

ESTRUCTURA Y CLASIFICACIÓN DE LAS
COMUNIDADES FORESTALES**1. Sinecología**

La Sinecología, como un nivel o una división de la Ecología, se define en forma global como el estudio de los sistemas de muchas especies, llámense éstas comunidades o parte de ellas, o ecosistemas. El tema ha sido tratado con diferentes enfoques por numerosos autores, entre otros, además de los ya mencionados en el Capítulo introductorio, por Whittaker (1975). El concepto de Sinecología desarrollado por los países de idioma inglés, es equivalente al de Biosociología, desarrollado por la escuela europea franco-alemana, y al de Biocenología, por la escuela soviética. En un sentido amplio, incluye el estudio de todos los tipos de ecosistemas, terrestres, oceánicos, de aguas dulces, así como los fenómenos relacionados con todos ellos como el funcionamiento de los ecosistemas, desde el punto de vista de la circulación de materiales y flujo de energía en y a través de ellos. También se incluyen frecuentemente en la Sinecología los problemas ecológicos relacionados con el manejo y alteración derivada de la acción humana sobre los ecosistemas.

Desde el punto de vista forestal, la Sinecología se ubica como una parte fundamental de la Silvicultura Básica o Ecología Forestal, lo que significa que se aboca al estudio de los ecosistemas forestales, lo que es igual que decir: de las comunidades forestales y sus interacciones con el medioambiente. En el marco de la Ecología Forestal, la Sinecología comprende el estudio de las estructuras de los bosques o comunidades forestales y de sus variaciones espaciales, tema que será analizado en este capítulo, y de la dinámica o variaciones temporales de los bosques, que será analizado en el capítulo IV.

2. La comunidad forestal y terminología asociada

Los árboles se desarrollan en el terreno agrupados en conjunto con otros individuos de la misma especie o de otras especies y con plantas menores, arbustivas o herbáceas y animales de diferentes tipos. Este conjunto de seres vivos, desarrollados en un marco geográfico determinado, constituye una comunidad biótica, que por estar especialmente caracterizada, en este caso por la presencia y abundancia de árboles, se conoce más frecuentemente como comunidad forestal. Este concepto de comunidad forestal es muy general y no restrictivo, es decir, en él caben numerosos tipos y tamaños de conjuntos de vegetación que requieren como condición estar dominados por árboles en un área específica. Por esta razón es frecuente que se empleen otros términos como sinónimos de comunidad forestal. Sin embargo, esos otros términos son más específicos. La virtud, entonces, del término comunidad forestal es justamente su generalidad, pues se presta para definir cualquier conjunto de árboles sin cometer un error conceptual de importancia. De este modo se puede hablar de una comunidad forestal de Alerce enano de la Cordillera de la Costa de Valdivia y, también,

de la comunidad de Alerce de la Cordillera de la Costa de Valdivia, que incluye a la de Alerce enano. Así también, se puede hablar de una comunidad clímax de Alerce y de una comunidad de renova o bosque secundario de Alerce.

Los términos que más frecuentemente se emplean como sinónimos de comunidad forestal, son los de asociación forestal, formación forestal y tipo forestal. Los términos formación y asociación tienen un significado específico y diferente si se emplean bajo el concepto norteamericano que si se usan según la escuela fitosociológica de Zurich-Montpellier. En Estados Unidos, la asociación se entiende como parte de un conjunto mayor, que es la formación o forma de mayor tamaño y amplitud que alcanza la comunidad forestal. Por ejemplo, una formación de especies latifoliadas del este norteamericano puede estar constituida por asociaciones diferentes, de arce-haya, de encina-nogal, de álamo-abadul. En Europa, la formación es una comunidad forestal fisionómicamente uniforme que se ubica en sitios similares; así, son formaciones los bosques templados caducifolios, los bosques templados siempreverdes, los bosques tropicales lluviosos, los bosques boreales de coníferas, etc.

De acuerdo con la escuela de Zurich-Montpellier, una asociación es una comunidad vegetal caracterizada por una composición florística definida y una fisonomía y estructura uniformes, en condiciones iguales de hábitat. De acuerdo con esta escuela, la asociación se asimila al concepto de un organismo y constituye la unidad básica de un sistema jerárquico de clasificación de la vegetación, que es prácticamente igual a la utilizada en taxonomía vegetal; lo cual revela que esta escuela sustenta el concepto organísmico de la asociación y de la comunidad vegetal. Así es como en Chile, Oberdorfer (1960), empleando este sistema, identificó asociaciones con nombres como los siguientes: *Wintero-Nothofagetea* (Oberdorfer, 1960) o *Nothofagetea pumilionis-antarcticae* (Oberdorfer, 1960).

Además de los trabajos específicos sobre esta Escuela fitosociológica, un análisis comparativo con otras escuelas y una discusión de sus ventajas y desventajas se presentan en varios textos, como los de Kershaw (1964), Shimwell (1971) y Mueller-Dombois y Ellenberg (1974). Aunque esta escuela ha realizado muchos aportes a la descripción de la vegetación y en Chile tiene gran influencia debido a los trabajos pioneros de Oberdorfer (1960), Schmithusen (1953) y a la formación obtenida bajo esa Escuela por numerosos investigadores chilenos, a juicio del autor, es un método subjetivo, aunque muy acucioso, que emplea una forma de clasificación que lleva en sí una interpretación falsa de las comunidades al denominarlas como si fueran especies y que, por lo tanto, no es recomendable ni necesaria su utilización en el campo forestal, donde se requiere mayor simpleza y objetividad en la descripción y clasificación de las comunidades.

El concepto de tipo forestal fue desarrollado inicialmente en Finlandia por Cajander (1926) y considera solamente a la composición de la cubierta arbórea para identificar y clasificar las comunidades forestales. Normalmente se considera como tipo forestal a una superficie relativamente extensa de bosques caracterizados por estar constituidos por una o más especies forestales y que pueden o no estar situados en condiciones iguales de sitio. La clasificación en tipos forestales es más bien artificial y responde a conveniencias o necesidades de orden silvicultural, comercial o de política forestal. En cualquier caso es conveniente y, más aún, necesario, que un país, por lo menos en el ámbito forestal, tenga una clasificación estándar que sea aceptada y utilizada uniformemente en todas partes dentro del territorio. Se volverá a hacer referencia a este tema y en forma concreta en relación con Chile, en el título Clasificación de Bosques, dentro de este capítulo.

La comunidad forestal, llámese asociación o tipo forestal es, sin duda, mucho más que sólo árboles y otras plantas y animales viviendo juntos en un área más o menos determinada.

Esa comunidad biótica está inserta en un medioambiente físico, cuyos factores interactúan con los organismos y, a su vez, todos éstos mantienen mutuas interacciones. Este conjunto de organismos vivos, biocenosis o comunidad, de factores físicos que actúan sobre ellos, *biotopo* o medioambiente físico y de *interacciones* de todos ellos, constituyen la biogeocenosis o *ecosistema forestal*, concepto de fundamental relevancia en el manejo de los recursos naturales sobre la tierra.

La biomasa está formada por organismos *productores*, que son el componente *autotrófico*, es decir, aquel capaz de producir alimento mediante la energía solar y las sustancias inorgánicas; y por organismos *consumidores*, que son el componente *heterotrófico*, es decir, aquel que obtiene su alimento de otros organismos, porque no es capaz de producir. Los consumidores pueden ser primarios, que son los herbívoros; secundarios, que son los carnívoros; y terciarios, que son consumidores de herbívoros y otros carnívoros. A estos últimos se agregan los *desintegradores*, que se alimentan de la materia orgánica muerta, descomponiéndola, formando parte también del componente heterotrófico.

Los componentes bióticos del ecosistema constituyen una *cadena trófica*, de la cual ellos son eslabones unidos por un flujo de energía que va desde las plantas o productores hasta llegar al último nivel de los consumidores. Cada eslabón de la cadena se conoce como *nivel trófico*, reconociéndose en general cinco niveles, a saber: Productor, Consumidor primario o herbívoro, Consumidor secundario o carnívoro primario, Consumidor terciario o carnívoro secundario y, Consumidor cuaternario o carnívoro terciario, cada uno de los cuales se alimenta del anterior. En la transferencia de energía de uno a otro nivel, un 80 a 90% de la energía potencial se pierde en forma de calor, de modo que mientras más cerca está el organismo del principio de la cadena, mayor es la energía disponible (Odum, 1971; Whittaker, 1975). Esto significa que la productividad es más alta en los primeros niveles, y del mismo modo la biomasa es normalmente mayor también en los primeros niveles, formándose las conocidas como pirámides de productividad y de la biomasa (Figura 2.1). Igualmente, existe una pirámide de los números, la que puede ser revertida cuando muchos pequeños organismos se alimentan de uno grande de un nivel más bajo, como una plaga de insectos que atacan a un árbol (Whittaker, 1975).

El flujo de la energía que proviene del sol relaciona a los diferentes niveles de la cadena trófica siguiendo una dirección y perdiéndose como calor en el paso por cada una de ellas (Figura 2.2).

En conjunto con el flujo unidireccional de la energía, opera en el ecosistema un movimiento cíclico o circulación de material entre la comunidad y el medioambiente, conocido como ciclo de los nutrientes (Figura 2.3) (Donoso, 1981 a).

En este ciclo adquiere papel preponderante el grupo heterotrófico de los desintegradores, descomponedores o saprobios, que son esencialmente las bacterias y hongos que descomponen los compuestos orgánicos o detritos, dispersando calor hacia el medioambiente y liberando el detritos como materia inorgánica y compuestos solubles que son captados por las plantas desde el suelo y desde el agua y, desde ellos, puestos de nuevo en circulación (Whittaker, 1975; Donoso 1981 a).

El cociente de un nivel de la pirámide de productividad en relación con el que lo precede, se conoce como *eficiencia*. La productividad de los herbívoros es generalmente un décimo o menor que la de las plantas productoras, porque gran parte del alimento de los primeros no puede ser digerido y asimilado; por lo mismo, la productividad de los carnívoros es menor que la de los herbívoros. La primera eficiencia importante es la relación de la productividad del nivel de los productores con la energía solar; esta eficiencia es la de la fotosíntesis y es baja porque sólo una pequeña fracción de la energía solar es ocupada en

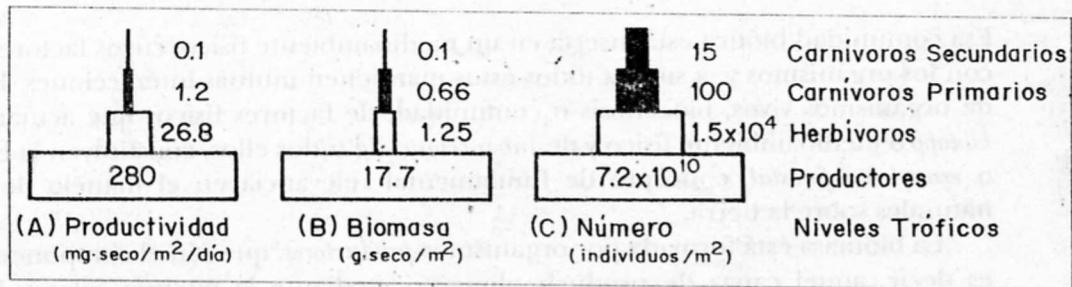


Fig. 2.1. – Pirámides de la productividad, de la biomasa y de los números, formadas por los niveles tróficos (Whittaker, 1975).

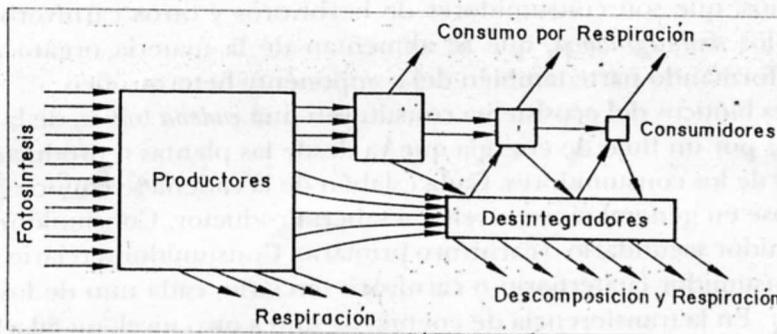


Fig. 2.2. – Flujo de energía a través de los niveles tróficos de una comunidad (Whittaker, 1975).

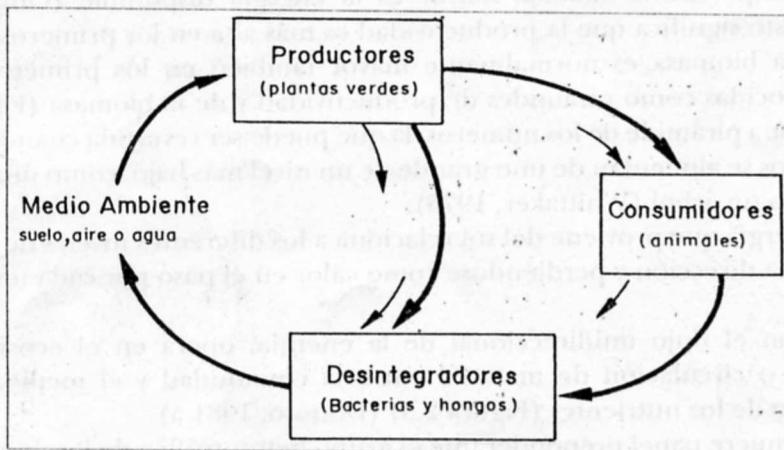


Fig. 2.3. – Circulación de materiales en un ecosistema entre los organismos y el medioambiente. (Adaptado de Whittaker, 1975).

ellas. (Odum, 1971; Whittaker, 1975; Donoso, 1981 a). Existen varias formas de medir la eficiencia, pero la más corriente es referirse a la eficiencia de la transferencia de la energía desde un nivel trófico a otro, lo que se mide en kcal/m²/día (o año). En este sentido la eficiencia es mayor en los primeros niveles, es decir, la energía se reduce en la transferencia de cada nivel trófico al de más arriba. Odum (1971) y Whittaker (1975) tratan en forma clara y concisa este tema.

En relación con el hombre, las eficiencias de sus cosechas se relacionan más bien con un rendimiento que con una productividad, entendiéndose por rendimiento "una fracción de la productividad que es posible remover y usar sin destruir la base de ella misma". Desde el punto de vista del rendimiento obtenido, sólo una parte de una población se puede

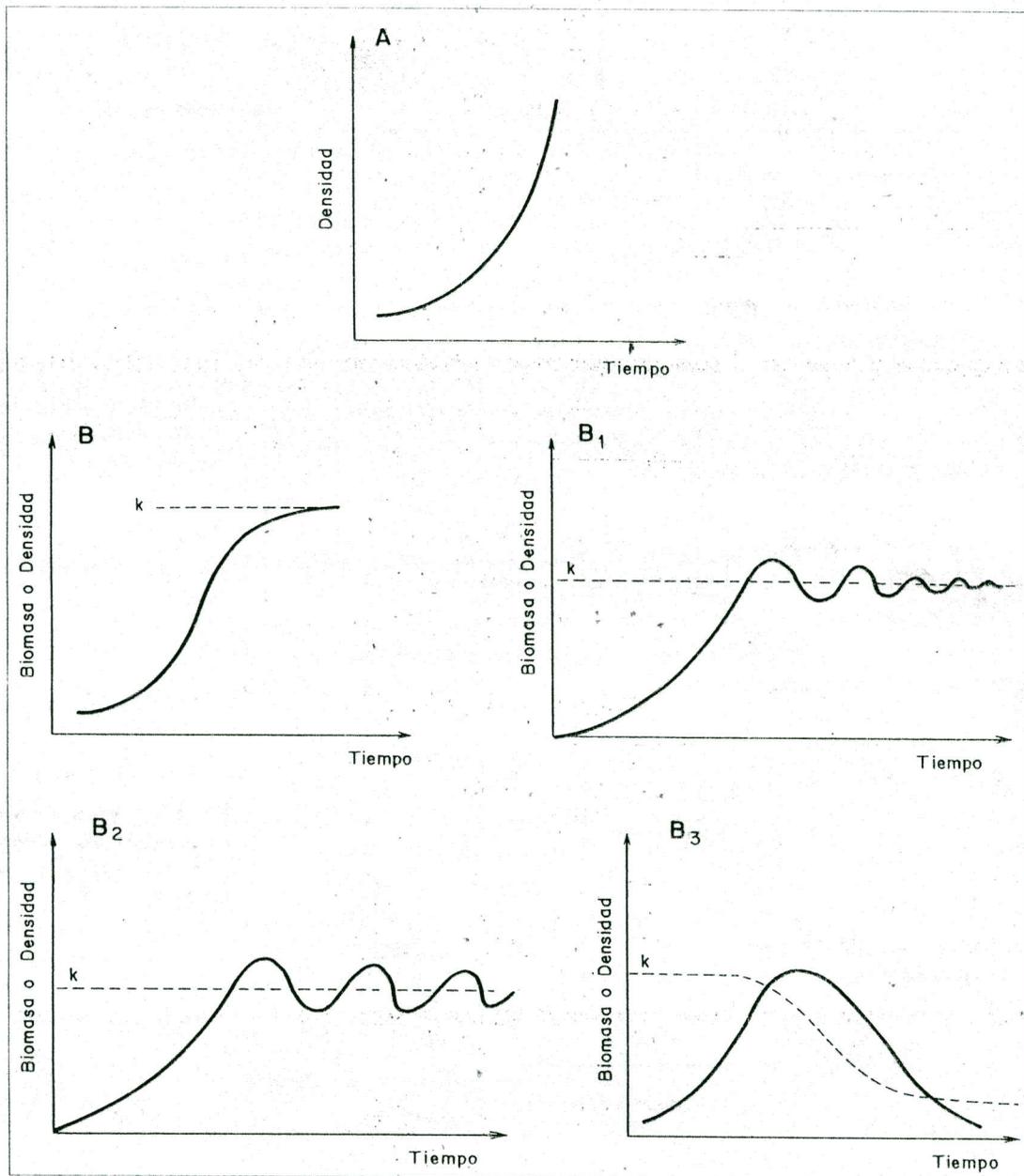


Fig. 2.4. - Representación de las formas de crecimiento de las poblaciones graficadas a escala aritmética. A) Forma de crecimiento exponencial o de tipo J; B) Forma de crecimiento sigmoidea o de tipo S; B1) El crecimiento o tamaño poblacional sobrepasa a K = Capacidad de Carga del medioambiente, y experimenta fluctuaciones hasta estabilizarse en K ; B2) El crecimiento sobrepasa a K y experimenta fluctuaciones periódicas de similar amplitud alrededor de K ; B3) El crecimiento sobrepasa a K hasta el punto de determinar una ruptura de la capacidad de carga (K), que puede ser difícil de recuperar (Adaptado de Odum, 1971 y Whittaker, 1975).

cosechar, que es aquella que presenta el exceso de los individuos necesarios para mantener la reproducción y el crecimiento de la misma población (Whittaker, 1975). Si el hombre se excede de estas limitaciones en la cosecha, la productividad y el rendimiento pueden declinar, como se observa en casos de sobrepastoreo y sobreexplotación de peces (Whittaker, 1975). En este punto conviene hacer una breve referencia al concepto de Capacidad de Carga (Odum, 1971).

Tabla 2.
la reg

Las formas de crecimiento de las poblaciones siguen dos tipos de patrones característicos. Una de ellas es la de tipo J, en que la densidad aumenta rápidamente, de manera exponencial, y se detiene bruscamente debido a resistencia medioambiental o de otro tipo (Figura 2.4). Esta forma de crecimiento suele ser característica de plantas anuales y de algunos insectos. La otra forma de crecimiento es la sigmoidea de tipo S, típica de las poblaciones de árboles o de animales, sujetas a las restricciones medioambientales, que aumentan a medida que se incrementa la densidad. En esta forma sigmoidea, la población aumenta con lentitud al principio (fase de establecimiento), luego más rápidamente (semejándose a una fase logarítmica), pero de pronto empiezan a disminuir gradualmente en función de un aumento de la resistencia medioambiental (fase de aceleración negativa), hasta alcanzar un nivel de equilibrio que se mantiene. Este nivel superior que corresponde a la asíntota de la curva sigmoidea de crecimiento, se ha llamado la *Capacidad de Carga* del medioambiente de esa población (Figura 2.4.). Ella corresponde a la densidad de la población que puede soportar el medioambiente en una condición de equilibrio constante.

3. Análisis estructural de la comunidad forestal

Frente a cualquier acción silvicultural o actividad forestal en una comunidad o en un rodal, como se señalara en el capítulo introductorio, es de absoluta necesidad conocer su estructura con el fin de actuar correctamente sobre ella en función del objetivo silvicultural que se tenga.

Este análisis consiste en una descripción de la flora de la comunidad que permita comparar las características vegetacionales de diferentes posibles unidades o rodales que se encuentren en esa comunidad y, eventualmente, clasificarlas en función de la aplicación posterior de silvicultura en ellas. Por otro lado, mediante esta descripción es posible dar a conocer a otras personas una comunidad determinada. Indudablemente el silvicultor deberá también requerir conocimiento de las características de las especies que constituyen el bosque y del medioambiente en que está inserto, pero esos temas están fuera del alcance de este capítulo. El segundo de ellos fue analizado en el texto de Ecología Forestal (Autoecología) que constituye la primera parte de esta obra (Donoso, 1981).

Composición florística y fisionomía

Antes de efectuar el análisis de la estructura de la vegetación es condición esencial conocer su *composición florística*, que consiste simplemente en una lista de las especies que se encuentran presentes en la comunidad analizada. Estas listas de especies tienen gran importancia y son acuciosamente realizadas con el fin de, a través de ellas, definir asociaciones y otras unidades, por los seguidores de la Escuela de Braun-Blanquet o de Zurich-Montpellier (Tabla 2.1).

Es frecuente en la descripción de la vegetación referirse a ella con el término *fisionomía*, concepto que señala el aspecto o apariencia externa de la vegetación (Fosberg, 1961) que presenta una comunidad sobre la base de las formas y la estructura. Las formas se conocen comúnmente a través de la clasificación en *formas de vida* (Raunkaier, 1937), con las cuales es posible construir el espectro biológico de una comunidad, de una región o de un territorio o zona geográfica (Kershaw, 1964; Donoso, 1981 a). En las descripciones forestales es más frecuente referirse a las *formas de crecimiento* de la vegetación que se ubican en tablas donde va un listado de las especies clasificadas según esas formas de clasificación (Tabla 2.2). Whittaker (1975) entrega una tabla con una clasificación de esas formas de crecimiento

Especies

Nothofagus
Myrteola b
Pernettya f
Chusquea
Sphagnum
Baccharis
Blechnum
Chusquea
Astelia ju
Oreobolus
Drimys w
Scirpus in
Senecio ac
Embotlivi
Carex m
Juncus p
Carex fus
Berberis b
Juncus p
Hypochlo
Ptilerode
Pernettya
Usnea m
Usnea p
Donatia
Maosipp
Acacia
Acacia
Berberis
Berberis
Carex x
Cladom
Cladon
Codono
Cyperu
Fragari
Osmorh
Pernet
Rellun
Stellari
Tofelin
Usnea
Gunner
Lycoper
Empetr
Ribes c
Disent
Escall
Pernet
Schoer
Carex
Diosco
Gaius
Holeu
Lonia

Tabla 2.1. - Estructura fitosociológica de las comunidades vegetales dominadas por *Nothofagus antarctica* en la región Centro-Sur de Chile, según la escala de Braun-Blanquet (1964) (De Ramírez et al., 1985).

Especies	Lugares de muestreo										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Nothofagus antarctica</i>	5	4	3	4	5	3	4	3	+	+	2
<i>Myrteola barneoudii</i>	•	•	+	•	•	+	+	+	r	+	+
<i>Pernettya pumila</i>	•	•	•	•	+	+	•	+	r	+	+
<i>Chusquea nigricans</i>	•	•	•	•	•	4	1	5	2	•	2
<i>Sphagnum magellanicum</i>	•	•	4	•	4	1	3	+	•	•	•
<i>Baccharis magellanica</i>	•	•	•	•	•	2	2	2	r	•	2
<i>Blechnum penna-marina</i>	•	•	+	•	1	+	+	•	•	•	•
<i>Chusquea uliginosa</i>	•	+	1	+	4	•	•	•	•	•	•
<i>Astelia pumila</i>	•	•	•	•	•	•	•	1	4	r	+
<i>Oreobolus obtusangulus</i>	•	•	•	•	•	•	•	+	+	2	+
<i>Drimys winteri</i>	•	•	•	+	+	•	•	+	•	•	+
<i>Scirpus inundatus</i>	•	•	•	+	+	+	+	•	•	•	+
<i>Senecio acanthifolius</i>	•	•	+	•	•	•	•	+	r	•	•
<i>Embothrium coccineum</i>	•	•	•	2	+	•	•	•	•	•	+
<i>Carex magellanica</i>	•	•	2	•	•	1	•	+	•	•	•
<i>Juncus procerus</i>	•	•	•	•	1	1	1	•	•	•	•
<i>Carex fuscula</i>	•	•	•	•	1	•	1	+	•	•	•
<i>Berberis luxifolia</i>	•	+	•	+	•	•	•	•	•	•	•
<i>Juncus planifolius</i>	•	•	•	•	•	•	•	+	•	•	•
<i>Hypochaeris tenuifolia</i>	•	•	•	•	+	•	+	•	•	•	+
<i>Pilgerodendron uviferum</i>	•	•	+	•	•	•	•	+	•	•	+
<i>Pernettya mucronata</i>	•	•	•	•	•	•	•	+	+	•	•
<i>Usnea magellanica</i>	•	•	•	•	+	+	+	•	•	•	•
<i>Usnea pusilla</i>	•	•	•	•	+	+	+	•	•	•	•
<i>Donatia fascicularis</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Marsippospermum philippii</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	4	+
<i>Acaena ovalifolia</i>	•	+	•	+	•	•	•	+	1	•	•
<i>Acaena pinnatifida</i>	+	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Berberis darwinii</i>	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•
<i>Berberis serrato-dentata</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Carex chilensis</i>	•	•	+	•	•	+	•	•	•	•	+
<i>Cladonia fallax</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Cladonia pinocladata</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	+
<i>Codonorchis lessonii</i>	•	+	•	+	•	•	•	•	•	•	•
<i>Cyperus eragrostis</i>	•	•	•	•	+	+	•	•	•	•	•
<i>Fragaria chilensis</i>	•	+	•	+	•	•	•	•	•	•	•
<i>Osmorhiza chilensis</i>	•	+	•	+	•	•	•	•	•	•	•
<i>Pernettya minima</i>	+	•	•	•	+	•	•	•	•	•	•
<i>Rebunium hipocarpium</i>	•	+	•	+	•	•	•	•	•	•	•
<i>Stellaria cuspidata</i>	•	+	•	+	•	•	•	•	•	•	•
<i>Tapetia magellanica</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Usnea sp.</i>	•	+	•	•	•	•	•	•	•	+	+
<i>Gunnera magellanica</i>	+	•	r	•	•	•	+	•	•	•	•
<i>Lycopodium magellanicum</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Empetrum rubrum</i>	4	•	•	•	•	•	•	+	•	•	r
<i>Ribes cucullatum</i>	•	4	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Discaria serratifolia</i>	•	•	•	2	•	•	•	•	•	•	•
<i>Escallonia virgata</i>	•	•	2	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Pernettya poeppigii</i>	•	2	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Schoenus rhynchosporoides</i>	•	•	•	•	2	•	•	•	•	•	•
<i>Carex acutata</i>	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•
<i>Dioscorea helioifolia</i>	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Gaimardia australis</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Holcus lanatus</i>	•	•	•	1	•	•	•	•	•	1	•
<i>Lomatia hirsuta</i>	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•

Especies	Lugares de muestreo										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Myrtenus disticha</i>	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Myrceugenia gayana</i>	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•
<i>Myoschilos oblonga</i>	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•
<i>Mutisia retusa</i>	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Solanum valdiviense</i>	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•

Tabla 2.2. – Formas de crecimiento del bosque de Remanentes originales dominados por *Nothofagus obliqua* en el Valle Central de la región Centro-Sur de Chile.

Estrato arbóreo emergente

Nothofagus obliqua (Mirb.) bl.
Eucryphia cordifolia Cav.
Nothofagus dombeyi (Mirb.) Bl.

Matriz de árboles dominantes y subdominantes

Aetoxicon punctatum R. et Pav.
Persea lingue Nees.
Laurelia sempervirens (R. et Pav.) Tul.

Árboles pequeños y arbustos

Gevuina avellana Mol.
Rhamnus diffusus Clos.
Lomatia dentata (R. et Pav.) R. Br.
Myrceugenia apiculata (DC.) Kaus.
Myrceugenia planipes (Hook et Arn.) Berq.
Amomyrtus luma (Mol.) Legr. et Kaus.
Lomatia ferruginea (Cav.) R. Br.
Caldcluvia paniculata (Cav.) D. Don.
Raphihöhmnus spinosus (juss.) Mold.
Peumus boldus Mol.
Chusquea quila (Mol.) Kunth
Aristotelia chilensis (mol.) Stuntz.
Fuchsia magellanica Lam.
Lomatia hirsuta (Lam.) Diels

Lianas y epifitos

Pseudopanax valdiviense (Gay) Harms
Laurviaga radicans R. et Pav.
Hydrangea integerrima (Hook et Arn.) Engl.
Hymenophyllum, spp.
Lapageria rosea R. et Pav.
Mitraria coccinea Cav.
Boquila trifoliata DC.
Adiantum chilense Kaulf.
Cissus striata R. et Pav.
Elytropus chilensis Muell. Arg.
Lardizabala biternata Donc.
Polypodium feuillei Bertero

Herbáceas y helechos

Dysopsis glechomoides (Rich.) Muell. Arg.
Rigodium implexum Kunz.
Blechnum auriculatum Cav.
Osmorhiza chilensis Hook. et Arn.
Blechnum mochaenum Kunk
Nertera granadensis (Mutis ex. L.f.) Drude
Blechnum chilense (Kaulf.) Mett.
Lophosoria quadripinnata (Gmel.) C. Chr.
Gunnera chilensis Lam.
Oxalis dumetorum Gay
Hydrocotyle poeppigii DC.

Fuente: De Veblen et al. (1980).

mayores subdivididas en un segundo nivel de subformas de crecimiento. Para definir las formas de crecimiento se utilizan varias características de las plantas, especialmente altura, condiciones de leñosidad o herbocidad, rectitud del fuste, crecimiento sobre otras plantas, sobre el suelo o apoyándose en otras plantas, características de caducidad o permanencia de las hojas, entre otras.

Tabla 2.3. – Parámetros fundamentales por especie y para el total, del subtipo forestal Alerce-Coigüe de Chiloé en la Cordillera de los Andes.

Especie	Número de árboles por hectárea	Área basal por hectárea (m ²)	Volumen bruto por hectárea (m ³)	Volumen aserrable por hectárea (p.m.)
<i>Fitzroya cupressoides</i>	99	140,97	1.288,20	7.782,09
<i>Drimys winteri</i>	3	0,46	2,68	18,18
<i>Pilgerodendron uvifera</i>	3	0,14	0,76	0,00
<i>Nothofagus nitida</i>	120	21,09	144,21	470,08
<i>Nothofagus betuloides</i>	47	4,89	29,57	48,15
<i>Amomyrtus luma</i>	39	1,32	5,86	19,35
<i>Amomyrtus meli</i>	4	0,03	0,09	0,00
<i>Saxegothaea conspicua</i>	23	1,07	5,64	4,78
<i>Podocarpus nubigena</i>	153	7,77	39,46	47,58
<i>Laurelia philippiana</i>	36	2,57	12,91	22,88
<i>Weinmannia trichosperma</i>	7	1,11	7,65	24,26
<i>Caldecluvia paniculata</i>	4	0,10	0,40	0,00
Total	538	181,47	1.537,43	8.437,35

Fuente: Donoso, et al., (1987).

CLASIFICACIÓN DE BOSQUES EN FUNCIÓN DE SU COMPOSICIÓN

Ateniéndose a su composición, los bosques se pueden clasificar en puros y mixtos. Se entiende por *bosque puro* a aquel compuesto por una sola especie, mientras que un *bosque mixto o mezclado* es aquel constituido por dos o más especies.

Ambos tipos de bosques ocurren naturalmente, pero bosques puros propiamente tales son más bien raros en forma natural; arbitrariamente se considera como puros a aquellos rodales que poseen un 90% de individuos de una misma especie. Incluso ese valor es raro en la naturaleza, lo que determina que casi todos los bosques sean mixtos. El valor arbitrario de 90%, refiriéndose al número de individuos de una especie en un bosque, es muy discutible; si se quiere calificar un bosque como puro o mixto es importante agregar a la variable densidad, expresada como número de árboles por hectárea o por otra unidad de

superficie, las variables área basal o volumen de los árboles, como expresión de la ocupación de la superficie o del espacio que se está midiendo.

Un ejemplo para clasificar esto lo encontramos analizando una tabla de rodal de un bosque de *Fitzroya cupressoides* (Tabla 2.3). En este bosque, ateniéndose únicamente a la densidad, se observa que sólo el 18% del número de árboles por hectárea corresponden a la especie *Fitzroya cupressoides*; lo que de acuerdo con clasificaciones realizadas en este tipo forestal por Garrido *et al.* (1983) lo ubicarán en el bosque de Alerce verde mezclado; esto puede hacer pensar que en él la especie *Fitzroya cupressoides* juega un papel secundario. Por el contrario, al observar los valores de área basal y volumen, queda claro que ocupando el 70 y el 90% de ambas, respectivamente, la especie es la mejor adaptada al sitio, la dominante, mientras que las asociadas ocupan marginalmente su amplitud ecológica y crecen débiles y con formas tortuosas. De aquí que el bosque puede considerarse como Alerce puro (Donoso *et al.* 1990b).

Por otro lado, una superficie extensa cubierta por un tipo de bosque estará normalmente constituida por rodales que pueden ser muy puros y otros con diferentes grados de mezclas, como consecuencia a veces de diferencias locales de suelo, o bien por diferentes estados de desarrollo que se originan de la dinámica de la vegetación.

Los bosques o rodales puros son más bien la excepción en la naturaleza, sin embargo hay muchas condiciones en las cuales se encuentran con frecuencia, aun cuando sea por sólo un cierto período de la vida de ese bosque o, en otras palabras, durante una parte de su proceso dinámico de desarrollo. Los bosques puros en el mundo actual son comunes en las plantaciones efectuadas por el hombre, que durante muchos años los ha privilegiado viendo en ellos ciertas ventajas de tipo financiero-técnico. En la naturaleza los bosques puros se desarrollan por las causas o circunstancias que se señalan:

a) Las condiciones edáficas o climáticas restrictivas permiten con frecuencia el desarrollo de sólo unas pocas y a veces una sola especie arbórea en un área determinada. Generalmente estas áreas coinciden con condiciones desfavorables para el crecimiento y, por consiguiente, a veces son de poca importancia relativa en el sentido productivo.

En cuanto al clima, las temperaturas extremadamente bajas y la extrema sequedad son los factores restrictivos principales para el desarrollo de especies forestales y favorecen la existencia de bosques puros. Los bosques de *Nothofagus pumilio* son producto de una combinación de ambos factores. En su amplia distribución se encuentran en los límites altitudinales de la vegetación arbórea en la Cordillera de los Andes, donde la precipitación en forma de nieve y las bajas temperaturas inhiben el desarrollo de otras especies; una condición similar se encuentra en la latitud de Aysén y en Magallanes y Tierra del Fuego, en el extremo sur de Sudamérica, donde a las bajas temperaturas se une una precipitación relativamente pobre que favorece a la pureza de los bosques de Lenga. Condiciones de baja o nula precipitación en largos períodos de verano, primavera y otoño, determinan el desarrollo de bosques puros de algunas especies en la región mediterránea de Chile, como los bosques de Hualo o *Nothofagus glauca* y los de Roble o *Nothofagus obliqua* propios del tipo forestal Roble-Hualo en la misma región (Donoso, 1981 b).

Bosques puros determinados por restricciones edáficas ocurren en los casos de *Austrocedrus chilensis* o Ciprés de la Cordillera, y también en *Fitzroya cupressoides* y *Araucaria araucana*, aun cuando las restricciones de tipo climático también están implícitas en estos casos (Donoso, 1981 b).

b) La destrucción de bosques derivada de catástrofes naturales, como incendios forestales, deslizamientos de tierra, avalanchas de nieve, o erupciones volcánicas, determina la invasión

y colonización del área por especies pioneras; con mucha frecuencia la especie pionera en un área determinada es una sola, lo que da origen a bosques puros, por lo menos en las primeras etapas de desarrollo, porque posteriormente ingresan otras especies de tipo tolerante a la sombra. Estos bosques jóvenes, generalmente puros, se llaman *renovales* en Chile. Las especies que con mayor frecuencia constituyen renovales puros son *Nothofagus dombeyi*, *Nothofagus alpina*, *Nothofagus obliqua*, *Drimys winteri* y *Embothrium coccineum*. Estos renovales o bosques de segundo crecimiento pueden tener su origen en semillas (bosques de *monte alto*), o pueden derivar de reproducción vegetativa, a partir de los tocones que quedaron después de un incendio o de una tala efectuada por el hombre (*monte bajo*), o pueden originarse de una combinación de ambas cosas (*monte medio*). De estos dos últimos tipos son generalmente los renovales de Roble y Raulí.

c) Algunas especies tolerantes agresivas, cuando logran mantenerse en el área porque no hay intervenciones humanas, terminan por ser las únicas capaces de regenerar con la baja intensidad luminosa imperante, formando de esa manera bosques puros. Algunos rodales del subtipo forestal Olivillo costero (*Aextoxicon punctatum*) y algunos relictos de esta especie, como los bosques de neblina de Alto Santa Inés en Pichidanguí tienen esas características.

ASPECTOS BIOLÓGICOS Y ECONÓMICOS DE LOS RODALES PUROS Y MIXTOS

En términos generales, existe la tendencia a atribuir ventajas desde el punto de vista biológico a los rodales mixtos o mezclados sobre los puros (Baker, 1950; Daniel *et al.*, 1982).

Los aspectos biológicos que se consideran al comparar ambos tipos de rodales son los siguientes:

Utilización del sitio. Es posible que los rodales puros no utilicen en buena forma el sitio. Si las copas de los árboles son abiertas y angostas, pueden dejar muchos espacios por donde penetra la luz, que se pierde para efectos del crecimiento de los árboles y puede ser aprovechada en cambio para el desarrollo de vegetación arbustiva o herbácea competidora. Por otro lado, si la especie de un rodal puro posee raíces superficiales, lo que no es poco frecuente en las especies intolerantes, que generalmente constituyen estos rodales, estará aprovechando sólo una parte del perfil y las raíces de todos los individuos estarán compitiendo por ella.

Sin duda, la situación es al revés cuando se trata de rodales mixtos, pero siempre que las especies que se mezclan sean efectivamente complementarias en los aspectos señalados, lo que ocurre normalmente cuando se mezclan especies tolerantes con intolerantes. Las tolerantes cubrirán en ese caso los espacios entre intolerantes y aprovecharán esa luz, así como aquella luz difusa que se filtra a través de las copas abiertas de las intolerantes, para su propio desarrollo, sin competir por ella con las intolerantes. Por otra parte, las especies tolerantes tienen generalmente raíces profundas que no compiten con las raíces superficiales de las intolerantes, aprovechándose en forma más completa la profundidad del suelo.

Los rodales puros que son plantados en suelos pobres, suelen crecer bien en su juventud, pero a medida que crecen, su demanda de nutrientes sobre un mismo nivel del perfil del suelo se hace excesiva, disminuyendo fuertemente el crecimiento y produciéndose deterioro en los árboles. Especialmente los bosques puros de coníferas y, en particular, pináceas, experimentan una descomposición lenta en las acículas en el suelo, las que forman una capa gruesa semidescompuesta, en la que, junto con las hifas de hongos que proliferan en esas condiciones, se desarrolla una verdadera red que se seca fácilmente y que aporta pocos nutrientes a las raíces. Esta condición se ve especialmente favorecida en climas de bajas temperaturas. La mezcla con otras especies que ejercen otro tipo de demandas de nutrientes

ello tiene otras explicaciones que no son técnicas, sino que están ligadas con falta de conocimiento de nuestras especies y con carencia de una política forestal inteligente respecto de los recursos forestales. En algunos casos se ha comprobado en Chile el efecto de cambio de mercados y de precios. En la década de 1980 hubo una seria crisis en el mercado argentino, muy importante entonces para la producción de madera aserrada de Pino insigne en el sur de Chile; rápidamente algunas empresas forestales lograron introducir en ese mismo mercado la madera aserrada de *Laurelia philippiana* y a mejor precio. Esta misma especie, que es muy abundante en los bosques del sur de Chile y que tradicionalmente ha sido muy poco apreciada y aun desechada, adquirió durante los últimos diez años gran importancia, principalmente porque tiene alta cotización en los mercados orientales, especialmente de Corea.

b) Cuando se trata de la utilización de otros valores del bosque, como la fauna silvestre, los bosques mixtos se adecuan más para mantener los hábitat ya existentes. Sin embargo, una ordenación del bosque que contemple áreas con bosques mixtos, áreas con bosques puros, otras con matorrales y con claros o sectores abiertos, abre aún más posibilidades a la vida silvestre, promoviendo el efecto de bordes. (Clark, 1963), porque suministra mayor variedad de alimentos y de hábitat o refugios.

c) Los bosques mixtos protegen más adecuadamente las cuencas hidrográficas y cursos de agua porque sus raíces diferentes y ubicadas a distintas profundidades mejoran las características estructurales y la porosidad del perfil y son capaces de retener mejor el agua y regular mejor su flujo en las cuencas.

d) Los valores estéticos o belleza del paisaje con fines de recreación se ven favorecidos con los bosques mixtos. Sin embargo, una mezcla con rodales puros es de gran atractivo.

e) El rendimiento de estos dos tipos de bosques es variable, dependiendo de sitios y de las especies de que se trate. La creencia general ha sido que los rodales puros son de rendimientos más altos, pero la información europea indica que con frecuencia puede ser más alto el rendimiento en un rodal mixto que en uno puro (Tabla 2.5).

Lamentablemente en los bosques chilenos no tenemos posibilidad de comparaciones adecuadas, porque los valores que se pudieran tener de rodales mixtos corresponden a bosques naturales sin manejo, que habría que compararlos con plantaciones puras.

Estructura de la vegetación

Una definición aceptada de estructura de la vegetación es aquella de Dansereau (1957), quien indica que es "la organización en el espacio de los individuos que forman un rodal (y por extensión un tipo de vegetación o asociación de plantas)". Existen diferentes interpretaciones en cuanto a los componentes de esta estructura; sin embargo, desde el punto de vista forestal es conveniente seguir a Kershaw (1973), quien distingue tres componentes de la estructura de la vegetación:

- Estructura vertical, que indica el ordenamiento de la vegetación en capas, estratos o dosales;
- Estructura horizontal, que se refiere a la distribución espacial de los individuos y de las especies en el plano horizontal o superficie del rodal; y
- Estructura cuantitativa, o abundancia de cada especie, que se puede expresar de distintas maneras, por ejemplo mediante la densidad o simple conteo de las plantas del rodal, o mediante el rendimiento o producción de un rodal a través del peso seco del material vegetal (Kershaw, 1973).

Tabla 2.5. – Comparación de rodales puros y mixtos de especies europeas en términos de volumen bruto y volumen aserrado.

Tipo de bosque	Volumen bruto (%)	Volumen aserrado (%)
Puro		
<i>Fagus sylvatica</i>	100	100
Mixto		
<i>Fagus sylvatica</i>		
– <i>Larix europaea</i>	103	131
Mixto		
<i>Larix europaea</i>		
– <i>Fagus sylvatica</i>	117	142
Puro		
<i>Picea sp</i>	104	154

Fuente: Daniel et al. (1982).

A) ESTRUCTURA VERTICAL O ESTRATIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN

Ante la observación simple de un bosque o de otra comunidad vegetal cualquiera, resalta en forma clara, especialmente si es posible comparar dos comunidades distintas, la *altura* de las plantas como una característica diferencial. Distintas comunidades mostrarán diferentes alturas de sus especies o individuos componentes, de modo que ellas se ordenarán, se estratificarán generalmente en dos o varios estratos. Incluso las praderas están constituidas por diferentes especies ubicadas a distintas alturas; con mayor claridad es también así en un matorral.

El bosque más simple, como es una plantación con todos los árboles de aproximadamente el mismo tamaño, contiene por lo menos dos estratos, uno herbáceo al nivel del suelo, y otro formado por el estrato o dosel superior de los árboles. Más común es que la estratificación sea más complicada y presente varios estratos, con uno formado por musgos, hierbas y plántulas, otro constituido por plantas jóvenes o brinzales y diferentes tipos de arbustos y finalmente otro constituido por árboles. Sin duda cada uno de estos estratos o doseles se pueden subdividir en dos o en más, pudiéndose llegar incluso a un continuo de estratos representados por distintas especies o distintos tipos de tolerancia de ellas a la sombra, como ocurre en bosques multiespecíficos como los tropicales, y los templados siempreverdes del sur de Chile.

Las especies se ordenan a lo largo de un gradiente vertical en que la intensidad luminosa disminuye desde la parte más alta y expuesta a pleno sol del dosel superior, hacia los niveles inferiores y hasta el suelo (Figura 2.5). La disminución de la intensidad luminosa se debe a la absorción de la luz por las plantas; la luz que impacta a las superficies del dosel superior puede absorber y dispersar más de la mitad de la energía solar (Whittaker, 1975). Los árboles de menos edad de alguna de las especies que alcanzan el dosel superior o algunos de otras especies tolerantes a la sombra que no alcanzan mayor altura, se ubican en estratos intermedios y reciben parte de la luz que alcanza y es dispersada por el dosel superior. Menos del 10% de la luz solar que alcanza el dosel superior penetra a través de éste y del estrato de árboles intermedio, llegando a niveles inferiores en forma de luz difusa, la que es ocupada eficientemente por las especies arbustivas y plantas jóvenes y brinzales de los árboles

tolerantes. Naturalmente, la intensidad de la luz que logra llegar al piso del bosque es muy baja, pudiendo corresponder al 1 a 5% de la luz a pleno sol, o incluso menos en bosques muy densos, intensidad suficiente para que muchas hierbas y musgos puedan cumplir sus ciclos vitales y para que plántulas de algunas especies forestales puedan germinar y establecerse.

La humedad relativa, al contrario que la luz, aumenta desde el dosel superior hasta el piso del bosque debido principalmente al suministro proporcionado por la transpiración de la vegetación hacia el interior del bosque, y a la evaporación del agua desde el suelo (Donoso, 1981 a) (Figura 2.5). También la temperatura experimenta una variación desde las copas hasta el piso del bosque, que tiene cierta relación con la variación de la intensidad luminosa pero con mayores fluctuaciones (Donoso, 1981a) (Figura 2.5).

La estructura vertical de un bosque se representa gráficamente mediante diagramas conocidos como perfiles verticales del rodal o bosque. El perfil vertical consiste en una representación pictórica a escala de una faja angosta del rodal que debe ser representativa del bosque cuya estructura vertical se quiere describir o analizar (Figura 2.5). Puede ser más o menos detallado y exacto en función de la variabilidad y diversidad de la comunidad y de los objetivos del estudio. En bosques complejos, de varias especies y varios estratos, es recomendable usar un ancho del perfil de unos 50 a 60 metros, pero en bosques simples se pueden utilizar anchos de 20 ó 30 metros. Aunque el gráfico es en dos dimensiones, se debe considerar una profundidad de unos 6 a 8 metros, dependiendo del tamaño y espaciamiento de los árboles mayores. Para representar adecuadamente la estratificación del bosque se recomienda utilizar una huincha de distancia o cuerda graduada para medir los distanciamientos y diámetros y las coberturas de las copas. Las alturas de los árboles y arbustos se representan en una escala vertical que sea proporcional con la escala horizontal; también se mide y representa la altura del fuste hasta el inicio de la copa (Kershaw, 1973; Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). Si se requiere, es posible representar a la flora de lianas y de epífitas propias de algunos bosques. El 22% de la superficie terrestre de nuestro planeta está cubierto de bosques, de los cuales un 50% corresponde a bosques tropicales esencialmente constituidos por latifoliadas, un 35% a bosques esencialmente de coníferas y sólo un 15% a bosques templados esencialmente constituidos por latifoliadas. Esta gran clasificación de los bosques del mundo es, obviamente, muy general y dentro de cada uno de ellos existe una gran variabilidad que permite efectuar subclasificaciones muy diversas. Una de las últimas es la de Ellenberg y Mueller-Dombois (1967), de carácter fisionómico-ecológico, revisada por Mueller-Dombois y Ellenberg (1974). El bosque tropical, caracterizado estructuralmente por su condición de multiespecífico y multiestratificado, con algunos grandes individuos que sobresalen de un dosel superior y que se conocen como "emergentes" (estrato A), con dos estratos B y C, de árboles de menor tamaño, un estrato D arbustivo y un estrato E formado por el piso forestal, se representa a través de un perfil en la Figura 2.6.

Una buena muestra de la variación de los grandes grupos de bosques de coníferas y templados de latifoliadas se encuentra en los 12 tipos forestales de Chile que se representan a través de algunos perfiles verticales en la Figura 2.7.

La estratificación del bosque no sólo se produce en relación con la parte aérea de los árboles. También se produce una estratificación de las raíces dentro del suelo, de la cual poco se conoce debido a la dificultad para realizar ese tipo de estudios en terreno. Sin embargo, puede ser de gran valor ecológico y silvicultural para comprender mejor las relaciones entre las distintas especies de la comunidad.

A la estructura vertical del bosque, asociada con gradientes de los factores del clima que determinan pequeños microclimas, responden también diferentes especies de animales,

Fig. 2.5. - Variación de la intensidad luminosa, de la temperatura y de la humedad relativa en función de la estratificación o estructura vertical del bosque. (Modificado de Donoso 1981a).

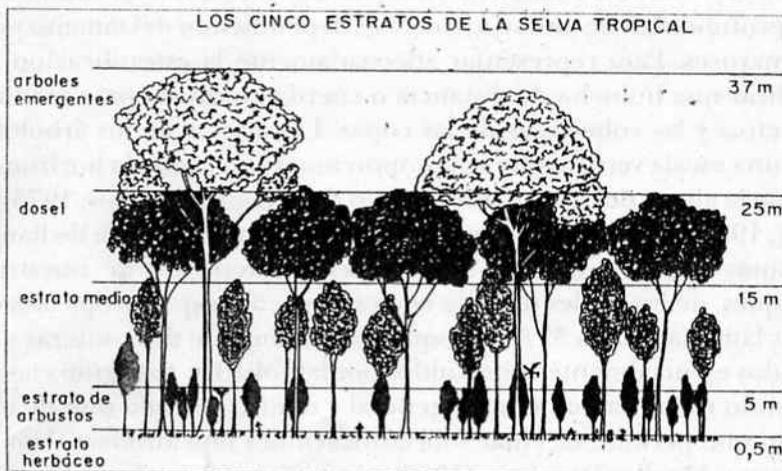
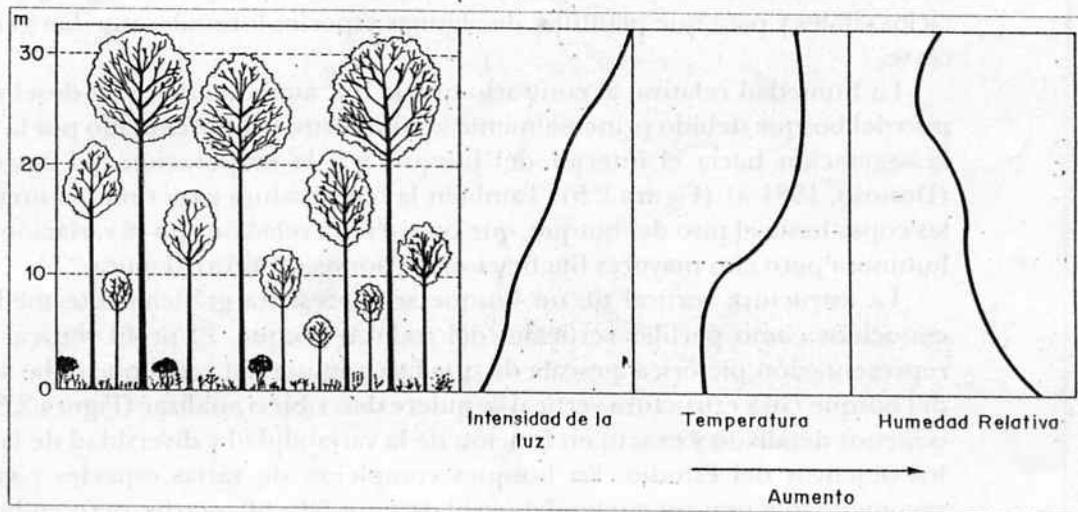


Fig. 2.6. - Perfil vertical de un bosque tropical. (Readers Digest, 1977).

ocupando distintos niveles o estratos de la vegetación. Un perfil del bosque desde lo más profundo alcanzado por las raíces hasta lo alto de la copa de los árboles mayores, permitirá encontrar una cantidad de animales diferentes en cada nivel.

En distintas profundidades del suelo, en los bosques del centro y sur de Chile, se encontrarán asociados a la rizósfera principalmente, una gran cantidad de arácnidos, insectos, lombrices, nemátodos y microorganismos. Especialmente abundante es la fauna de invertebrados que se desarrolla en los horizontes superficiales del suelo, ricos en materia orgánica (Donoso 1981 a, pág. 290 a 292). Algunos mamíferos son también abundantes en estos niveles y hasta cierta profundidad del suelo, donde construyen sus madrigueras; en este grupo están algunos roedores, gran parte de los cuales habitan en los troncos en proceso de descomposición caídos en el suelo.

En el piso del bosque y en el dosel de arbustos viven fundamentalmente algunas aves que se alimentan de semillas y de pequeños invertebrados; entre ellas destacan los Rynocrypti-

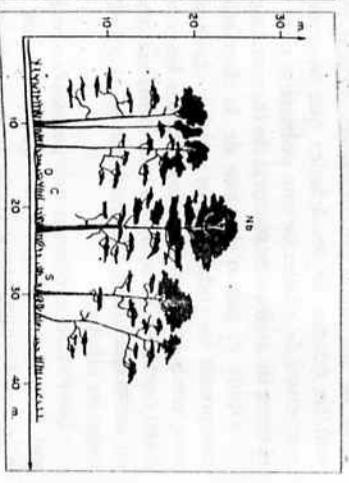
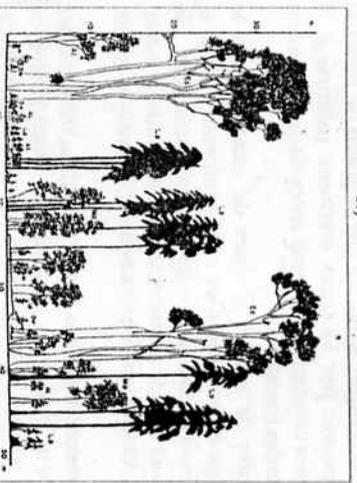
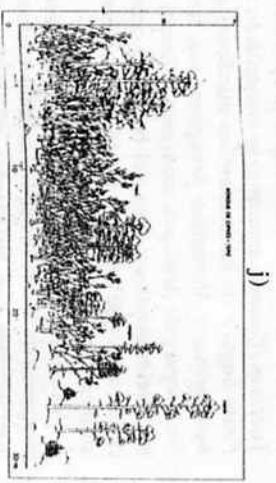
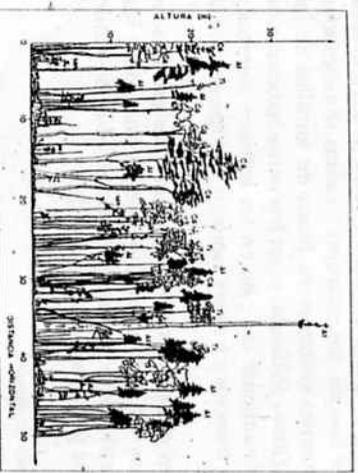
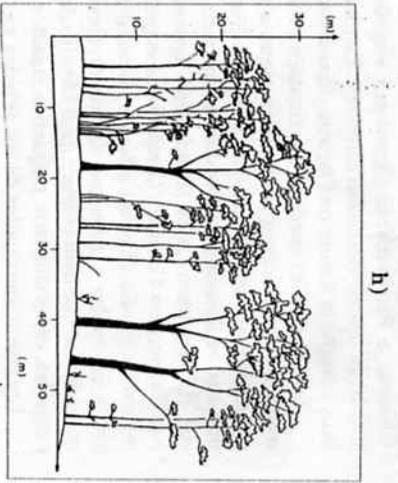
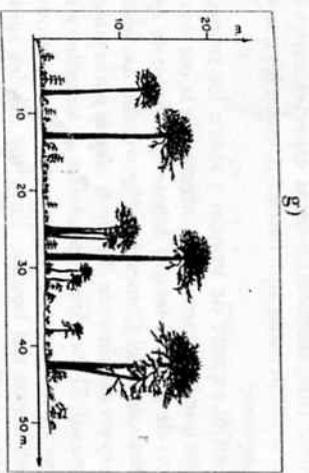
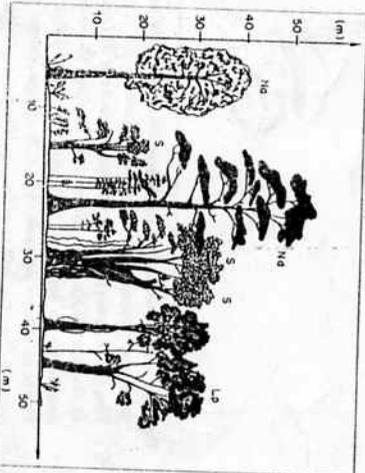
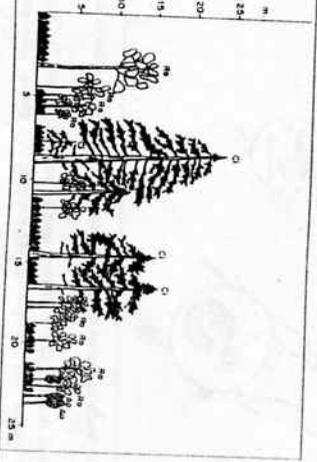
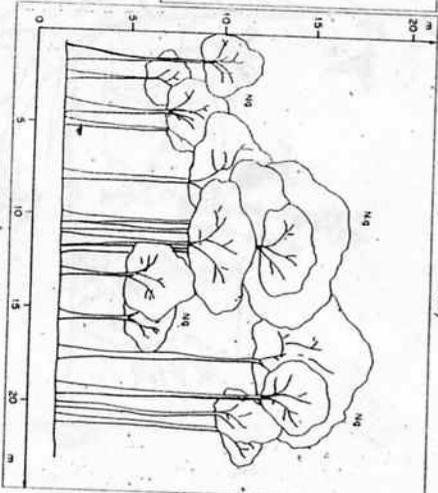
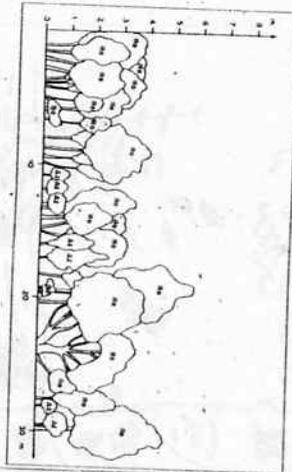
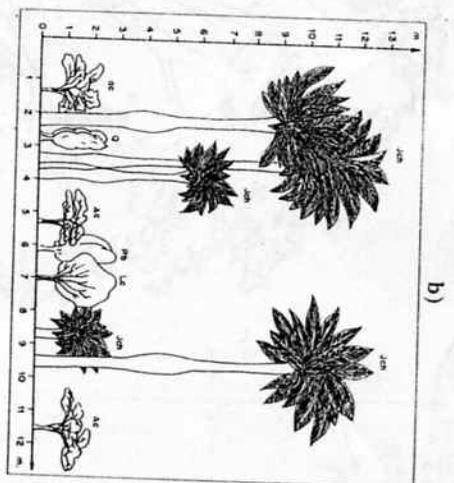
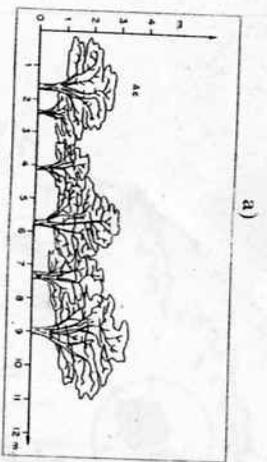


Fig. 2.7. - *Perfiles verticales de:* a) Bosque de *Acacia caven* (Tipo *escobillo*); b) *Jubaea chilensis* (Tipo *Palma chilena*); c) *Nothofagus obliqua* (Rode de altura-Tipo *Fach-Huato*); d) *Nothofagus glauca* (Tipo *Rode-Huato*); e) AUSTR-

cedrus chilensis (Tipo *Ciprés de la Cordillera*); f) Bosque de *N. dombergii*, *Saxogobaea conspicua*, *Laurelia philippiana*; g) *Araucaria araucana*; h) Lengua puro; i) *Furuya cupressoides*; j) *Pilgerodendron uviferum*; k) Siempreverde; l) *Nothofagus benthamii* (*Varis lasis* y *dimorphus* *betula* et *taxo*).

dos, Chucaco (*Scelorchilus rubecula rubecula*), Hue-huero o Gallereta (*Pterophloctos tarmi* (tarmi)), Churrin o Patrã-patrã (*Sytilopus magellanicus* (magellanicus)) y otras especies como el Colliagua (*Syriorhynchus desmursi*). También se encuentran aquí batracios, entre los que es muy común la Rania de Darwin (*Rhinoderma darwini*).

En los niveles medios, particularmente en el espacio de troncos y sobre los troncos mismos y ramas inferiores habitan algunas aves que se alimentan de insectos de la corteza y generalmente construyen sus nidos en huecos de troncos secos y árboles muertos; de ese tipo son el Ravadito (*Aphrastura spinicauda spinicauda*), el Comesebo (*Pygarrhichas albogularis*), el Carpintero Chico (*Dendrocopos lignarius*) y eventualmente el Pito (*Colaptes pitius pitius*) y el Carpintero Grande (*Campylites magellanicus*). El Picaflor (*Sephanoides sphanoides*) y el migrador Fio-fio (*Elania albiceps chilensis*) buscan su alimento y construyen sus hermosos nidos en quillas y arbustos de los niveles arbustivos del bosque. En estos niveles suele encontrarse también el marsupial Monito del Monte (*Dromacops australis*) y algunos roedores y reptiles, especialmente pequeños lagartos o lagartijas.

Las copas iluminadas de los árboles son visitadas con frecuencia por aves que acuden a ellas en busca del alimento que proporcionan los frutos en diversos períodos del año: las Torcazas (*Columba araucana*) se encuentran allí gran parte del año en busca de los frutos de *Persia lingue* y de las numerosas miráceas del bosque, los choroyes y catias (*Enicognathus lophorhynchus* y *Microstidae ferrugineus*) son frecuentes visitantes en busca de semillas de los *Nothofagus* y de *Araucaria araucana*; el Zorzal (*Turdus falklandii*) es un frecuente habitante de los niveles medios y altos del bosque y ocasionalmente del piso en los sectores abiertos y claros, a los que acude en busca de lombrices, insectos y frutos y también de lugares para la nidificación (Figura 2.8).

Muchos mamíferos y aves habitan o visitan estos bosques en sus diferentes estratos en búsqueda de los frutos de los árboles y arbustos. Un primer estudio de estos animales y sus interacciones con las plantas es aquel realizado para los bosques esclerófilos de Chile Mediterráneo y los bosques húmedos de Chiloé por Arneso *et al.* (1987).

Clasificación de bosques en función de su distribución de edades.

Al hacer referencia a la altura de los árboles, se asocia de inmediato la idea de la edad de ellos; de allí que la estratificación vertical en el bosque, tenga un cierto grado de relación con las edades de los árboles que lo componen; por lo tanto, conviene referirse a la estructura de edades de una población o de una comunidad forestal antes de continuar en el tema de análisis estructural de las comunidades forestales.

Desde el punto de vista de la distribución de edades o clases de edad de que se componen los rodales, éstos pueden clasificarse en *coetáneos* o de edad uniforme y *multiaéneas*, también llamados estos últimos *heteroetáneos* o *disistáneos*, o de edad no uniforme. Un rodal coetáneo es aquel en que todos los árboles son de aproximadamente la misma edad, en tanto que un rodal multiaéreo es aquel compuesto, teóricamente, por individuos de todas las edades.

Los rodales coetáneos más comunes y realmente formados por árboles de la misma edad son las plantaciones, en las que todos los árboles fueron plantados al mismo tiempo, exceptuados algunos de replante, que pueden ser uno, dos o tres años menores, dependiendo de la tasa de crecimiento de la especie. Los rodales coetáneos naturales poseen un rango de edades que es variable en función de la velocidad de crecimiento y de la longevidad de la especie en cuestión. De acuerdo con Daniel *et al.* (1982), se pueden considerar como coetáneos rodales que presenten un rango de edades que representa el 20% del tiempo de

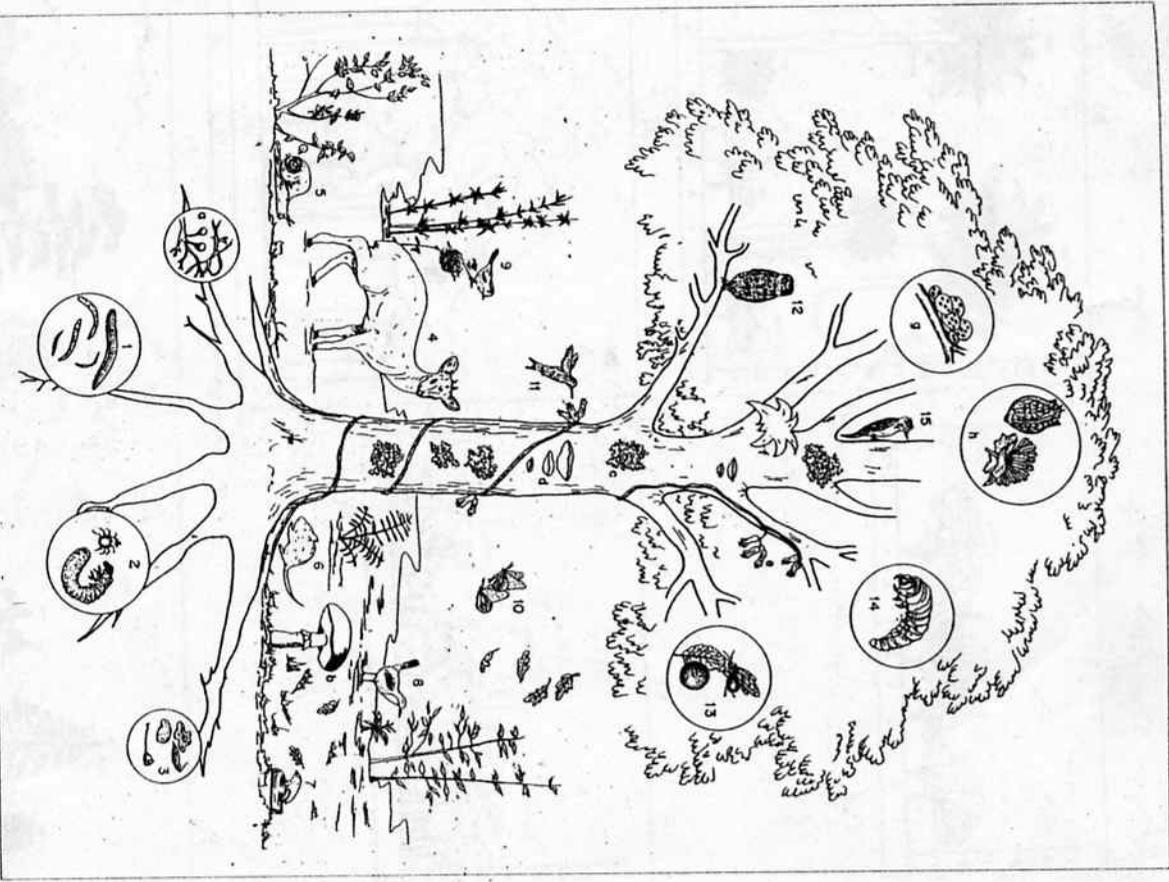


Fig. 2.8. - Perfil vertical de un bosque del sur de Chile mostrando la fauna y flora asociada a los diferentes estratos de su estructura vertical aérea y el interior del suelo.

Fauna: 1) Lombriz de tierra y gusanos blancos; 2) Larva de insecto y ácaro; 3) Protozoos del suelo; 4) Puquí; 5) Caracol; 6) Rana; 7) Rana de Darwin; 8) Chucaco; 9) Fio-fio (ruido); 10) Marposas; 11) Picaflor; 12) Bubo; 13) Agallas protozoarias por picaduras de insectos; 14) Larva foliaje; 15) Pájaro carpintero.

Flora: a) Hongos del suelo (hizas); b) Hongos (cuerpo fructífero); c) Lequeños (hemiparasitos); d) Flores y frutos de *Nothofagus* (Dibujo de Micaela González); e) *Poa* o *Chupalla* (epífita); f) Hongos, diqueños (hemiparasitos); h) Flores y frutos de *Nothofagus* (Dibujo de Micaela González).

rotación, lo que corresponde obviamente a bosques manejados. Siguiendo ese criterio, un renoval de *Nothofagus alpina* cuya edad de rotación puede ser de 40 a 60 años, según el sitio en el que se ubique y la edad en la cual se inició el manejo, sería coetáneo si poseyera individuos con diferencias dentro de un rango de 8 a 12 años. Los renovales naturales no manejados de esa especie, así como los de *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus dombergii*, poseen rangos de diferencias similares entre sus miembros (Puente *et al.* 1979, Donoso, 1989), pudiendo extenderse hasta los 20 años de diferencia, lo que también es aceptado como rodal coetáneo por Baker (1950). Bajo el mismo criterio, un bosque de *Araucaria araucana*, suponiéndole una rotación de 400 años, sería coetáneo si estuviera constituido por árboles hasta con 80 años de diferencia entre ellos. En realidad la condición de coetaneidad tiene en la práctica más relación con la apariencia del rodal que con su estructura: un rodal coetáneo posee un dosel regular, es decir, constituido por árboles de aproximadamente el mismo tamaño y principalmente de la misma altura; en estos rodales, la mayor parte de los diámetros se encuentra alrededor de la media del rodal; unos pocos árboles, más jóvenes o que han quedado atrás por problemas de crecimiento, se ubican por debajo de esa media, mientras que otra porción de árboles, por las mismas razones de edad o crecimiento, se encuentran por encima del valor medio. Como consecuencia de ello, al colocar los valores en un gráfico de la densidad o número de árboles por hectárea-Dap (Diámetro a la altura del pecho = 1,30 m) resulta una curva de distribución normal (Figura 2.9).

Los rodales multietáneos que poseen todas las clases de edad son en realidad muy raros, salvo en casos de bosques manejados por un método estricto de selección uniforme (Hawley y Smith, 1972). Ellos constituyen un extremo de las situaciones posibles de distribución de edades, mientras que el otro extremo lo constituyen los rodales coetáneos de distribución perfectamente normal. El dosel de un rodal multietáneo es discontinuo con plantas jóvenes o brinzales que, generalmente, constituyen el grupo más abundante, y plantas de todas las edades en números variables, destacando que el número menor de individuos está normalmente formado por los árboles de mayor edad y tamaño. En un rodal multietáneo perfecto o equilibrado, las clases de edad disminuyen en forma perfectamente gradual desde un gran número de brinzales hasta un escaso número de los árboles mayores en tamaño y edad, constituyendo una curva del tipo exponencial o *J* invertida, que cuando se grafica en papel semi-logarítmico, entrega una línea recta (Figura 2.9 B). Considerando a la apariencia del rodal como un mejor criterio que la edad para clasificarlo en cuanto a su distribución de clases de edad, se produce el caso que un rodal con un rango de 1 a 50 años de edad de cualquier especie, aparece como típicamente multietáneo, mientras que un rodal con individuos entre 200 y 250 años, a pesar de tener el mismo rango de diferencias de edades que el anterior, va a tener una apariencia típicamente coetánea (Figura 2.9).

Entre las dos situaciones típicas de rodales coetáneos y multietáneos existe una gama completa de tipos de bosques, algunos de los cuales son relativamente frecuentes y pueden caracterizarse e identificarse con un nombre (Figura 2.9).

Los rodales en estratos (Figura 2.9 C) presentan dos o más niveles o estratos de árboles. Puede originarse este tipo de bosque como consecuencia de la apertura del dosel por caída natural o catastrófica de árboles viejos que permiten la entrada de luz y, por consiguiente, la regeneración de individuos de la misma especie, como suele encontrarse en los bosques de *Nothofagus pumilio*. También puede producirse este tipo de estructura de edades o tamaños en rodales dominados por especies intolerantes bajo las cuales se establece una regeneración masiva de tolerantes. Esta última situación se encuentra, por ejemplo, en bosques de *Weinmannia trichosperma*, bajo los cuales se establece *Drinys winteri*, eventualmente *Podocarpus nubigena*; también es corriente encontrarla en bosques de *Nothofagus* con un o

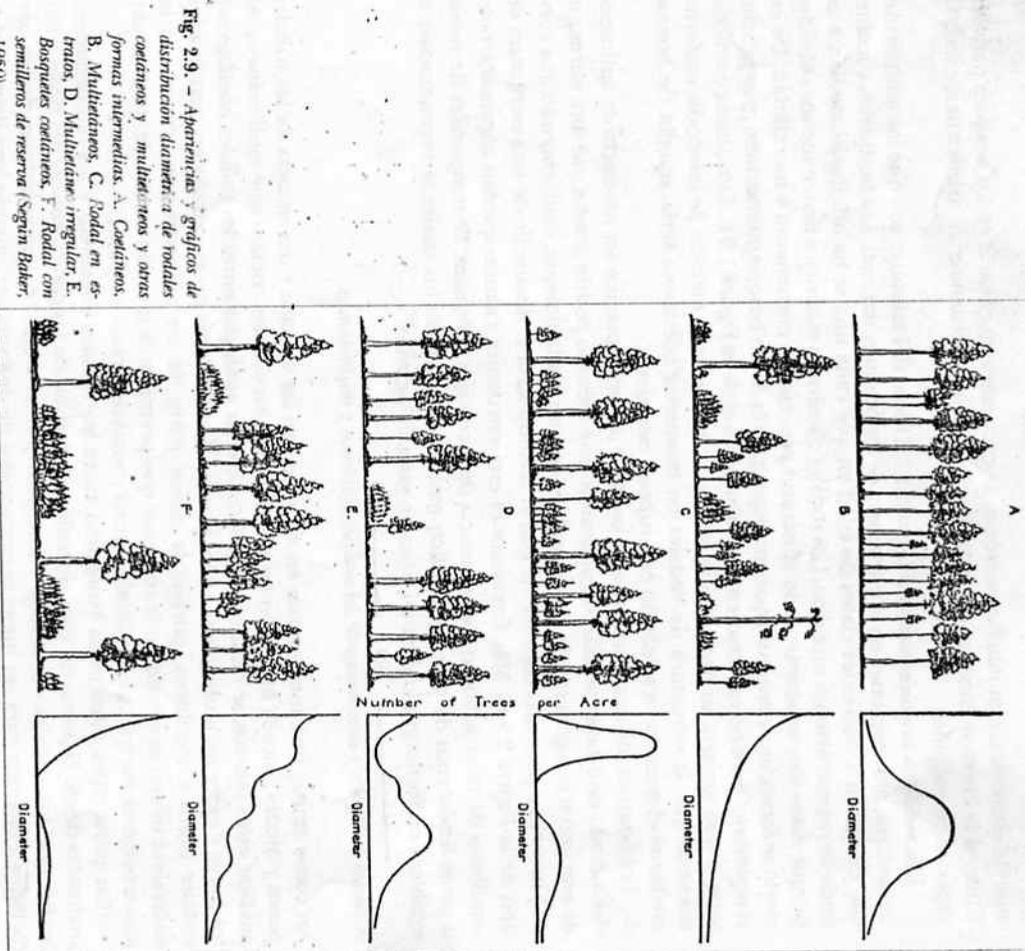


Fig. 2.9. - Apariencias y gráficos de distribución diamétrica de rodales coetáneos y multietáneos y otras formas intermedias. A. Coetáneos, B. Multietáneos, C. Rodal en estratos, D. Multietáneo irregular, E. Bosques coetáneos, F. Rodal con semilleros de reserva (Según Baker, 1950).

o dos estratos inferiores constituidos por especies tolerantes como *Laurelia philippiana* o *Laurelia sempervirens*, *Persa lingue* y *Acaioxicon punctatum*. Esta estructura corresponde también a regeneración promovida a través del método silvicultural de protección o cortas sucesivas pie a pie.

La estructura de los rodales multietáneos irregulares (Figura 2.9 D) es muy común en los bosques naturales que no han tenido alteración. Puede ser producto de bosques coetáneos de una especie intolerante, en que la regeneración se establece en claros producidos por la muerte y caída de uno o más árboles mayores; este caso puede ser muy característico en bosques de *Nothofagus pumilio* y *Nothofagus glauca*, así como en bosques maduros originados de renovales de *Nothofagus dombergii*, *Nothofagus alpina* o *Nothofagus obliqua*. Sin embargo, este

tipo de estructura, con mucha variación, se encuentra en general en los bosques nativos en Chile, si la cura se construye con la distribución de frecuencia de diámetros de todas las especies en conjunto.

Los *rodales de bosques coetáneos* (Figura 2.9 E) son, del mismo modo que los multietáneos irregulares, muy comunes en la estructura de los bosques vírgenes. Los bosquetes coetáneos corresponden a diferentes clases de edad en que cada una se ha originado mediante una onda de regeneraciones sucesivas. Los rodales coetáneos más viejos tienen menos individuos porque éstos han experimentado el natural proceso de crecimiento y mortalidad. De este modo se forma una estructura que corresponde a la de un bosque multietáneo muy próximo al equilibrio, pero no estrictamente regular como el de la Figura 2.9 B. Esta última estructura sería la que tomaría un bosque si se manejará mediante el método de selección uniforme, mientras que la estructura de rodales en bosquetes coetáneos sería aquella de bosques mediante el método de selección en grupos o bosquetes.

Los bosques con una estructura de *semilleros de reserva* pueden ser producto de aplicación del método de árboles semilleros; aplicando este método podría producirse una estructura de este tipo si la regeneración fuera estableciéndose gradualmente, conformando una curva de *J* invertida, pero más consistente con el método sería el desarrollo de una estructura del tipo de la Figura 2.9 C. Más frecuente es esta estructura cuando quedan algunos árboles semilleros de reserva, como consecuencia de incendios forestales, de temporales de viento u otros fenómenos de tipo catastrófico natural, después de los cuales la regeneración se establece en forma gradual en un número variable de años.

Aspectos biológicos y económicos de los rodales coetáneos y multietáneos.

Así como ocurre una controversia en relación con las ventajas y desventajas de los rodales puros y mixtos, sucede lo mismo en relación con los rodales coetáneos y multietáneos. Al analizar estos últimos, se tiende a establecer ciertas analogías entre los rodales coetáneos y los puros y entre los multietáneos y los mixtos. Esta analogía no es extránea en cuanto a los rodales puros y coetáneos, porque la mayor parte de los primeros que ocurren en la naturaleza tienen su origen en fenómenos que permiten la invasión masiva de un área por una especie de luz que, de ese modo, forma rodales coetáneos y puros.

Las principales diferencias biológicas entre los rodales coetáneos y los multietáneos, analizadas desde el punto de vista silvicultural, derivan de las características del dosel y del hecho que los rodales coetáneos manejados por el hombre, generalmente deben ser cortados a tala rasa para ser luego reestablecidos de una sola vez, cuando han llegado a su madurez (Baker, 1950).

El dosel de los rodales coetáneos es muy uniforme o regular, presentando todos los árboles copas de tamaños y formas similares, generalmente pequeñas y concentradas en la punta de árboles delgados (Figura 2.9 A). Debido a esta característica, los árboles de estos rodales son poco resistentes al viento, especialmente en aquellas especies de raíces superficiales. Por ello deben ser cortados mediante talas rasas, salvo que se tomen precauciones especiales mediante variantes en el método de corta, para evitar la caída de árboles. Por el contrario, los bosques multietáneos presentan doses irregulares, con copas de diferentes tamaños dependiendo de la luz lateral que llega sobre ellas; de este modo se desarrollan árboles con fustes gruesos y firmes y la irregularidad del dosel protege contra los vientos fuertes.

En los rodales coetáneos, consumidos generalmente por especies intolerantes, los

árboles pequeños son individuos que quedaron rezagados en el crecimiento y que no serán capaces de reaccionar y generalmente morirán; en estos rodales la regeneración no es capaz de establecerse porque requiere luz y sólo lo hace después de una corta o después de un fenómeno natural que deja abierta el área o parte de ella lo suficientemente grande como para que las semillas logren germinar y las plántulas establecerse.

Los rodales multietáneos poseen, por el contrario, individuos de distintas clases de edad, lo que implica que la regeneración se está estableciendo permanentemente o en oleadas, bajo las copas de los árboles mayores o en los claros producidos por caída de uno o más árboles. Ello significa que las especies constitutivas, por lo menos aquellas que son capaces de regenerar bajo el dosel o en pequeños claros, son tolerantes o medianamente tolerantes a la sombra.

Las desventajas biológicas de bosques coetáneos respecto de los multietáneos son más bien atribuibles al método de corta de tala rasa que se aplica generalmente sobre ellos para que más tarde persista su condición de coetaneidad, que a esa condición. El método significa un período de deforestación cuyo efecto negativo variará según las características climáticas, topográficas, del suelo y del tipo de vegetación del área. En líneas generales puede decirse que se producen los siguientes efectos negativos:

- El piso del bosque queda expuesto a fuerte insolación y evaporación, lo que origina cambios y destrucción de buena parte de la microflora y microfauna. Estos cambios, que pueden ser favorables en hábitat muy fríos, donde el material orgánico se descompone con dificultad, no son deseables en la mayor parte de los casos.
- La materia orgánica del piso forestal se deseca extremadamente y, dependiendo de la topografía y de la precipitación, puede fácilmente escurrirse y perderse del sitio.
- Como consecuencia de los fenómenos señalados, el sitio queda expuesto a compactación y a erosión.
- El área descubierta puede ser invadida rápidamente por pastos, hierbas, helechos, especies de las bambúceas *Chusquea*, especies arbustivas o arbóreas no deseables que no dejan germinar y establecerse a las especies forestales o que cumplen severamente con ellas.
- La acumulación de desechos y el desecamiento puede dar origen a peligrosos incendios.
- Algunos insectos pueden desarrollarse en los desechos y en los tocones, aumentar considerablemente sus poblaciones y luego atacar a la regeneración.

Es indudable que los problemas señalados atribuibles a tala rasa como método para cortar un bosque y regenerar otro de tipo coetáneo, son plenamente corregibles utilizando métodos adecuados en función de las variables del sitio y de la vegetación. Esos métodos pueden ser los de protección y sus variantes o algunas variantes del método de tala rasa (Hawley y Smith, 1972).

Desde el punto de vista económico, una interesante discusión, especialmente aplicable al caso de Estados Unidos, se puede leer en Daniel *et al.* (1982). De esa discusión se puede desprender que no es posible determinar tajantemente que un tipo de rodal tenga ventajas económicas sobre otro; ello dependerá de las características de las especies, de las condiciones medioambientales y de las posibilidades de mercados.

Las ventajas financieras más bien que económicas que se atribuyen a los rodales coetáneos están relacionadas principalmente con las facilidades que otorga la reforestación y el método de tala rasa, y necesariamente tienen que referirse a especies intolerantes. Siguiendo a Daniel *et al.* (1982), esas ventajas pueden puntualizarse como sigue:

para estos rodales es que en ellos un árbol del tipo intermedio en un sector del bosque puede ser dominante o codominante en otro y un brinzal en un claro del bosque puede ser considerado como dominante en ese medioambiente.

B) ESTRUCTURA O DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE LA VEGETACIÓN

Las plantas se distribuyen sobre la superficie del suelo siguiendo algún patrón o modelo particular que depende de la o las especies, de su edad y de sus relaciones con otras especies y con el medio ambiente en general. Estrictamente, la distribución horizontal de la vegetación de un área o de los árboles de un rodal se puede dibujar o representar en un mapa o plano, lo que, por razones obvias, se hace con mayor frecuencia para pequeñas áreas de vegetación o parcelas permanentes.

Al muestrear el número de individuos de una especie en un conjunto de parcelas distribuidas en un área de bosque o de cualquier tipo de vegetación, será frecuente encontrar que ellos se distribuyen al azar sobre el área. Esta distribución al azar no es del tipo normal, sino que sigue una serie matemática conocida como distribución de Poisson, que es apropiada para describir el número de plantas por parcela, y que se representa mediante la ecuación:

$$f = e^{-m}, m e^{-m}, m^2 e^{-m} / 2!, m^3 e^{-m} / 3!, m^4 e^{-m} / 4!, \dots$$

donde f es la frecuencia relativa de parcelas que contienen sucesivamente 0; 1; 2; 3; etc., individuos; m es el promedio del número de individuos por parcela, e es la base de los logaritmos naturales; y $!$ indica un factorial (Whittaker, 1975). Cada expresión de la serie entrega sucesivamente la probabilidad de parcelas que contienen 0; 1; 2; 3; 4; ... individuos de la especie.

Si la distribución de los individuos en el terreno es al azar (Figura 2.12 a), se ajustará a la serie de Poisson señalada, lo que significa que la ubicación de cada individuo de la especie está determinada por factores independientes de aquellos que determinan la ubicación de los otros (Kershaw, 1973; Whittaker, 1975). Muchas plantas ajustan su distribución a esa serie, es decir, se distribuyen al azar en el espacio. Sin embargo, muchas otras plantas, debido a diferentes factores biológicos o medioambientales, tienden a crecer unas junto a otras y reunidas en grupos separados uno de otros. Este tipo de distribución se llama *agrupada* (Figura 2.12 b) y se caracteriza porque se encontrarán más parcelas con muchos individuos y más parcelas con ningún individuo.

Para determinar si la distribución es al azar o no lo es, el método utilizado consiste en relacionar el número observado de individuos de una especie en cada parcela con el número de individuos esperado en ellas de acuerdo con la serie de Poisson. Para determinar la significación de la diferencia entre la distribución de individuos encontrada en las parcelas con aquella esperada, calculada por la serie de Poisson, se usa generalmente una prueba de Chi cuadrado. Los siguientes son ejemplos de aplicación de esta prueba en un rodal:

a) Para una muestra de 20 parcelas en el terreno, lo que es una muestra muy baja porque para obtener resultados confiables se requiere un número de 100 parcelas, supóngase que la información da lo siguiente:

Número de plantas por parcela :	0	1	2	3	4
Número de parcelas :	9	5	3	2	1
TOTAL :	20 parcelas.				

b) Para calcular m = promedio de plantas por parcela:

$$9 \times 0 = 0 + 5 \times 1 = 5 + 3 \times 2 = 6 + 2 \times 3 = 6 + 1 \times 4 = 4 = 21 \text{ plantas de la especie que se analiza.}$$

$$m = 21 / 20 = 1.05 \text{ plantas por parcela.}$$

c) De acuerdo con la tabla de valores de la función exponencial:

para $m = 1.05$, $e^{-m} = 0.35$. Con estos valores se determinan las posibilidades que cualquier parcela al azar contenga 0; 1; 2; 3; etc., plantas.

$$\begin{aligned} 0 \text{ plantas} &: e^{-m} &= & 0,35 \\ 1 \text{ plantas} &: m e^{-m} &= & 1,05 \times 0,35 = 0,3675 \\ 2 \text{ plantas} &: m^2 e^{-m} / 2 \times 1 &= & 1,1025 \times 0,35 / 2 = 0,1921 \\ 3 \text{ plantas} &: m^3 e^{-m} / 3 \times 2 \times 1 &= & 1,1576 \times 0,35 / 6 = 0,0675 \\ 4 \text{ plantas} &: m^4 e^{-m} / 4 \times 3 \times 2 \times 1 &= & 1,2155 \times 0,35 / 24 = 0,0177 \end{aligned}$$

d) Con los valores obtenidos se calcula el número de parcelas esperadas según la serie de Poisson:

$$\begin{aligned} 0,35 & \times 20 \text{ parcelas} &= & 7 \text{ parcelas} \\ 0,3675 & \times 20 \text{ parcelas} &= & 7,35 \text{ parcelas} \\ 0,1429 & \times 20 \text{ parcelas} &= & 3,86 \text{ parcelas} \\ 0,0675 & \times 20 \text{ parcelas} &= & 1,35 \text{ parcelas} \\ 0,0177 & \times 20 \text{ parcelas} &= & 0,35 \text{ parcelas} \end{aligned}$$

Si hubiera más valores, muy pequeños, de probabilidad, deben promediarse con el último valor obtenido.

e) Para calcular la significación de la diferencia entre lo esperado y lo observado, se usa la prueba de Chi cuadrado:

Plantas de la especie	0	1	2	3	4	5
Parcelas observadas	9	5	3	2	1	0
Parcelas esperadas	7	7,35	3,86	1,35	0,35	0

$$X^2 = (O - E)^2 / E$$

$$\begin{aligned} X^2 &= (9-7)^2 / 7 + (5-7,35)^2 / 7,35 + (3-3,86)^2 / 3,86 + (2-1,35)^2 / 1,35 + (1-0,35)^2 / 0,35 \\ &= 3,022 \end{aligned}$$

f) Número de términos usados en el cálculo de $X^2 = 5$ (0; 1; 2; 3; 4); luego, los grados de libertad = $5 - 1 = 4$, pero se pierde un grado más de libertad por la estimación de m ; luego, los grados de libertad son 3.

Para 3 grados de libertad y un 95% de confianza:

$$X^2 = 7,81 \text{ (} p < 0,05 \text{)}$$

Para 3 grados de libertad y un 99% de confianza:

$$X^2 = 11,34 \text{ (} p < 0,001 \text{)}$$

El valor de X^2 es de 3,022, significativamente menor que los valores tabulados para un 95 y un 99% de confianza, lo cual indica que los valores observados siguen a la distribución de Poisson y los individuos tienen una distribución al azar.

Si la prueba de Chi cuadrado dice que la distribución es agrupada, en realidad está diciendo que no es al azar, pero no indica el grado o tipo de agrupación que presenta. Para determinar esto último se han definido varios métodos (Greig-Smith, 1964), pero el más

utilizado es el conocido como Razón ó Cuociente Varianza / Media. Puesto que para la distribución de Poisson la varianza es igual al promedio, la razón o cuociente es igual a 1. De este modo, si la distribución horizontal de los árboles en un rodal es al azar y, por lo tanto, sigue a la distribución de Poisson, el cuociente varianza / media, será igual o se aproximará a 1. Si la distribución es fuertemente agrupada, el cuociente será mayor que 1; y, si el cuociente es menor que 1, querrá decir que los individuos en el área no están distribuidos al azar, pero tampoco se encuentran muy agrupados, sino que espaciados en forma más o menos regular o uniforme. Como es una plantación, en este último caso la mayoría de las parcelas contienen una cantidad intermedia de individuos y el tipo de distribución se conoce como *regular o uniforme* (Figuras 2.12 c y d).

g) Si en otra situación, como la planteada por Kershaw (1973) en un ejemplo, se dan los siguientes valores derivados:

Número de plantas por parcela :	0	1	2	3	4	5	6	≥
Número de plantas observadas :	47	6	5	8	5	6	7	16 = 100

h) $m = 2,44$

Número de parcelas calculadas esperadas :	8,7;	21,3;	26;	21,1;
	12,9;	6,3;	2,6;	0,9

i) X^2 calculado con estos valores es 470,334, que para un 99% ($p < 0,001$) es muy significativo, indicando que existe sólo una probabilidad en mil de que la distribución observada se ajuste a la distribución Poisson, es decir, sea al azar.

Acudiendo a la razón varianza / promedio de la distribución de Poisson, para determinar en el último ejemplo, si se trata de distribución agrupada o regular, tenemos que la media es 2,44 y debemos calcular la varianza:

$$\begin{aligned} n &= 100 \\ x &= 2,44 \\ S(x)^2 &= 0^2 \times 47 + 1^2 \times 6 + 2^2 \times 5 + 3^2 \times 8 + 4^2 \times 5 + 5^2 \times 6 + 6^2 \\ &\quad \times 7 + 7^2 \times 16 = 0 + 6 + 20 + 72 + 80 + 150 + 252 + 784 \\ &= 1.364. \\ S(x)^2 &= (100 \times 2,44)^2 = 244^2 = 59.536 \\ (Sx)^2/n &= 595,36 \end{aligned}$$

$$S^2 = S(x)^2 - (Sx)^2/n \div n - 1 = 768,64/99 = 7,764 \text{ (Varianza)}$$

$$\text{Varianza / Media} = 7,764 / 2,44 = 3,182$$

La razón es bastante mayor que 1, lo que señala que la distribución es agrupada.

El método **Varianza / Media** ha sido muy criticado y se considera poco confiable, especialmente cuando el valor medio de densidad es muy alto o muy bajo (Kershaw, 1973; Shimwell, 1972). Sin embargo, la prueba de X^2 se estima que aporta una indicación muy confiable de si la distribución es al azar o no lo es, particularmente cuando no se incluyen en el análisis especies muy raras o muy abundantes (Kershaw, 1973).

Para diferenciar entre una distribución agrupada y una regular, puede bastar analizar la forma como se distribuyen los individuos en las parcelas, una vez que la prueba de X^2 haya determinado que la distribución no es al azar.

Los factores causales de los tipos de distribución agrupada y regular han sido estudiados por Kershaw (1973), quien identifica tres tipos de factores: medioambientales, sociológicos y morfológicos.

Los factores medioambientales están generalmente ligados con la microtopografía, cuyos cambios producen una evidente variación en el drenaje, la disponibilidad de agua, disponibilidad de nutrientes, la lixiviación, el pH, la profundidad del suelo, factores todos que controlan la mortalidad y sobrevivencia de las plantas y, por lo tanto, su forma de distribución horizontal (Kershaw, 1973; Shimwell 1972). La distribución regular, muy común en plantaciones, se encuentra raramente en comunidades naturales. Factores medioambientales, especialmente la extrema escasez de agua en zonas desérticas, son los causantes aparentes de la distribución regular de algunas especies, como *Larrea divaricata*, propia de las zonas desérticas del sur de Estados Unidos así como de las zonas desérticas del Norte de Argentina. La escasez de agua hace que una planta extienda sus raíces sólo hasta donde lo permite la extensión de las raíces de las vecinas, lo que determina una distribución regular.

Los factores sociológicos derivan de la interacción de una especie con otra y de un individuo con otro, lo cual produce un tipo de distribución que puede o no estar relacionado con los factores micro-medioambientales. Estos factores pueden depender de la capacidad competitiva de un individuo o especie, la que en gran medida es dependiente del medioambiente y por lo tanto, varía con él. Pero, por otro lado, es posible que ese tipo de distribución esté determinado por efectos alelopáticos de una especie, o de un individuo a cierta edad. Muchas especies modifican el medioambiente bajo ellas por razones alelopáticas o de sombra (Zinke, 1962), determinando una forma o tipo particular de distribución de la vegetación asociada a ellos, tema que se analizará a continuación y que contribuye sociológicamente al tipo de distribución horizontal que se puede dar entre las especies.

Los factores morfológicos son aquellos que dependen de la capacidad reproductiva de la especie y de la población, sea ésta de tipo sexual, o asexual o vegetativa (Shimwell, 1972). El análisis de esta clase de distribución que realizan tanto Kershaw (1973) como Shimwell (1972), se refiere al que producen especies con reproducción vegetativa por rizomas o por estolones, que no parecen de tanto interés para el análisis de la distribución horizontal en plantas forestales.

Al contrario de lo que ocurre con la distribución regular, la distribución agrupada es bastante común en diversos tipos de vegetación. Ello es particularmente claro en la regeneración de las especies forestales y puede apreciarse muchas veces por simple inspección en el bosque, donde se observan grupos de brinzales o plantas jóvenes concentradas en manchas o bosquetes. De acuerdo con Whittaker (1975), hay por lo menos tres razones que determinan esta agregación de individuos en manchas o bosquetes, razones que están íntimamente relacionadas con los tres tipos de factores causales de Kershaw (1973):

1. *Tipo de semillas y forma de dispersión.* Las semillas de los árboles padres caen en mayor proporción cerca de los árboles, lo que depende del tamaño de las semillas, sus mecanismos de dispersión, el viento, la topografía y la ubicación del árbol padre en ella y en relación con el bosque. En términos generales, las semillas grandes y pesadas tenderán a caer y concentrarse más cerca del árbol padre, determinando agrupaciones de plántulas, y luego brinzales de la especie. Ello es así en especies tolerantes del bosque chileno como *Persea lingue* y *Aextoxicon punctatum* (Veblen *et al.*, 1979b; Álvarez, 1982).

2. *Formas de reproducción.* Las especies que se reproducen por rizomas o estolones presentan frecuentemente distribuciones agrupadas. Hélechos y arbustos nativos se reproducen intensamente desarrollando tallos desde las raíces, estrategia mediante la cual forman densas agrupaciones. Ejemplos de este tipo lo constituyen *Ugni molinae*, la murta, y la agresiva leguminosa exótica europea, que se ha transformado en una plaga en Chile, *Ulex europaea*.

mente lentos y se estima que el tipo de información y la precisión con que se obtiene no lo hacen de aplicación útil en el campo forestal. Generalmente, lo que más interesa conocer en cuanto a distribución horizontal en el bosque, es aquella que presenta la regeneración natural, porque es de importancia conocer el grado de homogeneidad con que ella está distribuida. Sin embargo, un silvicultor, o un forestal que conoce el bosque, no tendrá normalmente dificultad para reconocer, a través de una revisión visual, la forma como se distribuyen las especies, y su regeneración en particular. Para efectos prácticos no se requiere mayor precisión: para efectos de investigación parece recomendable utilizar, con la intensidad que el método requiera, el método del Índice de Morista, que posee las ventajas del método de Chi cuadrado y elimina la desventaja del tamaño de parcela.

Para determinar el grado de asociación entre dos especies, también es posible eliminar el efecto del tamaño de parcela utilizando el método puntual del vecino más próximo. Este método está muy claramente explicado por Krebs (1972).

C) ESTRUCTURA CUANTITATIVA O ABUNDANCIA DE LA VEGETACIÓN

SC

Al analizar un bosque o comunidad forestal, puede faltar la descripción de las distribuciones vertical y horizontal de la vegetación, pero por lo menos algunos de los parámetros que miden la abundancia o estructura cuantitativa de la vegetación aparecerán necesariamente en una descripción de ella. Sin duda la mejor forma de analizar la vegetación para obtener una buena descripción de ella es midiendo sus diferentes parámetros: sin embargo existen formas de estimarlos, desarrolladas y utilizadas principalmente por las escuelas filosociológicas europeas.

Los parámetros clásicos de medición de la abundancia de la vegetación son:

- La densidad o número de individuos por unidad de superficie.
- La frecuencia o número de veces (o porcentaje) que una especie es registrada en un número determinado de parcelas o de puntos en la comunidad.
- La cobertura o proporción del piso ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas del vegetal.

Particularmente en el área forestal se utilizan y miden o calculan en forma normal otros parámetros de los árboles. Los más comunes entre estos parámetros son la altura total de los árboles, el diámetro, el área basal y la biomasa, la cual en las evaluaciones forestales se calcula como volumen, y en otro tipo de evaluaciones y cosechas, a través del peso seco o peso húmedo por cantidad de superficie. También se puede utilizar la productividad como materia orgánica neta producida por fotosíntesis en un año. Armesio y Gutiérrez (1980) han realizado un breve análisis de estos parámetros y la aplicación de técnicas de muestreo en Chile Central.

Densidad

La densidad de un bosque o de un rodal, o número de árboles que él posee por unidad de superficie, generalmente por hectárea, es una característica de fundamental importancia en silvicultura. Ello es así porque el silvicultor puede actuar sobre la densidad del bosque a lo largo de toda su vida, modificando a través de ella su estructura, para influir en la tasa de crecimiento, en la poda natural de las ramas para desarrollar fustes más o menos rectos, en el carácter del sotobosque y en discriminación de las semillas y establecimiento de las diferentes especies forestales a través de la mayor o menor cantidad de luz que se permita

penetrar al piso, en la competencia de raíces y en el efecto de ellas, así como de las copas de los árboles sobre la percolación del agua hacia las napas freáticas y sobre el escurrimiento superficial y subsuperficial y, por lo tanto, sobre la regulación de las cuencas hidrográficas. Por estas razones la determinación de la densidad de un rodal es un elemento de su estructura que jamás falta en las evaluaciones forestales.

Es común en términos forestales hablar de densidad completa o normal, lo que está señalando que habrá también densidades bajas y altas en relación con la normal. El supuesto es que una densidad completa será aquella con la cual se está ocupando bien el sitio y se obtendrá una productividad óptima. Es indudable que esta densidad normal depende de la especie de que se trate; la composición del rodal, es decir, de si se trata de rodales puros o mixtos, coetáneos o multietáneos; la edad del rodal si se trata de un bosque coetáneo; y, naturalmente, de los objetivos silviculturales o de manejo que se persigan. Por ejemplo, un bosque joven de una especie que contiene muchos árboles por hectárea podrá considerarse como de densidad equivalente a uno viejo con pocos individuos por hectárea; un bosque coetáneo maduro de una especie tendrá un número determinado de árboles por hectárea para tener una densidad completa, que será diferente de aquel que posee un bosque multietáneo de la misma especie, donde podrá haber unos pocos árboles de tamaños y edades medianas o mayores, pero muchos más de tipo juvenil. Si el objetivo del manejo es producir madera aserrada de alto valor con alta proporción de duramen en un bosque de *Nothofagus alpina*, la densidad completa a una misma edad será probablemente diferente que si el objetivo es producir rápidamente madera joven para otro tipo de usos. Con mayor razón será distinta la densidad completa de rodales similares en cuanto a composición, en que unos se destinan a producción de madera y otros a fines recreacionales o a objetivos de manejo de una cuenca.

La densidad del rodal se determina usualmente a través de un muestreo con parcelas distribuidas al azar en el bosque. El número promedio de individuos por unidad de superficie se calcula por especie con la suma de individuos obtenidos en todas las parcelas. En la práctica forestal la densidad se obtiene generalmente en términos de número de árboles por hectárea a través de parcelas que pueden variar de tamaño y forma en los diferentes inventarios. Esta forma de medición de la densidad es altamente precisa y confiable, dependiendo naturalmente de la intensidad del muestreo y del diseño con que se realice según las características del bosque. Esta medición permite comparar áreas y especies diferentes y es muy simple cuando se trata de árboles o de especies con un solo tallo. La medición se complica cuando se trata de arbustos con varios tallos o que están muy juntos, situaciones en que es difícil decidir si se trata de uno o más individuos; en esos casos puede ser necesario o conveniente considerar individualmente a cada pie o vástago, aunque correspondan al mismo individuo, o a cada agrupación o manchón de individuos si están muy densamente agregados.

El tamaño de las parcelas con que se muestrea puede ser muy variable, pero depende principalmente del tipo de vegetación y, en particular, de la altura del estrato que se está midiendo. Para la vegetación herbácea y la regeneración en el bosque es común utilizar parcelas de 1 x 1, 1 x 2 o 2 x 2 m; para la vegetación leñosa del sotobosque se pueden utilizar las mismas parcelas indicadas hasta parcelas de 4 x 4 m; mientras que para los árboles se emplean parcelas de 10 x 10 m como tamaño mínimo. En los inventarios forestales se emplean generalmente parcelas rectangulares de mayor tamaño, como 10 x 50 m y ubicadas con el lado más largo en el sentido de la pendiente, con el objeto de captar adecuadamente la variabilidad de la vegetación. Además, de acuerdo con Greig - Smith (1964), la forma rectangular es más eficiente que la cuadrada o la circular, debido a que estas dos últimas

pueden distorsionar más la información al captar más fácilmente grupos de individuos de especies que tienen distribución agrupada. Probablemente el tamaño y forma de las parcelas de muestreo deben variar según las características de los bosques a medir y según los objetivos del inventario.

Más importante que el tamaño de la parcela es la intensidad de muestreo, que se determina como porcentaje del área total del rodal. En los inventarios forestales es frecuente emplear intensidades de muestreo de 5%, lo que, por ejemplo para un bosque de 1.000 hectáreas, significa 50 hectáreas y 1.000 parcelas de 10 x 50 m (= 0,05 hectáreas). Sin embargo, para determinar la intensidad de muestreo es importante conocer la variación del bosque en cuanto al parámetro que se quiere evaluar, en este caso la densidad en las parcelas, lo que se obtiene estadísticamente (Husch, 1973).

Otros métodos para determinar o estimar la densidad de un rodal son el de la tabla de rendimiento normal, descrito por Daniel *et al.* (1979) y el índice de Reinecke descrito por Baker (1950) y por Daniel *et al.* (1979). Estos últimos autores presentan otros métodos de estimación utilizados en Estados Unidos, entre ellos algunos de uso práctico.

La densidad está ligada con el *espacio de crecimiento* que es el área ocupada por cada árbol en un rodal. Generalmente este espacio se expresa como la distancia promedio existente entre los árboles de un rodal, o espaciamiento del rodal, que se obtiene mediante la raíz cuadrada del cociente entre el área tomada como unidad de superficie y el número de árboles por esa unidad de superficie; tomando la hectárea como esa unidad (= 10.000 m²):

$$\text{Espaciamiento o distancia promedio: } d = \sqrt{10.000/N}$$

El área disponible para cada árbol corresponde a d^2 , que es igual a la superficie total dividida por el número de árboles, cuando se trata de una plantación o de una distribución horizontal claramente regular.

Se ha desarrollado también el concepto de área potencialmente aprovechable (APA), entendiéndose como tal el área que rodea a un árbol, de la cual este obtiene los elementos necesarios para su desarrollo. Se estima como una medida de la densidad más adecuada en relación con la caracterización de un árbol particular y con una potencialidad de crecimiento (Gunkel, 1980).

Frecuencia

La frecuencia de una especie en un rodal, o número de veces que ella se presenta en un número determinado de puntos de parcelas de muestreo, se expresa como una fracción del total de puntos, generalmente en porcentaje, conocido como índice de frecuencia, que se usa para comparar distintas comunidades. En esta medición no se cuentan los individuos en las parcelas, sino que sólo se registra su presencia.

La frecuencia como indicador cuantitativo de la abundancia es una medición relativa, no absoluta, porque el resultado depende en parte del tamaño y forma de la parcela, el tamaño de la planta y la distribución horizontal de los individuos de la especie (Kershaw, 1973; Mueller - Dombois y Ellenberg, 1964).

En la Figura 2.17 se puede apreciar que los tamaños de parcela A y B entregarán valores distintos de frecuencia de la especie representada mediante puntos en la comunidad hipotética de la figura. El tamaño A con muy alta probabilidad indicará una frecuencia de 100%, mientras que el tamaño B, con mucha seguridad caerá en espacios vacíos y dará un porcentaje de frecuencia menor para la misma comunidad. De aquí se desprende que para

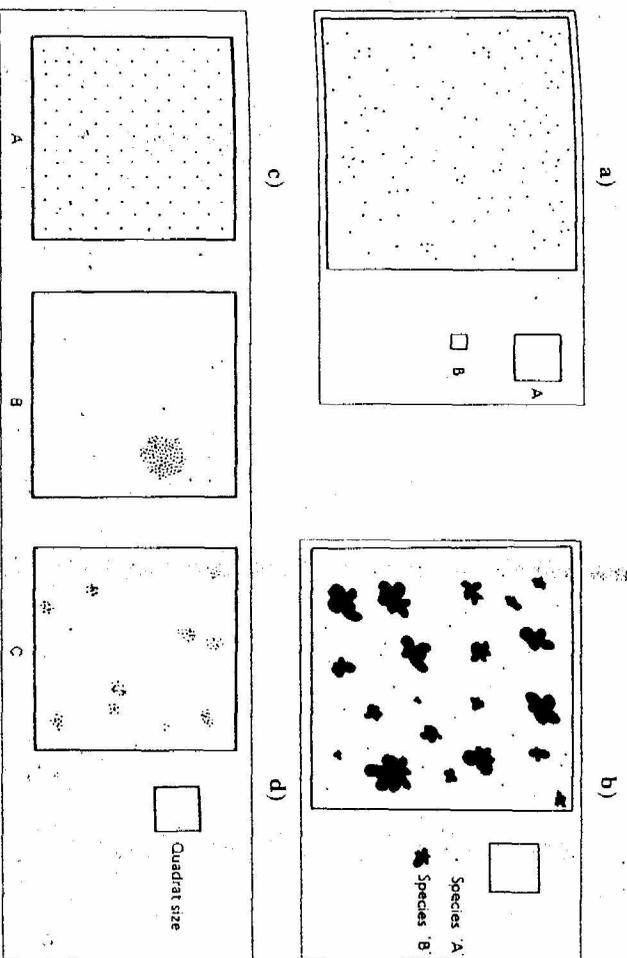


Fig. 2.17. - Factores de que depende el valor de frecuencia a) Tamaño de parcelas; b) Tamaño o tipo de especie; c) Tipo de distribución espacial.

comparar las frecuencias de una especie en dos comunidades distintas, es necesario usar el mismo tamaño de parcela de muestreo en ambas.

En la Figura 2.17b se representa una comunidad con dos tipos de especie de tamaños distintos, A y B, de las cuales se mide su frecuencia con un tamaño de parcela. Ambas especies tienen el mismo número de individuos por hectárea en la comunidad, sin embargo al medir la frecuencia con el tamaño de parcela de la Figura 2.17b, la especie B tenderá a aparecer en todas las parcelas y, por lo tanto, mostrará una frecuencia más alta que la especie A. Cuando se trata de medición de frecuencia de árboles, esta desventaja del método de parcelas para frecuencia con seguridad no tendrá validez.

Naturalmente, el tipo de distribución espacial será determinante de la frecuencia obtenida al comparar una especie, o especies, con distinta distribución en tres comunidades, con un mismo tamaño de parcela. La Figura 2.17c muestra por sí sola que la frecuencia de la especie con la distribución regular de la comunidad A será muy alta, mientras que para la comunidad B, con distribución agrupada, la frecuencia será muy baja, en tanto que para C será intermedia. Esto último demuestra que la frecuencia es una medición que no indica realmente abundancia, como la densidad. Lo que realmente señala la frecuencia es una referencia o indicación del grado de homogeneidad o heterogeneidad de la distribución de una especie en un área.

Un ejemplo de esta utilidad de la medición de la frecuencia en trabajos forestales se puede analizar a través de regeneración en comunidades de *Pitropia cupressoides* en el subtipo

Alerce-Coigüe de Magallanes de la Cordillera de los Andes (Tabla 2.7). En la tabla se aprecia que la densidad y la frecuencia dan indicaciones muy distintas; por ejemplo, *Drymys winteri* posee una densidad más alta que *Fitzroya cupressoides*; sin embargo, esta última especie tiene una frecuencia más alta en los conglomerados, es decir, en toda el área evaluada del subtipo. Algo parecido se observa si se compara *Nothofagus betuloides* con *Podocarpus nubigena*. Por otra parte, en los conglomerados donde la especie está presente, la frecuencia obtenida de 300 subparcelas de 2 m² por conglomerado, es bastante más alta en algunas especies, independientemente de su frecuencia en el área total, como es el caso de *Drymys winteri* y los *Nothofagus*. Ello se explica por una distribución más agrupada de la regeneración de estas especies, si se compara, por ejemplo, con la de las coníferas.

Tabla 2.7. - Densidad total y porcentaje de frecuencia en toda el área evaluada del subtipo Alerce-Coigüe de Magallanes, y dentro de los conglomerados, de la regeneración de las especies componentes (De Donoso *et al.*, 1987).

Especie	Nº plantas de 0-150 cm altura por Ha ± D.E. (densidad)	% Frecuencia en 20 conglomerados (60 parcelas de 500 m ² del subtipo)	% Frecuencia en subparcelas de 2 m ² dentro de los conglomerados con presencia de la especie
<i>Fitzroya cupressoides</i>	12442 ± 18224	95	25.41 ± 18.08
<i>Drymys winteri</i>	30303 ± 62928	85	47.64 ± 33.70
<i>Nothofagus betuloides</i>	18623 ± 22791	70	43.89 ± 23.51
<i>Podocarpus nubigena</i>	3875 ± 3553	85	18.91 ± 13.40
<i>Nothofagus nitida</i>	2269 ± 3924	30	37.70 ± 14.24
<i>Pilgerodendron uvifera</i>	1424 ± 2651	55	4.50 ± 2.84
<i>Laurelia philippiana</i>	504 ± 261	15	2.78 ± 0.96
<i>Weinmannia trichosperma</i>	58 ± 261	5	1.67 ± 0
<i>Callibotrya paniculata</i>	8 ± 37	5	1.67 ± 0

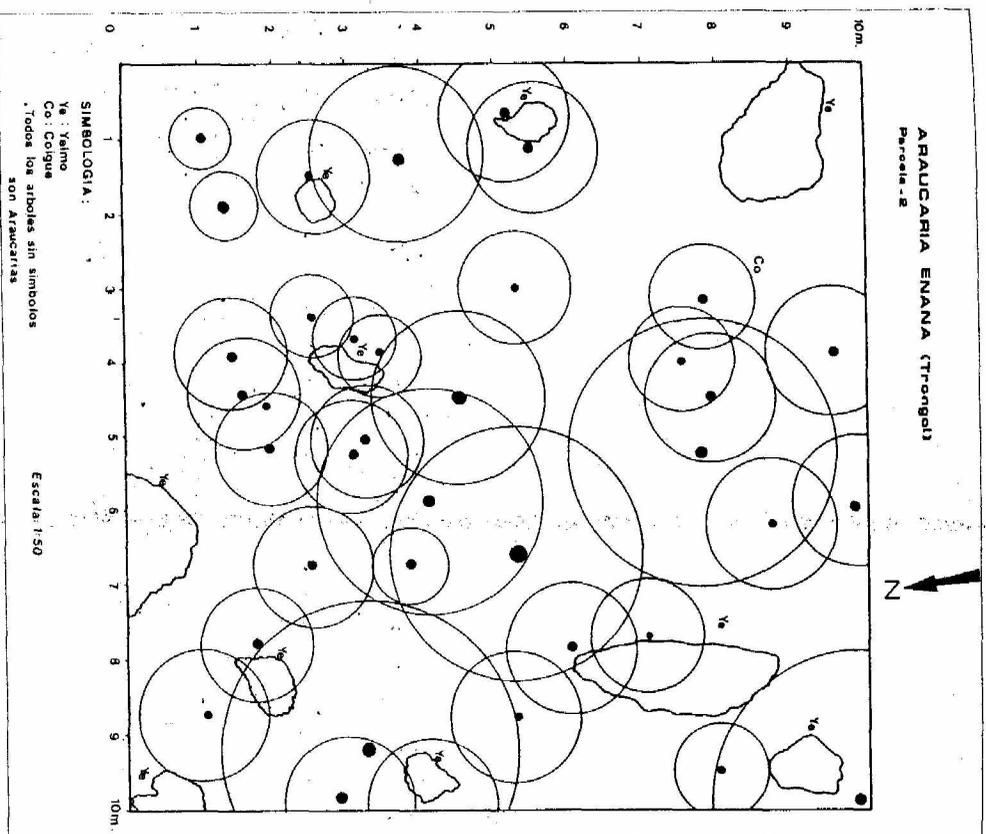


Fig. 2.18. - Representación de la cobertura de copas y del área basal en matorral de Araucaria araucana enana, Tongol Cordillera de Nahuelbuta (Donoso *et al.*, 1989).

Cobertura

Generalmente se define como cobertura a la proporción del suelo o piso de la comunidad vegetal ocupada por la proyección de las partes aéreas del vegetal —en el caso de los árboles, por la copa—, en cuyo caso se expresa como porcentaje de cobertura para una superficie o un rodal determinados (Figura 2.18). Otra forma de expresar la cobertura es sobre la base de la proyección vertical del área del tronco sobre la superficie del suelo, es decir, del área basal, entendiendo como tal al área que ocupa el tronco en la superficie del suelo (Fig. 2.18).

Sin embargo, en el ámbito forestal, el área basal corresponde al área del tronco medida a 1,30 m, es decir, aproximadamente a la altura del pecho de quien mide el diámetro, punto conocido en forestal como Dap (= diámetro a la altura del pecho), y que se calcula con el valor del diámetro, mediante la fórmula $\pi d^2/4$, o bien πr^2 ($d = \text{Dap}$, $r = \text{radio}$). El área basal se expresa en m^2 .

Se estima que la cobertura es una medición de mayor significación ecológica que la densidad, por el hecho que proporciona una mejor medida de la biomasa de las plantas (Mueller-Dombois y Ellenberg 1964). Ambos autores señalan que la importancia ecológica de la biomasa de las plantas radica en varios aspectos:

- Es una indicación de la capacidad de la vegetación para acumular material orgánico.
- Tiene gran influencia en el microclima del rodal, particularmente en lo que se refiere a la luz, a la temperatura y a la humedad relativa, y sus interacciones.
- Influye en el régimen hídrico del bosque a través de la intercepción de la lluvia y de la tasa de transpiración por unidad de superficie.
- Está estrechamente relacionada con el volumen de nutrientes que circulan en el ecosistema, es decir, influye en el ciclo de los nutrientes.
- La cantidad y características de la biomasa vegetal son de gran importancia como fuente de alimento y de refugio para la fauna asociada a esa vegetación.

Para poder evaluar la biomasa vegetal del rodal mediante cobertura, es necesario estratificar a la comunidad, de tal modo que la medición de la cobertura sea realizada para cada estrato vertical en forma separada.

También es una ventaja de la cobertura, como medición de la estructura cuantitativa de la vegetación, el hecho que permite comparar a todos los tipos de forjadas de vida, lo que no es posible mediante la densidad o frecuencia. Es importante destacar en este punto que si se mide la cobertura de todos los estratos del bosque en términos de porcentaje de cobertura de copas, habrá alta probabilidad que el valor exceda el 100%, porque se producen traslapes de las copas entre las diferentes especies y los diferentes estratos.

Las escuelas fisioclimáticas europeas han desarrollado métodos de estimación de la cobertura, que son de uso bastante frecuente en trabajos prospectivos y de investigación en bosques. Quizás la escala de estimación más utilizada, particularmente para vegetación de sobobosque, es la de Braun Blanquet:

Menos de 1% de cobertura	=	+
1 - 5 %	=	1
6 - 25 %	=	2
26 - 50 %	=	3
51 - 75 %	=	4
76 - 100 %	=	5

Sin embargo existen diversos métodos para medir con relativa precisión la cobertura, los que se usan alternativamente, según la clase de vegetación y los objetivos del estudio. Entre ellos se pueden mencionar:

Método del diámetro de la copa. Es similar a la medición del área basal de los árboles. Con dos cuerdas o hinchas de medir se miden dos diámetros de las copas de los árboles o arbustos, idealmente el mayor y el menor, puesto que las copas no son estrictamente circulares; esto se hace con las cuerdas en el piso y la proyección de los puntos correspondientes del

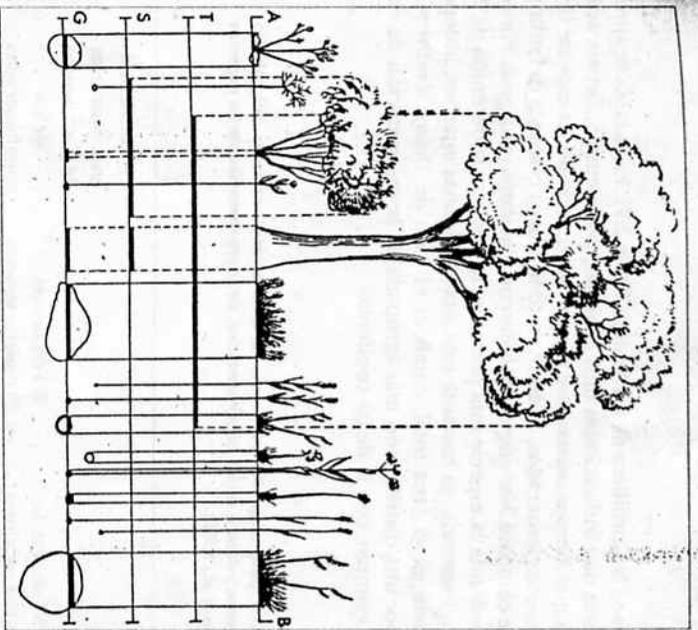


Figura 2.19. - Vista lateral de una línea (A-B) en el método de líneas interceptadas (A = nivel del árbol; M = nivel del arbostror; S = nivel del suelo). (Cades, 1949).

perímetro de las copas. Con estas dos mediciones, se obtiene la cobertura de copas del individuo mediante la fórmula:

$$\text{Cobertura de copas} = (D1 + D2 / 4)^2 \pi$$

Este método sirve sólo para algunos árboles o una superficie muy pequeña con bosque.

Método de los puntos interceptados. Para medir cobertura de copas en bosques se usa con frecuencia el método de puntos interceptados, a través del aparato conocido como "cuerno de Alce". Éste consiste en un periscopio con forma de una caja en cuyo fondo lleva un espejo fijo en un ángulo de 45°. En la punta del periscopio va una mala cuadrada de 25 puntos. El periscopio se sostiene con la cuadrícula hacia arriba nivelado con un sistema de nivelación que lleva en su interior y se observa por la mira hacia el espejo. En él se observa el número de puntos de la cuadrícula, que son interceptados por las copas y se cuentan. Esto se repite en varios puntos o estaciones en el rodal, con lo que se obtiene un número de puntos interceptados que representan el porcentaje de cobertura de las copas.

Un método basado en el mismo principio de los puntos interceptados es el de fotos al dosel con un lente hemisférico (fish-eye); cada foto vertical incluye una extensa superficie del dosel (170 a 180°). Con este método se obtiene una estimación del porcentaje de luz bloqueada por el dosel.

Método de líneas interceptadas. Esencialmente consiste en extender una cuerda sobre el piso del bosque o el suelo y se registran en medida de longitud las copas que interceptan la línea,

Tabla 2.8. - Ejemplo de una tabla de rodal y existencias resumida para la especie *Laurelia philippiana* (Tepa), correspondiente a parte de la formación obtenida de un rodal del tipo forestal siempreverde de 65 hectáreas en la Cordillera de la Costa de Valdivia.

Predio	= Cumleufu.			
Especie	= 19 Tepa.			
Superficie de referencia	= Hectárea (Ha).			
Base	= 3 unidades muestrales (parcelas de 1.500 m ²)			
Clase de diámetro (cm)	Número árboles/hectárea	Área basal (m ²)	Volumen bruto (m ³)	Volumen aserrable (p.m.)
10	18	0,17	0,54	0,0
15	4	0,07	0,25	0,0
20	13	0,37	1,92	0,0
25	4	0,20	1,27	0,0
30	11	0,79	5,31	0,0
35	13	1,30	9,26	0,0
40	13	1,64	10,23	0,0
45	22	3,49	24,46	66,4
50	4	0,86	5,90	70,2
55	4	1,00	5,39	32,5
60	7	1,78	14,45	96,8
75	4	2,04	15,89	182,5
85	2	1,32	10,70	0,0
Total	119	15,02	105,58	448,4

Fuente: Donoso et al. (1987).

con la precisión que se desea (Figura 2.19). El registro se efectúa por especies y si las copas de los distintos estratos se traslapan, la cobertura se mide para cada estrato. El método tiene la ventaja de ser más rápido y apuro para medir cobertura en grandes superficies y, especialmente, para bosques y vegetación leñosa. La precisión del método depende a su vez de la precisión que se obtenga con la proyección vertical de las copas sobre la cuerda, la que se hace menor mientras más alto es el estrato y menor es la visibilidad. Se recomienda el empleo de una vara de unos 3 m de largo para con ella lograr una mayor precisión de la proyección desde el borde de la copa hasta la línea interceptada.

Estructura de un rodal

En las evaluaciones forestales es común la realización de inventarios que, generalmente, han estado destinados a fines comerciales de extracción y explotación. Sin embargo, de ellos es posible obtener la información que requiere un análisis ecológico de un rodal forestal, análisis que es necesario e ineludible para una adecuada planificación silvicultural de un bosque que se pretende intervenir con algún objetivo y con criterio forestal.

Tabla 2.9. - Ejemplo de un análisis de estructura de rodal basado en densidad en un bosque del tipo forestal siempreverde de la Cordillera de la Costa de Valdivia, medida en 12 parcelas de 1.500 m² cada una (25 x 60 m)

Dap (cm)	Número de árboles por especie por hectárea									Total
	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	
10	0	20	4	7	3	4	2	2	1	43
15	1	20	1	14	7	6	3	2	2	56
20	1	9	1	22	6	8	10	1	0	58
25	0	2	1	28	6	2	7	2	3	51
30	0	3	1	19	4	3	7	4	1	42
35	1	1	1	15	3	0	6	6	1	34
40	1	1	1	9	1	1	4	11	1	30
45	0	1	1	9	3	1	4	9	1	31
50	0	1	1	2	0	3	3	9	1	20
55	3	0	1	3	1	1	3	13	1	26
60	1	0	0	2	1	1	3	9	2	19
65	1	0	1	1	0	1	4	8	0	16
70	2	0	1	0	0	1	0	4	3	11
75	2	0	0	0	1	0	1	4	2	10
80	1	0	0	0	0	1	1	3	0	6
85	1	0	0	1	0	0	1	1	0	4
90	1	0	0	0	0	0	0	2	1	5
95	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
110	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
120	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
150	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Total	16	58	15	133	36	34	61	95	21	469

Fuente: Donoso et al., 1987.
 1* = *Persea lingue*, 2* = *Cavendishia avellana*, 3* = *Drimys winteri*, 4* = *Saxegothaea conspicua*, 5* = *Podocarpus nubigena*, 6* = *Annonium melli*, 7* = *Laurelia philippiana*, 8* = *Weinmannia trichosperma*, 9* = *Eucryphia cordifolia*.

La información que se obtiene en estos inventarios se entrega normalmente en tablas de rodal y existencias por especie. Cada tabla por especie entrega para distintas clases de análisis, los valores de densidad en número de árboles por hectárea, de área basal en m² y de volumen bruto en m³. El volumen se puede entregar además segregado en volúmenes para diferentes usos posibles, pero generalmente es de más interés el volumen bruto y el volumen aserrable, que se entrega en pulgadas madereras, pero que también se podrían entregar en m³ (la conversión utilizada es de aproximadamente 20 pulgadas madereras por m³ en pie) (Tabla 2.8).

El mismo tipo de tabla que el de la Tabla 2.8 se obtiene para cada una de las especies componentes del rodal y también para el conjunto de todas las especies.

Para efectos de análisis, de las tablas de rodal y existencias se puede obtener una tabla de densidad por especie y por clase de diámetro que permite visualizar rápidamente la estructura del rodal (Tabla 2.9). Para hacer más clara una visualización sería necesario tener

VARIACIÓN ESPACIAL DE LAS COMUNIDADES

una estimación de las alturas de los árboles, lo que es difícil de obtener en una tabla de este tipo. Ella se puede lograr mediante un perfil vertical (Figura 2.7) o mediante la clasificación de copas que se expresa en la Figura 2.11.²

Con la información de la Tabla 2.4 se puede lograr una comprensión de la estructura del rodal e interpretar el estado de desarrollo y la dinámica de cada especie y del rodal en conjunto. Este tipo de análisis se discutirá en la III y IV partes del libro. La información de la Tabla 2.9 se puede complementar con la de área basal por especie y por clase de diámetro por hectárea, multiplicando el Dap por $\pi d^2/4$ y por el número de árboles. Sin embargo, esa información va en la tabla de rodal y existencias (Tabla 2.8) y no es necesario calcularla especialmente. En todo caso es importante para el análisis la información de área basal, así como la de volumen, pues definen la dominancia de una especie en el rodal (Tabla 2.3 y texto correspondiente).

Además de la información relacionada con número de árboles y área basal que indican la densidad y en alguna medida la cobertura, la presencia o ausencia de las especies en las parcelas de muestreo puede ser un indicador de la frecuencia en las evaluaciones o inventarios forestales corrientes. Es muy importante en estos trabajos tomar también la información correspondiente a la vegetación del sotobosque y a la regeneración de las especies forestales que se registran en las tablas de rodal. Generalmente esta información se obtiene de subparcelas de 2 a 9 m² ubicadas al azar y sistemáticamente dentro de las parcelas de inventario. La vegetación del sotobosque se registra generalmente sólo como presencia y se la expresa como porcentaje de frecuencia de cada especie en las parcelas y subparcelas de muestreo. La regeneración por especie se presenta, además, como número de plantas por clase de altura (Tabla 2.7), y es posible también representar a los brinzales, o individuos mayores de 5 cm hasta los 10 cm de Dap, si no han sido registrados en el inventario por clases de diámetro.

1. Conceptos

La concepción de comunidades forestales, tipos forestales, asociaciones o formaciones, así como toda la discusión acerca de la estructura de ellas, se basa en la idea de una entidad claramente diferenciable de otras del mismo género. Sin embargo, a esta altura es conveniente destacar que desde hace ya largo tiempo se viene desarrollando una controversia alrededor del concepto de comunidad. La controversia tiene su origen en el hecho real y tangible que la vegetación es extremadamente compleja debido a que cambia no sólo en el espacio sino que también en el tiempo, y es frecuentemente modificada por cambios en las condiciones ambientales debidas a situaciones de azar y a diferentes tipos de alteraciones naturales o antropicas.

Si escalamos la Cordillera de la Costa desde el Océano Pacífico hacia la cumbre a la altura del paralelo 40 latitud sur, nos encontraremos con que pasamos rápidamente a la altura de los 600 m aproximadamente, desde un bosque siempreverde compuesto por muchas especies a uno caracterizado por la conífera *Fitzroya cupressoides*. La impresión frente a esa observación es que se está entre dos comunidades muy diferentes entre sí, lo que es efectivo en cierta medida, puesto que si nos detenemos alrededor de los 300 m de altura y analizamos la estructura de una hectárea de esa vegetación, nos vamos a encontrar con el bosque de la Tabla 3.1 a, mientras que si hacemos lo mismo alrededor de los 750 m de altura, el bosque que surgirá será el que muestra la Tabla 3.1 b. Es evidente que se trata de dos comunidades diferentes, tanto en lo que se refiere a composición florística como a densidad y proporción de participación de las especies, sin considerar otras características que no están en la Tabla 3.1, como sotobosque, frecuencia y dominancia de las especies en términos de cobertura o área basal. Sin embargo, si se efectúa un muestreo más continuo a lo largo de toda la pendiente, desde los bosques próximos a la costa hasta los del límite altitudinal, vamos a encontrar mayor dificultad en diferenciar a las comunidades representadas por cada área de muestreo (Tabla 3.2).

En esta tabla se observa que algunas especies, como *Aextoxicon punctatum* y *Eucryphia corติfolia* disminuyen su densidad hasta desaparecer a medida que aumenta la altura, mientras que con *Fitzroya cupressoides* y *Waimanania tribosepma* ocurre lo contrario y otras especies presentan variaciones similares o algo más erráticas.

La observación de las comunidades vegetales vistas como se presentan en las tablas 3.1 y 3.2 conduce a la discusión sobre si la comunidad es un ente concreto bien definido en el espacio y el tiempo (Tabla 3.1), o es simplemente una abstracción obtenida de la vegetación que varía continuamente en el espacio (Tabla 3.2). En relación con esta controversia se han desarrollado dos escuelas de pensamiento que se ubican en los polos del problema. Una se ha denominado la hipótesis de la *comunidad tipo* o comunidad discreta; la otra se refiere a la variación continua de la vegetación y se conoce como la hipótesis del *continuum* (Scott, 1974).

El concepto de la comunidad tipo representado a través de la Tabla 3.1, tiene su origen