

Caracterización de rodales irregulares de *Abies alba* Mill. capitalizados en existencias del Valle de Arán (Pirineos, España) y de las cortas de entresaca practicadas

Álvaro Aunós* y Ricardo Blanco

Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal. ETSEA. Universitat de Lleida.
C/ Rovira Roure 191 - 25.198 Lleida (España)

Resumen

Se describe, en una zona de la vertiente norte de los Pirineos españoles, la estructura dasocrática de rodales irregulares de abeto excesivamente capitalizados en existencias volumétricas, así como la naturaleza de las intervenciones de entresaca que se les aplican al objeto de contrarrestar la tendencia hacia una indeseable uniformidad de la masa. La situación inicial revela una elevada espesura, con importantes excedentes de individuos pertenecientes a las clases diamétricas de madera gruesa, y que conduce a formas selvícolas tipológicas en avanzado proceso de regularización. Empero, la estabilidad mecánica de los pies se manifiesta alejada de sus umbrales críticos en todos los estratos, y la capacidad de regeneración del sistema resulta aceptable. El tratamiento de entresaca realizado, cuya severidad se centró fundamentalmente sobre los pies de diámetro superior a 30 cm, mantiene todavía una situación de espesura excesiva que impide la adscripción de los rodales a estructuras equilibradas, pero ha permitido la liberación de la competencia vertical de los pies en edad de latizal.

Palabras clave: abeto, clases diamétricas, espesura, estabilidad mecánica, regeneración.

Abstract

Characterisation of overstocked uneven-aged stands of *Abies alba* Mill. in the Val d'Aran (Spanish Pyrenees). Analysis of the selection cutting treatments applied

We describe the structure of uneven-aged silver-fir stands with a growing stock in which large diameter classes initially had an excessive representation. Silvicultural treatments were applied to correct diameter distribution trends towards a regular structure. The initial state of the forest revealed a high density in mature individuals, but no regeneration problems were detected, neither mechanical stability difficulties, in any of the stands. The selective cutting treatments concentrated mainly on trees over the 30-cm diameter class, but all diameter classes were treated. As a result of these silvicultural management actions the polewood layer was released from vertical competition. Yet, stand structure is far from irregular, which precludes to consider these stands in an equilibrium state.

Key words: silver-fir, diameter classes, stocking, mechanical stability, regeneration.

Introducción

A pesar de que *Abies alba* Mill., a causa de su temperamento tolerante, se adapta bien a la estructura irregular, en ocasiones ésta evoluciona en ausencia de tratamientos selvícolas hacia la monoestratificación (Schütz, 1997), con la consiguiente desaparición progresiva de los individuos de estratos inferiores por falta de

luz. De tal modo se altera el equilibrio relativo entre las diversas clases diamétricas, que en las masas centroeuropeas sometidas desde antaño a entresacas suele expresarse a través del conocido índice 20-30-50 de reparto porcentual de volúmenes entre los grupos de madera delgada, media y gruesa respectivamente, y también se produce una indeseable capitalización de existencias que se consolida a partir del umbral de 400 m³/ha (Bernetti, 1995). En particular, para abetales en equilibrio del Jura (Francia), Valdenaire (1994) señala que el proceso de envejecimiento se inicia ya a partir de densidades de los

* Autor para la correspondencia: aaunos@pvcf.udl.es
Recibido: 21-12-04; Aceptado: 02-02-06.

pies de diámetro superior a 17,5 cm del orden de 315 pies/ha y volúmenes ligeramente inferiores a los 300 m³/ha. Además, esa tendencia a la regularización preeminente sobre los árboles de las clases diamétricas mayores puede comportar asimismo una menor estabilidad frente a perturbaciones naturales de vendavales y nieve, y afectar a la diversidad biológica como consecuencia del menor desarrollo del sotobosque.

El Valle de Arán, localizado en la vertiente norte de la zona axial de los Pirineos, ofrece una vegetación significada por la presencia dominante del abeto, que conforma masas monoespecíficas o bien mezcladas principalmente con haya, y de estructura sensiblemente irregular. Análogamente a lo acaecido en otras localidades de montaña, la fuerte tercerización de la economía basada en el turismo operada en los últimos treinta años en esa comarca, han supuesto una disminución notable de la actividad forestal desde el punto de vista extractivo, lo que a su vez favorece la generación del proceso de uniformización descrito. Junto a este escenario se dibuja otro, donde el menguado interés comercial de los tradicionales aprovechamientos madereros debe compatibilizarse con los restantes componentes multifuncionales de los bosques de montaña, como son los aspectos paisajísticos, recreativos, de mantenimiento de biodiversidad y muy particularmente los de carácter protector, severamente comprometidos con la pérdida de la irregularidad de la masa (Dubourdieu, 1982). En ese contexto, la Administración forestal del Conselh Generau d'Aran, institución política que detenta las competencias del ámbito forestal en ese territorio, centra básicamente los aprovechamientos de madera reclamados por las entidades propietarias de los montes públicos sobre aquellos rodales que, por su estructura excesivamente capitalizada en existencias, comprometen la prestación de esos servicios medioambientales aludidos.

La planificación de los tratamientos de entresaca, basada en un inventario fundamentado en el cálculo del volumen y en el seguimiento sistemático de las normas derivadas de la ley de De Liocourt, no siempre conduce a los resultados pretendidos (Herbert, 1994). Bajo las circunstancias descritas, el estado sanitario y fisiológico de cierto número de árboles (puntisechos, senescentes, presencia de chancro producido por *Melampso-rella caryophyllacearum*, pies malformados a causa de la búsqueda de luz cenital, pudriciones en la parte baja del fuste producidas en el desembosque de aprovechamientos precedentes, etc.) y su particular distribución espacial, imponen tales condicionantes en la fase de se-

ñalamiento que puede originar que la situación final diverja del estado óptimo predeterminado a partir del inventario previo.

Este trabajo persigue averiguar en qué medida las masas que ofrecen aspecto de estar capitalizadas en existencias maderables responden a los parámetros definidos anteriormente, indagando de modo especial sobre sus atributos de estabilidad y dinámica dasonómica. Y posteriormente, tras exponer de modo formalizado las características selvícolas que definen los tratamientos reales de entresaca pie a pie practicados en aquellas, se trata de comprobar cómo quedan después de la intervención y si se ha corregido suficientemente la tendencia hacia la regularización de su estructura.

Material y Métodos

Se analizaron cuatro rodales puros de abeto (más del 90% de los pies inventariables correspondían a esa especie), cuya estructura era el resultado de cortas intensas efectuadas hace unos 50 años y sin haberse intervenido posteriormente desde entonces. Cada uno de aquellos se localizó en montes diferentes que cubrían razonablemente la distribución del gradiente altitudinal correspondiente a los abetales puros y capitalizados de la comarca (Tabla 1). La estructura horizontal original de tales masas correspondía de forma generalizada a una distribución pie a pie. Se consideró que la variabilidad existente en el rodal quedaría satisfactoriamente plasmada en unidades de muestreo de tamaño reducido, optándose por replantear en cada rodal cuatro parcelas rectangulares de 10 áreas de superficie (36 × 28 m) y dispuestas con el lado mayor paralelo a las curvas de nivel. La distribución de las mismas en el seno del rodal fue aleatoria, con las únicas restricciones que estuvieran razonablemente distanciadas entre sí y que quedaran aisladas del efecto borde. Aun con todo, hubo que desechar una parcela debido a la presencia de un arroyo, trabajándose sobre un total de quince.

La información más relevante recogida de cada parcela con anterioridad al tratamiento de entresaca fue la siguiente:

- especie y diámetro a 1,30 m (D) de todos los pies con diámetro normal igual o superior a 10 cm
- altura total (H), longitud de la copa viva y edad con barrena de dos ejemplares de abeto de cada clase diamétrica
- altura total de los dos árboles más altos de la parcela

Tabla 1. Rasgos generales de los rodales objeto de estudio

Rodal	Altitud (m)	Pendiente (%)	Exposición	Superficie (ha)	Número de parcelas
1. Portilhon	1.250	45	E	10	4
2. Sèuva-Sapilguilha	1.500	75	NE	4	3
3. Valarties	1.800	30	SW	5	4
4. Toran	1.450	55	NE	8	4

- necromasa, estimada a través del número de individuos muertos, tanto en pie como caídos sobre el suelo

En cada parcela se realizó también un transecto de 2 m de anchura siguiendo una diagonal principal, y donde, con registros puntuales cada dos metros de distancia, se determinaron la fracción de cabida cubierta (F.c.c.) con un densiómetro y la regeneración de cualquier especie presente en un rectángulo de 2 m² de superficie. El regenerado de abeto se clasificó, para nuestros efectos, en diseminado (brinzales de altura inferior a 0,50 m), repoblado (brinzales de altura comprendida entre 0,50 y 1,30 m) y monte bravo (pies de altura superior a 1,30 m y diámetro normal menor o igual a 10 cm).

Tras la intervención de entresaca pie a pie, se evaluaron de nuevo con la misma metodología la densidad y distribución diamétrica resultantes, así como la fracción de cabida cubierta.

A partir de los datos de los dos sucesivos inventarios, se calcularon para cada parcela los valores medios de las siguientes variables y parámetros: densidad (N), área basimétrica (G), coeficiente de De Liocourt (q), altura dominante (H_o) tomada como la media de los dos pies de mayor altura de cada parcela y equivalente a los 20 pies más altos por hectárea, fracción de copa viva (longitud de la copa viva/ H) y coeficiente de esbeltez (H/D) por clases diamétricas de 10 cm de amplitud, y volumen con corteza (V) mediante una tarifa local de cubicación de expresión

$$V = \sum_{i=1}^n (0,34102 + 0,00003045D_i^2 H_i)$$

y coeficiente de determinación 0,87, siendo n el número de pies por parcela.

El peso y características de la entresaca realizada se cuantificaron comparando el estado de cada parcela antes y después de la intervención.

Para contrastar la bondad de ajuste de las distribuciones reales de densidad y volumen, respecto a las tomadas como referencia óptima, se ha empleado la prueba chi-cuadrado. Una prueba t de Student contrasta la diferencia, por término medio, entre el estado inicial y final de las distintas características dasocráticas analizadas. Mediante el análisis de la varianza unifactorial se ha estudiado el efecto del gradiente altitudinal sobre la incorporación de nuevo regenerado. Con el propósito de conocer hasta qué punto la distribución por clases diamétricas, antes y después de la intervención, se asemeja a la óptima de equilibrio, se ajustaron los datos de cada rodal a una ecuación exponencial, estimando sus parámetros para equipararlos con los de la curva ideal y el coeficiente de determinación como indicador de la bondad de ajuste. Un análisis de la varianza bifactorial con interacción nos permite concluir, respecto a la reducción del área basimétrica tras la intervención, si existen diferencias significativas entre rodales y/o clases diamétricas; en caso afirmativo se establece la prueba de Duncan de separación de medias. Al objeto de comparar el área basimétrica acumulada, antes y después de la entresaca, con la supuestamente ideal, se ha efectuado, para cada clase diamétrica, la prueba t-Student para el contraste de hipótesis de una media.

Todos los análisis han sido ejecutados haciendo uso de procedimientos estadísticos de SAS/STAT (2000).

Resultados y Discusión

Descripción dasocrática y diagnóstico selvícola de la estructura inicial de los rodales

La altura dominante de las masas analizadas cubrió el rango de 26-31 metros, correspondiendo los valores extremos a los dos rodales localizados a mayor y menor altitud respectivamente, y variando los dos restantes en

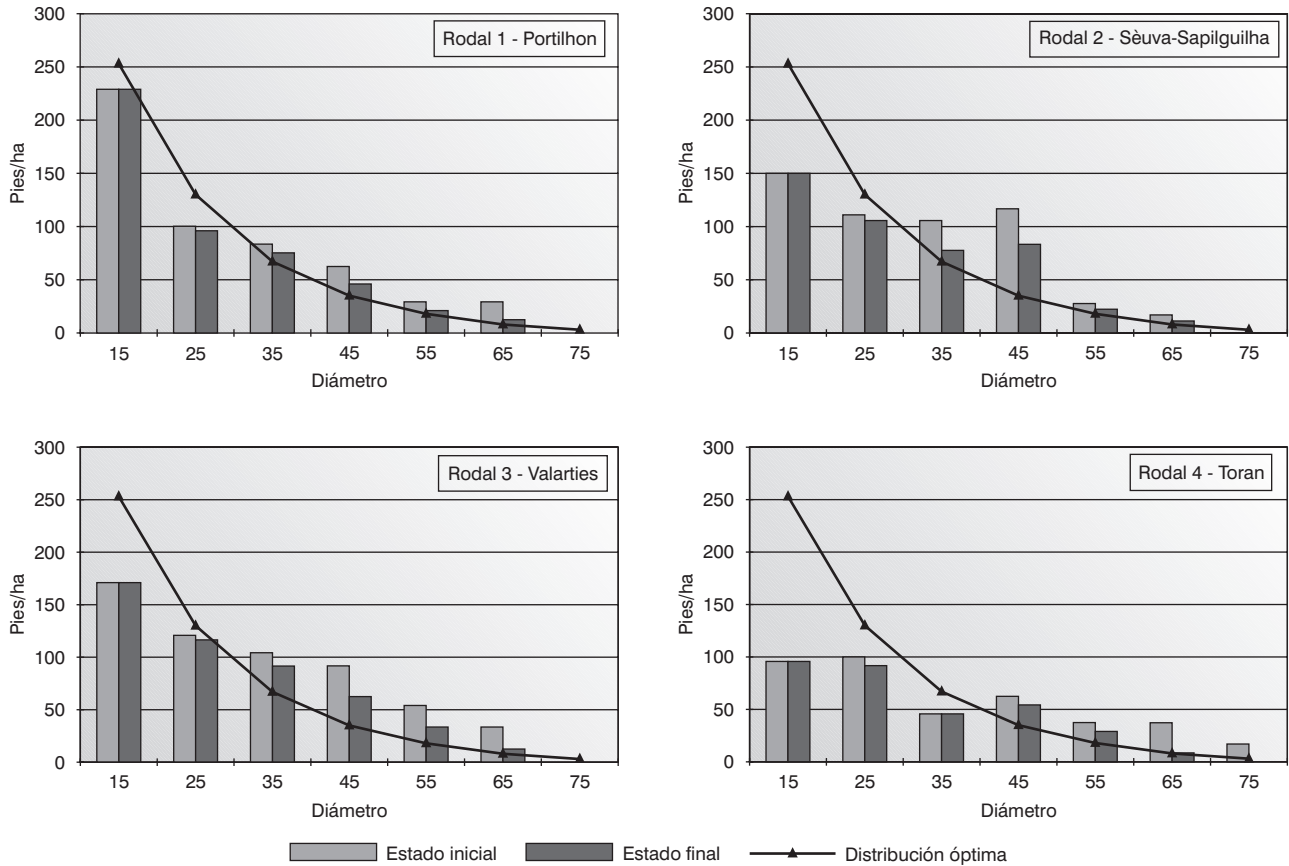


Figura 1. Curva de equilibrio y distribuciones diamétricas de la densidad de los cuatro rodales, antes y después de la intervención.

razón a las particulares condiciones ecológicas de la estación en cada caso.

A efectos de poder comparar gráficamente las distribuciones diamétricas, se derivó una curva de ajuste exponencial a partir de los datos proporcionados por Susmel (1980) para masas mixtas de abeto de 30 m de altura dominante, los cuales se han adoptado como referencia de la distribución óptima de equilibrio. La curva calculada se expresó como: $N_{ideal} = 721,1 \times \exp(-0,068 \times D)$, y su coeficiente de decremento exponencial del número de pies resultó: $q = 1,94$. Su representación, juntamente con el diagrama de la distribución de frecuencias de nuestros rodales, se expone en la Figura 1. En ésta se advierte con carácter general una presencia defectiva de las clases diamétricas pequeñas, de modo más acusado en el rodal 4, y un exceso de las mayores, lo cual conduce a distribuciones diamétricas que, aunque correspondiendo a estructu-

ras irregularizadas, se hallan alejadas, en mayor o menor grado, de la forma de jota invertida ideal.

En la Tabla 2 se presenta el estado inicial y final (antes y después del tratamiento de entresaca pie a pie realizado) descrito a través de los valores promedios y su desviación típica, calculados para algunas de las variables evaluadas en el conjunto de las quince parcelas. La información viene complementada con el valor del estadístico de contraste empleado para comparar ambos estados.

La situación de partida de los rodales en cuestión permite identificarlos ya en primera instancia como estructuras irregulares fuertemente capitalizadas, con valores de la densidad y sobre todo del volumen notablemente superiores a los aportados en las referencias bibliográficas ya referidas. De ello parece desprenderse que nos hallamos frente a un avanzado proceso de uniformización y monoestratificación de la masa.

Tabla 2. Características dasocráticas de las masas analizadas, antes y después de la entresaca

	N (pies/ha)	G (m ² /ha)	V (m ³ /ha)	F.c.c. (%)	q
Estado inicial	518 ± 125	49 ± 8	632 ± 105	84 ± 6	1,40 ± 0,21
Estado final	435 ± 117	34 ± 8	466 ± 108	68 ± 4	1,53 ± 0,30
t-Student	5,75***	12,64***	13,04***	8,30***	2,82*

* (0,01 < p < 0,05) ** (0,001 < p < 0,01) *** (p < 0,001). N: densidad de pies con diámetro mayor de 10 cm; G: área basimétrica; F.c.c.: fracción de cabida cubierta; q: coeficiente de De Liocourt; V: volumen con corteza hasta 7 cm en punta delgada.

Al objeto de precisar mejor la distribución de la densidad y de esas importantes existencias volumétricas y poder así comparar las estructuras, se han agrupado los árboles según la siguiente clasificación diamétrica: PB (17,5 ≤ D ≤ 22,5 cm), MB (22,5 < D ≤ 37,5 cm) y GB (>37,5 cm), utilizada comúnmente en los Pirineos franceses y también por Chollet *et al.* (2000) para describir la tipología de la especie en ese macizo. Integrando nuestras parcelas en sus respectivos rodales (Tabla 3), y de acuerdo a los criterios discriminadores propuestos por ese autor, se advierte que corresponden a tipos que manifiestan una fuerte tendencia hacia la regularización; en particular, el rodal 4 se asimila al tipo M y los tres restantes, aunque estrictamente lo hacen con el N, se hallan funcionalmente en la frontera entre ambos. Las masas pertenecientes al tipo M se identifican en la tipología a través de la hegemonía de los árboles gruesos (densidad de GB > 50%) y se caracterizan por presentar, tras un proceso de capitalización y envejecimiento, edades comprendidas entre 140 y 170 años y valores de densidad y área basimétrica del orden de 300

pies/ha y 30 m²/ha respectivamente. Por su parte, aquellas integradas bajo el tipo N se significan por un predominio de los pies de dimensión media (GB < 50% y PB < 25%), que conduce a formaciones cerradas y regularizadas, con los estratos intermedios poco desarrollados, y en los que la densidad en algún caso ronda los 600 pies/ha y el área basimétrica llega a alcanzar el valor máximo de todos los tipos cifrado en 40 m²/ha. Se constata así, que nuestras masas han derivado hacia un grado importante de capitalización, puesto que presentan valores que en términos de área basimétrica exceden notablemente de sus formas homólogas pirenaicas.

Cotejando nuestros rodales con los tipos que definen Herbert y Rebeiro (1985) para describir los abetales del Alto Jura (Francia), se deduce que también se asimilan a grupos identificados como regularizados y que presentan excedentes, bien de pies de dimensiones medias (rodal 1), o de árboles gruesos.

Se ha establecido un contraste de bondad de ajuste, mediante el estadístico χ^2 , en cuanto al reparto proporcional de volúmenes según la clasificación pirenaica,

Tabla 3. Distribución de la densidad y del volumen según las categorías diamétricas pirenaicas, antes y después de la intervención

Categorías		Densidad		Volumen	
		(pies/ha)	Porcentaje (%)	(m ³ /ha)	Porcentaje (%)
PB	a	68 ± 27	16,5	42 ± 18	6,4
	d	61 ± 4	20,8	37 ± 5	9,3
MB	a	143 ± 52	35,8	133 ± 51	20,9
	d	107 ± 33	36,6	95 ± 23	25,2
GB	a	172 ± 38	47,7	390 ± 91	72,7
	d	125 ± 35	42,6	269 ± 121	65,5

a: antes. d: después. Los valores promedio aparecen acompañados de su desviación típica y los repartos porcentuales están obtenidos de las parcelas originales.

frente a la distribución 20-30-50, deduciéndose una ostensible divergencia ($\chi^2 = 22,31$; $p < 0,0001$).

De un inventario pie a pie realizado sobre la totalidad de las cerca de 8.000 ha que componen los abetales de la misma zona de estudio (González, 1971), se obtuvo la correspondencia entre el diámetro normal y la edad que aparece en la Tabla 4, donde se ha incorporado también el mismo análisis practicado en nuestros rodales.

De la comparación de ambas series se desprende que durante los primeros setenta y cinco años los árboles presentaron un crecimiento secundario análogo, pero que desde entonces éste se manifestó superior en los rodales capitalizados. Ese mayor crecimiento diametral podría hipotéticamente obedecer a la realización, unos cincuenta años atrás, de alguna corta muy intensa que, de otra parte, no ha tenido ninguna continuidad, tal como confirma la observación visual practicada sobre la datación de la edad de los restos de tocones que aun permanecen. Como consecuencia de aquella corta, los abetos de los rodales capitalizados que actualmente ocupan las clases diamétricas superiores a 30 cm se debieron encontrar sometidos *ceteris paribus* a inferiores niveles de espesura que los de las restantes masas de la zona, lo cual les propició un mayor crecimiento diametral. Por el contrario, los individuos pertenecientes a la clase diamétrica 10-19 cm (CD15), que han nacido y se han desarrollado en ese periodo de tiempo, han sufrido una permanente competencia por la luz por parte del estrato dominante y que se ha traducido en un crecimiento ligeramente inferior.

En este mismo sentido, destaca también la relativa juventud de los pies mayores en tales rodales, que a su vez apunta a que el proceso de uniformización de las masas proviene, no de su envejecimiento, sino debido a la ausencia de tratamientos selvícolas en los últimos tiempos.

El análisis de la estabilidad mecánica correspondiente a los individuos integrantes de la población se efectuó a través de la determinación de la fracción de copa viva y de la esbeltez. De modo general y empírico, se conoce que cuanto mayor sea la fracción de copa viva, siempre que por lo menos se aproxime al 50% (Riou Nivert, 2001), más equilibrado está el árbol. Mitscherlich (1963, en Schütz 1997) define de forma más precisa ese valor para estructuras irregulares y lo cifra en 50-60% para los pies del piso dominante, del 40-50% para los del estrato medio y del 30% para los del inferior. Considerando como individuos de estatus social dominante de nuestras masas a aquellos de diámetro superior a 50 cm, el valor medio de esa variable y su desviación típica, expresados ambos en porcentaje, obtenidos de los 62 ejemplares dominantes de la muestra se estimó en 64% y 16% unidades porcentuales respectivamente. Como el límite inferior del intervalo de confianza (n.c. = 95%) resultó ser superior al 60%, desviándose significativamente por encima de lo expuesto por ese autor, se colige que nuestros árboles dominantes ofrecen valores de la fracción de copa viva más elevados y por tanto favorables desde el punto de vista de la estabilidad.

La fracción de copa viva de los árboles pertenecientes a los demás estratos, expuestos a superiores niveles de asombamiento y privación de la luz cenital, ofrecieron en conjunto los valores medios y de desviación típica de 48% y 18% respectivamente, por lo que su conformación respecto a esta variable se revela asimismo satisfactoria.

El valor promedio del coeficiente de esbeltez de los pies dominantes se estimó en 52, siendo los límites superior e inferior, con un nivel de confianza del 95%, de 56 y 48 respectivamente. Quedó por tanto fuera de dicho intervalo el valor 65 que Chauvin *et al.* (1994) rese-

Tabla 4. Correspondencia entre el tamaño diametral de los árboles y su edad, del conjunto de las masas de la comarca y de los rodales estudiados

Intervalos de las clases consideradas (cm)	Edad (años)	
	Abetales irregulares de la misma zona de estudio	Rodales capitalizados objeto del análisis
10-19	45	50
20-29	75	74
30-39	100	92
40-49	140	108
≥50	162	124

ñan como límite de sensibilidad al viento de la picea y del abeto, y con mayor fundamento la cifra de 80 que con carácter general se indica como umbral crítico para estructuras irregulares (Lanier, 1994), evidenciando en consecuencia una estabilidad mecánica individual elevada. Los árboles más esbeltos correspondieron a los pertenecientes a las clases CD15 y CD25, con un valor medio de 70 y desviación típica de 15; dicha situación también resulta positiva, puesto que en las estructuras irregulares los individuos pertenecientes al rango social temporalmente dominado llegan a alcanzar cifras cercanas a 115 sin comprometer con ello su estabilidad.

Ambas variables anteriores, fracción de copa viva y coeficiente de esbeltez, constituyen además un buen predictor de la trayectoria pasada del rodal, englobando a la vez el estatus social del árbol y la espesura (Becker, 1992). Si aceptamos que la permanencia de ramas verdes hasta alturas bajas del tronco no haya sido inducida por la supuesta mayor luminosidad que reciben nuestros rodales a causa de su inferior localización latitudinal respecto a los centroeuropeos, la contrastación efectuada confirma el razonamiento expuesto anteriormente relativo al análisis de las edades. Así puede suponerse, que antaño estos rodales capitalizados en existencias evolucionaron bajo espesuras menores que los correspondientes a las poblaciones centroeuropeas referenciadas, puesto que sus individuos ofrecen mayores niveles relativos de longitud de copa viva y de diámetro normal.

La biomasa muerta, tanto bajo la forma de árboles en pie como caídos, se manifestó elevada, con un número de abetos de diámetro mayor a 35 cm muertos en pie siempre superior a 12 individuos por hectárea. Esos altos niveles de necromasa corroboran el envejecimiento progresivo de la población. Asimismo, en todas las parcelas se hallaron abundantes indicios de presencia de fauna, tales como excrementos, huellas u orificios causados por pícidos, lo que revela que la estructu-

ra resulta, por su composición, particularmente apta y acogedora para albergar relevantes comunidades faunísticas.

El grado de incorporación de la nueva regeneración obtenido en nuestras masas (Tabla 5), no obstante ofrecer una distribución muy heterogénea y dispersa sobre el terreno, parece ser suficiente para garantizar el mantenimiento de la estructura irregular. Así, el nivel de repoblado se sitúa satisfactoriamente por encima del rango del umbral mínimo de individuos necesarios (190-340 pies/ha) que fija el modelo de repartición equilibrada derivado por Duc (1991), y el correspondiente al monte bravo, aunque de modo más limitado, también se aproxima al óptimo (310-830 pies/ha). Aunós *et al.* (2003) en abetales entresacados de la misma zona de estudio y con recubrimientos análogos de la fracción de cabida cubierta, deducen una pérdida de vitalidad y disminución de la densidad de los pies homologables a nuestro repoblado, creciente con la F.c.c. Extrapolando tales observaciones, podría apuntarse que la elevada espesura del dosel arbóreo permite la incorporación de nuevos brinzales (Grassi *et al.*, 2004) y su transición, aunque dificultosa, hasta la edad de monte bravo, pero resulta excesiva para habilitar su progresión hasta niveles de latizal y fustal joven (Rebeiro, 1995). Ello corroboraría también, según Valdenaire (1994), la presencia defectiva de individuos de las clases diamétricas inferiores.

Lo anterior sugiere, por un lado, que estos rodales capitalizados muestran, en lo concerniente a su capacidad de regeneración, una situación no tan comprometida como *a priori* se intuía. Y de otra parte, que bajo esos niveles de espesura de la masa, el abeto es capaz de instalarse, pero con unos índices de mortalidad progresivos a medida que los individuos se desarrollan y necesitan mayor luminosidad.

Se ha estudiado además, a través de un análisis de varianza, el efecto del gradiente altitudinal, representa-

Tabla 5. Abundancia de la regeneración presente clasificada por clases naturales de edad y expresada en número de brinzales por hectárea

Rodal	Diseminado	Repoblado	Monte bravo
1	1.241 ± 974	624 ± 694	590 ± 444
2	1.017 ± 684	508 ± 320	915 ± 625
3	763 ± 895	312 ± 175	312 ± 133
4	139 ± 196	520 ± 430	472 ± 320

Los valores promedio aparecen acompañados de su desviación típica.

Tabla 6. Estimación de los parámetros del modelo exponencial: $N = a \cdot \exp(b \cdot D)$, y del coeficiente de determinación (R^2), para cada rodal y su conjunto, antes y después de la entresaca

rodal	N _{antes}			N _{después}		
	a	b	R ²	a	b	R ²
1	349,64***	-0,041**	0,94**	488,82***	-0,056***	0,98***
2	374,20***	-0,043*	0,78*	402,46***	-0,050**	0,87**
3	285,89***	-0,031**	0,94**	430,00***	-0,049**	0,94**
4	134,46***	-0,021*	0,77*	243,08***	-0,044*	0,83*
conjunto	266,32***	-0,034***	0,77***	378,68***	-0,050***	0,88***

*(0,01 < p < 0,05) ** (0,001 < p < 0,01) *** (p < 0,001).

do por el rodal, sobre el reclutamiento de los nuevos individuos repartidos entre las tres clases naturales de edad. A pesar de la evidencia empírica reflejada en la Tabla 5, los resultados de la prueba F no han detectado diferencias significativas a causa de la elevada variabilidad intra-rodal existente.

Estado final de los rodales

De la comparación de las curvas de ajuste exponencial derivadas para cada rodal (Tabla 6), se deduce que tras la intervención de entresaca se ha alcanzado una mayor homogenización entre los rodales, así como una mejor bondad de ajuste (medida por el coeficiente de determinación), aproximándose más el coeficiente b al de la curva ideal ($b = -0,068$) tanto en cada uno de ellos como también en su conjunto.

Asociando el estado final de las masas intervenidas con los tipos propuestos para los Pirineos franceses (Tabla 3), se observa que después de la intervención los cuatro rodales se adscriben ahora a la forma N, pero evolucionando de manera diáfana, aunque aun alejada, hacia una estructura equilibrada representada por el tipo O ($20\% < GB < 50\%$ y $PB \geq 25\%$). Realizando el contraste de hipótesis con la distribución porcentual de volúmenes resultante, se concluye que se mantiene la divergencia frente al reparto 20-30-50, aunque algo más atenuada que en la situación primigenia ($\chi^2 = 11,3$; $p < 0,01$). Por tanto, todavía no se ha llegado a alcanzar en esta fase una distribución compensada entre las respectivas clases diamétricas.

La situación final refleja además un persistente alto grado de espesura que incidiría negativamente sobre el crecimiento, puesto que, según Schütz (1997), en abe-

tales de montaña se constata una disminución muy sensible de aquél a partir de un área basimétrica de 28-29 m²/ha y una paralización con valores próximos a 34 m²/ha.

Identificación de las cortas de entresaca efectuadas

El peso de las entresacas ejecutadas, evaluado en conjunto a través de las cinco variables reflejadas en la Tabla 2, resultó significativo en todas ellas, manifestándose más severo en lo concerniente al área basimétrica y al volumen.

Para conocer cómo se reparte cuantitativamente ese peso de la intervención entre las respectivas clases diamétricas, se ha efectuado un análisis de la varianza bifactorial con interacción (Tabla 7). De él se desprende que la variable diferencia entre los correspondientes valores por clases diamétricas del área basimétrica antes y después de la entresaca no aparece significativa entre rodales, pero sí lo hace entre las clases diamétri-

Tabla 7. Cuadrados medios del análisis de la varianza para la variable «diferencia entre áreas basimétricas», antes y después de la entresaca

Fuente de variación	grados de libertad	cuadrados medios
CD	6	62,41**
RODAL	3	13,48
CD*RODAL	18	18,47
ERROR	77	14,76

** (0,001 < p < 0,01) *** (p < 0,001).

cas. En concreto, la severidad del tratamiento selvícola resultó inapreciable para las dos primeras clases (CD15 y CD25), y dentro de las restantes se manifestó mayor en la CD65 (Tabla 8).

Debe asimismo destacarse, tal como se observa en los histogramas representados en la Figura 1, el esfuerzo del gestor del monte por incorporar en el tratamiento selvícola, no solamente el componente relativo al reclutamiento de nueva regeneración a través de la creación de huecos derivados de la extracción de los pies mayores, sino de atender también al componente de mejora implícito en las cortas de entresaca. Este se advierte en el apeo de árboles intermedios pertenecientes a clases con presencia defectiva y de difícil comercialización (CD25), con la finalidad de favorecer la robustez individual de los restantes y sanear la masa.

Al objeto de evaluar el grado de competencia vertical de la masa en los diferentes estratos, Schütz (1997) propone el empleo de la variable G_{cum}^i que expresa de forma agregada, para cada clase diamétrica considerada i , el área basimétrica que aportan los pies de diámetro igual y superior a dicha clase. Asumiendo la estrecha relación individual que se presume en las estructuras irregulares entre el diámetro normal y el diá-

metro de la proyección de la copa, esa variable de naturaleza acumulativa supone una estimación aceptable del grado de competencia por la luz que ejercen los árboles de determinados estatus sociales sobre los que, por pertenecer a clases diamétricas inferiores, no alcanzan su rango.

En lo concerniente ya a nuestras masas (Tabla 9), la situación inicial refleja que el valor adoptado por término medio por esta variable se desvía significativamente del estado óptimo de equilibrio en todas las clases diamétricas. Por el contrario, en la situación final las diferencias significativas sólo se registran para las clases CD45, CD35 y CD25, aunque en esta última de modo más atenuado.

En consecuencia, con la intervención se ha operado un efecto liberador de la competencia vertical a dos niveles. De una parte, sobre los pies de diámetro superior a 50 cm, que ahora se desarrollarán sin duda bajo condiciones de crecimiento libre respecto a la percepción de luz. Y de otro lado, también sobre los de diámetro inferior a 20 cm, lo cual les permitirá temporalmente reactivar su crecimiento ralentizado. De este modo, aunque se mantiene una espesura excesiva que conlleva además una obturación crítica del dosel arbóreo, su

Tabla 8. Valores medios, según la clase diamétrica, de la variable «diferencia entre áreas basimétricas», antes y después de la entresaca

CD15	CD25	CD35	CD45	CD55	CD65	CD75
0,1 c	0,29 c	1,05 bc	3,37 b	2,64 bc	6,27 a	2,13 bc

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

Tabla 9. Comparación entre el área basimétrica acumulada, antes y después de la entresaca, y la ideal, por clases diamétricas

G_{cum} antes		G_{cum} después		G_{cum} ideal ⁽¹⁾	CD ⁽²⁾
media	t-student	media	t-student		
49,02	8,61***	34,41	1,63	31,12	15
46,16	8,90***	31,58	2,39*	26,65	25
40,87	9,21***	26,57	3,05**	20,27	35
32,85	8,97***	19,60	3,10**	13,82	45
19,95	5,61***	10,06	1,45	8,25	55
10,97	3,80**	3,71	-0,26	3,98	65

*($0,01 < p < 0,05$) **($0,001 < p < 0,01$) ***($p < 0,001$). ⁽¹⁾ Valores formulados en la hipótesis nula del contraste para una media, según la clase diamétrica. ⁽²⁾ Se ha prescindido de la clase 75, debido a su escasa o nula presencia.

trascendencia perniciosa se manifiesta únicamente sobre los estratos intermedios.

La intervención de entresaca, centrada fundamentalmente sobre los pies de diámetro superior a 30 cm, ha propiciado por tanto una reducción por término medio del área basimétrica y del volumen en torno a 15 m²/ha y 166 m³/ha respectivamente. El efecto liberador del tratamiento selvícola habrá sido así modesto sobre los individuos de los estratos intermedios, pero importante sobre los inferiores, lo cual habilitará la recuperación del dinamismo de los pies en estado de latencia o compresión y la progresión de su crecimiento primario y secundario. En todo caso, dada la situación de partida, tampoco parecería prudente realizar actuaciones más severas que incidirían negativamente en la ruptura brusca del dosel arbóreo, y con ello en la disgregación de la estabilidad colectiva, y que podría facilitar la colonización de los huecos por especies competidoras (Mercurio, 1994), revelándose desde esta perspectiva como razonable el *modus operandi* aplicado en esta primera actuación.

Conclusiones

Del análisis expuesto se obtiene que:

1. Los rodales estudiados se corresponden a estructuras irregulares capitalizadas en existencias, en fases avanzadas de uniformidad y con distribuciones diamétricas de los pies divergentes del estado de equilibrio.
2. A nivel individual no obstante, los valores de fracción de copa viva y del coeficiente de esbeltez se hallan alejados de los umbrales críticos, lo que avala una aceptable estabilidad mecánica de los elementos integrantes de las poblaciones.
3. El grado de espesura de la masa, a pesar de su elevada magnitud, permite la incorporación de nuevos brinzales en cantidades suficientes para garantizar la persistencia de la masa, e incluso su desarrollo hasta la edad de monte bravo, pero resulta excesivo para habilitar su progresión hasta niveles de latizal y fustal joven.
4. Las entresacas practicadas, con un importante volumen de madera extraído, no permiten en primera instancia que la estructura final se ajuste a tipos silvogenéticos de formas homologables a la jota invertida.
5. La intervención, centrada fundamentalmente sobre los árboles de diámetro superior a 30 cm, mantiene

la masa bajo una espesura todavía excesiva, pero incide de manera notable sobre la liberación de la competencia vertical de los pies en edad de latizal.

Agradecimientos

Expresamos nuestro reconocimiento personal a los Guardas Forestales del Valle de Arán por las enseñanzas que desde antaño nos han trasladado, así como por los elevados conocimientos que atesoran de su oficio.

Referencias bibliográficas

- AUNÓS A., BLANCO R., CANET M.A., SANGERMAN M., 2003. Pautas de regeneración en las masas monoespecíficas de abeto (*Abies alba*) y haya (*Fagus sylvatica*) del Valle de Arán. Actas de la III Reunión sobre regeneración natural. Cuad. Soc. Esp. Cien. For. 15 (2), 7-12.
- BECKER M., 1992. Deux indices de compétition pour la comparaison de la croissance en hauteur et en diamètre d'arbres aux passés sylvicoles variés et inconnus. Ann. Sci. For. 49, 25-37.
- BERNETTI G., 1995. Selvicoltura speciale. UTET, Torino, 415 pp.
- CHAUVIN C., RENAUD J.P., RUPÉ C., LECLERC D., 1994. Stabilité et gestion des forêts de protection. ONF Bull. Tech. 27, 37-52.
- CHOLLET F., DESPLANCHES P., KUUS L., DE MEERLEER P., 2000. La typologie des sapinières pyrénéennes. Rev. For. Fr. LII (4), 325-336.
- DUBOURDIEU J., 1982. Les forêts de montagne et leurs fontions multiples. Rev. For. Fr. XXXIV (5), 32-39.
- DUC PH., 1991. Untersuchungen zur Dynamik des Nachwuchses im Plenterwald. Schweiz. Z. Forstwes. 142 (4), 299-319.
- GONZÁLEZ A., 1971. Estudio de Ordenación Integral de la Comarca del Valle de Arán. ICONA, 476 pp. Inédito.
- GRASSI G., MINOTTA G., TONON G., BAGNARESI U., 2004. Dynamics of norway spruce and silver fir regeneration in a mixed stand under uneven-aged management. Can. J. For. Res. 34: 1, 141-149.
- HERBERT I. 1994. Gestion des futaies dans le Jura - Des forêts de production «polyvalentes». ONF Bull. Tech. 26, 9-20.
- HERBERT I., REBEIROT F., 1985. Les futaies jardinées du Haut-Jura. Rev. For. Fr. XXXVII (6), 465-481.
- LANIER L., 1994. Précis de sylviculture. ENGREF, Nancy, 477 pp.
- MERCURIO R., 1994. Esperienze sul trattamento delle abetine nelle foreste casentinesi. Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura 22, 95-116.
- MITSCHERLICH G., 1963. Untersuchungen in Schlag- und Plenterwäldern. Allg. Forst. -u. J.- Ztg. Vol. 132. in Schütz, J.PH. (1997).

- REBEIROT F., 1995. Typologie des futaies jardinées du deuxième plateau et des pentes intermédiaires. Bulletin Société Franche-Comté 46, 263-283.
- RIOU NIVERT PH., 2001. Facteurs de stabilité des peuplements et gestion de l'équilibre. Forêt-entreprise 139, 17-25.
- SAS/STAT 2000. User's Guide, Version 8. SAS Institute, Cary, NC.
- SCHÜTZ J. PH., 1997. Sylviculture 2. La gestion des forêts irrégulières et mélangées. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 178 pp.
- SUSMEL L., 1980. La normalizzazione delle foreste alpine. Liviana, Padova, 435 pp.
- VALDENNAIRE J.M., 1994. L'élagage en futaie jardinée dans les forêts communales du Grandvaux (Jura). Rev. For. Fr. XLVI (6), 670-679.