

ESTRUCTURA Y POTENCIALIDAD DE DISTINTOS TIPOS DE BOSQUE NATIVO EN EL SUR DE CHILE*

RONALD BRUN**

C. D. Oxf.: (568)

INDICE DE MATERIAS

Resumen

Zusammenfassung

Summary

Introducción

Antecedentes

Material y Método

Resultados

Discusión y Conclusiones

RESUMEN

En la Cordillera de los Andes de la Provincia de Valdivia, donde concurren la mayoría de las especies del bosque nativo del sur de Chile, se realiza un estudio sobre su estructura y potencialidad. Estratificando las especies en dos grupos según su tolerancia y en base a la concurrencia de los distintos niveles altitudinales, se establecen tipos, que también son apropiados para la fotointerpretación. Empleando parcelas de muestreo suficientemente grandes (1/10 há) en bosques aún intocados, se logra diferenciar por el diámetro medio, fases dentro de los tipos, que representan substratos muy homogéneos y que podrían utilizarse para mejorar la precisión en los inventarios forestales. Estas fases se representan por la distribución de los diámetros mediante ecuaciones hiperbólicas transformadas a rectas y pueden ser estados dinámicos del desarrollo del bosque virgen. Finalmente un análisis del crecimiento de los tipos, basado en mediciones del incremento diamétrico y algunos análisis fustales, muestra una potencialidad de las fases muy diferente, con valores que frecuentemente sobrepasan los 10 m³/há. año.

ZUSAMMENFASSUNG

In der chilenischen Andenkordillere der Provinza Valdivia, wo die Mehrzahl der Forstarten des südchilenischen Naturwaldes vorkommen, wurde eine Untersuchung über dessen Struktur und Wuchspotenzial ausgeführt. In Bezug auf ihre Toleranz und Konkurrenzfähigkeit in den verschiedenen Höhenbereichen wurden die Arten in zwei Gruppen aufgeteilt und Typen begrenzt die auch für die Fotointerpretation geeignet sein würden. Durch den Gebrauch von Versuchsparzellen einer angebrachten Grosse (1/10 há) konnten im unberührten Naturwald durch den Mittelstammdurchmesser, Fasen innerhalb der Typen differenziert werden, die sehr homogens Substrate darstellten und welche für eine verbesserte Genauigkeit der Forstinventare benutzt werden koennten. Diese Fasen wurden dargestellt durch die Verteilung der Stammdurchmesser mittels in Gradlinien verwandelten hyperbolischen Gleichungen und koennen dynamische Stadien der Entwicklung des Naturwaldes bedeuten. Abschlies send wurde eine Zuwachsanalyse der Typen mittels Vermessungen des Stammdurchmesserzuwachses und einiger Stammanalysen durchgeführt welche das Zuwachspotential der sehr unterschiedlichen

Fasen aufzeigt mit werten die häufig die 10 m³/há. überschreiten.

SUMMARY

In tre Andes mountains within the province of Valdivia, where the majority of the native forest species of Southern Chile occur, a study was conducted concerning structur and potential of the forest. Stratifying the species into two groups according to tolerance and occurrence at different altitudes, forest types are established which are also appropriate for photointerpretation. Employing sufficiently large sample plots (1/10 há.) in virgin forests, it is possible to differentiate phases in the type by mean diameter. These phases represent very homogenes substrate which can be utilized to improve presicion of forest inventories. Diameter distributions of these phases are represented by hiperbolic equations and they can be dynamic stages of development of virgin forests. Finally, a growth analysis of the types based on measurements of diameter increment and stem analysis shows a quite distinct potencial in the phases with values which frecuently surpase 10 m³/há. year.

INTRODUCCION

En la zona sur del país se concentran las principales existencias del bosque nativo chileno. Solamente en la región comprendida entre las provincias de Malleco a Chiloé (38° - 44° latitud sur), donde predomina la pluviselva templada compuesta de las maderas más valiosas, se estima un área boscosa autóctona de más de 3 millones de hectáreas, que si se incluyen renovales y bosques explotados, alcanza a los 4 millones de hectáreas. Conservar y manejar este potencial forestal renovable es una tarea en extremo difícil, especialmente si se considera que la resolución de muchos problemas específicos se encuentran aún en una etapa inicial de la investigación. Por ejemplo, antecedentes básicos para la planificación, como ser en la inventariación, el conocimiento de la composición de las masas, su estructura y su estado óptimo de producción, etc., aún no son conocidos. El objeto de esta investigación es contribuir a resolver las siguientes interrogantes:

- Clasificación del bosque nativo en tipos naturales, también apropiados para la fotointerpretación.
- Estudiar la estructura y composición de las masas para conocer su estado óptimo de crecimiento, su posible evolución y regeneración.
- Definir estratos como unidades homogéneas dentro de los tipos de bosque para facilitar su inventariación.
- Representar al bosque nativo y su potencialidad, de por sí complejo, en una forma sencilla.

* Trabajo basado en la disertación del autor, publicada en alemán.

** Expofesor de Topografía, Dendrometría y Fotogrametría de la Universidad Austral de Chile, hoy en Göttingen, Rep. Federal de Alemania, Institut fuer Waldbau der tropischen und subtropischen Zonen.

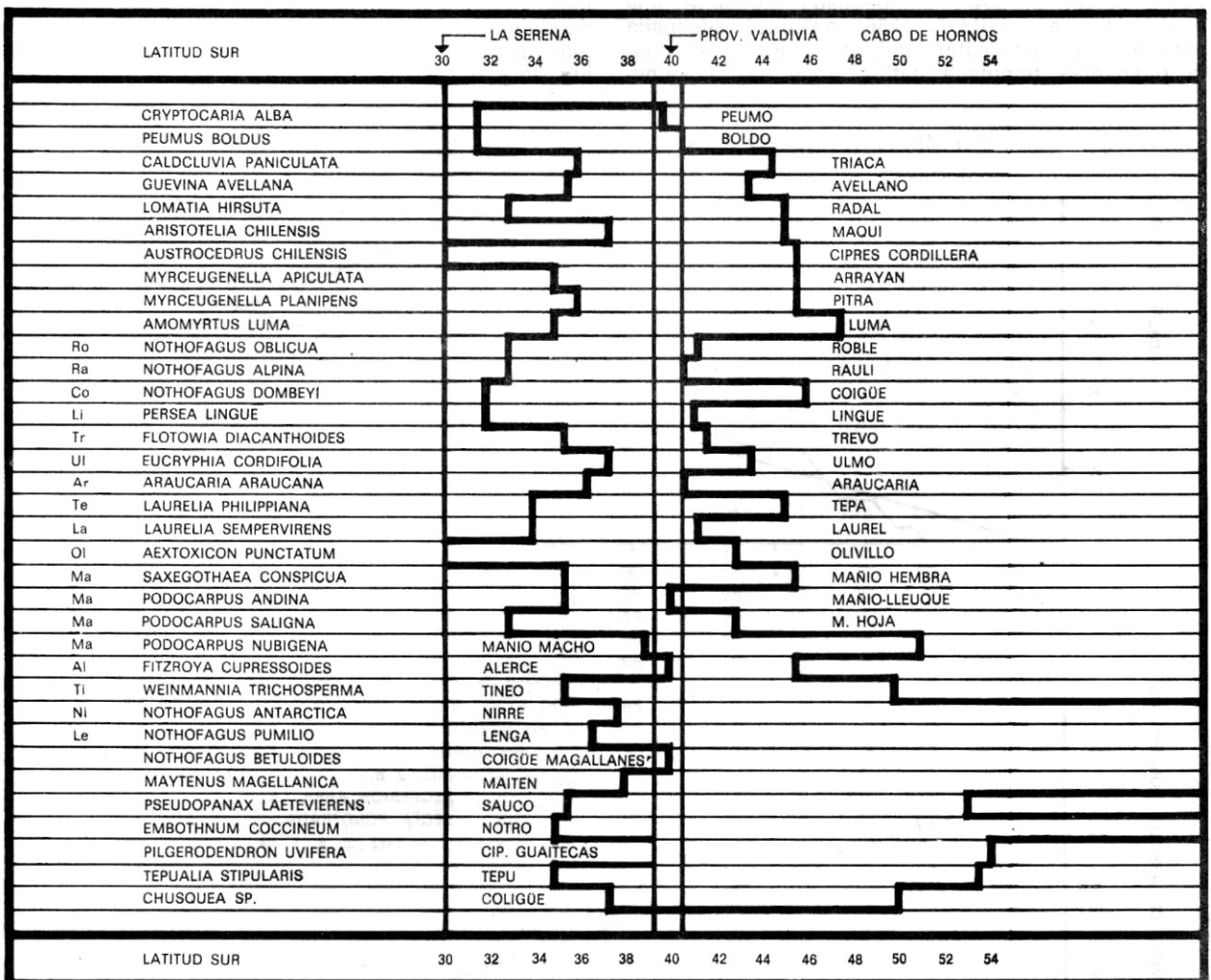
2. ANTECEDENTES

El bosque nativo del sur de Chile, y en particular la pluviselva de la región de Valdivia, fueron objeto de interés ya en el siglo pasado para conocidos naturalistas y biólogos como Molina, Darwin, Poeppig, Philippi, Reiche y otros. Más tarde, Albert, pionero de la forestación chilena, Hueck, Schmithüsen, Oberdorfer y muchos más, sentaron las bases para los conocimientos actuales.

Su importancia económica ha quedado demostrada, entre otros, por la Mensura Forestal de la Provincia de Valdivia realizada por CORFO, 1952, el Mapa Forestal y la Clasificación Preliminar del Bosque Nativo del Instituto Forestal, 1967. Los muchos trabajos efectuados en las Universidades del país han acrecentado la información de la problemática existente.

Fundamentalmente según SCHMITHÜSEN, 1968, el

bosque autóctono, en la región considerada de Malleco a Chiloé, está formado por las regiones vegetales 7 y 8: primando en la parte norte el bosque templado de caducifolias (7), en el sur la pluviselva valdiviana siempreverde (8a), separadas por una línea definida por la distribución sur de las fagáceas roble y raulí. Aparece además el bosque patagónico con los *Nothofagus*, lenga y ñirre, formando generalmente el límite altitudinal de la vegetación arbórea, y los relictos de araucaria y alerce, sujetos a condiciones ecológicas especiales. Todos estos distintos aspectos del bosque nativo concurren en la provincia de Valdivia, y es por esto que se redujo el área de estudio a esta zona, que a su vez es la mayor productora de madera autóctona aserrada (43% de la producción nacional en el período 1963-1965, Instituto Forestal, 1966). La confrontación de las distintas comunidades vegetales en la provincia de Valdivia puede observarse en la Fig. 1, donde está representada la distribución.



A continuación en las figuras y cuadros se ha recurrido a las abreviaciones de las especies más importantes, empleando las dos primeras letras del nombre común; por ejemplo: roble: Ro, y como está indicado en la Fig. 1. En ella, las dos primeras especies pertenecen al bosque subtropical, mientras que las doce últimas corresponden al bosque magallánico. El canelo (*Drimys winteri*) no se incluye, pues su distribución es general.

3. MATERIAL Y METODO

La zona estudiada fue la provincia de Valdivia y en especial la región de la Cordillera de los Andes, debido, como ya se dijo, a la presencia de las más importantes formaciones vegetales y a la existencia de los antecedentes necesarios. De las 5.466 parcelas de 0,1 há. de la Mensura Forestal de la Provincia de Valdivia, CORFO, 1952, se utilizaron

225, después de haber sectorizado los lugares más representativos a través de toda la precordillera andina y haber comprobado que correspondían a bosque no influenciado por el hombre. Además, se emplearon 92 parcelas de 0,05 há. de un sector específico (Chihuahú: González, 1965) para fines de comparación y 9 parcelas de 0,125 há en Lonquimay (1966) de control para el bosque de araucaria. Los estudios complementarios sobre el crecimiento se efectuaron en base a 11 análisis fustales y un muestreo de incremento diamétrico en Chihuahú.

Todos los cálculos se basaron en la determinación del área basal, altura total, número de árboles por hectárea, parámetros que pueden ser determinados por precisión. Se emplearon clases diamétricas de 10 cm con un límite inferior de 10 cm.

Para la representación de la estructura de los bosques se empleó la distribución del número de árboles según el DAP (compensada mediante una hipérbola que PIERLOT, 1966, encontró adecuada para bosques tropicales umbrófilos y con el cual la pluviselva templada nativa tiene cierta seme-

janza. Sin embargo, la hipérbola no fue compensada por el método de los cuadrados mínimos, pues aunque mediante tal cálculo el coeficiente de correlación es generalmente significativo con una desviación standard baja, la distorsión de la escala de las abscisas conduce a una deformación de la curva en las clases diamétricas extremas. Esta anomalía puede observarse en un ejemplo con especies umbrófilas, tepa y olivillo, en un bosque de ulmo, véase Fig. 2a, donde la influencia de las clases diamétricas pequeñas ha desviado notablemente la curva. Véase Fig. 2c. Por ello, se prefirió transformar la hipérbola

$$y = \frac{1}{x} a + b$$

a una recta ponderada $yx = a + bx$ siendo $y =$ número de árboles/há
 $x =$ diámetro altura pecho

Esto equivale a ponderar la hipérbola con el DAP, dándole menor peso a las clases inferiores que más oscilen, en beneficio de las mayores. Véase Fig. 2b y 2c.

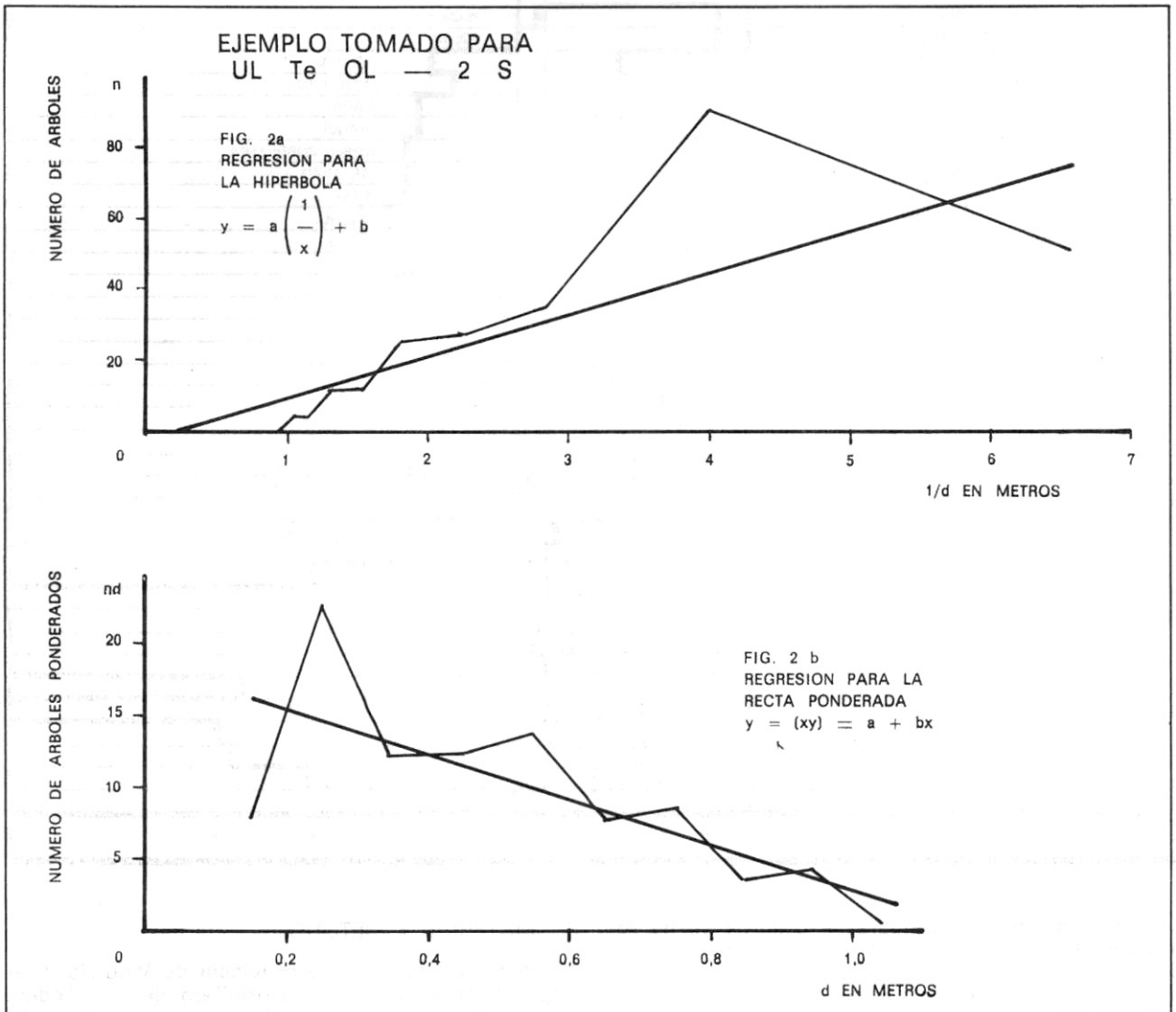
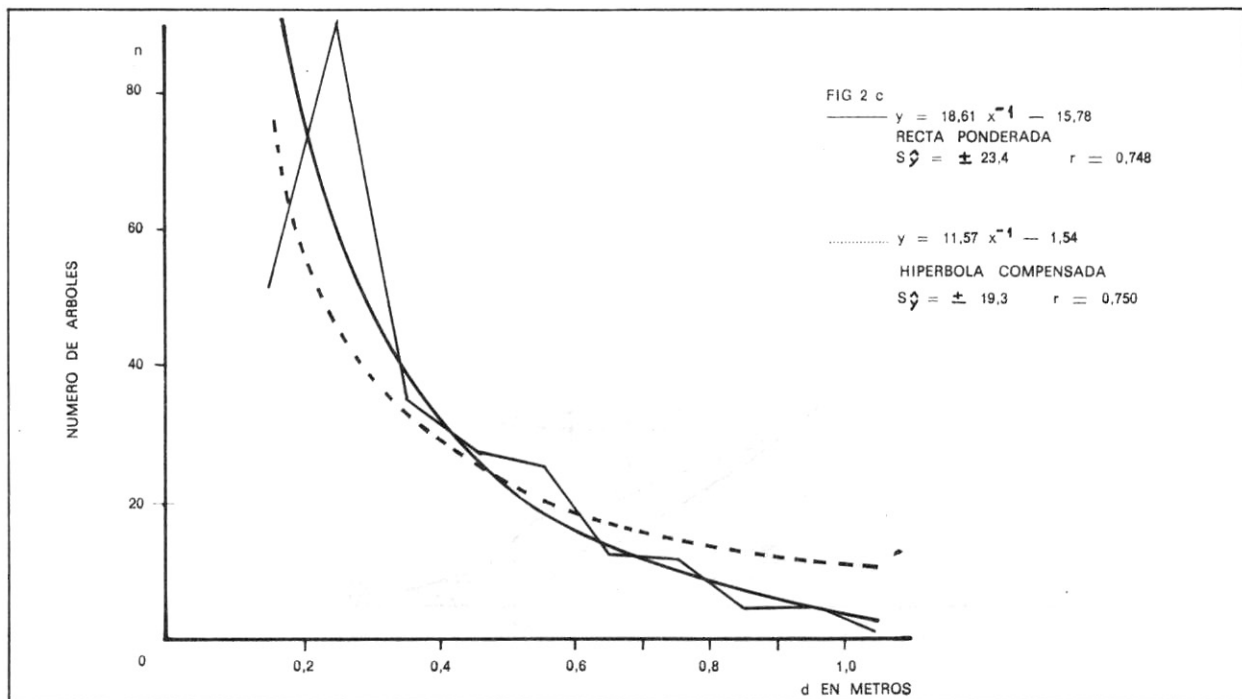


Fig. 2. Ejemplo de computación de la distribución de árboles y según clases diamétricas x. Aclaración véase en el texto.



Cuadro 1.—Valor real y valores dados por las ecuaciones deducidas

N = número de árboles (tepa y olivillo) por há en un bosque de ulmo

Hipérbola: $y = 11,574 x^{-1} - 1,538$

Ponderado: $y = 18,606 x^{-1} - 15,776$

DAP 15 25 35 45 55 65 75 85 95 1,05

N	50	90	35	27	25	12	11	4	4	0
Hipérb.	76	45	32	24	20	16	14	12	11	9
Ponder.	108	59	37	26	18	13	9	6	4	2

a) El resultado es muy favorable a la recta ponderada si se comparan el área basal real 32,9 m²/há con el área basal deducidas con la hipérbola y con la recta, 49,1 y 33,0, respectivamente.

b) El coeficiente de correlación para ambas formas es 0,75 (significativo al 95% de probabilidad para 9 grados de libertad), pero pierde su significado en la recta ponderada por la transformación hecha.

c) Las desviaciones standard son 19,3 árboles en la hipérbola, 23,4 árboles en la recta ponderada, consecuencia de un menor ajuste de la última en las clases diamétricas menores.

Al obtenerse con la recta ponderada, en la mayoría de los casos, una compensación más real y considerando que la ecuación es convenientemente simple, se empleó para representar todas las distribuciones del bosque nativo.

4. RESULTADOS

4.1 Estratificación de las especies.

De las muchas especies que componen el bosque nativo de la región, se redujo el estudio a aquellos más importantes en la constitución de la estructura. El análisis de la distribución se efectuó en el rango comprendido entre el DAP 10-110 cm por dos razones:

1. Es un rango común para todas las especies importantes, permitiendo un análisis comparativo de las curvas sin el factor perturbador de los extremos, vale decir, irregularidad en los diámetros muy pequeños como consecuencia de

una regeneración variable, como igualmente algunos ejemplares aislados de excesivo tamaño, característico para el bosque virgen.

2. Es el rango de distribución interesante desde el punto de vista del bosque manejado económicamente.

El resultado de computar 100 parcelas representativas en la Cordillera de los Andes puede observarse en el cuadro 2 y en la Figura 3.

Cuadro 2.—Distribución del N/há según el número de parcelas con presencia de la especie en %

%parcelas	83	30	11	74	31	22	13	13
DAP	Te	OI	Ma	Co	Ra	Ro	Ar	Le
15	49	61	62	6	3	0	67	39
25	43	52	33	13	8	1	46	37
35	28	29	29	9	6	1	20	28
45	20	22	4	9	8	2	17	21
55	14	19	4	9	8	2	14	29
65	8	14	5	8	8	5	11	15
75	7	12	4	8	10	6	9	7
85	4	3	0	12	6	12	11	2
95	2	3	2	8	7	5	7	1
105	1	3	2	7	3	5	3	1
TOTAL	176	218	145	86	69	39	205	180
dm	40	42	35	66	64	81	45	43

dm = diámetro medio o media cuadrática en centímetros.

De acuerdo a los resultados puede concluirse que hay especies con una distribución decreciente característica como tepa, olivillo, maño, araucaria, lenga y otras, con una representación más o menos constante en todas las clases diamétricas como coigüe, raulí, roble, particularidad que también queda reflejada en la magnitud del diámetro medio de la población, teniendo las primeras un diámetro medio superior a un límite aproximado de 50 cm. Es éste un primer criterio para estratificar las especies y que corresponde en cierta medida a la tolerancia a la luz, por lo que se denominarán de sombra las especies tepa, olivillo y maños, de luz las especies coigüe, raulí y roble. Por el habitat especial que ocupan araucaria y lenga, es necesario un análisis especial.

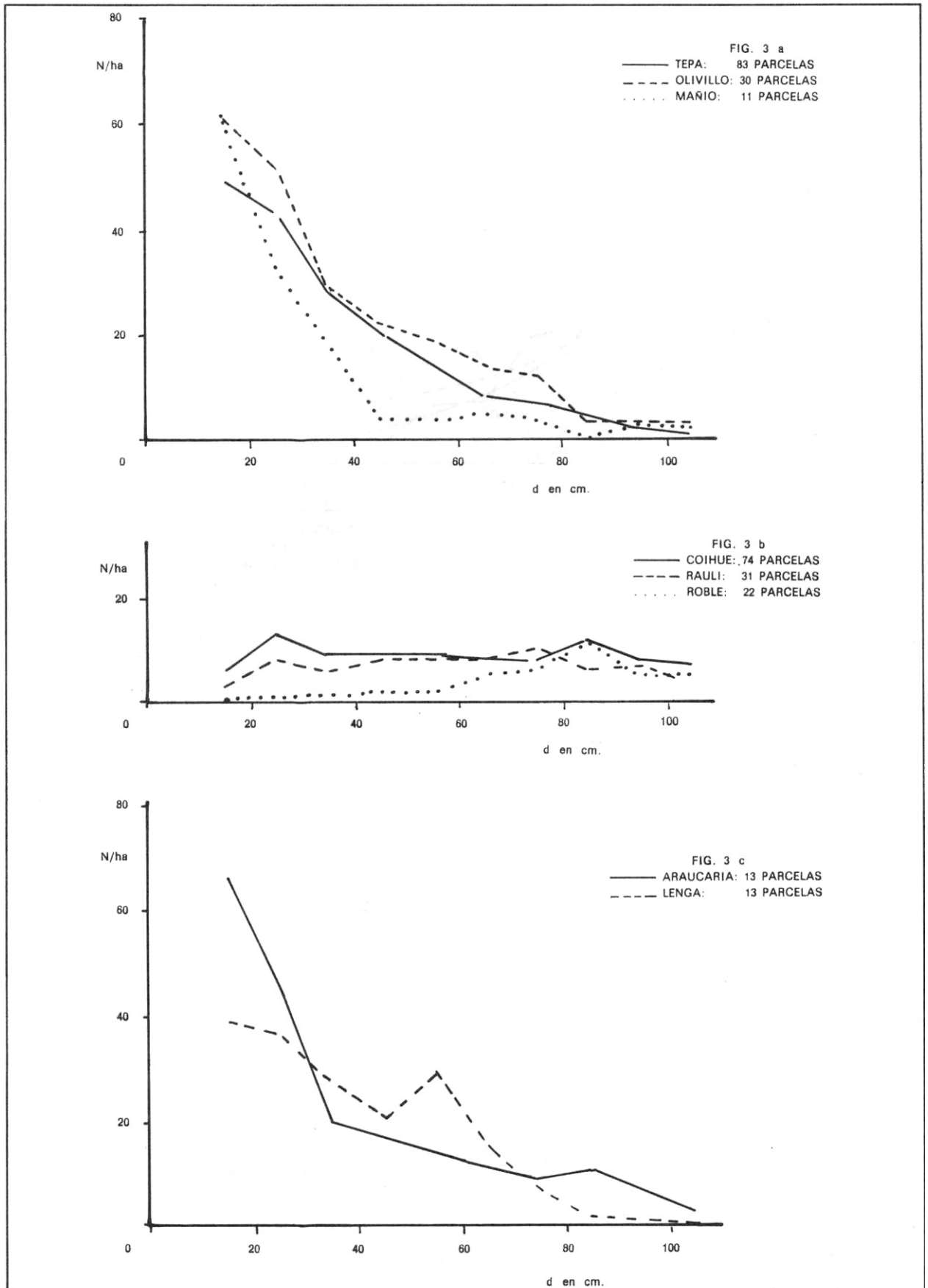


Fig. 3. Distribución representativa del N/há en la Cordillera de los Andes en el rango DAP 10-110 cm.

4.2 La distribución vertical.

Para conocer la presencia de las especies forestales que forman un bosque nativo y la participación

en los distintos grados altitudinales de la Cordillera de los Andes se calculó con las parcelas de CORFO el área basal por há, representada en la Fig. 4.

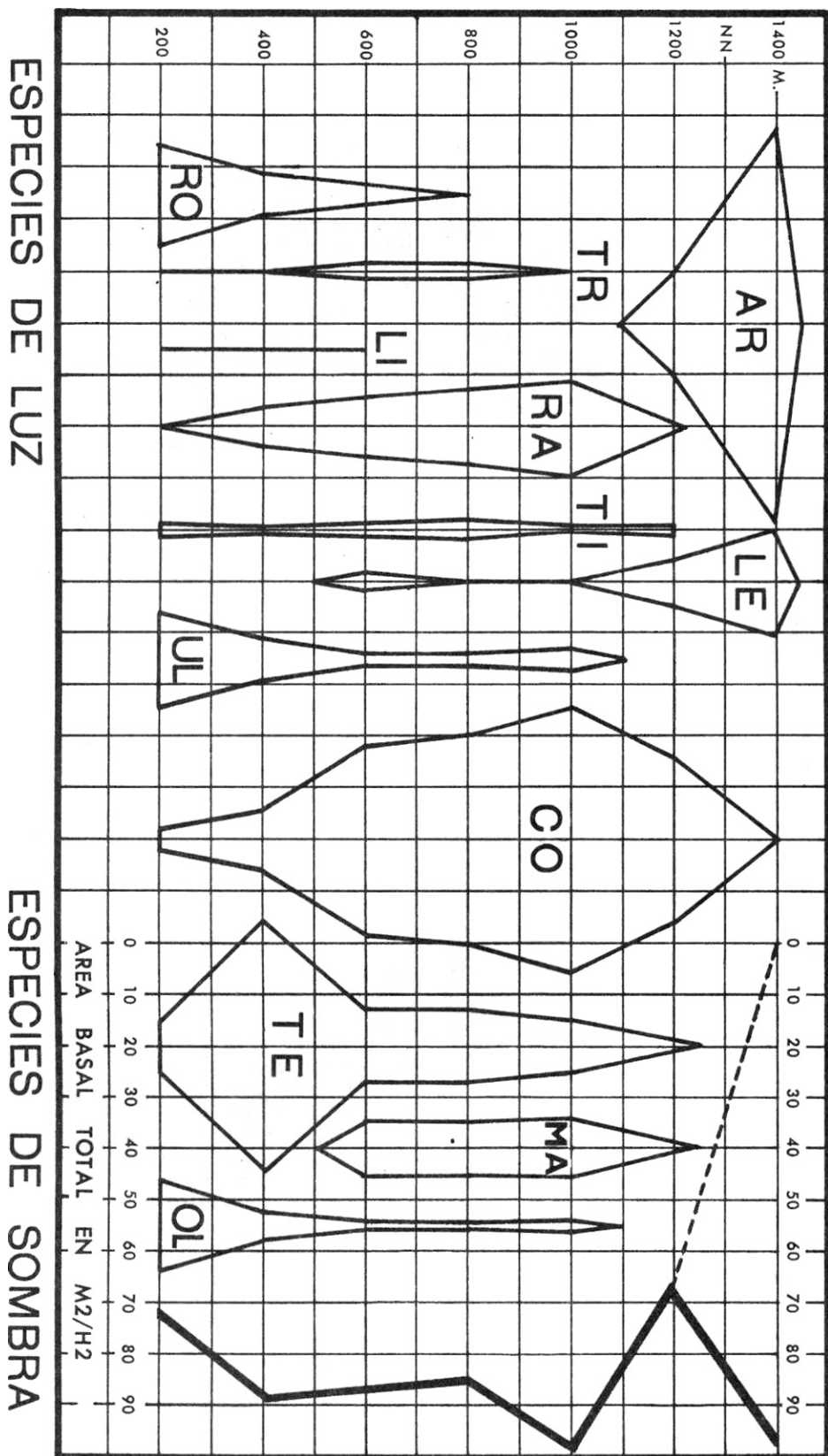


Fig. 4. Representación gráfica del área basal por especie a distintos niveles altitudinales.

En la Fig. 4 las especies están ordenadas aproximadamente según su tolerancia a la luz, creciente de izquierda a derecha, indicándose el área basal total en el margen, que puede ser considerado como un valor normal.

Se observa la dominancia de araucaria entre los 1.200-1.400 metros de altitud, raulí y coigüe, 600-1.000 metros, tepa, olivillo, roble y ulmo más abajo. En estos tres niveles altitudinales se determinó la frecuencia con que participaban las especies entre sí, estableciéndose tres rangos de concurrencia, de 40 a 60%, de 60 a 90% y mayor de 90%. Así una concurrencia de 90% de araucaria con lenga significa que en el 90% de las parcelas de lenga estaba presente araucaria.

Cuadro 3.— Participación de la concurrencia de las especies en distintos grados altitudinales

Tolerancia	Concurrencia		Altitud
	Mayor de 90% —	90%-60% —	60%-40%
Luz-Luz	Ar/Le		Superior
Luz-Luz	Ra/Co		Intermedia
Luz-Sombra		Ra/Te	
Sombra-Luz	Te/Co		
Sombra-Sombra	Ma/Te		
Luz-Luz	Ro/UI	Ro/Co	Inferior
Luz-Sombra	UI/OI	Ro/OI	
		Ro/Te	
Sombra-Sombra	OI/Te		

Se puede observar que existe una importante concurrencia en las distintas tolerancias, lo que hace necesario considerar estas combinaciones de luz y sombra en la definición de tipos de bosque.

En la grada superior, lenga forma extensos rodales puros y solamente araucaria es importante en la constitución de mezcla. Se puede deducir entonces un tipo básico y otro formado por la mezcla araucaria-lenga. En la grada intermedia, la especie de mayor importancia es coigüe (Fig. 4) y también es, con la cual las demás especies tienen mayor afinidad (Cuadro 3) seguido de tepa y mañío. Este raciocinio permite fijar como tipo básico coigüe, tepa, mañío, pero teniendo en cuenta además la fuerte afinidad entre la especie de luz raulí con coigüe y tepa debe establecerse un tipo raulí-coigüe, tepa, mañío que llamaremos "claro", concepto que será discutido más adelante.

En la grada inferior, la concurrencia de especies es más variada, sin embargo es fácil observar que las especies ulmo, tepa y olivillo conforman un tipo básico, existiendo también la especie de luz roble que origina un tipo "claro" con ellas.

Debe de destacarse aún la existencia de una fuerte afinidad en las gradas intermedias e inferior entre especies de sombra mañío-tepa y olivillo-tepa, respectivamente. En el análisis de las parcelas pudo comprobarse que existen formaciones de especies de sombra que excluyen a las de luz y que pueden considerarse como formas extremas de los tipos básicos, que llamaremos formación oscura respectivamente. De la misma manera pueden definirse formas claras raulí-mañío y roble-olivillo, donde predominan las heliófilas, raulí y roble y que serían estados extremos de los tipos claros respectivos.

Indudablemente que toda agrupación de especies que se realice, tendrá formas de transición. Importantes son, entre los grados superior e intermedio, la mezcla coigüe-lenga y entre las intermedias en inferior roble raulí, formando bosques límites.

4.3 Dinámica de los bosques.

La formación de los tipos debe corresponder a una cierta dinámica en la estructura, que puede caracterizarse de acuerdo a la clasificación por tolerancia de las especies. La definición de tepa, olivillo y mañío como especies de sombra, según su distribución diamétrica, corresponde a una real propiedad de tolerancia desde el punto de vista silvícola. Todas las demás especies forestales importantes mencionadas, araucaria, lenga, coigüe, ulmo, roble y raulí son especies de luz y silviculturalmente heliófilas en mayor o menor grado. Las primeras, ciadófilas, tienen en común un crecimiento lento, o ocupando un estrato inferior con copas densas que impide la penetración de la luz. Su regeneración en esas condiciones puede establecerse. El segundo grupo, las heliófilas, tienen en común una regeneración abundante y un crecimiento rápido cuando hay suficiente luz, lo que les permite aparecer en forma masiva, logrando con su mayor porte establecerse en el estrato dominante. Este rápido desarrollo representa un carácter "agresivo", que es frenado por el estrato más pasivo de las ciadófilas. Sin embargo, las especies de luz difieren mucho entre sí. Araucaria, raulí y roble en su habitat son dominantes y por lo tanto muy agresivas en el sentido expuesto. Lenga, coigüe y ulmo se encuentran presentes en grandes extensiones, siendo más indiferentes a la constitución de la mezcla. Ellas originan los tipos básicos, que en el caso de contener las especies de luz más "agresivas" araucaria, raulí y roble, originan los tipos "claros" definidos por ellas. Predominancia casi absoluta de uno de estos grupos de especies de luz o de sombra en los tipos, constituyen las formaciones, así de raulí, de roble, de mañío y olivillo.

4.4 Definición de los tipos.

De las consideraciones expuestas es posible fundamentalmente definir tres tipos básicos y tres tipos "claros" derivados. La nomenclatura se ha elegido de tal manera que el tipo básico se representa, primero por la especie de luz y a continuación se agregan dos especies de sombra, siendo la última la más tolerante que conduce el estado de una formación. Así el tipo básico bosque de coigüe queda representado por lingue, tepa, mañío, su formación oscura por mañío. La especie agresiva se antepone al tipo básico mediante un guión representando el tipo claro, por ejemplo, bosque de raulí: raul-coigüe-tepa-mañío y la formación clara correspondiente queda constituida por ambas especies extremas, raulí-mañío. Solamente las formas de transición importantes se consideran, escribiéndolas en paréntesis. Así (Coigüe, Lenga) (Roble, Raulí).

Para evitar incertidumbre en la clasificación de los tipos, se prefiere definir éstos por la presencia de especies indicadoras, sin considerar cuantitativamente su existencia. Estas, además, excluyen los demás tipos, no debiendo aparecer en mezcla, porque constituirán una transición.

- a) Los tipos claros araucaria, raulí y roble están definidos respectivamente por estas especies.
- b) Los tipos básicos, bosque de lenga por lenga, bosques de ulmo por la presencia de ulmo u olivillo y el bosque de coigüe por la presencia de éste sin contener las anteriores.
- c) Las formaciones, como derivaciones de los tipos, deben de tener un 90% del área basal correspondiente a un grupo, ya sea de luz o sombra, para constituir una formación clara u oscura.

De acuerdo a estas definiciones, se clasificaron las parcelas del bosque nativo de la Cordillera de los Andes, en la región estudiada, resultando el Cuadro 4 con indicación del % de existencia obtenido a través del número de parcelas y nivel altitudinal con 95% de probabilidad (± 2 s).

Cuadro 4.—Tipos de bosques, presencia y nivel altitudinal

Tipo	Presencia %	Nivel altitudinal
Tipo básico Le	—	—
Tipo claro Ar-Le	6	1100-1250-1400
Transición (Co-Le)	1	700
Tipo básico Co Te Ma	25	530-880-1230
Formación oscura Ma	3	330-770-1150
Tipo claro Ra-Co Te Ma	20	580-910-1240
Formación clara Ra-Ma	11	650-950-1250
Transición (Ro-Ra)	6	260-580- 900
Tipo básico Ul Te Ol	9	60-600-1140
Formación oscura Ol	3	20-430- 740
Tipo claro Ro-Ul Te Ol	16	60-480- 910
Formación clara Ro-Ol	—	—

Los seis tipos definidos por especies indicadoras serían apropiadas para la interpretación aérea, si se realiza ésta en la estación apropiada (abril). La diferenciación de los tipos básicos residirán en la individualización de lenga, según el nivel altitudinal, color y estructura de la copa, comparándola con coigüe. La floración del ulmo haría este tipo básico también fácilmente identificable. Los tipos claros se derivarían de los básicos, siendo muy característico raulí y roble posibles, además de diferenciar por el nivel altitudinal, diferencia en la tonalidad y forma de las copas. De esta manera parecería haberse encontrado una respuesta a la primera interrogante de esta investigación, o sea, la clasificación en tipos naturales apropiados para la fotointerpretación.

4.5. Descripción de los tipos.

4.5.1. El bosque de coigüe: coigüe, tepa, mañío. Es el tipo más común de la región formado por coigüe acompañado principalmente por tepa y mañío. En mezcla a veces aparecen trevo y tineo, esta última representante del bosque magallánico. En el estrato inferior frecuentemente se encuentran bambuceas (*Chusquea* sp.), en el intermedio tepa y en el superior domina el coigüe que participa con 60%-90% del área basal total.

La formación oscura de mañío se reconoce por el

dominio de las especies ciadófilas, especialmente mañío, participando con más de un 90% del área basal total. Solamente algunas especies de luz emergen del denso estrato intermedio, mientras que el estrato inferior lo constituyen canelo, mirtáceas y helechos en un ambiente preferentemente húmedo.

4.5.2 El bosque de raulí: raulí, coigüe, tepa, mañío. De distribución semejante al anterior, este tipo claro se caracteriza por la presencia de raulí, que junto con coigüe domina el estrato superior. Generalmente la presencia de mañío es alta, alcanzando las especies de sombra un buen desarrollo bajo el dosel más claro de raulí. La regeneración del raulí es abundante, pero generalmente sólo puede prosperar en los boquetes donde penetra la luz, formando típicas manchas. Ahí, el bambú es su peor enemigo. La formación clara de raulí-mañío no debe contener más del 10% del área basal de ciadófilas, que pueden ser mañío o tepa. Generalmente debido a que el bambú cubre grandes extensiones, la regeneración es escasa.

4.5.3 El bosque de ulmo: ulmo, tepa y olivillo. Este tipo básico se encuentra preferentemente en los valles hasta los 600 m de altitud, pero puede en condiciones de alta humedad atmosférica (influencia de lagos y ríos) subir hasta los 1000 m, donde forma bosques de transición con raulí. Su acompañante típico es la ciadófila olivillo, pero también son importantes tepa y coigüe. Este bosque es característico por una mayor variedad de especies en el estrato inferior, especialmente mirtáceas y pioneras como el avellano, radal, maqui, etc. La regeneración es generalmente buena, estando favorecido el ulmo por sus brotes de raíces. *La formación oscura de olivillo.* Las especies principales son olivillo seguido de tepa con regeneración escasa. Las especies de luz no deben alcanzar más que un 10% del área basal. Su regeneración está inhibida por el denso dosel y por la presencia de mirtáceas y bambú.

4.5.4. El bosque de roble: roble, ulmo, tepa, olivillo. Es un tipo importante bajo los 600 m de altitud, derivado del anterior y definido por la presencia de la heliófila roble en el estrato dominante. La copa traslúcida del roble permite un cierre de las especies de sombra tepa y olivillo, condicionando la abundante regeneración del roble a la apertura del dosel (caída de árboles decrepitos), siendo el resultado una típica regeneración de ondas. También el coigüe tiene buenas posibilidades de desarrollo por la mayor cantidad de luz que penetra. A mayores altitudes, tineo y trevo pueden ser acompañantes en el estrato superior, mientras que en el valle, lingue y laurel, originarias de un clima temperado, forman parte del estrato intermedio.

El tipo lenga que se describe, debido a que no es típico en la región estudiada, alcanza apenas un área basal de 40 m².

Igualmente la formación clara de roble: roble-olivillo se eliminó por no estar suficientemente representada en la cordillera.

Finalmente se presenta un cuadro con las áreas basales encontradas en los distintos tipos y formaciones.

Cuadro 5.—Áreas basales de las especies de sombra G_s, especies de luz G_L y área basal total G_T en m²/ha según tipos de bosques y sus formaciones. En el tipo araucaria-lenga se ordena lenga en las especies de sombra.

Tipo	G _s	G _L	G _T
Ar-Le	25	62	87
CoTeMa	31	65	96
Ma	66	3	69
Ra-CoTema	19	87	106
Ra-Ma	3	88	91
UI Te OI	44	33	77
O1	78	6	84
Ro-UI Te-OI	48	44	92

4.6. Estratificación de los tipos.

4.6.1. Definición de los estratos. Para los fines del muestreo en inventarios, pero también para el posterior estudio del rendimiento, es conveniente estratificar las poblaciones representadas por los distintos bosques ya definidos. El agrupamiento de especies de luz y sombra no solamente pretende simplificar la estructura, sino como se verá más adelante, hay razones en el crecimiento que lo justifican. Sin embargo, la variabilidad interna dentro de estos grupos, como consecuencia de la variación natural del bosque nativo y de la variación aleatoria de las parcelas del muestreo, es tan alta, que es necesario definir otros estratos más homogéneos. Para encontrar un criterio se agruparon todas las parcelas según la magnitud del diámetro medio (media cuadrática) calculado separadamente para las especies de luz y sombra. Llamando + los diámetros medios mayores, — los menores, habrán cuatro combinaciones posibles en los dos grupos de especies de luz y sombra. Además, la casi no presencia de un grupo, ya anteriormente definido como formación se presenta por 0, origina en los dos grupos dos estratos más. Esquemáticamente, los diámetros medios en los seis estratos, que se denominan fases, son:

Fase	1	2	3	4	5 _S	5 _L
Especies de sombra	—	—	+	+	+	0
Especies de luz	—	+	+	—	0	+

La definición de las fases no debe incluir en lo posible la variabilidad aleatoria, por lo que se utiliza un rango de 10-110 cm de la distribución diamétrica, común para todas las especies. El número de árboles por há en clases diamétricas de 10 cm se representa mediante una hipérbola, como ya se dijo (Capítulo 3), calculada como una regresión rectilínea ponderada para las especies de sombra y total en las distintas fases. Las especies de luz se obtuvieron por diferencia entre las anteriores.

Los coeficientes de regresión de la hipérbola transformada en recta se observan en el Cuadro 6.

Cuadro 6.—Coeficiente de regresión de la recta $y = a + bx$ válida en el rango 0,1 - 1,1 m de DAP.

$y = nd$ n = número de árboles por há en clases diamétricas de 10 cm
 $x = nd$ d = DAP en metros
 Le está ordenada entre las especies de sombra.

Tipo	Fase	Especie de sombra		Especie de luz		Total	
		a	b	a	b	a	b
Ar-Le	1	24,5	-20,6	9,2	-6,2	33,7	-26,8
	2	17,5	-18,5	-1,1	8,2	16,4	-10,3
	3	6,8	-5,0	12,1	-5,3	18,9	-10,3
	4	10,1	0,0	34,5	-33,2	44,6	-33,2
Go Te Ma	1L	11,1	-10,0	4,2	5,2	15,3	-4,8
	2	15,2	-16,5	-0,7	14,2	14,5	-2,3
	3	12,8	-8,1	-0,9	8,1	11,9	0,0
	4	10,7	-1,8	4,7	0,4	15,4	-1,4
	5S	11,8	-1,3	6,7	-9,2	18,5	-10,5
Ra-Co Te Ma	1	13,8	-14,4	2,9	8,6	16,7	-5,8
	2	17,2	-18,7	-1,7	12,5	15,5	-6,2
	3	14,2	-9,9	-0,7	11,1	13,5	1,2
	4	11,9	-5,3	2,4	5,2	14,3	-0,1
	5L	4,3	-5,2	-1,2	17,7	3,1	12,5
UI Te OI	1	20,9	-21,5	5,8	-4,2	26,7	-25,6
	2	18,6	-15,8	7,4	-2,0	26,0	-17,8
	3	19,8	-15,0	3,1	10,3	22,9	-4,7
	4-5S	14,4	-2,7	3,2	-1,9	17,6	-4,6
Ro-UI Te OI	1	22,9	-21,4	1,9	5,7	24,8	-15,7
	2	31,8	-32,4	0,5	8,0	32,3	-24,4
	3	4,6	10,7	-7,8	21,4	-3,2	32,1
	4	11,0	-1,3	0,2	4,8	11,2	3,5

4.6.2 Validez de la estratificación. Se dijo que la estratificación se había hecho en base a la magnitud del diámetro medio. Deberá entonces demostrarse que las distintas fases definidas son distintas en función de este parámetro. El cómputo se realiza fácilmente calculando el área basal G y el número de árboles por há N a partir de la regresión establecida $nd = a + bd$.

$$G = \sum ng = \frac{\pi}{4} \sum nd^2 = \frac{\pi}{4} \sum (a + bd) d$$

$$G = \frac{\pi}{4} (a \sum d + b \sum d^2)$$

$$N = \sum \frac{nd}{d} = \sum \frac{a + bd}{d} = a \sum \frac{1}{d} + \sum b$$

Recordando que en el rango fijo de 0,1 - 1,1 m en DAP hay 10 clases de 10 cm, las siguientes expresiones son constantes.

$$\sum d = 6,0 \quad \sum \frac{1}{d} = 23,618$$

$$\sum d^2 = 4,425 \quad \sum b = 10 b$$

por lo que el área basal y el número de árboles queda representado por las ecuaciones

$$G = 4,7a + 3,5b \quad N = 23,6a + 10,0b$$

En el Cuadro 7 se puede observar el área basal y el diámetro medio por fases en los distintos tipos calculados a partir de la hipérbola compensada para un rango de 10 - 110 cm de DAP. Esto puede considerarse como la condición de estado mínimo en que deberá encontrarse un bosque nativo manejado.

Cuadro 7.—Área basal G en m²/há y diámetro medio d (media cuadrática) en cm calculados de la hipérbola compensada según tipos y fases para las especies de sombra, de luz y total

Tipo 2	Fase	Especie de sombra		Especie de sombra		TOTAL	
		G	d	G	d	G	d
Ar-Le	1	44	39	22	42	66	40
	2	18	32	23	73	41	43
	3	15	41	39	46	53	45
	4	48	50	48	36	95	41
Co Te Ma	1	18	37	38	57	55	48
	2	14	31	46	68	60	48
	3	32	43	24	71	56	50
	4	44	49	24	51	68	50
	5	51	50	—	—	51	44
Ra-Co Te Ma	1	15	32	44	60	59	47
	2	16	30	35	73	51	46
	3	32	42	35	69	68	51
	4	38	46	29	59	67	51
	5	2	24	56	69	58	61
Ul Te Ol	1	24	32	13	41	37	35
	2	33	39	28	48	61	42
	3	41	41	51	61	92	49
	4-5	58	48	9	45	67	48
Ro-Ul Te Ol	1	34	36	29	60	62	43
	2	37	33	30	65	67	41
	3	59	59	38	83	96	71
	4	47	50	18	65	65	52

La significancia estadística de los diámetros medios para caracterizar las diferencias entre las fases se realiza mediante un análisis de varianza doble empleando la prueba del F. de Fisher y la prueba del t de Student.

Se califican los límites de probabilidad:

P = 1 % muy significativo

P = 5% significativo

P > 5% no significativo

El primer análisis será para las especies de sombra en los cinco tipos: bosque de araucaria, coihue, raulí, ulmo y roble.

Fases 1 y 2 (diámetros pequeños) integran el estrato A

Fases 3 y 4 (diámetros grandes) integran el estrato B.

Cuadro 8.— Análisis de varianza - Especies de sombra

Entre A y B	819	1	819	38,2	muy significativo
en las fases	189	9	21	1,0	no significativo
Error		193	9	21,4	
Total		1201	19		

Promedio estrato A : d = 34,1 cm

Promedio estrato B : d = 46,9 cm

t = 6,19 muy significativo para 20-2 = 18 grados de libertad.

Conclusiones: No hay diferencias significativas entre las fases 1 y 2, como tampoco entre las fases 3 y 4. La formación de los estratos A y B se justifica, pues son muy significativas las diferencias, lo que corrobora la distribución t.

BOSQUE Vol. 1 N° 1, 1975

Es por lo tanto posible clasificar las fases 1 y 2 y las fases 3 y 4 a través de los diámetros medios de las especies de sombra, considerando el rango establecido. Aproximadamente, diámetros bajo los 40 cm corresponderán a las fases 1 y 2, diámetros superiores a 40 cm serán de las fases 3 ó 4.

El siguiente análisis para los cinco tipos de bosque es para las especies de luz.

Fases 1 y 4 (diámetros pequeños) integran el estrato C

Fases 2 y 3 (diámetros grandes) integran el estrato D.

Cuadro 9.— Análisis de varianza - Especies de luz

Entre C y D	994	1	994	34,5	muy significativo
En las fases	1812	9	201	7,0	muy significativo
Error		259	9	28,8	

Total 3065 19

Promedio estrato C : d = 51,6 cm

Promedio estrato D : d = 65,7 cm

t = 5,88 significativo para 20-2 = 18 grados de libertad.

Conclusiones: Hay diferencias significativas en las especies de luz entre las fases con diámetros pequeños (1 y 4) y entre las fases con diámetros grandes (2 y 3). Se justifica la formación de los estratos siendo muy significativa su diferencia.

Aunque la prueba del t también es significativa, se observa una variabilidad significativa en los estratos de las especies de luz, que probablemente tiene su origen en las diversas especies consideradas, como su regeneración de características cíclicas. Inversamente se deduce, que la estructura de las especies de tsonbra es más homogénea.

En resumen, se ha demostrado la posibilidad de estratificar en fases los tipos de bosques definidos, basándose en el diámetro medio del rango definido.

Conclusión: Si el diámetro medio de las especies de sombra es menor de 40 cm, será fase 1 ó 2. Un diámetro pequeño de las especies de luz indica fase 1, un diámetro grande (mayor que 60 cm) indica fase 2.

De la misma manera, si el diámetro de las ciadófilas es mayor que 40 cm, corresponderá a la fase 3 ó 4.

En las especies de luz, el diámetro grande define entonces la fase 3, el diámetro pequeño la fase 4.

Para evitar una variabilidad muy alta como consecuencia del tamaño de las parcelas de prueba, éstas no deberían ser inferiores a 1.0 há.

4.6.3. Aplicación de la estratificación al bosque nativo. La definición de fase se aplicó a los distintos tipos del bosque nativo para conocer su efectividad al ser aplicada a las parcelas originales del muestreo. Siendo el área basal total un parámetro representativo del volumen, un análisis de varianza del área basal de las parcelas por fase mostrará la significancia de las estratificaciones en los cinco tipos de bosque.

En el Cuadro 10 se representan los resultados, observándose que la estratificación fue significativa (prueba del F) en todos los tipos, a excepción del tipo araucaria-lenga. Esto puede deberse a las grandes variaciones en el tamaño de las araucarias, como a un carácter dinámico muy distinto al resto de los tipos.

Cuadro 10.— Análisis de varianza del bosque estratificado, según el área basal de cada parcela por estrato

a) Tipo	Ar-Le	SC	GL	s2	F
Estratos		1296	3	432	0,5
Error		7492	9	832	No significativo
Total		8788	12	1264	
b) Tipo	Co Te Ma	SC	GL	s2	F
Estratos		29794	4	7448	14,0
Error		28678	54	531	Muy significativo
Total		58472	58	1008	
c) Tipo	Ra-Co Te Ma	SC	GL	s2	F
Estratos		19492	4	4873	11,9
Error		23010	56	411	Muy significativo
Total		42502	60	708	
d) Tipo	Ul Te Ol	SC	GL	s2	F
Estratos		13107	3	4369	9,6
Error		9143	20	457	Muy significativo
Total		22250	23		
e) Tipo	Ro-UI Te Ol	SC	GL	s2	F
Estratos		15808	3	5269	10,9
Error		14058	29	485	Muy significativo
Total		29866	32	933	

Para complementar el estudio, en el Cuadro 11 se muestran los coeficientes de variación del área basal total del bosque estratificado (columna 1) y sin estratificar (columna 2). El cociente cuadrado (columna 3) de estos estadígrafos muestra, para un inventario del volumen, la proporción de parcelas necesarias en un muestreo estratificado, comparado con un muestreo sin estratificar, bajo igual probabilidad de precisión al aplicar la fórmula de poblaciones infinitas:

$$n = \frac{t^2 c^2}{E^2}$$

Cuadro 11.— Coeficiente de variación del área basal en el bosque estratificado C_E y sin estratificar C . Columna 3 indica la proporción menor de parcelas

Tipo	necesarias en el bosque estratificado = $\frac{NE}{n}$		
	(1) C_E %	(2) C %	(3) N/n
Ar-Le	32	32	1,00
Co Te Ma	24	33	0,53
Ra-Co Te Ma	19	25	0,58
Ul Te Ol	28	40	0,49
Ro-UI Te Ol	24	33	0,53

Eliminando el tipo de araucaria-lenga, se observa una reducción entre 49-58% de las muestras necesarias a tomar, como consecuencia de la estratificación en fases. Este es un factor interesante en la programación de inventarios del volumen en el bosque nativo. Finalmente puede señalarse que un estudio de la ubicación de las parcelas en el predio Chihuío indicó que las fases se distribuyen más o menos homogéneamente sobre superficies mayores, pudiéndose en esta forma delimitar las áreas que corresponden a un estrato. Por el otro lado, las fases definidas en función de la magnitud

de los diámetros medios, siendo éstos indicadores del desarrollo de un bosque, bien podrían indicar distintas etapas de la dinámica dentro del bosque, especialmente si se considera que las especies de sombra tienen una menor longevidad que las especies de luz, pudiéndose producir por decrepitud de las primeras, repoblaciones intensivas de las especies "agresivas", llegándose a una sucesión continua de las fases.

4.7 Estimación del crecimiento del bosque nativo. Con la finalidad de comparar la potencialidad del bosque nativo y especialmente de las distintas fases se realizó un estudio del incremento corriente volumétrico. Los resultados son únicamente válidos para la pequeña zona muestreada, y aunque se generalizan para los efectos de comparación, deben de considerarse como provisionarios y afectos a errores.

4.7.1 El incremento diamétrico.

En la zona de Chihuío se efectuó un muestreo del incremento diamétrico de los rangos DAP 10-110 cm, con un promedio de 40 observaciones por especie. Para araucaria-lenga-ulmo y maño se emplearon valores promedios obtenidos de análisis fustales, que se indican entre paréntesis en el siguiente cuadro.

Cuadro 12.— Incremento diamétrico en cm de las especies más importantes según tipos de bosques

Tipo de bosque	Represión sobre el DAP	
Ar-Le	Ar	(0,155)
	Le	(0,152)
Co Te Ma	Co	Zd = 0,228 + 0,00261 d
	Te	Zd = 0,317 — 0,00045 d
	Ma	(0,302)
Ra-Co te Ma	Ra	Zd = 0,278 + 0,00045 d
	Co	Zd = 0,228 + 0,00261 d
	Te	Zd = 0,317 — 0,00045 d
	Ma	(0,302)
Ul Te Ol	Ul	Zd = 0,202 — 0,00010 d
	Co	Zd = 0,442 — 0,00114 d
	Te	Zd = 0,317 — 0,00045 d
	Ol	Zd = 0,448 — 0,00140 d
Ro-UI Te Ol	Ro	Zd = 0,537 — 0,00258 d
	Co	Zd = 0,442 — 0,00114 d
	Te	Zd = 0,317 — 0,00045 d
	Ol	Zd = 0,448 — 0,00140 d

NOTA: En los niveles altitudinales intermedio y bajo se encontraron diferencias significativas en el incremento diamétrico de coigüe, por lo que se calcularon dos regresiones.

4.7.2 La altura de forma y su incremento.

En base a 11 análisis fustales se determinó la altura de forma h_f de distintas especies, BRUN, 1969. Sin embargo, debido a la poca representatividad del cálculo final, se prefirió tomar valores promedios de las distintas especies, agrupándolas en especies de luz y sombra. Las regresiones obtenidas fueron expresadas en metros:

para especies de luz $h_f = 8,80 + 5,46 d$
 para especies de sombra $h_f = 6,87 + 7,46 d$
 Estos resultados son válidos entre los rangos DAP 30-70 cm y poco representativas para Ar, Le y Ma. El incremento de la altura de forma fue deducido de las mismas ecuaciones, conocido el incremento del diámetro, y es muy bajo, entre 4 y 6 cm anuales.

4.7.3 El incremento volumétrico anual.

El incremento corriente del volumen se determinó por la sencilla fórmula aproximada.

$$I_v = G \cdot hf \cdot P_v \text{ siendo}$$

G = el área basal del cuadro 7.

hf = la altura de forma según el capítulo 4.7.2.

empleando los diámetros medios del Cuadro 7.

P_v = el incremento volumétrico en porcentaje, calculado como suma del incremento del área basal (según en incremento diamétrico) y el incremento de la altura de forma.

Todos los cálculos se hicieron por fase y separadamente para las especies de luz y sombra, suponiendo que están igualmente representadas en cada estrato. La combinación elegida es la del Cuadro 12. El cálculo, llevado en esa forma, empleando valores medios en distribuciones no normales, da resultados por exceso, pudiendo haber errores hasta de un 20% máximo. Considerando los resultados como provisorios, válidos para una región pequeña y siendo el principal interés comparar la potencialidad de las fases, puede aceptarse como justificado.

Cuadro 13.— Incremento volumétrico anual (volumen cúbico en m³/há año) para especies de luz, sombra y total según fases de los distintos tipos del bosque nativo

Tipo	Fase	Sombra	Luz	Total
Ar-Le	1	3,9	2,0	5,9
	2	1,8	1,5	3,3
	3	1,3	3,3	4,6
	4	3,7	4,8	8,5
Co Te Ma	1	3,3	6,6	9,9
	2	2,8	7,7	10,5
	3	5,4	4,0	9,4
	4	6,8	4,4	11,2
	5	7,9	—	7,9
Ra-Co Te Ma	1	3,0	6,9	9,9
	2	3,3	5,2	8,5
	3	5,4	5,2	10,6
	4	6,1	4,6	10,7
	5	0,5	8,4	8,9
UI Te OI	1	5,4	2,3	7,7
	2	6,5	4,4	10,9
	3	7,8	6,7	14,5
	4	10,0	1,5	11,5
Ro-UI Te OI	1	7,1	4,3	11,4
	2	8,2	4,1	12,3
	3	9,0	4,2	13,2
	4	7,9	2,5	10,4

5. DISCUSION Y CONCLUSIONES

El agrupamiento de las diversas especies que componen el bosque nativo en dos categorías sencillas, llamadas de luz y de sombra, permitió efectuar un análisis de la estructura del bosque, su posible dinámica y comparar distintos estados de potencialidad.

La distribución diamétrica de las especies, que refleja en gran medida su tolerancia en una estructura mixta de heliófilas y ciadófilas, fue el criterio principal de la estratificación lograda. De acuerdo a la participación de las especies más importantes en los distintos niveles altitudinales se establecieron tipos de bosques, que definidos por es-

pecies guías, podrían considerarse como naturales y útiles para ser empleados en la interpretación aérea. Con la estratificación de los tipos en fases, definidos por relaciones entre los diámetros medios, es posible realizar inventarios forestales en poblaciones muy homogéneas. Mientras el empleo, ya sea de parcelas convencionales suficientemente grandes (1/10 há) o métodos puntuales como el relascopio, se deducen fácilmente los diámetros medios.

Las fases encontradas permiten establecer que hay diferentes estados en el bosque nativo con una potencialidad muy distinta, situación que podría ser utilizada para lograr un máximo de rendimiento en el manejo de este tipo de recurso natural. Con el ejemplo muy idealizado calculado en el capítulo 4.7 se da una pauta general de ese posible rendimiento, bajo el supuesto de una densidad equivalente a la encontrada en el bosque intocado. El presente estudio no pretende dar una respuesta definitiva a la problemática planteada, sino más bien indicar un camino para encontrar las soluciones de un buen manejo del bosque nativo en el sur de Chile.

REFERENCIAS

- 1.— BRUN, R., 1969: Strukturstudien in gemässigten Regenwald Südchiles als Grundlage für Zustandserhebungen und Forstbetriebsplanung. Disert. Univ. Freiburg. Freiburg.
- 2.— CORFO, 1952: Mensura Forestal de la Provincia de Valdivia. Vol. I. Santiago.
- 3.— GONZALEZ, L., 1965: Ensayo de inventario de bosque nativo por dos variaciones del sistema fotogramétrico. Tesis. Univ. Austral. Valdivia.
- 4.— INSTITUTO FORESTAL, 1967: Clasificación preliminar del bosque nativo de Chile. Informe Técnico N° 27. Santiago.
- 5.— INSTITUTO FORESTAL, 1966: Estadísticas Forestales. Informe Técnico N° 28. Santiago.
- 6.— PIERLOT, R., 1966: Structure et composition des forets denses d'Afrique spécialement celles du Kivu. Acad. Royal Sciences d'outremer, Bruxelles.
- 7.— SCHMITHÜSEN, J., 1968: Allgemeine Vegetationsgeographie. Walter de Gruyter Co. Berlín.