

Tipología selvícola para los abetales españoles de *Abies alba* Mill.

A. Aunós^{1*}, E. Martínez² y R. Blanco¹

¹ Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal. ETSEA. Universitat de Lleida.
C/ Rovira Roure, 191. 25198 Lleida. España

² Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. ETS de Ingenieros Agrónomos.
Universidad de Castilla-La Mancha. Campus Universitario, s/n. 02071 Albacete. España

Resumen

Se ofrece una tipología de naturaleza silvogenética para los abetales del Pirineo español, elaborada a partir de la información suministrada por el Segundo Inventario Forestal Nacional. Se han derivado nueve tipos, cuya diferenciación se articula en base al área basimétrica, la densidad, la distribución diamétrica de los pies presentes y el carácter puro o mixto de la masa. Se ha analizado comparativamente la estructura que conforman sus distribuciones diamétricas y el rol que las especies acompañantes del abeto desempeñan en aquélla, destacando cómo el carácter de irregularidad preside, aunque en grados diversos, la totalidad de las formas tipificadas. La tipología resulta de sencilla aplicación por parte del gestor forestal puesto que se maneja con tan sólo los diámetros inventariados de los pies existentes, y contempla los distintos estadios secuenciales y evolutivos de los abetales españoles que abarcan, desde la fase de instalación del abeto bajo la cubierta de otras especies, hasta las estructuras más capitalizadas y envejecidas.

Palabras clave: Pirineo español, silvogénesis, distribución diamétrica, estructura irregular.

Abstract

Title: Silvogenetic typology of Spanish firwood *Abies alba* Mill. forests

This paper presents a silvogenetic typology of firwood stand communities in the Spanish Pyrenees. It has been elaborated based on the information supplied by the Second National Forest Inventory. Basal area, stand density, age-class distribution and pure or mixed character of the stand were used to identify nine different firwood stand types. It has been comparatively analyzed in the nine obtained types the structure of the age-class distributions as well as the role of accompanying species perform in that structure, emphasizing how the character of uneven-aged stand presides in various degrees most of the identified categories. This classification is easy to apply in forest management practices since it only uses as input the inventoried tree diameters. It also encompasses the different sequential and evolutionary stadiums of the Spanish firwood stands, from the installation phase of the seedlings under other species plant cover, until the mature and old-aged structure stage.

Key words: Spanish Pyrenees, silvogenetics, age-class distribution, uneven-aged stand structure.

Introducción

El ancestral interés de la madera de abeto (*Abies alba* Mill.) del Pirineo para usos de construcción ha propiciado que tradicionalmente muchas de sus masas hayan sido objeto de importantes aprovechamientos. Ese pasado selvícola, junto a la pluralidad de situaciones ecológicas en las que se encuentran, hace que los abetales pirenaicos configuren estructuras sensiblemente heterogéneas. Sus prestaciones, debido a su estratégica localización, se extienden asimismo a las otras fa-

cetas relacionadas con aspectos de protección, paisaje, recreo y diversidad biológica, en especial en lo concerniente a la conformación de biotopos relevantes para la fauna. La necesidad, por tanto, de mantener simultáneamente esas múltiples funciones obliga a una gestión selvícola delicada y pormenorizada, y para la que se precisa conocer de modo previo el estado silvogenético del rodal.

Debido tanto a su ubicación montañosa, que los hace estar sometidos a reiterados daños de origen abiótico, como a causa del temperamento tolerante de la especie y razones antrópicas derivadas de los aprovechamientos madereros, los abetales pirenaicos tienden a presentar estructuras más o menos irregulares,

* Autor para la correspondencia: aaunos@pvcf.udl.es
Recibido: 27-10-06; Aceptado: 02-03-07.

donde conviven pies de edades dispares, aunque con una distribución frecuentemente alejada de la forma de jota invertida que caracteriza su estado de equilibrio óptimo. El modo de diagnosticar el grado de desviación sobre esa situación deseable, aunque a menudo precaria, se afronta a través de dos enfoques (Buongiorno *et al.*, 1996): uno fundamentado en el establecimiento de curvas de densidad con respecto al diámetro que se adoptan como «normas», y el otro basado en la elaboración de tipologías que recojan la diversidad estructural y dinámica. El primer enfoque comporta severas limitaciones (Bruciamacchie, 1993), sobre todo en el estudio de masas heterogéneas y desestructuradas, por lo que en nuestro contexto adquieren relevancia las tipologías de naturaleza silvogenética que, al permitir identificar y describir los rodales, definiendo además las intervenciones necesarias, constituyen un excelente útil de ayuda a la decisión (Allegrini, 2003).

En España son todavía incipientes los intentos de construcción de tipologías selvícolas, destacando la de *Quercus petraea* para la Cordillera Cantábrica (Reque, 2001), pero sin que se haya abordado la de abetales. En lo referente a éstos, en Francia disponen de sendas tipologías para las masas del Jura (Herbert y Rebeiro, 1985; Rebeiro, 1995), que utiliza como criterios distintivos de la estructura irregularizada el reparto de los pies según clases diamétricas, los diámetros máximos y los umbrales de existencias volumétricas del rodal, y para las del Pirineo (Chollet *et al.*, 2000) donde, en base a criterios secuenciales de distribución diamétrica, estratificación vertical a través de la altura de los árboles y carácter mixto de la masa, se enfatiza aún más sobre los elementos identificativos de la irregularidad.

Al objeto por tanto de subsanar ese vacío en nuestro país, se acomete en el presente documento la elaboración de una tipología de enfoque silvogenético que, con ayuda de una clave de determinación sencilla y operativa, permita recoger la variabilidad estructural de los abetales españoles.

Material y Métodos

Area de estudio y fuente de información

De las 80.000 ha que cubren los abetales pirenaicos, la zona de estudio se circunscribe a la parte española, con alrededor de 28.000 ha según las fuentes provinciales del Segundo Inventario Forestal Nacional

(2ºIFN) y donde ocupan fundamentalmente exposiciones de umbría.

La base de datos utilizada proviene de las 192 parcelas de ese 2ºIFN en que se registraba la presencia de abeto, según el criterio de suficiencia indicado más adelante. Dicho inventario se fundamentó en un muestreo sistemático sobre malla cuadrada y a razón de una parcela circular por km². Su distribución geográfica resultó del siguiente modo: nueve parcelas se ubicaron en la provincia de Girona, una en Barcelona, ciento veintisiete en Lérida, cuarenta y dos en Huesca y trece en Navarra.

VARIABLES DE ANÁLISIS

Procesada la información de base para cada parcela, asimilada ésta a efectos de tratamiento e interpretación selvícola al rodal, se seleccionaron inicialmente dos grupos diferenciados de variables. Al primer grupo se adscribieron las de mayor relevancia dasométrica: el número total de árboles inventariables (N) con diámetro normal mayor de 7,5 cm, expresado en pies/ha; la altura dominante (H₀) tomada como la media de los 2-4 árboles más altos de la parcela, indicada en metros; el área basimétrica (AB) y el volumen con corteza (VCC) que aportan los pies inventariables, en m²/ha y m³/ha respectivamente; la fracción de cabida cubierta (FCC), en porcentaje; y la densidad del regenerado de abeto integrado por los pies correspondientes a la clase natural de repoblado más aquellos de diámetro normal menor de 7,5 cm (REG). El segundo grupo recogió estadísticos referidos a la distribución diamétrica (con los diámetros clasificados en clases de 5 cm de amplitud) de los pies inventariables: media, desviación típica, coeficiente de asimetría, coeficiente de variación, varianza, coeficiente de curtosis, máximo, mínimo, rango intercuartil, moda, percentil 5, mediana y percentil 95.

Junto a las variables dasométricas indicadas en el párrafo precedente, se consideró conveniente incluir también otras que recogieran la casuística propia y diferencial de los abetales pirenaicos, presumiblemente sustentada en su particular composición específica y carácter irregular. La asunción del primer punto se intentó llevar a cabo analizando el papel que desempeña el abeto en la configuración de la estructura general del rodal, a la vez que se diagnosticaba su perfil progresivo o regresivo en el contexto de la sucesión evolutiva; para ello se optó por incorporar al primer grupo de variables las siguientes (referidas exclusiva-

mente a los pies inventariables): el porcentaje del número de abetos respecto al total de la parcela (N%), el porcentaje del área basimétrica que éstos aportan (AB%) y el cociente entre el diámetro normal medio del abeto y el del conjunto de las especies acompañantes (RDM). Para indagar, de otra parte, sobre la estructura vertical del rodal, se decidió adoptar la distribución diamétrica como expresión única de la estratificación interna, aun cuando se acepta que en los abetales pirenaicos no se registran en la realidad buenas correlaciones entre las edades, las alturas y los diámetros de los pies (Chollet *et al.*, 2000; González, 1971). Toda esa información se completó con una única variable ecológica que fue la altitud de la parcela.

Proceso estadístico

Para conocer sobre qué variables del primer grupo, en razón a su trascendencia dasonómica, debía configurarse la tipología, se planteó una prospección previa mediante la técnica de componentes principales.

A fin de intentar definir de modo preciso la organización estructural del rodal, en particular lo referente a su distribución diamétrica y la composición de especies que lo integran, se procedió a realizar dos clases de análisis con el conjunto de los estadísticos asociados al reparto de los árboles según clases diamétricas. Ambos análisis se efectuaron sobre la base de las componentes principales extraídas de ese grupo de estadísticos, diferenciando la situación en que sólo se computaba el abeto frente a la situación global.

En la primera fase exploratoria, que recogía la totalidad de los pies inventariables existentes con independencia de la especie de que se tratase, se llevó a cabo un análisis de la varianza de cada una de las componentes principales, separando los valores medios (método de Duncan). Con ello se pretendía obtener una ordenación que destacara los caracteres distintivos de los tipos selvícolas preestablecidos.

Con el segundo análisis, desarrollado mediante una prueba (t de Student), se contrastaron los valores medios de las componentes principales, para cada tipo predefinido, del estado del rodal considerando sólo el abeto frente al conformado por todas las especies presentes. Se deseaba así conocer el rol que desempeñan las especies acompañantes en la estructura organizativa del rodal.

Todos los procedimientos han sido ejecutados haciendo uso del paquete estadístico SAS/STAT (2000).

Resultados

Clave de la tipología

La mera presencia de algunos ejemplares de abeto en un rodal no permite, obviamente, catalogarlo sin más como abetal, sino que aquellos pies deben tener una relevancia cuantitativa suficiente. Por ese motivo, se fijó como condición *sine qua non* que la consideración de abetal debía satisfacer una de las dos siguientes condiciones:

— Condición 1.^a: la espesura que el abeto aporte a la masa debe ser simultáneamente superior a 5 m²/ha en términos de área basimétrica y a 40 pies/ha en número de pies inventariables. El incumplimiento de la primera restricción adoptada permite descartar algunas situaciones de formaciones abiertas vecinas de localizaciones de ecotonos donde, aun siendo el abeto la especie dominante o única, la espesura defectiva marca el umbral de lo que puede considerarse una comunidad arbórea. La segunda limitación, establecida sobre la densidad, impide que el valor de 5 m²/ha de área basimétrica se alcance únicamente con algunos pies de grandes diámetros, pero sin rol relevante en la dinámica de la masa.

— Condición 2.^a: si el requisito anterior no se cumple, pero el regenerado de abeto (clase natural de repoblado más los pies de diámetro normal menor de 7,5 cm) resulta superior a la cifra de 1.500 pies/ha, que interpretamos como suficiente para considerar consolidada la regeneración, también se atribuye al rodal la calificación de abetal. De este modo, incorporamos a la tipología aquellos estadíos en que se advierte un proceso de colonización potencial del abeto en el seno de rodales de otras especies. Debe advertirse asimismo, que todos los análisis estadísticos posteriores se ejecutaron también otorgando a esta variable los valores: 1.200, 2.000 y 2.500 pies/ha, obteniéndose resultados análogos; en consecuencia, y en aras de una mayor simplicidad expositiva, se optó por presentar la tipología únicamente con el valor de REG = 1.500 pies/ha.

El cumplimiento indistinto de cualquiera de ambas condiciones arrojó una cifra de 192 parcelas seleccionadas, de las cuales 166 fueron objeto del análisis de componentes principales. La razón de que se redujera el tamaño de la muestra fue la exclusión en dicho análisis de los veintiséis rodales monoespecíficos de abeto, ya que las variables relativas al carácter mixto de la masa dejaban de serlo al tomar valores constantes.

Tabla 1. Coeficientes de correlación entre las variables dasométricas y las componentes principales extraídas

	I	II	III
N	0,35	0,67	-0,31
H _o	0,79	-0,17	0,29
AB	0,90	0,21	0,16
VCC	0,93	0,07	0,19
FCC	0,57	0,52	-0,10
REG	-0,25	0,33	-0,27
N%	0,45	-0,66	-0,56
AB%	0,36	-0,80	-0,08
RDM	-0,21	-0,10	0,82
% varianza explicada	35	22	15

Los resultados, presentados en la Tabla 1, señalan cómo la componente primera, con el 35% de la variabilidad, integra elementos que pueden relacionarse a través de la calidad de estación y/o de la producción. En la segunda, que absorbe el 22%, se agrupan diversos aspectos, aunque mutuamente relacionados, concernientes a la densidad por un lado y de otro a la composición específica bajo la forma de la importancia cuantitativa de la presencia del abeto. Y la tercera, que explica el 15%, incide sobre la dimensión, y por tanto sobre la edad, de los abetos respecto a las restantes especies. La fracción de cabida cubierta no aparece fuertemente correlacionada con ninguna de las componentes, y por tanto no desempeña papel alguno en la interpretación de las mismas.

El requisito de sencillez reclamado para hacer aplicable el uso de la clave tipológica imponía prescindir de variables que, por ser de determinación o cálculo laborioso, resultan poco operativas. Por tal razón, se descartó la altura dominante y el volumen.

Tras el proceso anterior, se elaboró la clave tipológica (Fig. 1) donde aparecen identificados nueve tipos distintos de poblaciones de abeto. Los criterios determinativos y secuenciales que se siguen en ella son:

Etapa 1: Carácter puro o mixto de la masa, articulado a través de la densidad (N y N%)

Incorporamos en esta primera fase la eventual existencia de otras especies arbóreas distintas al abeto, estableciendo el criterio de considerar masa pura aquella en que más del 90% de los pies inventariables pertenecen a una misma especie. La diferenciación dicotómica conduce a:

— $N_{\text{abeto}} < 90\% N_{\text{total}}$: masa mixta donde el abeto cohabita con otras especies

— $N_{\text{abeto}} > 90\% N_{\text{total}}$: masa pura donde el abeto es manifiestamente dominante

Etapa 2: Peso relativo de la presencia de abeto, evaluado a través de su contribución al área basimétrica total (AB y AB%)

La función que cualquier especie puede desempeñar en el devenir de una masa mixta viene condicionada *ceteris paribus* por su abundancia relativa en la composición de la espesura. En base a la mera experiencia empírica sustentada sobre este criterio, se han acotado tres categorías suficientemente diferenciadas a fin de que orienten pautas de comportamiento distintas.

— $AB_{\text{abeto}} \leq 20\% AB_{\text{total}}$: la escasa representación del abeto reflejaría dinámicas diversas que van, desde abetales abiertos y sometidos a un avanzado proceso de colonización por otras especies menos tolerantes, hasta pinares o hayedos invadidos por abeto en estadios todavía incipientes.

— $20\% AB_{\text{total}} < AB_{\text{abeto}} < 70\% AB_{\text{total}}$: se trata de masas mixtas estabilizadas de forma temporal y que pueden representar un primer paso dentro de la evolución hacia un cambio de especie dominante.

— $AB_{\text{abeto}} \geq 70\% AB_{\text{total}}$: son masas análogas a las puras en la medida que el abeto detenta un peso relevante, bien porque es ampliamente mayoritario, o bien porque aún sin serlo, sus pies corresponden a las clases diamétricas superiores.

Etapa 3: Caracterización de la estructura vertical de la masa, nucleada sobre aspectos varios relacionados con la distribución de los pies según su tamaño diamétrico (REG, RDM, N_i)

Esta fase de tipificación utiliza diferentes categorías para cada una de las tres agrupaciones establecidas precedentemente. Así, en el caso de masas mixtas con poca presencia de abeto ($AB_{\text{abeto}} \leq 20\% AB_{\text{total}}$), se confronta el eventual avance o retroceso de éste a través del grado de regeneración presente referido al umbral de 1.500 pies/ha.

En el grupo de masas mixtas ya más compensadas en lo que respecta al peso relativo de las especies que conviven ($20\% AB_{\text{total}} < AB_{\text{abeto}} < 70\% AB_{\text{total}}$), lo que se

Clave de la tipología de los abetales españoles

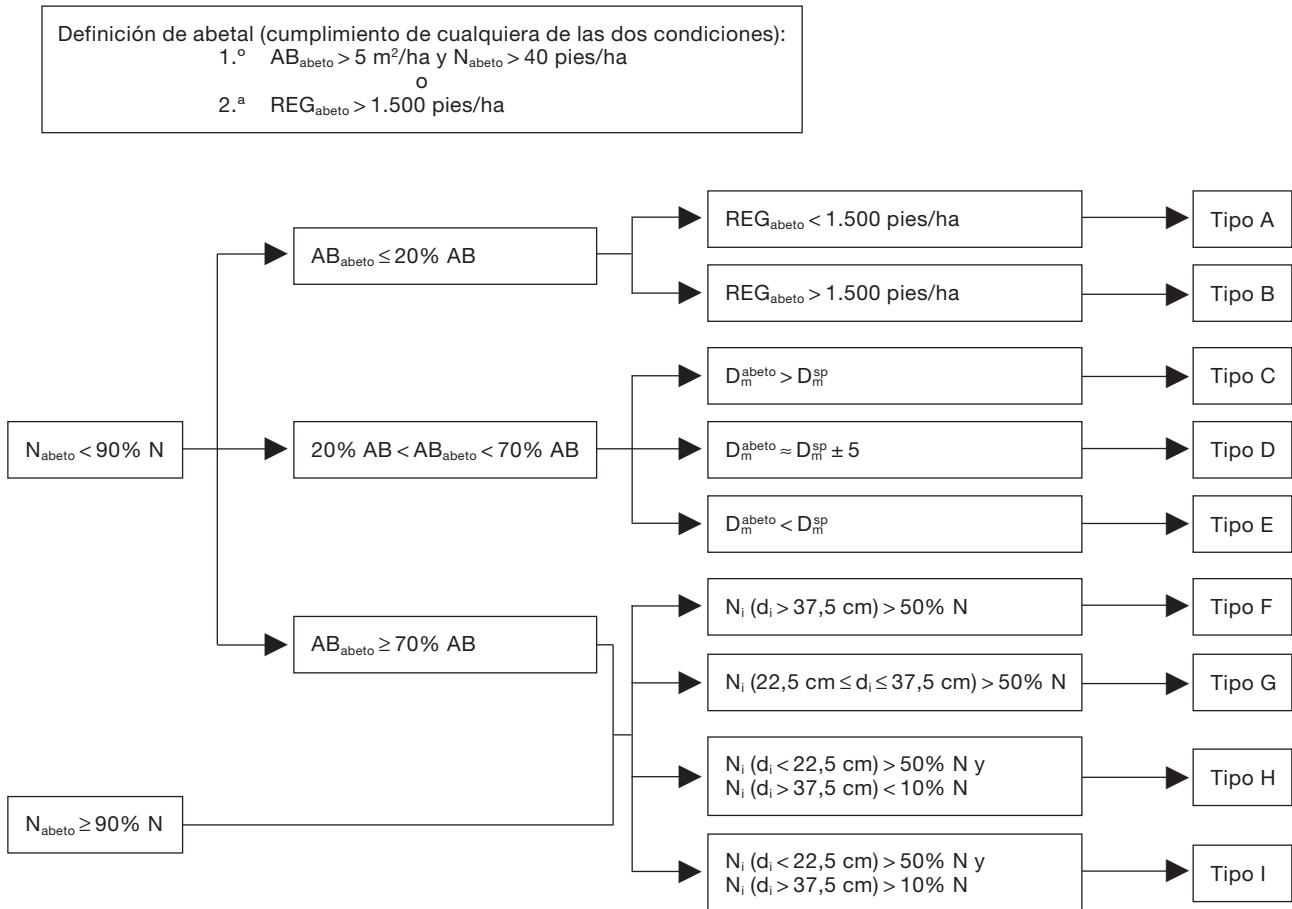


Figura 1. Clave identificativa de los nueve tipos de abetales españoles. AB: área basimétrica total. N: densidad total de pies inventariables. REG: densidad del regenerado de abeto integrado en el repoblado más los pies de diámetro normal menor de 7,5 cm (equivalente a monte bravo). D_m^{abeto} : diámetro de la población de abeto. D_m^{sp} : diámetro medio que presentan el conjunto de las especies acompañantes que cohabitan en el rodal. N_i : número de pies integrados en la clase diamétrica acotada por el diámetro d_i .

diagnostica es el carácter progresivo o regresivo del abeto en su evolución dinámica. Un buen predictor de tal proceso es la comparación del diámetro medio de la población de abeto presente en el rodal (D_m^{abeto}) en relación al que muestran el conjunto de las especies acompañantes (D_m^{sp}). La interpretación que se apunta es que la situación ilustrada por: $D_m^{\text{abeto}} > D_m^{\text{sp}}$ indicaría un retroceso del abeto evidenciado en la presencia defectiva de pies de las clases diamétricas pequeñas, y que a su vez pone de manifiesto que está siendo invadido y desplazado, principalmente por el haya (*Fagus sylvatica* L.). Si se diagnostica la situación opuesta ($D_m^{\text{abeto}} < D_m^{\text{sp}}$), nos hallamos frente a una masa con mucho abeto joven que está colonizando el rodal ocupado generalmente en su estrato superior por especies mucho más intolerantes, como pino silvestre (*Pinus*

sylvestris L.) y/o pino negro (*Pinus uncinata* Mill.), y que tienden a ser desplazadas por el abeto. Finalmente, la situación caracterizada por: $D_m^{\text{abeto}} \approx D_m^{\text{sp}} \pm 5$ cm, no permite definir la secuencia evolutiva hacia la que se orientará el rodal, viniendo condicionada por otros factores de difícil integración.

La clasificación de las masas puras y de las mixtas con fuerte impronta del abeto ($AB_{\text{abeto}} \geq 70\% AB_{\text{total}}$) se articula a través del reparto de los pies según su diámetro. Adoptando como referente teórico óptimo de las formas irregulares la J invertida, la desviación sobre este estado ideal señalaría eventuales procesos de desestructuración del rodal y en algunos casos de regularización.

Cabe subrayar, no obstante, que la adscripción de los rodales a los distintos tipos debe interpretarse de

Tabla 2. Coeficientes de correlación entre estadísticos de la distribución de clases diamétrica y sus componentes principales, con y sin presencia de las especies acompañantes

Estadísticos de la distribución	«Todas sp.»			«Abeto»		
	I	II	III	I	II	III
media	0,98	-0,08	0,09	0,99	-0,04	-0,01
desv.tip	0,66	0,73	-0,06	-0,03	0,06	0,50
coef. asimetría	-0,58	0,46	0,64	-0,26	0,36	0,84
coef. var	-0,13	0,92	-0,03	-0,19	0,77	-0,42
varianza	0,65	0,71	-0,04	0,62	0,65	-0,20
coef. curtosis	-0,52	0,36	0,71	-0,37	0,26	0,78
máximo	0,40	0,78	0,35	0,62	0,68	0,14
mínimo	0,72	-0,45	0,44	0,86	-0,39	0,13
rango intercuartil	0,74	0,32	-0,42	0,56	0,52	0,09
moda	0,64	-0,44	0,36	0,83	-0,38	0,17
percentil 5	0,72	-0,45	0,44	0,87	-0,33	0,22
mediana	0,88	-0,30	0,06	0,94	-0,19	0,05
percentil 95	0,87	0,40	-0,03	0,87	0,42	-0,07
% varianza explicada	47	29	13	47	20	15

La modalidad «Todas sp.» alude a la totalidad de las especies presentes en el rodal.

un modo laxo, puesto que los límites entre ellos raramente son tan bruscos y contundentes como aparentan. En ese sentido, y con objeto de que la utilización de la clave no resultase farragosa debido a la proliferación de un excesivo número de tipos, se ha simplificado su exposición omitiendo ciertos supuestos. Así debe advertirse, que pueden presentarse ciertas formas que no encajan exactamente en ninguno de los cuatro últimos tipos (desde el F al I). Esta situación se manifiesta cuando, de las tres clases diamétricas, ninguna de ellas contiene por sí sola la mitad o más del total de los pies. Ante tal circunstancia, el rodal debe adscribirse entonces al tipo que se interprete más afín o próximo.

Caracterización estadística de los tipos de masa identificados

De forma previa al análisis de los nueve tipos establecidos, se muestran en la Tabla 2 los coeficientes de correlación obtenidos entre el conjunto de los estadísticos relacionados con las distribuciones diamétricas, y las componentes principales extraídas, y todo ello para las dos situaciones consideradas (computar sólo el abeto o tener en cuenta la totalidad de los pies con independencia de la especie de que se trate). Se observa que, tanto en conjunto como en ambos estados por separado, la componente primera recoge me-

didias de centralización y posición, la componente segunda de dispersión y la componente tercera de forma de la distribución. Además, en las dos situaciones el reparto porcentual de la varianza explicada por cada una de las componentes resulta muy similar.

Una vez asignadas las 192 parcelas a sus correspondientes tipos, se llevó a cabo un análisis de la varianza unifactorial de cada una de las componentes principales, siendo el factor el tipo selvícola, que condujo a la clasificación presentada en la Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de los tipos selvícolas, contabilizando todas las especies presentes, a partir de los valores medios de las componentes principales extraídas de la distribución por clases diamétricas

I		II		III	
Tipo	Media	Tipo	Media	Tipo	Media
F	5,86 a	C	1,57 a	F	0,99 a
G	1,26 b	I	1,30 ab	C	0,41 ab
I	0,68 bc	A	0,47 abc	A	0,36 ab
C	-0,03 bcd	E	0,39 abc	D	0,28 ab
D	-0,70 cde	D	-0,28 bcd	G	0,21 ab
E	-0,72 cde	H	-0,31 bcd	B	0,04 ab
H	-1,65 de	B	-0,54 cd	E	-0,06 ab
B	-1,75 de	F	-0,66 cd	H	-0,24 ab
A	-1,88 e	G	-1,43 d	I	-0,82 b

Dentro de cada columna, los valores medios seguidos de letras distintas son significativamente diferentes ($p < 0,05$) con el test de Duncan.

Tabla 4. Indicadores complementarios de posición de las distribuciones diamétricas de cada tipo

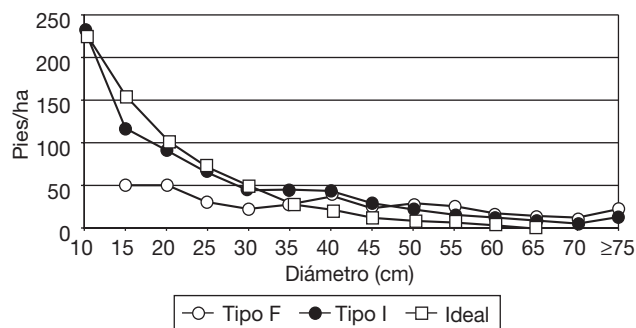
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Percentil 10	10	11	11	12	11	20	15	10	11
Percentil 25	10	12	13	13	12	29	19	11	13
Percentil 99	45	46	74	50	54	79	55	45	64

Los valores corresponden al diámetro normal en cm.

La ordenación que conformó el tratamiento anterior apunta, respecto a la componente primera, a que el tipo F es significativamente diferente de los restantes, y que en estos se establece una cierta reagrupación entre un paquete integrado por los tipos G e I por un lado, y H, B y A por otro. La componente segunda asocia los tipos C e I, confrontándolos al grupo integrado por B, F y G. Y en lo concerniente al carácter de forma, sólo los tipos F e I se distancian diáfananamente entre sí, mientras que los siete restantes no ofrecen ninguna diferenciación en ese ámbito.

A efectos de disponer de un mayor conocimiento de carácter descriptivo sobre el modo de distribución de los árboles entre las clases diamétricas de cada tipo, se aportan en la Tabla 4 los valores diamétricos medios correspondientes a los percentiles del 10%, 25% y 99%. Abundando en ese mismo ámbito descriptivo, en la figura 2 se observa gráficamente el grado de desviación entre el tipo F regularizado, el I y una distribución óptima de equilibrio. La composición de ésta, expresada como $N = 511,43 \times e^{(-0,08012 d)}$, se realizó con los datos proporcionados por Susmel (1980) para masas mixtas de abeto de 25 m de altura dominante.

La Tabla 5 ofrece los resultados obtenidos del análisis de componentes principales efectuado para conocer la importancia que tienen las especies acompa-

**Figura 2.** Representación gráfica de la densidad por clases diamétricas de los tipos F e I, y de una distribución teórica óptima.

ñantes en la estructura del rodal. La interpretación de esos resultados se formula oponiendo, para cada uno de los tipos selvícolas predefinidos, el estado de las distribuciones diamétricas solamente del abeto («abeto»), frente al que se deriva integrando todas las especies arbóreas presentes en el rodal («todas sp.»); las modificaciones habidas serán así fruto del papel que ejercen exclusivamente las especies acompañantes. Los cambios operados son los siguientes:

— En los tipos A, B y H no existen diferencias significativas para ninguno de los aspectos que han definido la distribución diamétrica.

Tabla 5. Valores medios de la variable «diferencia, por término medio, entre cada una de las componentes principales», con y sin presencia de las especies acompañantes, para cada tipo selvícola

Tipo	I		II		III	
	Dif. ¹	t-Student	Dif.	t-Student	Dif.	t-Student
A	-0,18	-0,20	0,33	0,69	-1,30	-0,91
B	-0,47	-0,77	0,73	1,55	-1,31	-1,87
C	-3,20	-3,88**	1,13	1,76	-0,28	-0,36
D	0,10	0,54	-0,55	-2,20*	0,40	1,73
E	0,68	2,23*	0,46	1,48	0,07	0,40
F	2,40	8,34***	-0,75	-1,53	1,07	2,79*
G	0,83	5,98***	-0,75	-5,64***	0,40	2,78**
H	-0,47	-1,46	-0,15	-0,58	-0,12	-1,03
I	0,57	4,13***	0,17	0,82	-0,29	-2,67*

¹ Variable diferencia. * 0,01 < p < 0,05. ** 0,001 < p < 0,01. *** p < 0,001.

— En el tipo C la incorporación de las especies acompañantes origina que las distribuciones diamétricas se posicionen, por término medio, más hacia la izquierda.

— En los tipos D y E las especies acompañantes condicionan unas distribuciones diamétricas de menor dispersión en el primer caso y con desplazamiento a la derecha en el segundo.

— En el tipo F las especies acompañantes modelan distribuciones más posicionadas a la derecha, y más apuntadas y asimétricas.

— En el tipo G las especies acompañantes conforman distribuciones más posicionadas a la derecha y con claramente menos dispersión, siendo el único caso en que ambas modificaciones son significativas.

— En el tipo I las especies acompañantes configuran distribuciones con desplazamiento a la derecha y con los coeficientes de forma menos acusados.

Discusión y Conclusiones

Elementos diferenciadores de los tipos

La circunstancia de que en los dos estados analizados (considerando sólo el abeto o bien el conjunto de todas las especies) coincida la denominación de cada una de las componentes principales, así como que resulte similar su peso relativo de absorción de la varianza explicada, otorga consistencia y fiabilidad a la prueba de comparación efectuada (t de Student).

De los nueve tipos presentados, hay dos que *a priori* reflejan estados muy definidos y opuestos entre ellos desde un enfoque evolutivo. Uno es el tipo F, que recoge la situación, derivada del envejecimiento, de rodales capitalizados en existencias volumétricas y que conduce, sin actuaciones antrópicas, hacia la uniformización y monoestratificación de la masa (Schütz, 1997), con la consiguiente desaparición progresiva de los individuos de estratos inferiores por falta de luz. Y el otro es el tipo I, que por tener una fuerte presencia de pies jóvenes ($d_i < 22,5$ cm) y también relevante de gruesos ($d_i > 37,5$ cm), conforma la distribución diamétrica que aparentemente resultaría más asimilable, aunque en grados diversos, a la de una estructura irregular óptima. Ambos servirán en lo sucesivo de referencia para comparar el estado de otros tipos.

Los resultados precedentes sugieren, en primer lugar, la conformación de una familia integrada por los tipos A, B y H. Debido a que sus rodales presentan los

valores promedio de centralidad más bajos y enfrenados, no sólo a los del tipo F con signos de capitalización, sino también a los de los tipos G e I, se desprende que se trata de masas más jóvenes que todas éstas. El tipo B por su parte, ofrece cierta analogía además con F y G en cuanto a que sus pies se concentran sobre rangos diamétricos que, aunque distintos entre ellos, son de recorrido más corto que los restantes, lo que apunta a una estructura con tendencia hacia la regularización. Pasando ahora a analizar el peso que las especies acompañantes tienen en la composición diamétrica del rodal, se constata asimismo su similitud en todo el grupo, incorporándose aquellas de modo proporcional a la presencia de abeto. De todo ello puede avanzarse que la familia constituida por A, B y H, representaría fases sucesionales diferentes de una misma y activa secuencia evolutiva, caracterizada por la eventual penetración del abeto, desde una etapa inicial donde tal vez no se registre todavía regeneración (tipo A), hasta la etapa en la que aquél ya está fuertemente consolidado (tipo H).

Los tipos C, D y E pueden integrarse en otro segundo grupo caracterizado por no ofrecer frente a los demás rasgos propios y diferenciables respecto a las componentes de centralidad y forma de sus distribuciones diamétricas; sólo el C muestra, en sus estadísticos de dispersión, cierta analogía con la irregularidad plasmada por el tipo I y antagonismo con los tipos F y G, lo que revela que los árboles del rodal aparecen repartidos sobre cualquier clase diamétrica y sobre rangos dispares. Las especies acompañantes no alteran, en ninguno de los tres tipos, la forma de la composición diamétrica que presenta exclusivamente el abeto, pero sí otros aspectos. En particular en C y E la presencia de aquellas se manifiesta significativamente de manera opuesta, incorporándose sobre las clases diamétricas jóvenes en el primer caso, y sobre las clases mayores del abeto en el segundo, mientras que en el tipo D se reparten de modo proporcional sobre las mismas clases del abeto. En cualquier caso, de los comentarios precedentes se desprende que todo el grupo integra formas selvícolas de transición bastante imprecisas y que evolucionan hacia otras más claramente definidas sobre la base de la preeminencia del abeto.

El tipo F asume un protagonismo notable en el análisis de la Tabla 3, destacando en las tres componentes. De una parte, se diferencia substancialmente de todas las demás formas estructurales en cuanto a los valores de centralidad, lo que evidencia la importancia que ostentan los árboles de más de 37,5 cm en su

distribución diamétrica, y de otra parte, por los aspectos de dispersión y forma, configura la estructura más severamente contrapuesta a los rasgos de irregularidad presentes en los tipos I y C. La presencia de las especies acompañantes es asimismo remarcable, incorporándose sobre las clases más gruesas del abeto pero sin peso suficiente como para modificar la dispersión de la distribución.

Los rodales del tipo G destacan por presentar, juntamente con los de B y F, cierto grado de regularización en su estructura, pudiendo clasificarse en cuanto a la edad predominante de sus árboles en un orden intermedio entre los del primero (más jóvenes) y los del F (más maduros). La participación de las especies acompañantes es también significativa, manifestándose con fuerza y de modo concentrado y exclusivo sobre las clases gruesas, lo que evidencia un proceso ya consolidado de antigua colonización por parte del abeto, con la consiguiente progresiva expulsión de la masa de las otras especies.

Y finalmente el tipo I, exponente de la mayor similitud con la situación de irregularidad teórica óptima, se revela claramente opuesto, a través de los valores de forma, a los rasgos de regularidad que caracterizan al F, y de otro lado muestra, como ya se ha comentado, cierta afinidad en otros aspectos con C y G. Cabe subrayar también cómo, a pesar de que en la clave los tipos H e I aparecen descriptivamente muy próximos

(sólo separados por la condición $N_i (d_i > 37,5 \text{ cm}) > 10\%N$ ó $< 10\%N$), en la ordenación efectuada no se revela vínculo alguno, lo cual pone de manifiesto la existencia de una frontera funcional entre ambos más taxativa de lo que podía sugerir su disposición en la clave. Las especies acompañantes aparecen, al igual que en el tipo G, más acumuladas sobre las clases diamétricas de madera gruesa, confirmando así su relativa dificultad en regenerarse bajo el dosel del abetar.

A efectos de una mejor interpretación, se ofrecen de forma esquemática en la Tabla 6 los caracteres más distintivos de los nueve tipos de abetales pirenaicos españoles diagnosticados a nivel de rodal.

Descripción silvogenética de los tipos propuestos

Tipo A: Masa mixta con presencia residual de abeto

Se trata de rodales con árboles en general de dimensiones diamétricas modestas, lo que les otorga la apariencia de ser jóvenes, y donde el abeto, con regeneración ausente o cuando menos irrelevante, tiene una presencia escasa pero repartida proporcionalmente entre todas las clases. La prospección efectuada en nuestras poblaciones apunta a estructuras de elevada espesura, lo que a su vez limita el desarrollo diametral, con

Tabla 6. Cuadro sinóptico de los nueve tipos de abetales españoles

Relevancia del abeto	Rol del abeto en la conformación de la estructura	Rasgos diferenciales de la dinámica evolutiva	Tipo
Presencia escasa	Carácter testimonial	Masa joven de elevada espesura	A
	Regenerado abundante	Masa joven de espesura defectiva	B
Presencia compartida con otras especies	Concentrado sobre las clases diamétricas mayores	Riesgo de monoespecificidad por parte de las especies acompañantes	C
	Distribuido, en mezcla íntima, sobre todas las clases	Espesura baja	D
	Repartido únicamente sobre las clases diamétricas pequeñas	Progresivo desplazamiento de las especies acompañantes por el abeto	E
Dominante	Preeminente y con tendencia hacia la monoespecificidad	Envejecimiento y regularización	F
		Etapas previas del proceso de regularización encarnado por el tipo F	G
	Preeminente	Masa joven con fuerte colonización reciente del abeto	H
		Estructura más próxima a la irregularidad óptima	I

los valores de área basimétrica y densidad mayores de todos los tipos y superiores a 46 m²/ha y 1.500 pies/ha respectivamente, y con la representación del abeto cifrada en menos del 10% del total de pies.

Se asocian a estaciones marginales del abeto, donde sufre la severa competencia de otras especies más adaptadas que lo relegan a una presencia casi testimonial y de persistencia comprometida. Su mantenimiento, sólo conveniente desde el punto de vista ecológico y científico, requiere intervenciones antrópicas que propicien la apertura ligera del dosel arbóreo a efectos de habilitar la instalación del regenerado de abeto. Con independencia de esa situación constatada, y a pesar de que la reducida representación muestral (únicamente dos parcelas han correspondido a este tipo) no permita muchas especulaciones, puede aceptarse que este grupo contemple también el hipotético escenario de una colonización del abeto, principalmente sobre pinares, en estadíos todavía incipientes y dificultada por la fuerte espesura.

Tipo B: Masa mixta de escasa presencia de abeto pero con aceptable regenerado

Son masas jóvenes de composición en cierta manera análoga a las anteriores, pero con una espesura defectiva que ha permitido la instalación de un regenerado de abeto suficiente para garantizar aparentemente su viabilidad futura. Mientras que la densidad promedio de las veintiuna parcelas que han encajado dentro de este tipo es de 900 pies/ha, de los que solamente el 10-15% son abetos repartidos proporcionalmente entre todas las clases, los valores de área basimétrica (23 m²/ha) y volumen (154 m³/ha) revelan el estado más descapitalizado de todos los tipos analizados.

Los rodales así caracterizados señalan un proceso reciente, espontáneo o no, de colonización arbórea, principalmente de pino silvestre y/o pino negro salpicado con abeto, y en cuyo seno, una vez alcanzado cierto grado de espesura, se han dado las condiciones necesarias para el avance de este último. Hay que advertir, empero, que para que esa dinámica de sustitución se materialice en una masa estable de abeto, mixta o pura, debe acaecer sobre una estación propicia, puesto que, en ocasiones, se incurre en el riesgo de forzar el proceso, o enjuiciarlo como consolidado, y transformar así en abetar lo que no era más que un subpiso circunstancial; el resultado entonces, es el de una masa

ubicada fuera de sus parámetros ecológicos óptimos y por tanto susceptible a desequilibrios ocasionales o permanentes.

Tipo C: Masa mixta con el abeto concentrado en las clases diamétricas mayores

Corresponde a abetales con gran abundancia de pies de otras especies, en la mayoría de los casos haya. El área basimétrica es 29 m²/ha, el volumen 235 m³/ha y la densidad total, aunque con una substancial variabilidad a causa de la heterogeneidad existente entre las diecinueve parcelas adscritas, 700 pies/ha, con una mayor representación sobre las clases diamétricas menores y originando una estructura asimilada a la irregularidad. El notable peso del abeto en la composición específica del área basimétrica no se corresponde en el mismo grado al de su distribución diamétrica, puesto que se concentra prácticamente sólo en las clases superiores ($D_m^{\text{abeto}} = 35$ cm frente a $D_m^{\text{haya}} = 15$ cm).

Constituyen así masas irregularizadas en las que el abeto va cediendo peso y protagonismo en las clases jóvenes a las especies acompañantes, con riesgo de transformarse en monoespecíficas, en la mayoría de los casos de haya. La gestión selvícola prescrita deberá ir encaminada a potenciar la irregularidad abriendo huecos de tamaño reducido para que se establezca únicamente el abeto.

Tipo D: Masa mixta con el abeto homogéneamente distribuido

Este tipo se identifica por composiciones específicas donde el abeto aparece íntima y ocasionalmente mezclado con hayas, pinos, abedules e incluso roble. Casi todas las clases diamétricas están integradas por individuos de más de una especie, incluido el regenerado que también acostumbra a estar presente. Su espesura es algo baja, con valores de área basimétrica y volumen de 27 m²/ha y 199 m³/ha respectivamente.

En cualquier caso, la notable heterogeneidad detectada entre las veinticuatro parcelas integradas en esta categoría no permite una caracterización muy precisa, salvo la de configurar una mezcla aparentemente estable, por lo que en la práctica supone un cierto cajón de sastre difícil de definir y en el que predecir su presunta evolución dinámica.

Tipo E: Masa mixta con el abeto repartido sobre las clases diamétricas pequeñas

Son masas donde la presencia más o menos notable de abeto se manifiesta de forma casi exclusiva en las clases más pequeñas, así como en el regenerado, siendo raros los individuos que superan los 20-25 cm de diámetro. Las especies acompañantes, pinos silvestre y negro y en menor medida haya, ocupan las clases diamétricas mayores. El área basimétrica adopta valores en torno a 29 m²/ha, el volumen sobre 236 m³/ha y la densidad sobre 800 pies/ha. Entre los abetales españoles veintiséis parcelas han correspondido a esta descripción.

La diferencia substancial respecto a los dos tipos precedentes radica en el marcado carácter invasor del abeto que se está imponiendo de modo poderoso y desplazando a las otras especies. Para el mantenimiento de esa estructura mixta deben proponerse tratamientos selvícolas de entresaca por bosquetes, orientados a la apertura de huecos de tamaño suficientemente grandes para permitir la instalación y progresión adecuada de las especies acompañantes de temperamento más intolerante. La hipótesis más plausible sobre su génesis es que señala la recuperación del abetal, transitoriamente dominado en la actualidad por especies mesófilas, y que perdió su preeminencia años atrás como consecuencia de la apertura excesiva de la espesura debido a explotaciones abusivas (Motta y Garbarino, 2003) o a alteraciones naturales. Desde la perspectiva evolutiva, el grupo se enmarca en la fase más avanzada del proceso descrito para el tipo B y H, y por tanto con la presencia del abeto ya consolidada, aunque ello no excluya las reservas apuntadas en ese primer caso respecto a la posibilidad de configurar un subpiso circunstancial.

Tipo F: Abetal puro o mixto envejecido y regularizado

Corresponden a masas monoespecíficas de abeto o incluso mixtas, aunque con una presencia escasa de las otras especies y relegada exclusivamente a las clases diamétricas de madera gruesa. El área basimétrica presenta el valor promedio de 40 m²/ha, el volumen 407 m³/ha y la densidad 250 pies/ha, con su mayor representación sobre las clases superiores a 37,5 cm de diámetro, y conformando una estructura próxima a la regularidad (Aunós y Blanco, 2006). Diez parcelas se han clasificado dentro de este tipo.

Constituyen así rodales que, a través de un proceso de envejecimiento donde han ido expulsando a las especies acompañantes, han derivado en estructuras fuertemente capitalizadas en existencias volumétricas. La elevada obturación del dosel de copas propicia una presencia reducida de regenerado y de pies de las clases diamétricas pequeñas, evidenciando una acusada tendencia hacia masas regularizadas sobre árboles de grandes dimensiones y su consiguiente capitalización que se genera a partir del umbral de 400 m³/ha (Berneti, 1995). El envejecimiento y la pérdida de la irregularidad comprometen severamente su estabilidad física y por ende la prestación de las funciones protectoras (Dubourdieu, 1990), por lo que la gestión selvícola debe orientarse hacia la urgente apertura de huecos con objeto de habilitar la instalación de nuevas generaciones de brinzales.

Tipo G: Abetal puro o mixto con predominancia de pies de dimensiones medias

Son rodales en los que más de la mitad de los ejemplares se concentran en la clase diamétrica de 22,5-37,5 cm, detectándose un marcado déficit de pies inferiores a esas dimensiones y una regeneración en general escasa. El área basimétrica presenta un valor de 31 m²/ha, el volumen de 269 m³/ha y la densidad de 500 pies/ha, de los cuales más del 65% siempre son abetos. La presencia de otras especies se registra básicamente sobre las clases de madera gruesa. De la base de datos analizada, treinta y tres parcelas han encajado en esta categoría.

La caracterización ofrecida revela, en cuanto al desplazamiento sufrido por las especies acompañantes y la consiguiente tendencia manifestada hacia la monoespecificidad, una gran analogía a la del tipo F precedente. La diferencia estriba en que el tipo G, con menor espesura y signos de capitalización, constituye una fase previa del proceso de uniformidad y regularización ejemplificado por aquél, y por tanto todavía reversible. La gestión selvícola prescrita para interrumpir esa tendencia indeseable e irregularizar la estructura, coincide así con la del caso anterior, aunque sin tanta premura.

Tipo H: Abetal puro o mixto procedente de una colonización reciente de abeto

Encarna poblaciones jóvenes con un notable déficit de individuos de diámetro superior a 37,5 cm y con

las especies acompañantes representadas proporcionalmente en todas las clases diamétricas que ocupa el abeto. La espesura, en términos de área basimétrica, y el volumen adoptan valores bajos en torno a 26 m²/ha y 229 m³/ha respectivamente, mientras que la densidad es notable (850 pies/ha). Son masas procedentes de una colonización de abeto todavía reciente en el tiempo y análogas a las del tipo E, las cuales representan una fase posterior de ese proceso. Pueden evolucionar, hacia el tipo G si a causa del cerramiento del dosel de copas no se incorporan generaciones nuevas de regenerado, o bien hacia el tipo I en caso contrario. Entre los abetales españoles veintisiete parcelas han correspondido a esta descripción.

Tipo I: Abetal homologable a la irregularidad óptima

Este tipo engloba las estructuras que más se asemejan a un estado de irregularidad óptimo, en el sentido de que los individuos se reparten en distribuciones diamétricas asimilables, aunque no idénticas, a las de una forma de jota invertida. El escaso número de pies de especies acompañantes se asigna de modo mayoritario sobre las clases más gruesas. La densidad media, si bien con una notable variabilidad, se sitúa sobre los 600 pies/ha, el área basimétrica en torno a 36 m²/ha y el volumen sobre los 336 m³/ha. Treinta parcelas se han enmarcado en este grupo.

Valoración selvícola general

La voluntad que ha inspirado la configuración de la clave tipológica ha sido la de elaborar una herramienta sencilla y de fácil aplicabilidad y uso por parte del gestor forestal. Ello ha forzado omitir ciertas variables relevantes, bien por su trascendencia, como la altura dominante considerada un buen predictor de la calidad de estación, o bien por su carácter ilustrativo y comparativo, como el volumen y su reparto porcentual (20-30-50) entre los grupos de madera delgada, media y gruesa de las masas sometidas a entresaca. Sin embargo, esa premisa ha conducido por el contrario a una tipología silvogenética que se sustenta sobre el inventario en monte de tan sólo la distribución diamétrica de todos los árboles existentes.

El procesamiento, siguiendo los pasos definidos en la clave, de las 192 parcelas catalogadas como abetal

mostró que todas ellas se integraron en alguno de los nueve tipos conformados, así como que ningún tipo quedó sin tener representación entre los abetales españoles inventariados.

Las limitaciones impuestas sobre la consideración de lo que es un abetar aportan, a causa del diseño muestral utilizado, una información más precisa sobre la superficie representada por los mismos en España, reduciéndola desde las 28.000 ha registradas oficialmente a 19.200 ha. Se ha verificado además, que existe una nula correspondencia entre la estructura de esas masas y su ubicación altitudinal, revelándose una clara relación de inclusión entre todos los tipos. La distribución es tal que el percentil 5 se asocia a los 1.000 m de altitud, el percentil 10 a los 1.200 m y el percentil 95 a los 1.800 m, lo que señala que los abetales españoles se localizan en los pisos bioclimáticos montano y mayoritariamente subalpino.

La tipología elaborada difiere substancialmente en los aspectos anteriores de su homóloga para los abetales pirenaicos franceses (Chollet *et al.*, 2000), puesto que ésta, además de estar confeccionada sobre variables mucho más complejas de manejo, contempla un superior número de tipos (26 frente a 9), parte de los cuales no se encontraron en ninguna de las parcelas muestreadas.

Del análisis de los nueve tipos propuestos se desprende que la mayoría de las masas estudiadas son mixtas, y cómo la irregularidad, diagnosticada a través de la variabilidad diamétrica, preside la totalidad de ellos. El amplio rango diametral que se aprecia en la tabla 4 corrobora ese carácter, incluso para los tipos F y G representativos de las formas con mayor tendencia hacia la regularización puesto que conservan la cuarta parte de sus árboles con diámetros por debajo de 29 cm y 19 cm respectivamente, frente a los valores de 79 cm y 55 cm que alcanzan los individuos más gruesos. En ese contexto, podemos así caracterizar los abetales españoles como mixtos e irregulares en grados diversos, aunque desestructurados y con propensión circunstancial hacia la regularización si ésta no se corrige mediante intervenciones selvícolas. Comparando nuestras masas con las del Alto-Jura (Herbert y Rebeiro, 1985), se observa que las francesas son menos espesas y capitalizadas, y que incluso los tipos de aspecto más irregular presentan distribuciones diamétricas poco coincidentes con formas óptimas de equilibrio.

También se identifica en la tipología la secuencia cronológica que se desencadena, en ausencia de in-

tervenciones selvícolas, y que viene definida por las fases de envejecimiento, regularización con la preeminencia de árboles maduros, destrucción con la apertura de huecos debidos a vendavales y nieve, y el rejuvenecimiento consecuente. En bosques del Jura ese proceso se sucede a través de ciclos caracterizados con valores del área basimétrica que oscilan, computando sólo los pies de más de 20 cm de diámetro, entre 14 y 36 m²/ha (Buongiorno *et al.*, 1996), lo cual pone de relieve la situación altamente inestable de los rodales del tipo F con área basimétrica de 40 m²/ha y sin casi arbolado de tamaño inferior a 20 cm de diámetro.

Referencias bibliográficas

- ALLEGRI NI CH., 2003. Typologie des peuplements en Franche-Comté, vingt ans de pratique. Forêt-entreprise 151, 41-45.
- AUNÓS A., BLANCO R., 2006. Caracterización de rodales irregulares de *Abies alba* Mill. capitalizados en existencias del Valle de Arán (Pirineos, España) y de las cortas de entresaca practicadas. Invest Agrar: Sist Recur For 15(1), 96-106.
- BERNETTI G., 1995. Selvicoltura speciale. UTET, Torino.
- BRUCIAMACCHIE M., 1993. L'état normal en jardinage. Rev For Fr XLV(4), 441-451.
- BUONGIORNO J., PEYRON J.L., VALDENNAIRE J.M., BRUCIAMACCHIE M., 1996. Croissance et aménagement de la futaie jardinée du Jura: stratégies de gestion et structure des peuplements. Rev For Fr XLVIII(1), 49-61.
- CHOLLET F., DESPLANCHES PH., KUUS L., DE MERLEER P., 2000. La typologie des sapinières pyrénéennes. Rev For Fr LII(4), 325-336.
- DUBOURDIEU J., 1990. Futaie régulière et futaie jardinée. Rev For Fr XLII(6), 561-574.
- GONZÁLEZ A., 1971. Estudio de Ordenación Integral de la Comarca del Valle de Arán, ICONA, Inédito.
- HERBERT L., REBEIROT F., 1985. Les futaies jardinées du Haut-Jura. Rev For Fr XXXVII(6), 465-481.
- MOTTA R., GARBARINO F., 2003. Stand history and its consequences for the present and future dynamic in two silver fir (*Abies alba* Mill.) stands in the high Pesio Valley (Piedmont, Italy). Ann For Sci 60, 361-370.
- REBEIROT F., 1995. Les futaies jardinées du Massif jurassien, Deuxième Plateau et des pentes intermédiaires. Bulletin Société forestière de Franche-Comté (5).
- REQUE J.A., 2001. Bases para la selvicultura del roble albar [*Quercus petraea* (Matts.) Liebl.] en la Cordillera Cantábrica. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid.
- SCHÜTZ J.PH., 1997. Sylviculture 2. La gestion des forêts irrégulières et mélangées. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.
- SAS/STAT, 2000. User's Guide, Versión 8. SAS Institute, Cary, NC.
- SUSMEL L., 1980. La normalizzazione dello foreste alpine. Liviana, Padova.