodal del tipo forestal Roble, expresadas en valores porcentuales promedios, correspondientes a Exposición (datos tabla 8).

TABLA 9. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE EXPOSICION Y TIPO FORESTAL OTRAS ESPECIES.

Variable de rodal	Exposición (grados)				Análisis de varianza
	N	E	S	O	
AB	14.20	10.84	14.55	20.72	*
N/ha (*)	21.60	18.84	20.50	24.96	*
DMC (*)	4.13	3.95	3.90	4.20	n.s.

\* = Significativo  $p < 0.05$   
 n.s. = No significativo  
 (\*) = Variable transformada a raíz cuadrada

Puente et al. (1979), sostienen que las especies tolerantes y Coigue encuentran condiciones de crecimiento más favorables en las exposiciones Oeste y Sur. Los resultados obtenidos en este estudio coinciden en parte con lo señalado por estos autores, ya que se encontró que el tipo forestal Otras especies presentaría mejor crecimiento sólo en exposición Oeste.

#### 4.4 Resultados de análisis estadísticos para la variable Pendiente

4.4.1 Comportamiento del tipo forestal Raulí-Roble con la variable pendiente. El análisis de varianza muestra diferencias significativas a nivel de 5% sólo para la variable de rodal N/ha. Las diferencias existentes en AB y

DMC no son significativas (tabla 10).

A través de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey se encontró que para la variable de rodal N/ha, las diferencias se presentan entre el rango de pendiente mayor a 50% con el rango 0-25%.

A pesar de que las diferencias existentes no son significativas para AB y DMC, es posible reconocer una tendencia de mayor crecimiento en AB y N/ha en el rango >50%. Consecuentemente, en este rango de pendiente se concentran más árboles pero de diámetros menores.

4.4.2 Comportamiento del tipo forestal Raulí con la variable pendiente. El análisis de varianza efectuado para la variable fisiográfica Pendiente y el tipo forestal Raulí, no muestra diferencias significativas a nivel de 5% (tabla 11).

A pesar de que las diferencias de crecimiento que presenta Raulí con la pendiente no son significativas, existe una cierta tendencia de este tipo forestal a presentar un mejor crecimiento en el rango 25-50%. Como se puede apreciar en la figura 11, las tres variables de rodal analizadas, muestran un porcentaje levemente superior en el rango mencionado, lo que podría relacionarse con mejores condiciones de crecimiento para Raulí en lo referente a nutrientes, humedad

y oxigenación del suelo (Wilde, 1958).

TABLA 10. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PENDIENTE Y TIPO FORESTAL RAULIROBLE.

Variable de rodal	Pendiente (%)			Análisis de Varianza
	0-25	25-50	>50	
AB (*)	3.54	3.39	3.58	n.s.
N/ha (*)	15.95	16.33	18.51	*
DMC	26.37	24.47	23.36	n.s.

\* = Significativo  $p < 0.05$   
 n.s. = No significativo  
 (\*) = Variable transformada a raíz cuadrada

TABLA 11. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PENDIENTE Y TIPO FORESTAL RAULIROBLE.

Variable de rodal	Pendiente (%)			Análisis de varianza
	0-25	25-50	>50	
AB (*)	2.99	3.11	2.73	n.s.
N/ha	308.20	344.96	328.63	n.s.
DMC	20.23	20.28	17.33	n.s.

n.s. = No significativo  
 (\*) = Variable transformada a raíz cuadrada

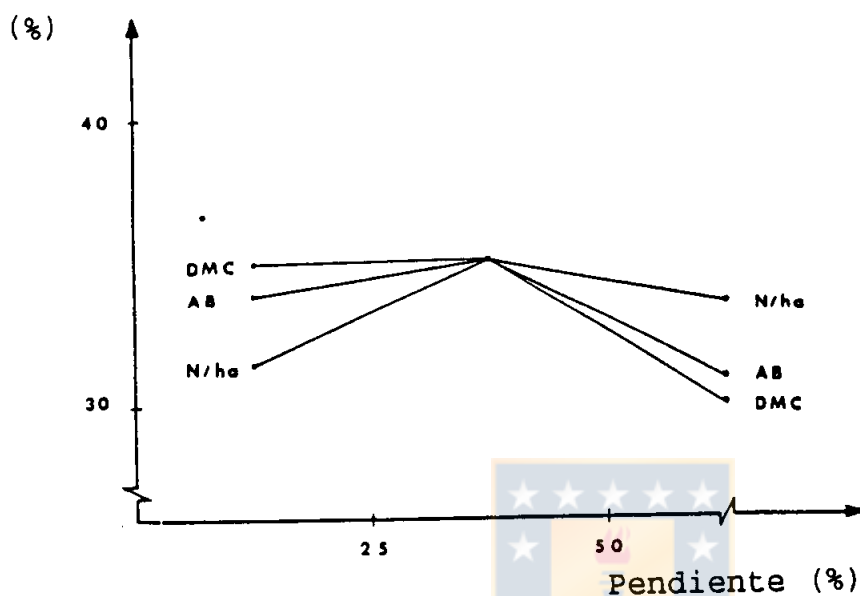


FIGURA 11. Variables de rodal del tipo forestal Raulí, expresadas en valores porcentuales promedios, correspondientes a Pendiente (datos tabla 11).

4.4.3 Comportamiento del tipo forestal Roble con la variable pendiente. Los resultados del análisis de varianza para Roble, son no significativos a nivel de 5% para las tres variables de rodal estudiadas. Sin embargo, los mayores valores de AB y N/ha, se obtienen en el rango >50% de pendiente (tabla 12).

TABLA 12. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PENDIENTE Y TIPO FORESTAL ROBLE.

Variable de rodal	Pendiente (%)			Análisis de varianza
	0-25	25-50	>50	
AB (*)	2.15	1.69	2.37	n.s.
N/ha (*)	8.27	6.86	9.77	n.s.
DMC (*)	3.86	3.23	3.18	n.s.

n.s. = No significativo

(\*) = Variable transformada a raíz cuadrada

La figura 12, muestra que los valores máximos de área basal y número de árboles por hectárea se presentan en el rango de pendientes mayores a 50%, y los mínimos en las pendientes medias (25-50%). En tanto el DMC del tipo forestal Roble, presenta un valor máximo en pendientes más suaves (0-25%).

Estos resultados no son del todo ajenos al comportamiento típico de la especie, si se piensa que la radiación solar en este rango de pendiente incide en ángulo cercano a los 90° sobre la ladera, alcanzando una mayor efectividad sobre la vegetación (Donoso, 1981). Por otro lado Roble es considerado una especie termófila que presenta un mejor desarrollo en laderas más asoleadas (Puente *et al.* 1979).

4.4.4 Comportamiento del tipo forestal Otras especies con la variable pendiente. A diferencia de los demás tipos



forestales analizados con la pendiente, el tipo Otras especies presenta diferencias significativas a nivel de 5% para las tres variables de rodal controladas (tabla 13).

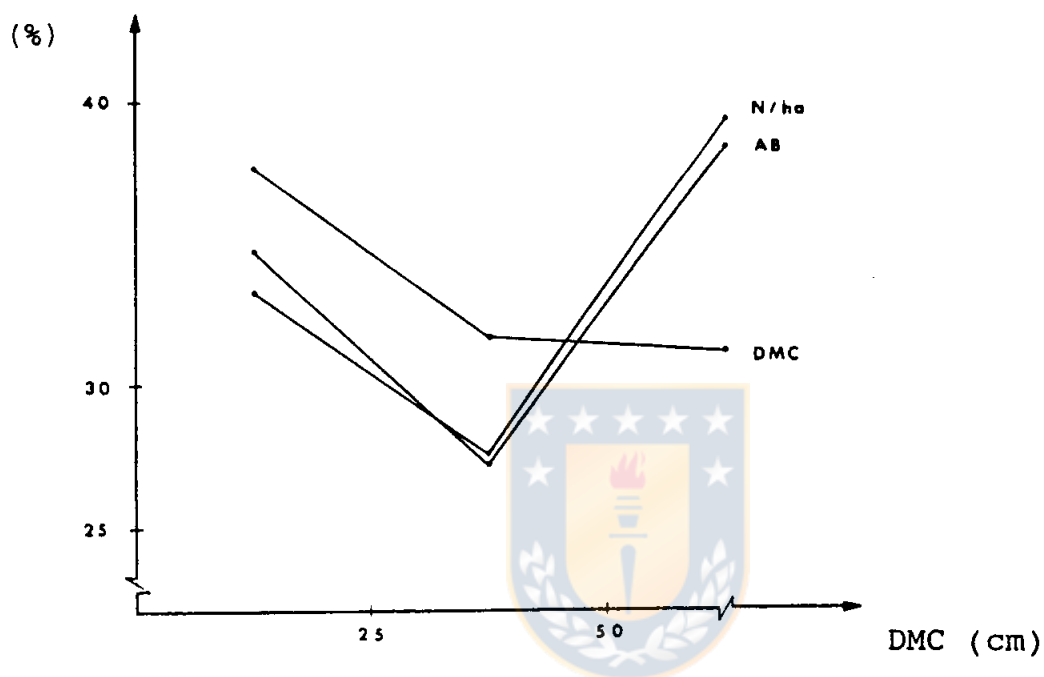


FIGURA 12. Variables de rodal del tipo forestal Roble, expresadas en valores porcentuales promedios, correspondientes a Pendiente (datos tabla 12).

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey, indica que para AB y DMC, las diferencias se presentan entre los rangos 0-25% y 25-50%, con el rango mayor a 50%. Para N/ha se presentan diferencias significativas entre el rango 25-50% con el rango mayor a 50% de pendiente.

Estos resultados indicarían que las mejores condiciones para el crecimiento del tipo forestal Otras especies se encuentra en pendientes inferiores a 50%.

TABLA 13. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PENDIENTE Y EL TIPO FORESTAL OTRAS ESPECIES.

Variable de rodal	Pendiente (%)			Análisis de varianza
	0-25	25-50	>50	
AB (*)	3.76	3.53	2.63	*
N/ha	389.80	565.66	490.59	*
DMC (*)	4.16	4.15	3.53	*

\* = Significativo  $p < 0.05$

(\*) = Variable transformada a raíz cuadrada

#### 4.5 Resultados de análisis estadísticos para la variable Posición en la pendiente

4.5.1 Comportamiento del tipo forestal Raulí-Roble con la variable Posición en la pendiente. Los resultados del análisis de varianza para Raulí-Roble presentados en la tabla 14, no muestran diferencias significativas a nivel de 5% para las variables de rodal estudiadas. Por lo tanto, estos resultados permiten inferir que la variable posición en la pendiente no tendría efecto sobre el crecimiento de Raulí-Roble en el área estudiada.

TABLA 14. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA PARA POSICION EN LA PENDIENTE Y RAULI-ROBLE.

Variable de rodal	Posición en la pendiente (%)				Análisis de varianza
	0-25	25-50	50-75	75-100	
AB	19.32	20.00	19.07	20.94	n.s.
N/ha	433.09	510.00	393.08	425.93	n.s.
DMC	23.64	24.55	26.95	25.66	n.s.

n.s. = No significativo

4.5.2 Comportamiento del tipo forestal Raulí con la variable Posición en la pendiente. A través del análisis de varianza se encontraron diferencias significativas a nivel de 5% para la variable N/ha, en tanto las variables AB y DMC son no significativas (tabla 15).

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey, indica que para N/ha las diferencias son significativas entre el rango 25-50% con 0-25 y 50-75% de posición en la pendiente. Estos resultados sugieren la existencia de una mayor densidad en número de árboles en el rango 25-50%. Además, se puede observar que en este mismo rango el área basal a pesar de ser no significativo también presenta el mayor valor promedio. Por otro lado DMC, presenta el mayor valor promedio en el rango 50-75% de Posición en la pendiente (figura 13).

TABLA 15. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE POSICION EN LA PENDIENTE Y TIPO FORESTAL RAULI.

Variable de rodal	Posición en la pendiente (%)				Análisis de varianza
	0-25	25-50	50-75	75-100	
AB	9.80	13.13	11.65	12.74	n.s.
N/ha	269.09	401.59	290.61	300.34	*
DMC	18.43	19.81	20.39	20.00	n.s.

\* = Significativo  $p < 0.05$

n.s. = No significativo

Los resultados obtenidos para el tipo Raulí y la variable Posición en la pendiente, concuerdan con lo señalado por Donoso (1981), quien sostiene que esta especie encuentra mejores condiciones de crecimiento en los faldeos intermedios, donde no hay temperaturas muy bajas por efecto de las fajas cálidas. En estos faldeos no se presentan condiciones de exceso de humedad y existe una alta tasa de oxigenación del suelo (Wilde, 1958; Donoso, 1978b).

4.5.3 Comportamiento del tipo forestal Roble con la variable Posición en la pendiente. Los resultados del análisis de varianza, no muestran diferencias significativas a nivel de 5% en ninguna de las tres variables de rodal estudiadas para el tipo forestal Roble y la variable fisiográfica Posición en la pendiente (tabla 16).

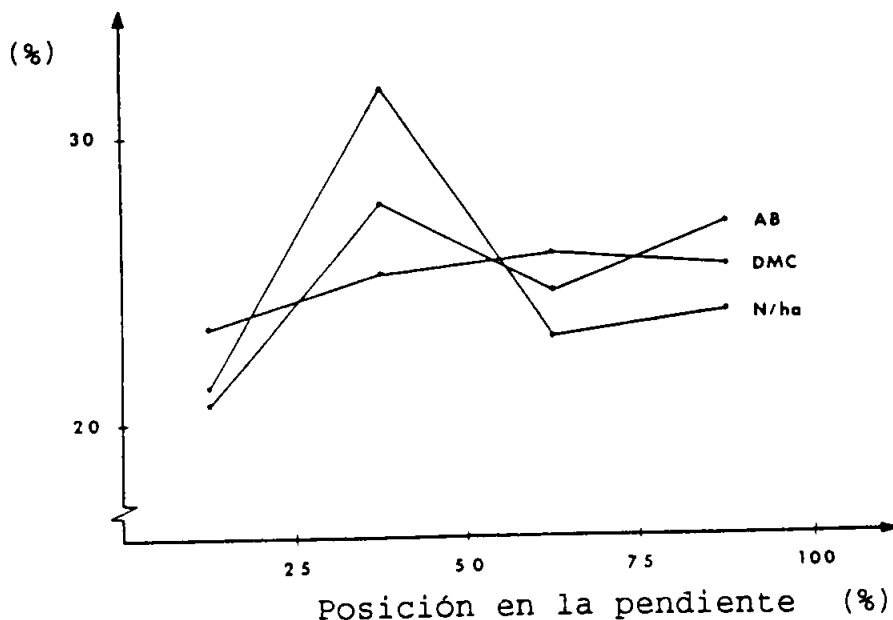


FIGURA 13. Variables de rodal del tipo forestal Raulí, expresadas en valores porcentuales promedios, correspondientes a Posición en la pendiente (datos tabla 15).

Aunque las diferencias existentes no son significativas a nivel de 5%, el tipo forestal Roble muestra una cierta tendencia a obtener mejores condiciones de crecimiento a medida que asciende hacia la cima de la ladera. Los valores máximos de las tres variables de rodal se presentan en el rango 0-25% de Posición en la pendiente (figura 14).

La tendencia que presentan los resultados obtenidos, no concuerda con lo señalado por Puente *et al.* (1979). Estos autores sostienen que Roble crece con frecuencia en sectores

planos o de escasa pendiente, condición fisiográfica que no se encontraría en la cima de las laderas.

TABLA 16. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE POSICION EN LA PENDIENTE Y TIPO FORESTAL ROBLE.

Variable de rodal	Posición en la pendiente (%)				Análisis de varianza
	0-25	25-50	50-75	75-100	
AB (*)	2.40	1.87	1.95	1.86	n.s.
N/ha(*)	10.00	7.37	7.32	7.60	n.s.
DMC (*)	4.05	3.71	3.58	3.21	n.s.

n.s. = No significativo

(\*) = Variable transformada a raíz cuadrada

4.5.4 Comportamiento del tipo forestal Otras especies con la variable Posición en la pendiente. El análisis de varianza muestra diferencias significativas a nivel de 5% para N/ha. Para AB y DMC, las diferencias no son significativas.

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey, muestra que las diferencias son significativas entre los rangos 50-75 y 75-100% con 0-25 y 25-50% de pendiente.

Los promedios indicados en la tabla 17, aunque no son significativos presentan los mayores valores para AB y DMC en el rango 75-100%; y en el rango 50-75% para N/ha. Lo que

probablemente esté relacionado con mejores condiciones del medio para el crecimiento del tipo forestal Otras especies.

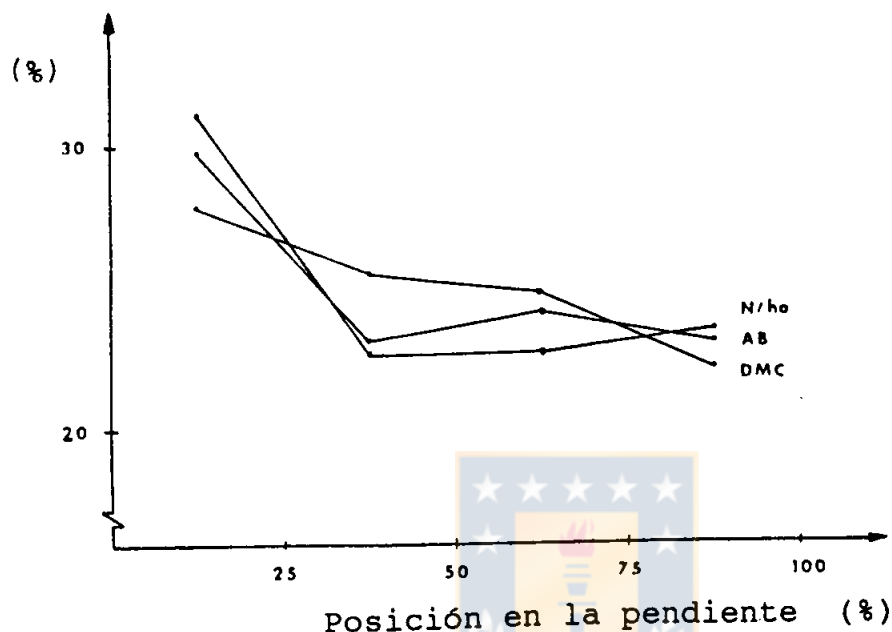


FIGURA 14. Variables de rodal del tipo forestal Roble, expresadas en valores porcentuales promedios, correspondientes a Posición en la pendiente (datos tabla 16).

Las posiciones media-baja y baja sobre la pendiente (rangos 50-75 y 75-100%), proporcionan mayor disponibilidad de nutrientes y de agua provenientes de las partes más altas de la ladera (Wilde, 1958). Son estas las condiciones más propicias para el crecimiento de Coigue y las especies tolerantes, especialmente en lo que respecta a humedad, como lo han señalado Puente et al. (1981).

TABLA 17. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE POSICION EN LA PENDIENTE Y EL TIPO FORESTAL OTRAS ESPECIES.

Variable de rodal	Posición en la pendiente (%)				Análisis de varianza
	0-25	25-50	50-75	75-100	
AB	12.79	15.02	16.83	18.20	n.s.
N/ha (*)	19.53	20.48	23.56	23.53	*
DMC (**)	4.15	4.07	4.26	4.33	n.s.

\* = Significativo  $p < 0.05$   
 n.s. = No significativo  
 (\*) = Variable transformada a raíz cuadrada  
 (\*\*) = Variable transformada a raíz cuadrada de  $(x+1)$

#### 4.6 Análisis de regresión múltiple

El análisis de regresión múltiple entre variables de rodal y fisiográficas, muestra una muy baja relación lineal en todos los tipos forestales estudiados (tabla 18).

El mayor coeficiente de determinación ( $R^2$ ) fue de 0.130 y se presenta para el tipo forestal Roble y N/ha, lo cual indicaría que en este caso particular las variables fisiográficas estudiadas, no explican más de un 13% de la variación de "Y".

En el análisis de varianza la mayoría de las regresiones resultan significativas a nivel de 5%, sólo la regresión para Raulí y DMC resultó ser no significativa, además de presentar



el menor R<sup>2</sup>.

TABLA 18. RESUMEN DE RESULTADOS DEL ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE.

Tipo	Variable dependiente "Y"	Análisis de varianza	R <sup>2</sup>	EEE
Raulí-Roble	AB	*	0.048	11.954
	N/ha	*	0.034	298.796
	DMC	*	0.034	9.964
Raulí	AB	*	0.028	10.816
	N/ha	*	0.050	287.867
	DMC	n.s.	0.016	10.475
Roble	AB	*	0.046	11.496
	N/ha	*	0.130	186.861
	DMC	*	0.041	18.691
Otras	AB	*	0.052	16.247
	N/ha	*	0.069	433.955
	DMC	*	0.058	9.835

\* = Significativo P<0.05

n.s. = No significativo

"Y" = Variables de rodal

La correlación lineal (apéndice, tabla 9A), también presenta valores bajos entre las variables fisiográficas y de rodal estudiadas, encontrándose la mayor de ellas (23.4%) para N/ha del tipo forestal Raulí y la variable fisiográfica Altitud.

El hecho de que todas las regresiones excepto una resultaran significativas, indica que la relación entre variables fisiográficas y de rodal no es nula a pesar de la existencia de coeficientes de determinación bajos; sino que

probablemente la elección del modelo matemático no fue adecuado para representar esta relación. La variación no explicada de "Y", también podría deberse a la ausencia de alguna variable que no fue incluida en el modelo y que esté influyendo directamente en el crecimiento de los renovales estudiados.

Las ecuaciones obtenidas (apéndice, tabla 10A), no son apropiadas para hacer predicciones sobre la productividad de los renovales estudiados, sólo pueden ser considerados como estimadores imprecisos de la respuesta biológica a los múltiples factores ambientales que están influyendo en su crecimiento.



## V. CONCLUSIONES

1. Raulí-Roble como especies asociadas, muestran un mayor crecimiento en área basal y mayor densidad en número de árboles en el rango altitudinal 500-700 m s.n.m., además de una mayor densidad en pendientes superiores a 50%.
2. El efecto de la variable Exposición sobre Raulí-Roble, se manifiesta a través de una mayor densidad en número de árboles en exposición Sur, y mayores diámetros en exposiciones Norte y Oeste.
3. Raulí presenta mayor crecimiento en área basal y mayor densidad en número de árboles en los rangos altitudinales 700-900 y 900-1100 m s.n.m.; en exposición Sur, y en la posición media alta sobre la pendiente (25-50%).
4. Con las variables fisiográficas Altitud y Exposición, Roble presenta un mayor crecimiento en área basal y densidad en número de árboles en el rango altitudinal 500-700 m s.n.m., y en Exposición Norte y Este. Los diámetros son superiores en exposición Norte.

5. Las especies tolerantes agrupadas en el tipo Otras especies, muestran un mayor crecimiento en área basal en los rangos Altitudinales 700-900 y 900-1100 m s.n.m., y una mayor densidad en número de árboles en los rangos 500-700 m s.n.m. Este tipo forestal, presenta un crecimiento superior en área basal y densidad en número de árboles en Exposición Oeste.
  
6. El análisis de regresión múltiple muestra la existencia de una muy baja relación lineal entre variables fisiográficas y de rodal, en los renovales de Raulí-Roble estudiados.



## VI. RESUMEN

Se analizó el efecto de las variables fisiográficas Altitud, Exposición, Pendiente y Posición en la pendiente, sobre el crecimiento y densidad de renovales de Raulí y Roble en la provincia de Malleco.

A través de los métodos estadísticos análisis de varianza y prueba de Tukey, se estudió los tipos forestales Raulí-Roble, Raulí, Roble y Otras especies, con objeto de conocer si existían diferencias significativas en crecimiento y densidad en las diversas condiciones fisiográficas características de los ambientes de montaña.

Un segundo análisis estadístico consistió en el ajuste de regresiones lineales múltiples entre variables fisiográficas y de rodal.

Se concluye que las variables fisiográficas Altitud y Exposición, influyen en el crecimiento de los renovales de Raulí y Roble estudiados.

Existe una muy baja relación lineal entre factores fisiográficos y variables de rodal, por lo que las ecuaciones desarrolladas no son lo suficientemente precisas para hacer predicciones de crecimiento.

## SUMMARY

Physiographics variables -Altitude, Exposure, Slope, and Slope Position- effects over growth and density of Rauli-Roble second growth stands, present in the province of Malleco, were analyzed. To evaluate if there were significative differences -for the various physiographics conditions, which are typical to the hills sectors- in growth and density of the forest types stand, and other species, variance analysis and test of Tukey were used.

It was adjusted multiples linear regressions for physiographics variables and stand variables Altitude and Exposure, were the best in describing growth of Rauli and Roble second growth stands. Further, due to that there was a poor linear relation among physiographics factors and stand variables, the developed ecuations are not able to perform good growth estimate.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. BURGOS, R. 1984. Determinación de índices de sitio para renovales de Raulí (Nothofagus alpina (Poepp. et endl.) Oerst.), en la Cordillera de la VIII región. Tesis de grado. Universidad de Concepción. Fac. de Cs. Agronómicas, Veterinarias y Forestales. Depto. de Cs. Forestales. Chillán, Chile.
2. BROWN, J. and J. STIRES. 1984. Growth of white pine in relation to soils and topography in southeastern Ohio. Ohio Agricultural Research and development center. Ohio, U.S.A.
3. CASTILLO, H. 1983. ★ Relaciones de la vegetación con la Altitud y exposición en el tipo forestal Coigue (Nothofagus dombeyi (Mirb.)bl.), Raulí (Nothofagus alpina (Poepp. et endl.) Oerst.), en la cordillera de los andes de Cautín. Tesis de grado. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Instituto de Silvicultura. Valdivia, Chile.
4. CHILE, CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION. 1966. Geografía económica de Chile. Texto refundido. Santiago, Chile.
5. DANIEL, T., J. HELMS, Y F.S. BAKER. 1982. Principios de silvicultura. (2ª ed.). Mc Graw-Hill, México.
6. DEUS, R. 1982. Relaciones de la vegetación con la altitud y exposición en el tipo Coigue (Nothofagus dombeyi (Mirb.)bl.), Raulí (Nothofagus alpina (Poepp.

et endl.) Oerst.) Tapa (Laurelia philippiana (Phil.) Losser), en la cordillera de los andes de Malleco. Tesis de grado. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Instituto de Silvicultura. Valdivia, Chile.

7. DONOSO, C. 1978a. Relaciones vegetación, altitud y exposición en la formación forestal "Bosque andino abierto" en el área de Bullileo. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile.
8. DONOSO, C. 1978b. La silvicultura de *Nothofagus* en Chile. Universidad de California. Departamento de silvicultura y conservación. Berkeley, California.
9. DONOSO, C. 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Corporación Nacional Forestal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Santiago, Chile.
10. DONOSO, C. 1990. Ecología forestal. El Bosque y su medio ambiente. (2ª ed.). Universidad Austral de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.
11. DONOSO, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación estructura y dinámica. Universidad Austral de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.
12. ESPINOSA, M. 1990. Rodalización y determinación de opciones de manejo silvícola para los rodales no manejados de Jauja y Santa Luisa. Universidad de



Concepción. Chillán, Chile.

13. FREESE, F. 1970. Métodos estadísticos elementales para Técnicos Forestales. Manual de Agricultura n° 317. Departamento de Agricultura. Madison, Wisconsin.
14. HAWLEY, R. Y D. SMITH. 1972. Silvicultura práctica. Ediciones Omega. Barcelona, España.
15. LI, CH. 1982. Introducción a la estadística experimental. Ediciones Omega. Barcelona, España.
16. NUÑEZ, P. Y R. PEÑALOZA. 1986. Evaluación del estado actual y proposición de manejo de los renovales de Raulí y Roble intervenidos en los predios Jauja y Santa Luisa, Forvesa. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile.
17. PRITCHETT, W. 1979. Properties and management of forest soil. John Wiley and Sons. New York, USA.
18. PUENTE, M.; C. DONOSO; R. PEÑALOZA y R. MORALES 1979. Manejo de renovales, R. de Raulí (Nothofagus alpina) y Roble (Nothofagus obliqua), identificación y caracterización de renovales de Raulí y Roble. Corporación Nacional Forestal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Santiago, Chile.
19. PUENTE, M.; R. PEÑALOZA; C. DONOSO; R. PAREDES; P. NUÑEZ; R. MORALES; y O. ENGDHAL. 1981. Estudio de raleos y otras técnicas para el manejo de

renovales de Raulí y Roble. Ensayos de raleos. Corporación Nacional Forestal. Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y la Alimentación. Santiago, Chile.

20. RUIZ , G. Y J. SCHLATTER. 1985. Relación entre el índice de sitio, la elevación y la exposición en la cordillera de Nahuelbuta. *Pinus radiata*, investigación en Chile, tomo II. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile.
21. SCHEFLER, W.C. 1981. Bioestadística. Fondo Educativo Interamericano S.A.. Mexico, D.F.
22. SNEDECOR, G. Y W. COCHRAN. 1981. Métodos estadísticos. Compañía Editorial Continental S.A. Mexico, D.F..
23. TORO, J. 1987. Informe sobre control de erosión, fijación de nitrógeno, biomasa-ciclaje de nutrientes y mapa de suelos forestales. Proyecto suelos y fertilización forestal. Forestal Río Vergara S.A. Santiago, Chile.
24. WADSWORTH, R. 1976. Aspectos ecológicos y crecimiento de Raulí (Nothofagus alpina) y sus asociados en bosque de segundo crecimiento de las provincias de Bío-Bío, Malleco y Cautín-Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile.
25. WILDE, S.A. 1958. Forest soils, their properties and relation to silviculture. The Ronald Press

Company. New York, USA.



## VIII. APENDICE

TABLA 1A. FORMULARIO TIPO DE ORDENAMIENTO DE LA INFORMACION.

Variable de rodal :			
Tipo forestal :			
Variable fisiográfica :			
Rango 1	Rango 2	Rango 3	Rango 4
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
n1=	n2=	n3=	n4=
X1=	X2=	X3=	X4=

TABLA 2A. RESUMEN DE RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA.

Tipo Forestal	Variables fisiográficas											
	Altitud			Exposición			Pendiente			Posición		
	AB	N	DMC	AB	N	DMC	AB	N	DMC	AB	N	DMC
RA-RO	*	*	ns	ns	*	*	ns	*	ns	ns	ns	ns
Ra	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
Ro	*	*	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Otras	*	*	ns	*	*	ns	*	*	*	ns	*	ns

\* = Significativo  $p < 0.05$ 

ns = No significativo

TABLA 3A. RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBA DE TUKEY.

Tipo Forestal	Variables fisiográficas											
	Altitud			Exposición			Pendiente			Posición		
	AB	N	DMC	AB	N	DMC	AB	N	DMC	AB	N	DMC
RA-RO	1	1	-	-	2	1,4	-	3	-	-	-	-
Ra	2,3	2,3	2	2	2	-	-	-	-	-	2	-
Ro	1	1	-	1,3	1,3	1	-	-	-	-	-	-
Otras	2,3	2,3	-	4	4	-	1,2	2	1,2	-	3,4	-

Altitud

1= 500-700  
 2= 700-900  
 3= 900-1100

Exposición

1= Norte  
 2= Sur  
 3= Este  
 4= Oeste

Pendiente

1= 0-25 %  
 2= 25-50 %  
 3= >50 %

Posición

1= 0-25 %  
 2= 25-50 %  
 3= 50-75 %  
 4= 75-100 %

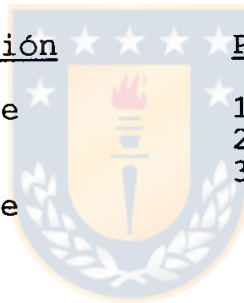


TABLA 4A. DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL NUMERO DE PARCELAS POR CLASE DIAMETRICA PARA EL TIPO FORESTAL RAULI-ROBLE Y VARIABLE EXPOSICION.

Clase DMC	E x p o s i c i ó n							
	Norte		Este		Sur		Oeste	
	f	fr	f	fr	f	fr	f	fr
10-15	11	7.5	2	7.4	8	9.4	8	7.8
15-20	36	24.7	6	22.7	30	35.3	26	25.2
20-25	32	21.9	7	25.9	20	23.5	21	20.4
25-30	17	11.6	8	29.6	10	11.8	18	17.5
30-35	17	11.6	1	3.7	9	7.7	17	16.5
35-40	13	8.9	--	--	3	3.5	5	4.9
40-45	9	6.2	1	3.7	4	4.7	2	1.9
45-50	5	3.4	--	--	1	1.2	3	2.9
50-55	4	2.7	--	--	--	--	1	1.0
55-60	1	0.7	2	7.4	--	--	1	1.0
60-65	1	0.7	--	--	--	--	--	--
65-70	--	--	--	--	--	--	1	1.0
Total :	146	100%	27	100%	85	100%	103	100%

f : Frecuencia

fr : Frecuencia relativa (%)

DMC: Diámetro medio cuadrático

TABLA 5A. DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL NUMERO DE PARCELAS POR CLASE DIAMETRICA PARA EL TIPO FORESTAL RAULI Y VARIABLE EXPOSICION.

Clase DMC	E x p o s i c i ó n							
	Norte		Este		Sur		Oeste	
	f	fr	f	fr	f	fr	f	fr
10-15	18	15.5	4	17.4	7	9.1	8	8.6
15-20	38	32.8	6	26.1	28	36.4	26	28.0
20-25	28	24.1	6	26.1	23	29.9	30	32.3
25-30	17	14.7	5	21.7	11	14.3	10	10.8
30-35	8	6.9	2	8.7	8	10.4	13	14.0
35-40	7	6.0	--	--	--	--	3	3.2
40-45	--	--	--	--	--	--	2	2.2
45-50	--	--	--	--	--	--	1	1.1
Total:	116	100%	23	100%	77	100%	93	100%

f : Frecuencia

fr : Frecuencia relativa (%)

DMC: Diámetro medio cuadrático

TABLA 6A. DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL NUMERO DE PARCELAS POR CLASE DIAMETRICA PARA EL TIPO FORESTAL ROBLE Y VARIABLE EXPOSICION.

Clase DMC	E x p o s i c i ó n							
	Norte		Este		Sur		Oeste	
	f	fr	f	fr	f	fr	f	fr
10-15	10	8.8	2	10.5	12	26.1	15	23.4
15-20	24	21.2	1	5.3	9	19.6	9	14.1
20-25	20	17.7	5	26.3	6	13.0	5	7.8
25-30	13	11.5	5	26.3	4	8.7	8	12.5
30-35	10	8.8	3	15.8	3	6.5	7	10.9
35-40	10	8.8	--	--	4	8.7	7	10.9
40-45	5	4.4	1	5.3	--	--	2	3.1
45-50	5	4.4	--	--	5	10.9	5	7.8
50-55	5	4.4	--	--	2	4.3	--	--
55-60	5	4.4	1	5.3	--	--	2	3.1
60-65	2	1.8	--	--	1	2.2	1	1.6
65-70	1	0.9	--	--	--	--	--	--
70-75	1	0.9	--	--	--	--	1	1.6
75-80	1	0.9	--	--	--	--	--	--
80-85	--	--	1	5.3	--	--	1	1.6
85-90	1	0.9	--	--	--	--	--	--
90-95	--	--	--	--	--	--	1	1.6
Total:	113	100%	19	100%	46	100%	64	100%

f : Frecuencia

fr : Frecuencia relativa (%)

DMC: Diámetro medio cuadrático



TABLA 7A. DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL NUMERO DE PARCELAS POR CLASE DIAMETRICA PARA EL TIPO FORESTAL RAULI-ROBLE Y VARIABLE ALTITUD.

Clase DMC	A l t i t u d (m s.n.m.)					
	500-700		700-900		900-1100	
	f	fr	f	fr	f	fr
10-15	5	9.3	7	4.9	14	9.0
15-20	11	20.4	41	28.7	43	27.7
20-25	10	18.5	32	22.4	38	24.5
25-30	13	24.1	23	16.1	16	10.3
30-35	8	14.8	16	11.2	20	12.9
35-40	3	5.6	11	7.7	7	4.5
40-45	1	1.9	6	4.2	4	4.5
45-50	--	--	4	2.8	5	3.2
50-55	--	--	2	1.4	2	1.3
55-60	2	3.7	1	0.7	1	0.6
60-65	1	1.9	--	--	1	0.6
65-70	--	--	--	--	1	0.6
<b>Total:</b>	<b>54</b>	<b>100%</b>	<b>143</b>	<b>100%</b>	<b>155</b>	<b>100%</b>

f : Frecuencia

fr : Frecuencia relativa (%)

DMC: Diámetro medio cuadrático

TABLA 8A. DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL NUMERO DE PARCELAS POR CLASE DIAMETRICA PARA EL TIPO FORESTAL RAULI Y VARIABLE ALTITUD.

Clase DMC	A l t i t u d (m s.n.m.)					
	500-700		700-900		900-1100	
	f	fr	f	fr	f	fr
10-15	5	13.9	14	10.4	17	11.7
15-20	11	30.6	34	26.0	49	33.8
20-25	7	19.4	32	24.4	47	32.4
25-30	6	16.7	22	16.8	16	11.0
30-35	3	8.3	17	13.0	11	7.6
35-40	1	2.8	8	6.1	2	1.4
40-45	--	--	2	1.5	3	2.1
45-50	1	2.8	--	--	--	--
50-55	--	--	1	0.8	--	--
55-60	2	5.6	1	0.8	--	--
Total:	36	100%	131	100%	145	100%

f : frecuencia

fr : frecuencia relativa (%)

DMC: Diámetro medio cuadrático

TABLA 9A. DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL NUMERO DE PARCELAS POR CLASE DIAMETRICA PARA EL TIPO FORESTAL ROBLE Y VARIABLE ALTITUD.

Clase DMC	A l t i t u d (m s.n.m.)					
	500-700		700-900		900-1100	
	f	fr	f	fr	f	fr
10-15	4	11.8	14	14.7	16	16.2
15-20	6	17.6	27	28.4	13	13.1
20-25	6	17.6	12	12.6	14	14.1
25-30	8	23.5	10	10.5	9	9.1
30-35	5	14.7	7	7.4	9	9.1
35-40	3	8.8	9	9.5	5	5.1
40-45	1	2.9	2	2.1	5	5.1
45-50	--	--	7	7.4	10	10.1
50-55	--	--	2	2.1	5	5.1
55-60	1	2.9	1	1.1	5	5.1
60-65	--	--	2	2.1	1	1.0
65-70	--	--	--	--	2	2.0
70-75	--	--	1	1.1	1	1.0
75-80	--	--	--	--	1	1.0
80-85	--	--	--	--	2	2.0
85-90	--	--	1	1.1	1	1.0
Total:	34	100%	95	100%	99	100%

f : frecuencia

fr : frecuencia relativa (%)

DMC: Diámetro medio cuadrático

TABLA 10A. MATRIZ DE CORRELACION LINEAL ENTRE VARIABLES DE RODAL Y FISIOGRAFICAS.

Tipo forestal		Variable fisiográfica			
		X1	X2	X3	X4
Raulí-Roble	AB	-0.125	-0.069	-0.055	0.017
	N/ha	0.044	-0.158	0.073	-0.075
	DMC	-0.173	0.109	-0.121	0.073
Raulí	AB	0.108	-0.105	0.032	-0.002
	N/ha	0.234	-0.102	0.049	-0.081
	DMC	-0.032	-0.012	-0.090	0.062
Roble	AB	-0.125	0.046	-0.099	0.173
	N/ha	-0.219	0.021	-0.088	-0.102
	DMC	-0.133	0.142	-0.132	-0.072
Otras	AB	-0.125	0.046	-0.099	0.173
	N/ha	-0.224	0.102	-0.118	0.143
	DMC	0.165	-0.007	-0.130	0.112

X1 = Altitud

X2 = Exposición

X3 = Pendiente

X4 = Posición en la pendiente

TABLA 11A. ECUACIONES RESULTANTES DEL ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE.

TIPO FORESTAL	Y	a	X1	X2	X3	X4
RAULI-ROBLE	AB	40.436	-0.017	-0.010	-0.042	-0.032
	N/ha	569.322	-0.040	-0.037	1.535	-0.803
	DMC	31.345	-0.008	0.008	-0.050	0.009
RAULI	AB	4.635	0.011	-0.012	-0.016	0.030
	N/ha	-72.458	0.448	-0.161	0.875	0.343
	DMC	14.932	0.007	-0.003	-0.050	0.019
ROBLE	AB	26.154	-0.017	-0.003	0.030	-0.063
	N/ha	644.505	-0.489	-0.202	0.611	-1.163
	DMC	39.931	-0.019	0.015	-0.101	-0.076
OTRAS	AB	21.092	-0.010	0.013	-0.069	0.086
	N/ha	832.869	-0.468	0.607	-2.324	1.353
	DMC	4.268	0.015	-0.002	-0.062	0.054

Y = variables de rodal

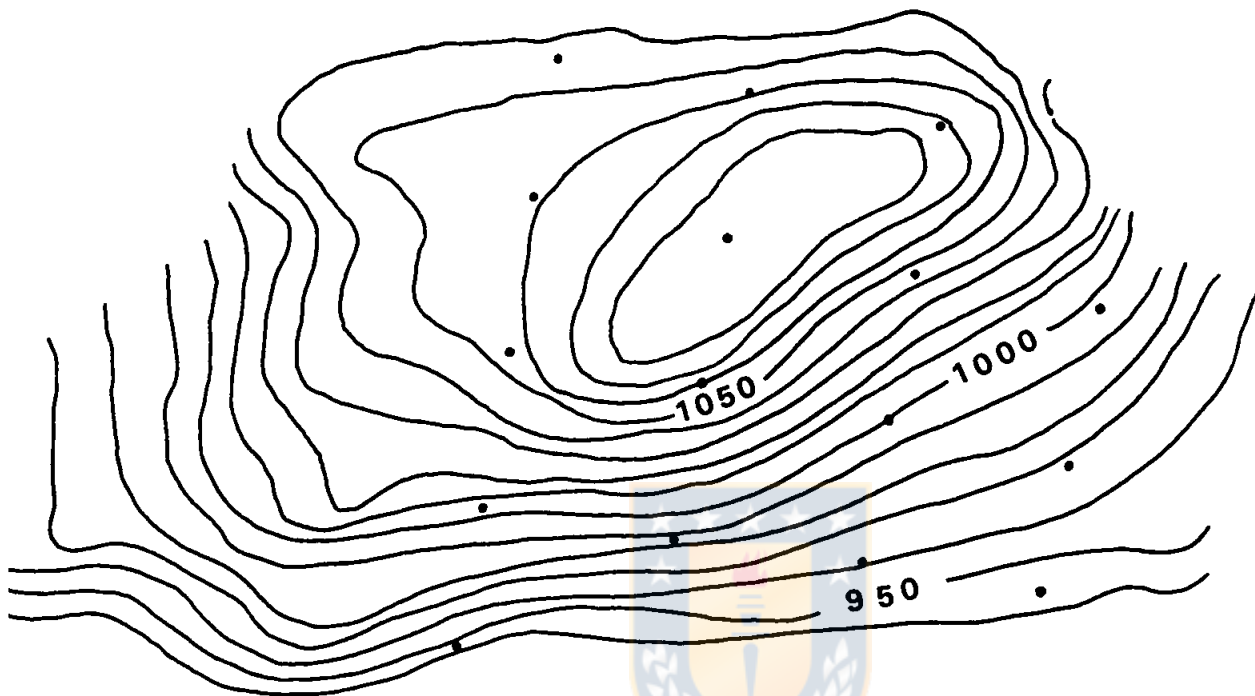
a = constante

X1 = Altitud

X2 = Exposición

X3 = Pendiente

X4 = Posición en la pendiente



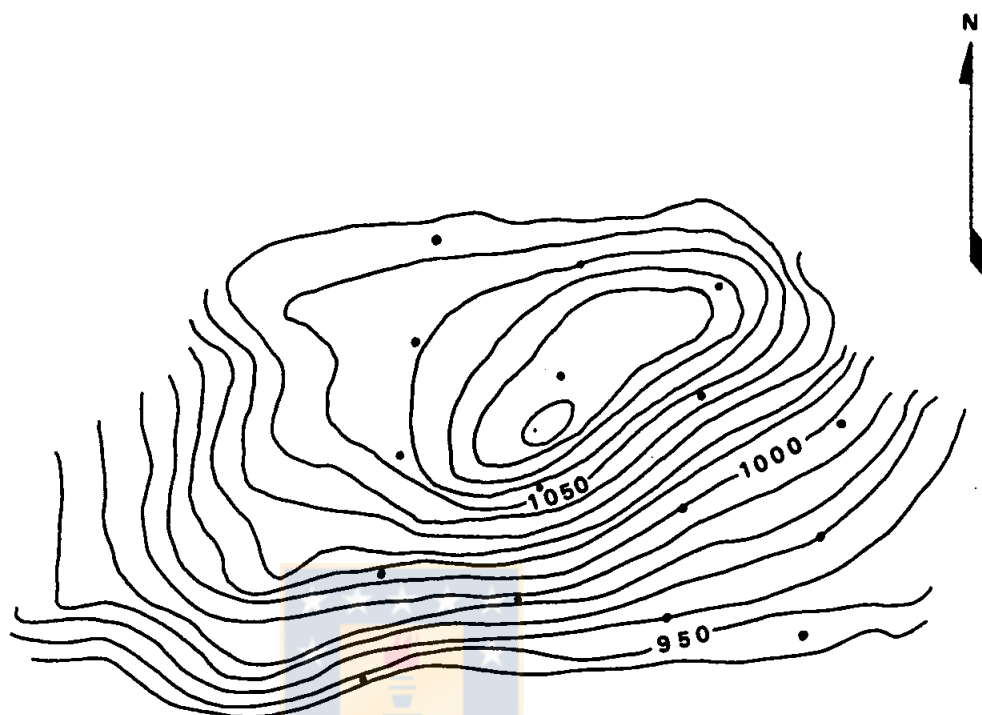
Rangos: 0-25; 25-50; y mayor a 50%

Altitud

Dispersión de las parcelas: 300 a 1200 m s.n.m.

Rangos: 300-500; 500-700; 700-900; 900-1100 y 1100-1300 m  
s.n.m

FIGURA 1A. Obtención de la información fisiográfica de las variables Altitud y Pendiente.

Exposición

Rangos: 315-45°; 45-135°; 135-225°; 225-315°

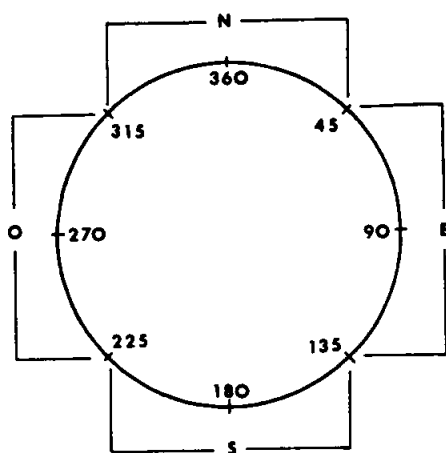
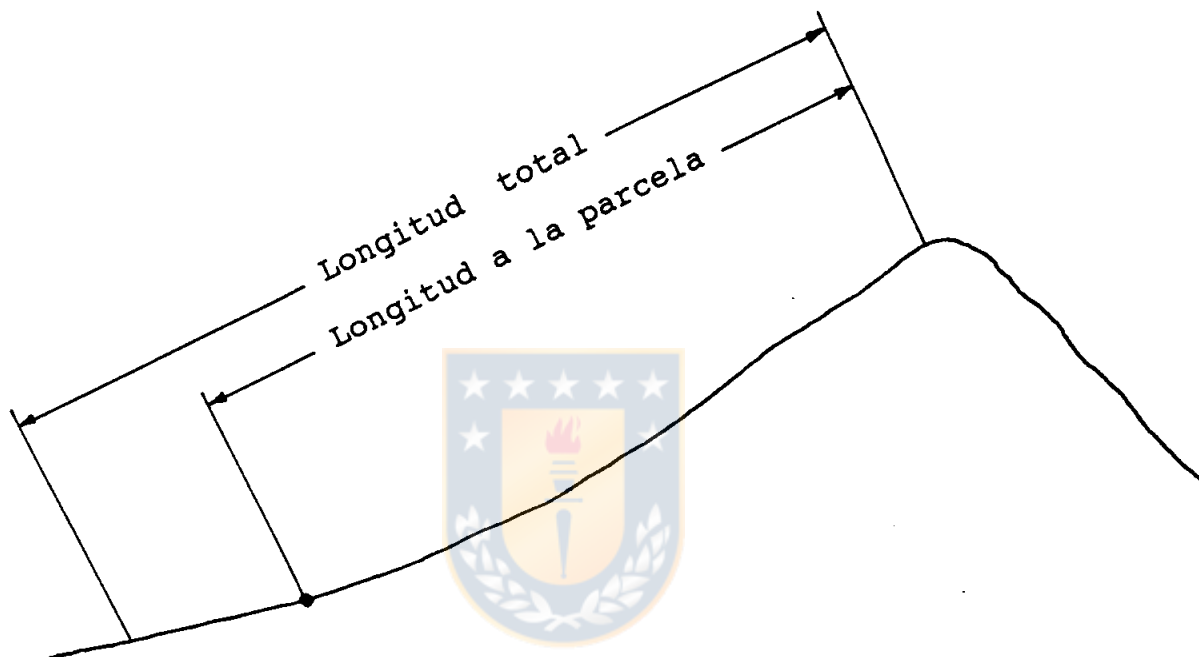


FIGURA 2A. Obtención de la información fisiográfica de la variable Exposición



Rangos: 0-25%; 25-50%, 50-75% y 75-100%

FIGURA 3A. Obtención de la información fisiográfica de la variable Posición en la pendiente.