

Autoecología de los hayedos de La Rioja

A. Blanco*¹, D. Graña¹, R. Elena¹, O. Sánchez², A. Rubio¹ y V. Gómez¹

¹ Departamento de Silvopascicultura. ETS Ingenieros de Montes y EU Ingeniería Técnica Forestal. UPM.
28040 Madrid. España

² INIA-CIFOR. Ctra. La Coruña, km 7. Apdo. 8111. 28040 Madrid. España

Resumen

Este trabajo se ha basado en el muestreo de 21 parcelas de hayedo, dentro del ámbito territorial de esta especie en La Rioja. En cada parcela se han determinado 36 parámetros de naturaleza fisiográfica, climática y edáfica. A partir de los mismos, ha sido posible establecer los valores paramétricos centrales y marginales que determinan el hábitat de la especie. Así, se ha encontrado que el haya, en esta Comunidad, vive aproximadamente entre los 850 y 1650 m de altitud, en localizaciones de umbría, con precipitaciones anuales comprendidas entre 600 y 1300 mm, relativamente homogéneas a lo largo del año. Los substratos litológicos predominantes son silíceos (pizarras, esquistos, areniscas y cuarcitas). Los suelos son Cambisoles y Luvisoles, según el sistema de clasificación de FAO, con una elevada pedregosidad y escasa capacidad de retención de agua, pero, debido al buen reparto de las lluvias, apenas presentan sequía fisiológica. Asimismo, se han evaluado una serie de parámetros selvícolas que, al correlacionarlos con los parámetros ecológicos, permiten inferir que las mejores calidades de hayedo vegetan en estaciones próximas a los 1000 m de cota, y con precipitaciones estivales en torno a los 150 mm; con espesuras y áreas basimétricas crecientes a medida que aumenta el contenido de arcilla y la capacidad retentiva de agua de los suelos.

Palabras clave: *Fagus sylvatica*, hábitat central, hábitat marginal, biotopos, autoecología, silvicultura, La Rioja.

Abstract

Autoecology of beech woodstands in La Rioja (Spain)

In this study, a stratified sampling on 21 plots has been carried out on beech (*Fagus sylvatica* L.) stands in La Rioja (N.E. Spain). On each plot, 36 physiographic, climatic and edaphic parameters have been calculated in order to define central and marginal habitat of beech. Most of beech woodstands are located between 850 and 1650 m elevation, 600 and 1300 mm annual rainfall. According to FAO criteria, soil are classified as Cambisols and Luvisols. These soils are developed on slates, schists, sandstones and quartzites. Although soil water holding capacities are low, there is no significant drought stress, because rainfalls are regularly distributed. Moreover, several silvicultural stand parameters have been calculated and correlated with ecological parameters. As a result, it is concluded that the best beechwoods are located on 1000 m elevation, with around 150 mm summer rainfalls. An increase in stand density and basal area are correlated with an increase in clay content and soil water holding capacities.

Key words: *Fagus sylvatica*, central habitat, marginal habitat, biotopes, autoecology, silviculture, La Rioja.

Introducción

Según los datos del Segundo Inventario Forestal Nacional, realizado durante el decenio 1985-1994 y publicado en el Anuario de Estadística Agraria de 1997 (MAPA, 1997), el haya (*Fagus sylvatica* L.) ocupa en España, como especie dominante, una superficie forestal de 389.654 ha. Esta cifra contrasta con la que se estimó en el Primer Inventario Forestal (MA-

PA, 1980), realizado durante el decenio 1965-74, donde se le asignaba al haya una superficie total de 276.136 ha.

Para la Comunidad Autónoma de La Rioja, el Segundo Inventario Forestal Nacional cuantifica la superficie forestal arbolada en 118.806 ha (23,55 % de la superficie total de esta comunidad). De éstas, el haya ocupa 27.211 ha, siendo, junto con el roble melojo (*Quercus pyrenaica* Willd), la especie forestal más abundante en la Comunidad. Esta cifra refleja también un incremento significativo respecto de la que se estimaba en el Primer Inventario Forestal, en el que, de

* Autor para la correspondencia: ablanco@montes.upm.es
Recibido: 09-01-02; Aceptado: 27-09-02.

una superficie total de bosques de 90.785 ha (18,0 %), 18.703 ha correspondían al haya. Asimismo, la cifra reflejada por Ceballos (1966) en su Mapa Forestal es de 24.900 ha.

Esta disparidad de cifras podría deberse a diferencias metodológicas entre los dos sistemas de inventariación empleados. Pero también, muy probablemente, el área de la especie ha experimentado una expansión en La Rioja, lo que podría deberse a las siguientes causas. Por un lado, a la disminución de la presión humana y ganadera, dentro de su ámbito ecológico, por parte de las poblaciones rurales. Por otro, las reforestaciones de algunas zonas de montaña con otras especies arbóreas han supuesto unas mejores condiciones de proliferación del haya, al abrigo de esas cubiertas protectoras.

Pero, pese a la importancia de la especie en esta Comunidad, se carece de información precisa, sustentada en datos cuantificados, sobre las características del medio en el que puede vivir el haya. Es decir, los requerimientos ecológicos de *Fagus sylvatica* L. son todavía mal conocidos, tanto en el conjunto de la Península, como a nivel regional.

Las exigencias climáticas del haya en Europa han sido estudiadas y acotadas (Szafer, 1932; Watt y Tansley, 1932; Rübel, 1932; Holmsgaard, 1958; Walter, 1968; Lausi y Pignati, 1973; Aussenac y Ducrey, 1977; Becker, 1981; Thomasius y Gärtner, 1988; Peters, 1997), estableciéndose su carácter bioclimático continental, esciófilo e higrófilo. Se conoce la elevada higrofilia que manifiesta la especie, que, en el sur de Europa, le hace relegarse a las zonas montañosas húmedas con baja probabilidad de sequía (Thiébaud, 1984). Debido al déficit de humedad, el límite altitudinal de los hayedos tiende a elevarse a medida que se desciende en latitud, siendo fundamental el papel compensatorio de las nieblas sobre dicho déficit, tal es el caso del Montseny en España (Terradas, 1984), del Monte Etna en Sicilia (Santocona, 1976) o el de los Balcanes (Mayer, 1984). La caracterización edáfica continental de la especie es más imprecisa. Se sabe que el haya es muy tolerante en cuanto a la acidez y a la naturaleza litológica de los suelos, pero que huye de las estaciones encharcadas (Le Tacon, 1981), requiriendo una buena aireación edáfica (Ceballos y Ruiz de la Torre, 1971; Ruiz de la Torre, 1979; Terradas, 1984). Estos rasgos descriptivos generales son inoperantes cuando se refieren a regiones más concretas: así, mientras en Gran Bretaña el haya presenta un carácter calcícola (Bunce, 1992), en otros países euro-

peos puede vivir en estaciones de marcado carácter ácido (Gamisans, 1992; Gruber, 1992; Stoyko, 1992).

Por lo que se refiere a España, se han realizado estudios parciales de carácter comarcal y regional que van profundizando en el conocimiento de los requerimientos ecológicos de la especie (Hemández-Bermejo y Sainz-Ollero, 1978; Gutiérrez, 1988; Sánchez y Carretero, 1993; Sánchez *et al.*, 1992; Aunós *et al.*, 1992; Hernández y Modrego, 1992; Aranda, 1998). Dentro de Cataluña es de destacar el estudio ecológico de los hayedos del Montseny (Terradas, 1984), en el que se describe y analiza de modo profundo la fenología, las condiciones edáficas, el crecimiento y producción, la economía hídrica y la composición bioce-nótica de una parcela experimental de hayedo. De modo más concreto, y en la misma línea que el trabajo aquí presentado, hay que citar el estudio autoecológico de los hayedos catalanes de Elena *et al.* (2001). Faltan, no obstante, estudios similares sobre los hayedos riojanos, de ámbito ecológico claramente diferenciado y bien definido.

El presente trabajo trata de caracterizar algunas de las principales variables ecológicas de esta especie en La Rioja y, en la misma línea que el citado estudio de Elena *et al.* (2001), trata de cuantificar sus principales requerimientos respecto al hábitat (fisiografía, clima y suelo) y a sus características selvícolas. Todo ello bajo un más ambicioso objetivo que es conocer la autoecología del haya en el conjunto del territorio español.

Material y métodos

Área de estudio

De acuerdo con el mencionado Segundo Inventario Forestal, los hayedos en La Rioja se distribuyen principalmente dentro del piso supramediterráneo, tanto sobre materiales calizos como silíceos, aunque predominan en terrenos ácidos. En los substratos calizos coexisten con quejigares e, incluso, carrascales. Se encuentran entre los 800 m y los 1.700 m de altitud, con un máximo de representación entre los 1.200 m y 1.400 m. El relieve es acusado, con más de un 80 % de su área sobre pendientes que superan el 35 %. En cuanto a la edad de la masa, predomina el fustal (70 % de las existencias) con elevadas fracciones de cubida cubierta (más del 60 % de las masas poseen f.c.c. del 70-100 %).

Las masas de hayedo se extienden por las sierras de La Demanda y San Lorenzo que, junto con las cumbres del Serradero, constituyen las primeras barreras en donde las borrascas oceánicas cargadas de humedad descargan sus lluvias en la Comunidad, favoreciendo a esta especie de tendencia atlántica. Así, buenas masas de haya aparecen en la cuenca alta del Oja, y en la cuenca media del Najerilla (umbrías del Cárdenas, Tobía, Roñas, etc.).

En Urbión-Cebollera, de tendencia más continental, los hayedos se sitúan en las exposiciones más favorables, aunque, en una buena parte, especialmente en las cotas más elevadas, el pinar de pino silvestre parece ocupar parte del hábitat del hayedo. Así mismo, se extienden por las cuencas del Najerilla, Iregua y Leza, además de pequeños enclaves en la cuenca alta del río Cidacos; precisamente, el límite oriental de su distribución en La Rioja se encuentra en el hayedo de Po-yales, en la margen derecha del río Cidacos, entre los 1.300 m y 1.600 m de altitud.

La superficie del área de estudio, en principio, incluye a la totalidad de las masas riojanas, es decir, a las 27.211 ha contabilizadas en el Segundo Inventario Forestal Nacional. Sin embargo, dado que la metodología de este estudio exige que las parcelas analizadas estén pobladas por hayedos desde tiempo indefinido con el objeto de garantizar el equilibrio entre todos los componentes del sistema ecológico, se ha preferido utilizar como base geográfica el citado Mapa de Ceballos (1.966) que, por ser más antiguo que otras fuentes cartográficas actuales, corrige los posibles sesgos derivados de la ya aludida hipotética expansión de las masas.

Diseño del muestreo

La estratificación del territorio, es decir, la división de éste en una serie de conjuntos más homogéneos entre sí que el conjunto total y claramente diferenciados, se ha basado en la Clasificación Biogeoclimática Peninsular y Balear (Elena, 1996) que divide el territorio nacional estudiado en siete Ecorregiones y cada una de ellas, a través de dendrogramas elaborados en base a criterios apoyados en datos fisiográficos, climáticos y litológicos, en una serie de clases territoriales.

Dentro de esta clasificación, La Rioja se encuentra repartida en dos Ecorregiones diferentes: La 2ª (Duriense) y la 3ª (Catalano-Aragonesa) que comprende fundamentalmente los territorios del valle del Ebro y la cuenca del Pirineo Oriental. La línea que separa am-

bas Ecorregiones parte del puerto de Piqueras por el curso del río del mismo nombre, sigue después el curso del río Iregua hasta Torrecilla de Cameros y, de ahí, continúa hasta Nájera y Haro.

En el dendrograma de la 2ª Ecorregión (Elena, 1996) que consta de 39 clases territoriales (201 a 239), se determinaron aquellas clases donde aparecen hayedos en La Rioja. El primer nudo del dendrograma separa las clases 231 a 239 de todas las demás. Son clases fundamentalmente montañosas e incluyen a la casi totalidad de los hayedos de La Rioja.

En las clases 201 y 230 sólo aparecen vestigios de hayedos, muy castigados, y sólo tienen cierta importancia los situados en la clase 209, que incluye comarcas próximas a la provincia de Burgos, al SW de Santo Domingo de la Calzada, y los ubicados en la clase 223, cuya máxima representación en La Rioja aparece en las laderas occidentales de la cuenca media del río Najerilla, ya cerca de la separación con la 3ª Ecorregión.

Las clases 231 a 239 se dividen en dos grupos, correspondiendo las 237 a 239 (unas 4.000 ha) a las zonas más frías y lluviosas de la Comunidad.

Análogamente, en el dendrograma de la 3ª Ecorregión (Elena, 1996), que consta de 41 clases territoriales (301 a 341), la presencia del haya en La Rioja se localiza, fundamentalmente, en las clases 332, 335 y 336, representando una superficie de unas 3.000 ha en la clase 332 (Tierra de Cameros) y otras tantas en las dos restantes (Sierra de Cameros Viejo, en el límite con Soria).

En las clases 315, 316 y 326 el hayedo aparece de forma marginal con un total aproximado de 1.000 ha.

El nudo que separa las clases 332 a 334 de las 335 a 337 es esencialmente climático, siendo el grupo primero de zonas algo menos frías y altas que el segundo grupo.

En virtud de la anterior distribución, se decidió dividir el territorio de hayedos de La Rioja en siete estratos, cuya identificación, por Ecorregiones y por clases territoriales se refleja en la Tabla 1, con indicación de la superficie aproximada ocupada por cada estrato.

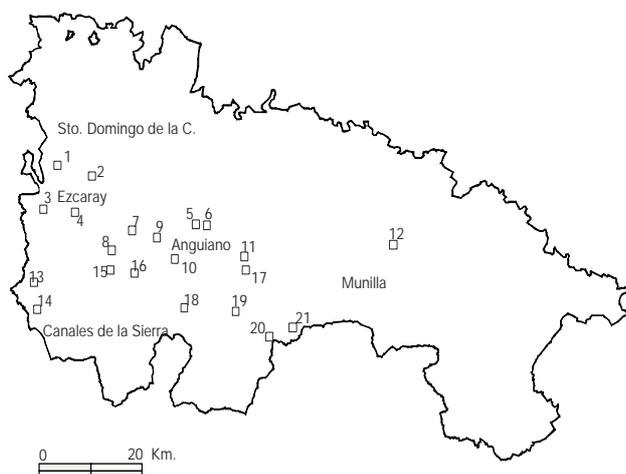
A fin de mantener una densidad de puntos de muestreo similar a la de otros estudios regionales anteriores (Elena *et al.*, 2001) y que, a la vez, fuera suficientemente elevado para posteriores análisis estadísticos, y habida cuenta la extensión de cada estrato, se acordó fijar un total de 21 parcelas de muestreo. El número de parcelas por estrato fue aproximadamente proporcional a su superficie y a la variabilidad de los caracteres fisi-

Tabla 1. Estratificación de los hayedos de La Rioja y sus superficies correspondientes

Estrato	Ecorregiones (Elena, 1996)	Clases territoriales (Elena, 1996)	Superficie (has)	Parcelas
1	2 ^a	209	800	1,3
2	2 ^a	223	900	2,5,6
3	2 ^a	231, 232, 233, 234 y 235	12.200	4,7,8,9,10,16,18
4	2 ^a	237, 238 y 239	4.000	13,14,15
5	3 ^a	315, 316 y 326	1.000	12
6	3 ^a	332	3.000	11,17,19
7	3 ^a	335 y 336	3.000	20,21

cos que caracterizan a cada uno de ellos, pero procurando que todos los estratos estuvieran representados por, al menos, una parcela. Esta última condición obligó a intensificar la densidad de muestreo en los estratos de menor superficie. La distribución de parcelas por estrato se refleja también en la Tabla 1. Su ubicación territorial se llevó a cabo aleatoriamente, con la condición de que cada parcela reflejase los caracteres físicos del estrato al que pertenecía. La posición geográfica de dichas parcelas queda indicada en la Figura 1.

En cada punto de muestreo se fijó una parcela circular con un radio máximo de 18 m y mínimo de 8 m; este radio fue, por tanto, discrecional, en función de la densidad del arbolado, con el fin de incluir en cada parcela un número suficiente de árboles para el análisis selvícola, dado que dicho análisis no depende de la superficie de las parcelas. En cada una de ellas se recogieron datos de las características bióticas y abióticas del medio. Estos datos, posteriormente, se concretaron en unos parámetros selvícolas y parámetros del biotopo.

**Figura 1.** Localización de las parcelas de muestreo de haya en La Rioja.

Parámetros selvícolas

Las características bióticas de las masas quedaron recogidas mediante la medida en campo de una serie de variables dasométricas: forma fundamental de masa (monte alto, monte bajo y monte medio); n° de pies de diámetro normal superior a 7 cm; n° de cepas, en caso de monte bajo o monte medio; altura total, de la base a la coronación, medida mediante hipsómetro digital y edad, medida mediante barrena de Pressler, ambas sobre los dos árboles dominantes de cada parcela; fracción de cabida cubierta del hayedo y del conjunto de los pies arbóreos cuando existan pies de otra especie.

Con esos datos se elaboraron los siguientes parámetros selvícolas: FORMA: forma fundamental de masa; DENP: número de pies individualizados por hectárea; DENC: número de cepas por hectárea; ABAS: área basimétrica por hectárea; HARTC: factor de espaciamiento o índice de Hart-Becking de las cepas (Hart, 1928), de acuerdo con la expresión siguiente:

$$\text{HARTC} = 100 \cdot A/H$$

H: altura dominante de la vegetación (en metros)

A: espaciamiento medio del arbolado, dado por la expresión $A^2 = 20000/(N \cdot \sqrt{3})$

N: n° de cepas por hectárea \equiv DENC

(HARTC disminuye a medida que la espesura aumenta)

Otros parámetros fueron ALTD: altura total dominante; FCCP: fracción de cabida cubierta del hayedo; FCCT: fracción de cabida cubierta de todo el arbolado; REG: regeneración por brinzales (estimada como abundante: 1, escasa: 2 y nula: 3); EDAD: Edad de los árboles dominantes y CAL: calidad de la estación, aplicando el índice del sitio de Madrigal *et al.* (1992) con el que se evalúa la calidad de la estación mediante la estimación de la altura dominante de la masa a los 100 años de edad con la fórmula:

$$\text{CAL} = e^{5,4813+0,3162(\text{LnH}-5,4813)^{0,25}}$$

H: altura dominante de la vegetación (en metros)

t: edad de los árboles dominantes (en años)

Así pues, el número de parámetros estudiados ascendió a 11.

Parámetros del biotopo

Las características abióticas recabadas en las parcelas se refirieron a la fisiografía y al suelo. Con ellos y con los datos procedentes de las estaciones meteorológicas más cercanas (convenientemente extrapolados a cada parcela, según Sánchez Palomares *et al.*, 1999) se han elaborado un total de 36 parámetros ecológicos relacionados con la estructura fisiográfica, climática y edáfica del biotopo, todo ello siguiendo la misma línea metodológica expuesta en otros trabajos análogos de los mismos autores sobre la autoecología de diversas especies forestales (Rubio *et al.*, 1999; Blanco *et al.*, 2000; Elena *et al.*, 2001; Gómez *et al.*, 2002).

Los parámetros con los que se ha caracterizado fisiográficamente los hayedos riojanos han sido: altitud (ALT); pendiente (PND) medida con un clinómetro; e insolación (INS), con la que se evalúa la cantidad de radiación solar que incide en el terreno en función de su pendiente y orientación (Gandullo, 1974).

El régimen pluviométrico se evaluó mediante la precipitación anual (PT), la de primavera (correspondiente a abril, mayo y junio) (PP), de verano (correspondiente a julio, agosto y septiembre) (PV), de otoño (correspondiente a octubre, noviembre y diciembre) (PO) y la de invierno (correspondiente a enero, febrero y marzo) (PI). El régimen térmico se evaluó con la temperatura media anual (TMA), temperatura media del mes más cálido (TMC), temperatura media del mes más frío (TMF), oscilación térmica (OSC) (como diferencia entre TMC y TMF), y la suma de las 12 evapotranspiraciones potenciales mensuales (ETP), según Thornthwaite (1948). El régimen hídrico se analizó mediante la suma de superávits (SUP), suma de déficits (DEF) e índice hídrico (IH), según Thornthwaite y Mather (1955, 1957), así como también, duración de la sequía (DSQ) e intensidad de la sequía (ISQ), según Walter y Lieth (1960).

En cada parcela de muestreo se procedió al estudio de un perfil del suelo, identificando los distintos horizontes edáficos, anotando su color y tomando una muestra representativa de cada uno de ellos. En el laboratorio se efectuaron los análisis físicos y químicos

necesarios de cada horizonte para la clasificación de los suelos (F.A.O., 1998) y para la elaboración de los parámetros definidores del hábitat edáfico, análogamente a lo realizado en trabajos similares (Gandullo *et al.*, 1991; Rubio y Gandullo, 1994).

Como parámetros edáficos físicos definidos para el conjunto de cada perfil se han considerado: tierra fina en tierra natural (TF), arena (ARE), limo (LIM) y arcilla en tierra fina (ARC), de acuerdo con los límites establecidos por el *Soil Conservation Service* del USDA (1975), además de la clase de permeabilidad (PER) en una escala de 1 a 5 (Gandullo, 1994) y la humedad equivalente (HE) (Sánchez y Blanco, 1985). El valor de cada parámetro se ha obtenido calculando la media ponderada con el espesor de los respectivos horizontes, en los 125 cm superiores del perfil. La capacidad de retención de agua (CRA) (Gandullo, 1994), se ha estimado por suma de los valores parciales de CRA de cada horizonte del perfil.

Como parámetros edáficos químicos se han considerado: materia orgánica (MO) (Walkley, 1946), acidez actual (PHA) (valor del pH en H₂O, en proporción 1:2,5), acidez de cambio (PHK) (valor del pH en KCl, en proporción 1:2,5), carbonatos inactivos (% de carbonatos existentes en gravilla fina) (CI) y carbonatos activos (% de carbonatos existentes en limos y arcillas) (CA). Los valores medios en cada perfil se han obtenido ponderando con el espesor de cada horizonte y aplicando el criterio de Russel y Moore (1968) de los pesos decrecientes con la profundidad. Además, y sólo con los datos de los 25 cm superiores, se han calculado los parámetros: materia orgánica superficial (MOS), nitrógeno superficial (NS) (Bremner, 1965) y relación carbono/nitrógeno superficial (CNS).

El funcionamiento hídrico del perfil a lo largo de los meses del año en función de las características del clima y del suelo se evaluó mediante los siguientes parámetros edafoclimáticos (Thornthwaite y Mather, 1957): la evapotranspiración real máxima posible (ETRM), la sequía fisiológica (SF) y el drenaje calculado del suelo (DRJ); este último para evaluar el agua que drena verticalmente hacia profundidades extraedafológicas.

Tratamiento de datos

Con los valores de los 11 parámetros selvícolas y 36 abióticos seleccionados en las 21 parcelas, se procedió a evaluar los siguientes estadísticos: media, des-

viación estándar (D.E.), valor máximo, valor mínimo, asimetría, curtosis y coeficiente de variación (C.V.) (%).

Asimismo, respecto a los parámetros abióticos, se elaboraron unos esquemas gráficos en los que, para cada parámetro, se señalan los valores mínimo (límite inferior, LI) y máximo (límite superior, LS) absolutos, así como el valor medio (M) del mismo. También aparecen los límites que definen el intervalo formado por el 80 % de las parcelas estudiadas (umbral inferior, UI y umbral superior, US) y que excluyen el 10 % de aquellas en las que el parámetro toma los valores mayores aparecidos y el otro 10 % en las que alcanza los valores mínimos (Gandullo, 1972; Gandullo *et al.*, 1974, 1983, 1991). El área definida por el 80 % de los casos se ha denominado **hábitat central** de los hayedos estudiados (UI-US). Las áreas que circunscriben los límites de dicho hábitat óptimo y los extremos absolutos, se definen como **hábitats marginales** de dichos hayedos (LI-UI y US-LS).

Con los parámetros selvícolas se ha realizado un primer análisis bivariable de correlación para seleccionar aquél o aquéllos que pueden ser considerados como mejores índices definidores de las características selvícolas de los hayedos riojanos. Posteriormente, dicho índice fue contrastado con los parámetros del hábitat (fisiográficos, climáticos y edáficos) con el fin de estudiar las relaciones lineales existentes, y tratar de plasmarlas en forma de una ecuación de predicción.

En algunos casos, el análisis bivariable de correlación *índice/parámetro* sufre algunas transformaciones con el fin de mejorar dicha correlación. Estas transformaciones de variables son consecuencia de apreciar que la simple correlación con el parámetro selvícola evaluador de la calidad solo pondría de manifiesto la existencia de una relación cuando los valores más altos de dicha calidad se vean favorecidos por valores extremos del parámetro considerado. Pero si los valores extremos de la calidad tienden a darse en un punto intermedio *p* del rango de variación del parámetro, la anterior relación no quedará patente salvo que se analice la correlación existente entre la calidad y el nuevo parámetro transformado en *|parámetro-p|* (Gandullo *et al.*, 1991; Rubio y Gandullo, 1994).

Posteriormente, para determinar qué parámetros ecológicos pueden ser considerados mejores predictores del estado selvícola se ha realizado un análisis multivariable de regresión paso a paso. Las técnicas de regresión describen la función que mejor ajusta los datos de una variable dependiente (indicador selvícola) frente a una serie de variables regresoras (variables

ambientales), si bien por lo general no se puede obtener una única respuesta totalmente satisfactoria (Snedecor y Cochran, 1984), especialmente si las variables ambientales están fuertemente correlacionadas y resulta difícil separar su efecto conjunto (Potvin y Roff, 1993). Estudios similares (Blanco *et al.*, 1989; Gandullo *et al.*, 1991; Rubio y Gandullo, 1994) apuntan al método ascendente de regresión múltiple paso a paso como el método más indicado para abordar este tipo de cuestiones en las que intervienen parámetros selvícolas como variable dependiente. Al final del proceso se obtiene una ecuación de regresión múltiple, también denominada ecuación de predicción o de pronóstico lineal, que presenta la mejor predicción posible de la variable dependiente a partir de las variables regresoras utilizadas en el modelo.

Todos los análisis estadísticos han sido realizados con el programa STATGRAPHICS plus versión 2.1, así como el programa SPSS/PC, versión 4.

Resultados y Discusión

Análisis exploratorio

Características selvícolas

A pesar de la diferencia de edades de los árboles registrada en las parcelas de muestreo, puede observarse una cierta homogeneidad en los parámetros definidores de la espesura; así las fracciones de cubierta del arbolado (FCCP y FCCT) suelen estar comprendidas entre el 70 y el 80 % y el índice de Hart por número de cepas normalmente (HARTC) varía entre 25 y 35.

Predomina la forma (FORMA) de monte alto aunque no es raro que en la masa aparezcan también algunos chirpiales. Sólo dos parcelas pueden ser catalogadas, estrictamente, como de monte bajo.

La densidad de pies y/o de cepas (DENP y DENC) es muy variable así como la altura total de los árboles dominantes (ALTD). El área basimétrica (ABAS) oscila entre 10 y 50 m²/ha y, en general, se aprecia abundante regeneración (REG) de brinzales en todas las parcelas.

La calidad de la estación (CAL), de acuerdo con las curvas de calidad del arbolado elaboradas por Madrigal *et al.* (1989), se corresponde con la siguiente distribución: 4 parcelas de calidad I; 2 de calidad II; 5 de calidad III; 6 de calidad IV, y 4 de calidad V. La media

Tabla 2. Estadísticos de los parámetros selvícolas estudiados

Parámetro	Media	D.E.	Mínimo	Máximo	Asimetría	Curtosis	C.V.
DENP (N° ha ⁻¹)	812,86	918,8	180	3.350	1,99	3,22	113,03
DENC (N° ha ⁻¹)	612,86	608,0	130	2.800	2,60	8,15	99,21
ABAS (m ² ha ⁻¹)	27,55	10,33	11,90	50,59	0,52	-0,39	37,48
HARTC	24,82	7,65	13,60	45,97	1,18	1,76	30,80
ALTD (m)	22,43	6,60	12,00	37,75	0,38	0,07	29,39
FCCP (%)	76,67	13,81	40	100	-0,76	1,04	18,01
FCCT (%)	77,14	13,38	40	100	-0,86	1,64	17,35
FORMA	1,95	0,97	1	3	0,10	-2,07	49,74
EDAD (años)	115,10	42,41	51	215	0,39	-0,07	36,85
CAL (m)	21,40	5,86	13,17	32,86	0,77	-0,16	27,39
REG	1,24	0,62	1	3	2,52	5,20	50,00

(n = 21) Las variables sin unidades son adimensionales.

del parámetro CAL es de 21,34, casi coincidente con la curva media de calidad III.

En la Tabla 2 se presentan los estadísticos de los parámetros selvícolas determinados. Puede observarse que los parámetros ABAS, HARTC, ALTD, FCCP, FCCT, EDAD y CAL se ajustan bastante bien a una distribución normal. Por el contrario, debido a la elevada asimetría, curtosis y/o coeficiente de variación que presentan los parámetros DENP, DENC, FORMA y REG, es desaconsejable utilizarlos para analizar posteriormente su interrelación con los parámetros definidores del biotopo.

Características abióticas

Las principales masas de hayedos riojanos estudiados se encuentran situados entre los 850 y los 1.650 m de altitud (sin que estas cifras signifiquen límites absolutos para la especie en la región), predominando las cotas próximas a los 1.000 y 1.100 m.

En general se asientan sobre laderas de pendientes fuertes e incluso abruptas, y en orientación de umbría. En ninguna de las parcelas el parámetro insolación (INS) supera el valor de 1 y sólo en tres ocasiones (parcelas 4, 10 y 17) se aproxima a esta cifra. En el resto se mantiene inferior a 0,80.

Según la clasificación de Rivas-Martínez (1987), todas las parcelas pueden incluirse dentro del clima supramediterráneo con índice de termicidad comprendido entre 60 y 120. Siguiendo el criterio de Thornthwaite (1948), el clima se clasifica como mesotérmico, con las excepciones de las parcelas 13 y 14, situadas a más de 1.500 m de cota, que entran dentro del clima microtérmico. Térmicamente, pues, existe

bastante uniformidad con el lógico gradiente de temperaturas más frescas en las altitudes más elevadas. Así el coeficiente de correlación de Pearson entre los parámetros ALT (altitud) y TMF (temperatura media del mes más frío) es de -0,996.

Desde el punto de vista pluviométrico, como era de esperar, también aparece un gradiente positivo entre altitud y precipitaciones. Sin embargo no es tan exagerada la dependencia de éstas con la altitud, como en el caso térmico; así los coeficientes de correlación entre ALT y los parámetros pluviométricos se mantienen en las proximidades de +0,7 y, sólo en el caso de la precipitación de otoño, llega a ser de +0,808. Los menores valores de precipitación anual son inferiores a 700 mm en tres de las parcelas estudiadas (números 12, 20 y 21) y en cinco casos superan los 1.000 mm. El verano siempre es la estación menos lluviosa, con precipitaciones comprendidas entre 125 y 200 mm. Generalmente, las máximas lluvias son primaverales (marzo, abril y mayo) y pueden llegar a representar más de 300 mm de agua. En este sentido, hay que resaltar la diferencia de estos hayedos con los catalanes, en los que, precisamente, el verano constituye la estación más lluviosa (Elena *et al.*, 2001)

El régimen hídrico (termopluviométrico) es consecuencia de lo expuesto en los párrafos anteriores. La suma de superávits (SUP) varía entre 200 y 850 mm; la suma de déficits (DEF) entre 90 y 240, y el índice hídrico anual (IH) define dos climas subhúmedos, tres perhúmedos y dieciseis climas húmedos, según la clasificación de Thornthwaite y Mather (1957). Hay que resaltar que como las lluvias estivales, aun constituyendo el mínimo anual, no son demasiado escasas y las temperaturas estivales no demasiado elevadas, los climodiagramas de Walter y Lieth (1960) revelan, pa-

ra la mayoría de las parcelas, una *sequía meteorológica* (expresada por la suma de los valores negativos de $p - 2t$, siendo p y t las precipitaciones y temperaturas medias mensuales respectivamente) nula o muy escasa. En catorce parcelas el parámetro DSQ vale cero y sólo en tres parcelas llega a suponer más de un mes. Incluso en parcelas con DSQ distinto de cero, la intensidad de la sequía (ISQ) es inferior a 0,005, figurando como nula en el cuadro de parámetros, y sólo en dos ocasiones toma el valor de 0,01 (parcela 21) y 0,02 (parcela 20).

Los hayedos de La Rioja se encuentran asentados bien sobre la gran mancha paleozoica (esencialmente cámbrica) existente entre esta provincia y la de Burgos, bien sobre la orla mesozoica que la rodea por su parte nordoriental, bien sobre los sedimentos terciarios (miopliocenos y esencialmente coluviales) que sirven de transición hacia las zonas onduladas y de llanura del centro del valle del Ebro.

En los suelos formados sobre las rocas paleozoicas el material parental está formado esencialmente por esquistos, pizarras y areniscas muy consolidadas, habiendo aparecido restos de carbonato cálcico sólo en una de las parcelas. Las parcelas identificadas como de litofacies paleozoica son la 3, 4, 7, 8, 10, 13, 14, 15, 16 y 21. Los suelos mesozoicos pertenecen a dos lito-

facies muy distintas: cuatro parcelas (números 17, 18, 19 y 20) se asientan sobre el piso wealdense continental del cretácico inferior y en su material parental predominan las cuarcitas y areniscas muy consolidadas procedentes del arrasamiento de los relieves paleozoicos. Otras dos parcelas (números 9 y 11) son jurásicas y están formadas sobre calizas en masa. En las cinco parcelas restantes, miopliocenas, el material parental está formado también por areniscas más o menos redondeadas, brechas y pudingas.

Hay que resaltar la elevada pedregosidad de todas las parcelas. El porcentaje medio de tierra fina es sólo del 35 % y únicamente en cuatro ocasiones supera al 60 %.

En la Tabla 3 se explicita, para cada parcela, el grupo de suelo según la clasificación F.A.O. (1998), según la clasificación de suelos forestales española (Gandullo, 1994) y la composición textural media de la tierra fina.

Así pues, según la clasificación F.A.O. existen 12 cambisoles, seis luvisoles, dos umbrisoles y un phaeozem. Según la clasificación de Gandullo (1994) existe una rendzina evolucionada, nueve suelos pardos (seis ácidos, dos eutróficos y uno calcimórfico), cuatro suelos ferriargilúvicos, cuatro argilúvicos y tres ferrilúvicos.

Tabla 3. Tipos de suelo y textura de la tierra fina de las parcelas estudiadas

Parcela	Clasificación F.A.O.	Clasificación suelos forestales (Gandullo, 1994)	Textura
01	Cambisol léptico-dístrico	Suelo pardo ácido	Franca
02	Cambisol dístrico	Suelo pardo ácido	Franca
03	Luvisol dístrico	Suelo ferriargilúvico	Franca
04	Cambisol crómico-dístrico	Suelo ferriargilúvico	Franco-limosa
05	Luvisol crómico-dístrico	Suelo argilúvico	Franco-arenosa
06	Luvisol crómico-dístrico	Suelo argilúvico	Franco-arenosa
07	Cambisol dístrico	Suelo pardo ácido	Franco-arenosa
08	Luvisol cálcico	Suelo ferriargilúvico	Franco-limosa
09	Phaeozem calcárico	Rendzina evolucionada	Franco-arcillosa
10	Cambisol estágnico-dístrico	Suelo pardo ácido hidromórfico	Franco-arcillo-limosa
11	Cambisol cálcico-crómico (dístrico)	Suelo pardo calcimórfico	Franca
12	Cambisol crómico-dístrico	Suelo pardo ácido	Franco-arenosa
13	Umbrisol háplico	Suelo pardo ácido	Franca
14	Cambisol dístrico	Suelo argilúvico	Franca
15	Luvisol crómico-dístrico	Suelo ferriargilúvico	Franca
16	Cambisol léptico-éutrico	Suelo pardo eutrófico	Franco-limosa
17	Luvisol estágnico	Suelo argilúvico hidromórfico	Franco-arcillosa
18	Cambisol léptico-estágnico (éutrico)	Suelo pardo eutrófico hidromórfico	Franco-limosa
19	Cambisol léptico-éutrico	Suelo ferrilúvico	Franco-arcillosa
20	Cambisol estágnico-dístrico	Suelo ferrilúvico hidromórfico	Franco-limosa
21	Umbrisol háplico	Suelo ferrilúvico	Franco-arenosa

Lógicamente, la tendencia a formar horizontes de acumulación (a pesar de las fuertes pendientes) se observa en las parcelas situadas bajo mayor precipitación. Así todos los luvisoles se encuentran bajo lluvias anuales superiores a los 900 mm, con la excepción del suelo de la parcela 14, que hay que clasificarlo como cambisol, sólo porque el horizonte superior no alcanza los 18 cm de espesor y el índice de arrastre de arcilla es menor de 2. Recíprocamente, todos los cambisoles se hallan bajo clima de precipitación inferior a los 950 mm.

Los suelos no suelen ser muy húmíferos; generalmente el porcentaje medio de humus es del orden del 3 ó 4 % y el de los 25 cm superiores del 5 ó 6 %. La reacción de

estos suelos presenta nueve parcelas fuertemente ácidas; siete, moderadamente ácidas; cuatro, neutras, y una, fuertemente básica. Naturalmente, ésta es una de las parcelas asentadas sobre calizas jurásicas y presenta un porcentaje de carbonatos activos superior al 20 %.

Puede observarse que la relación C/N de los horizontes superficiales siempre está por debajo de 13, incluso en los terrenos fuertemente ácidos, lo que viene a corroborar lo observado en el estudio de otros hayedos (Sánchez *et al.*, 1992; Elena *et al.*, 2001): la facilidad de mineralización de los residuos del haya, tanto más cuando el clima tiene ya claros matices mediterráneos.

Tabla 4. Estadísticos de los parámetros del biotopo estudiados

Parámetro	Media	D.E.	Mínimo	Máximo	Asimetría	Curtosis	C.V.
ALT (m)	1.152,9	206,6	850	1.640	0,66	-0,01	17,92
PND (%)	43,3	12,2	25	70	0,84	0,14	28,20
INS	0,662	0,164	0,36	0,96	-0,01	-0,32	24,74
PI (mm)	257,29	67,50	152,0	396,0	0,23	-0,62	26,24
PP (mm)	262,76	57,38	177,0	374,0	0,31	-0,81	21,84
PV (mm)	156,43	17,34	127,0	194,0	0,43	-0,41	11,09
PO (mm)	223,76	59,41	155,0	354,0	0,68	-0,54	26,55
PT (mm)	900,24	199,52	618,0	1.318,0	0,43	-0,64	22,16
TMA (°C)	9,51	0,10	7,14	10,97	-0,71	0,14	10,49
TMC (°C)	18,11	1,13	15,40	19,70	-0,78	0,24	6,22
TMF (°C)	2,31	0,83	0,20	3,50	-0,88	0,67	35,87
OSC (°C)	15,80	0,35	15,20	16,30	-0,33	-1,38	2,23
ETP (mm)	618,28	30,37	544,4	662,3	-0,77	0,32	4,91
SUP (mm)	463,04	183,94	208,1	864,8	0,52	-0,49	39,73
DEF (mm)	181,10	42,09	91,2	238,7	-0,73	-0,54	23,24
IH	58,81	37,68	13,2	148,8	0,82	-0,02	64,05
DSQ (nº meses)	0,212	0,43	0,00	1,34	1,96	2,45	202,08
ISQ	0,001	0,005	0,00	0,02	3,53	12,58	334,27
TF (%)	35,01	20,82	10,69	80,22	1,17	0,25	59,46
ARE (%)	37,86	16,83	10,54	67,34	0,59	-0,71	44,45
LIM (%)	43,42	11,98	22,00	62,80	-0,63	-0,61	27,60
ARC (%)	18,72	7,61	7,78	32,34	0,50	-0,93	40,66
PER	2,97	0,97	1,20	5,00	0,05	-0,36	32,51
HE (%)	26,35	5,98	15,93	34,19	-0,58	-1,02	22,70
CRA (mm)	89,48	62,46	16,09	239,62	1,11	0,57	69,80
MO (%)	3,51	1,73	1,34	7,46	0,87	0,05	49,34
MOS (%)	6,06	2,56	2,25	11,19	0,55	-0,67	42,32
NS (%)	0,32	0,12	0,14	0,52	0,49	-1,06	35,66
CNS	10,65	1,63	7,70	13,30	-0,27	-0,91	15,34
PHA	5,81	0,90	4,75	8,07	0,98	0,42	15,58
PHK	4,51	1,05	3,36	7,24	1,48	1,52	23,21
CI (%)	5,66	17,41	0,00	76,14	3,72	14,75	307,51
CA (%)	1,71	5,37	0,00	22,86	3,58	13,24	313,23
ETRM (mm)	506,06	37,41	429,47	574,02	-0,25	-0,16	7,39
SF (mm)	112,21	47,47	39,44	214,85	0,38	-0,55	42,30
DRJ (mm)	389,41	197,88	92,78	820,50	0,49	-0,49	50,81

(n = 21) Las variables sin unidades son adimensionales.

La elevada pedregosidad y las fuertes pendientes originan unos suelos con escasa capacidad de retención de agua, que solamente en cuatro ocasiones supera los 150 mm. Sin embargo, la nula o escasa sequía meteorológica comentada origina que la sequía fisiológica sea también bastante escasa, superando en una sola ocasión los 200 mm.

El análisis de los estadísticos reflejados en la Tabla 4, muestra que los parámetros ALT, PV, TMA, TMC, OSC, ETP, CNS, PHA y ETRM tienen un coeficiente de variación muy pequeño, inferior al 20 %. Por el contrario, este coeficiente es muy elevado en los parámetros DSQ, ISQ, CI y CA que, por otra parte, son

los únicos que, de acuerdo con sus valores de asimetría y curtosis, tienen una distribución claramente alejada de la distribución normal. Ello es consecuencia de que esos cuatro parámetros toman el valor de cero en la mayoría de las parcelas, según se ha indicado en los comentarios anteriores.

Hábitats centrales y marginales

El hábitat central del haya, definido cuantitativamente en la Tabla 5, y extraído a partir de sus manifestaciones presenciales, puede considerarse como el área potencial mínima de esta especie en La Rioja. La aparición

Tabla 5. Valores paramétricos que definen el hábitat de los hayedos en La Rioja

Parámetro	LI	UI	Media	US	LS
ALT (m)	850	940	1.153	1.360	1.640
PND (%)	25	30	43	60	70
INS	0,36	0,43	0,66	0,91	0,96
PI (mm)	152,0	163,0	257,3	335,0	396,0
PP (mm)	177,0	188,0	262,8	344,0	374,0
PV (mm)	127,0	136,0	156,4	176,0	194,0
PO (mm)	155,0	157,0	223,8	310,0	354,0
PT (mm)	618,0	648,0	900,2	1.169,0	1.318,0
TMA (°C)	7,1	8,4	9,51	10,6	11,0
TMC (°C)	15,4	16,8	18,11	19,3	19,7
TMF (°C)	0,2	1,5	2,31	3,2	3,5
OSC (°C)	15,2	15,3	15,80	16,2	16,3
ETP (mm)	544,4	586,2	618,3	651,4	662,3
SUP (mm)	208,1	239,1	463,0	708,0	864,8
DEF (mm)	91,2	125,3	181,1	220,6	238,7
IH	13,2	20,1	58,8	108,0	148,8
DSQ (nº meses)	0,00	0,00	0,21	1,08	1,34
ISQ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
TF (%)	10,69	15,70	35,01	66,39	80,22
ARE (%)	10,5	22,3	37,9	64,7	67,3
LIM (%)	22,0	24,9	43,4	54,8	62,8
ARC (%)	7,8	10,1	18,7	29,3	32,3
PER	1,20	1,72	2,97	3,96	5,00
HE (%)	15,9	17,5	26,3	32,9	34,2
CRA (mm)	16,1	21,4	89,5	164,5	239,6
MO (%)	1,34	1,50	3,51	6,10	7,46
MOS (%)	2,25	3,03	6,06	9,84	11,19
NS (%)	0,14	0,21	0,32	0,49	0,52
CNS	7,7	8,3	10,7	12,6	13,3
PHA	4,75	4,86	5,80	7,12	8,07
PHK	3,36	3,65	4,50	6,21	7,24
CI (%)	0,00	0,00	5,66	17,79	76,14
CA (%)	0,00	0,00	1,71	2,75	22,86
ETRM (mm)	429,5	457,3	506,1	547,2	574,0
SF (mm)	39,4	60,5	112,2	174,0	214,8
DRJ (mm)	92,8	166,6	389,4	654,9	820,5

(n = 21) Las variables sin unidades son adimensionales.

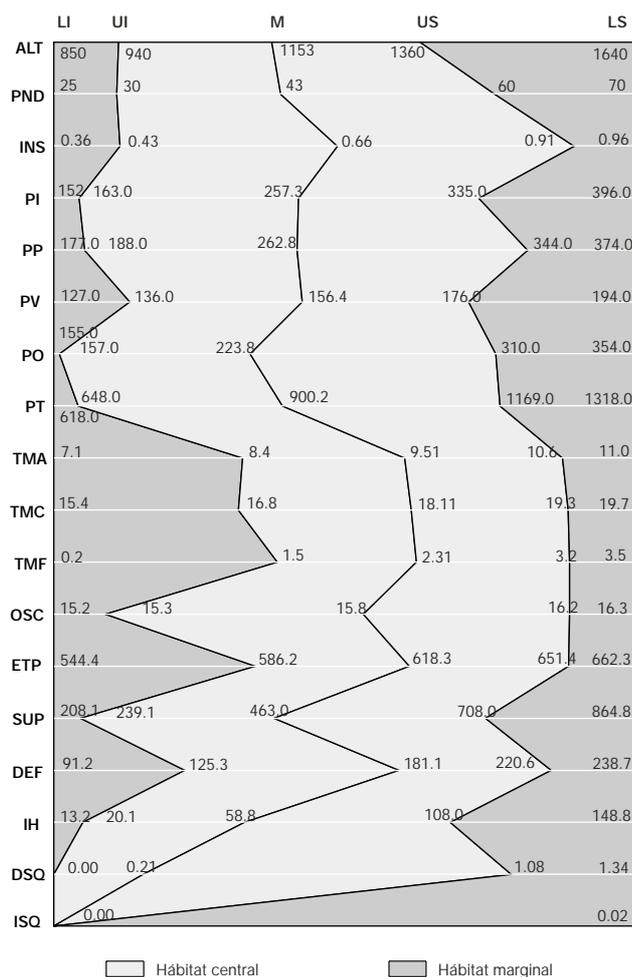


Figura 2. Hábitat fisiográfico y climático central y marginal de *Fagus sylvatica* en La Rioja.

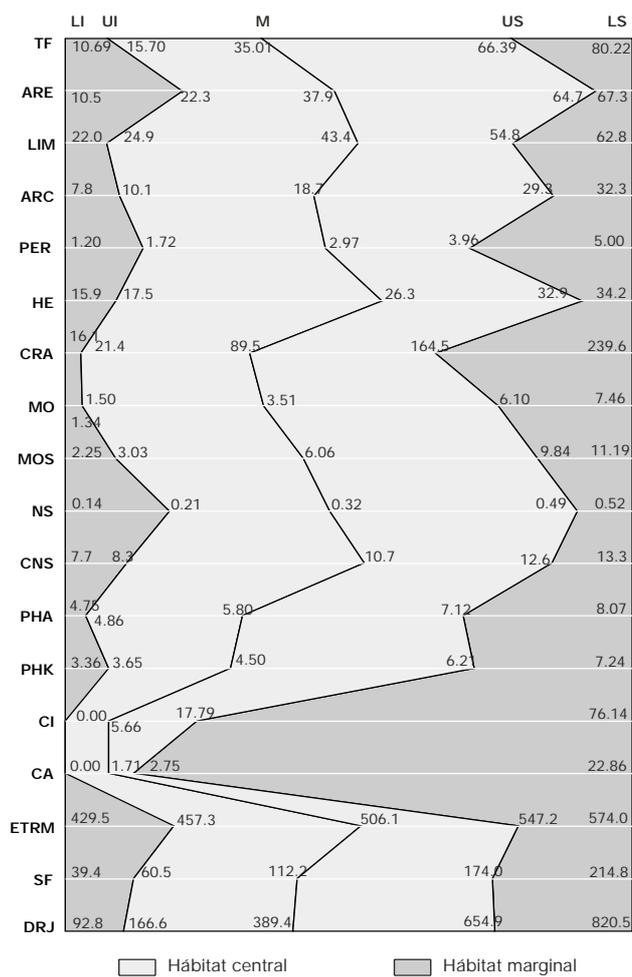


Figura 3. Hábitat edáfico y edafoclimático central y marginal de *Fagus sylvatica* en La Rioja.

del haya en las regiones consideradas como marginales podría deberse a una serie de compensaciones entre factores ecológicos, o incluso a parámetros que escapan de los límites de este trabajo. En la Figura 2 se muestra gráficamente el diagrama representativo del hábitat fisiográfico y climático de los hayedos riojanos y, en la Figura 3, el hábitat edáfico y edafoclimático.

Una correcta interpretación de dichos diagramas podría tener una traducción práctica en la propagación artificial de la especie en la región, en aquellos territorios que estuvieran acotados por los valores paramétricos estudiados. Concretamente, habría que poner en consideración aquellos territorios cuya ubicación está definida por valores de los parámetros comprendidos dentro del área central, frente a aquellas localizaciones cuyos parámetros se sitúen total o parcialmente dentro de lo que se ha denominado hábitat marginal. Habrá que pensar, por ejemplo, que la restauración de masas de la

especie en los segundos será problemática, presentando, por el contrario, mayores garantías de éxito los territorios que correspondan a los señalados en primer lugar. Evidentemente, las probabilidades de fracaso aumentarán en aquellos biotopos que presenten valores de los parámetros fuera de los límites definidos por los máximos y los mínimos absolutos.

Las observaciones anteriores pueden matizarse en el sentido de considerar la amplitud de los intervalos marginales como una medida de la fiabilidad de dichos intervalos. Así, para una determinada localización, un intervalo marginal muy estricto, para determinados parámetros que por su naturaleza pueden considerarse más limitantes, indica un mayor riesgo para instalar el haya como especie de reforestación en dicha estación. Recíprocamente, un intervalo marginal muy amplio implicará un menor riesgo al considerar el haya como especie a instalar en dicha localización.

Con objeto de poner de manifiesto las anteriores consideraciones se ha confeccionado la Tabla 6, donde se explicita la magnitud relativa de los hábitats marginales con respecto al hábitat central, para cada uno de los parámetros considerados, con la excepción del parámetro ISQ, en el que el hábitat central es nulo y sólo existe hábitat marginal superior.

De los valores reflejados en dicha Tabla 6 pueden deducirse las siguientes consideraciones:

Tabla 6. Magnitudes relativas a los hábitats marginales respecto al hábitat central

Parámetro	Magnitudes relativas respecto al hábitat central (hábitat central = 100)	
	Hábitat marginal inferior	Hábitat marginal superior
ALT	21	67
PND	17	33
INS	15	10
PI	6	35
PP	7	19
PV	22	45
PO	1	29
PT	6	29
TMA	59	18
TMC	56	16
TMF	76	18
OSC	11	11
ETP	64	17
SUP	7	33
DEF	36	19
IH	8	46
DSQ	0	24
TF	10	27
ARE	28	6
LIM	10	11
ARC	12	16
PER	23	46
HE	10	8
CRA	4	52
MO	3	30
MOS	11	11
NS	25	11
CNS	14	16
PHA	5	42
PHK	11	40
CI	0	328
CA	0	731
ETRM	31	30
SF	19	36
DRJ	15	34

Letra **negrita**: porcentajes inferiores a 10. Letra *cursiva*: porcentajes superiores a 50.

Existen altas probabilidades de fracaso, si se pretende introducir el haya en La Rioja, en aquellos hábitats cuyos valores pluviométricos se encuentren en los hábitats marginales inferiores; es decir, en aquellas comarcas donde: PI < 163 mm, PP < 188 mm, PO < 157 mm, PT < 648 mm, SUP < 239,1 mm, IH < 20,1

Asimismo, resultan inadecuados para la especie los hábitats con INS > 0,91.

Con respecto a las propiedades del suelo, tampoco debería introducirse la especie cuando: TF < 15,70 %, ARE > 64,7 %, LIM < 22,3 %, HE < 17,5 y HE > 32,9, CRA < 21,4 mm, MO < 1,50 %

Por el contrario, sin sobrepasar los valores límites, se pueden utilizar con cierta confianza los hábitats marginales inferiores de TMA, TMC, TMF y ETP, y los superiores de ALT, CRA, CI y CA, es decir: 7,1 < TMA < 8,4°C, 15,4 < TMC < 16,8°C, 0,2 < TMF < 1,5°C, 544,4 < ETP < 586,2 mm, 1.360 < ALT < 1.640 m, 164,5 < CRA < 239,6 mm, 17,79 < CI < 76,14 %, 2,75 < CA < 22,86 %

Interacciones entre los caracteres selvícolas y el biotopo

Análisis de correlación entre los parámetros selvícolas

Desechados los parámetros DENP, DENC, FORMA y REG por los motivos apuntados en apartado anterior, el análisis de correlaciones significativas entre los demás parámetros queda reflejado en la Tabla 7, en la que se destacan, así mismo, los niveles de significación más elevados.

Todas estas correlaciones significativas eran presumibles. HARTC es un indicador de la espesura de la masa, por lo que es lógico que esté significativamente ligado, con coeficiente negativo, a las fracciones de cubida cubierta y al área basimétrica (recordemos que valores bajos de HARTC indican fuertes espesuras). También, aunque menos significativas, son lógicas las correlaciones del parámetro EDAD: los árboles más viejos tienden a tener mayor altura y a dejar claros en sus fracciones de cubida cubierta.

El parámetro CAL sólo se liga significativamente con ALTD, del que depende, pero no aparece correlacionado con ninguno de los otros. Dicho de otra forma, el parámetro CAL es evaluador de la calidad de la estación, mientras que los demás son descriptivos del estado actual de las masas, no de su potencialidad, y

Tabla 7. Coeficientes de correlación entre los parámetros selvícolas

ABAS	HARTC	ALTD	FCCP	FCCT	Edad	CAL	
ABAS	—	-0,700**	0,263	0,405°	0,362	0,047	0,197
HARTC		—	-0,195	-0,756***	-0,729**	0,235	-0,355
ALTD			—	-0,078	-0,072	0,408°	0,714**
FCCP				—	0,988***	-0,495*	0,251
FCCT					—	-0,476*	0,240
EDAD						—	-0,328
CAL							—

Niveles de significación: °: $p > 90\%$. *: $p > 95\%$. **: $p > 99,5\%$. ***: $p > 99,9\%$.

ese estado depende del tratamiento a que hayan estado sometidas.

Por los motivos anteriores, para analizar las interrelaciones de los parámetros definidores del biotopo con los parámetros selvícolas, hemos escogido, de entre estos últimos, ABAS y HARTC como indicadores de las condiciones en que se encuentran hoy las masas riojanas de mayor espesura y mayor área basimétrica, y CAL para intentar evaluar cuáles son las propiedades del medio abiótico que definen una mejor calidad de la estación. Para ello, y de acuerdo con las pautas estadísticas señaladas en anteriores epígrafes, se han calculado los coeficientes de correlación entre estos parámetros selvícolas y cada uno de los parámetros abióticos estudiados, siempre que el nivel de significación fuera superior al 90 %.

Correlación del área basimétrica (ABAS) con los parámetros abióticos

El análisis bivariable de correlación se refleja en la Tabla 8. En ella, con el objeto de afinar dicha correlación, algunos parámetros abióticos han sido deliberadamente transformados en |parámetro - p |, siendo p el valor intermedio del rango de variación de dicho parámetro, tal y como se justificó en el apartado precedente.

La interpretación pormenorizada de los coeficientes más significativos revela que las masas actuales con mayor área basimétrica se encuentran, en general, en condiciones fisiográficas, climáticas y de pedregosidad (véase el parámetro TF) extremas (siempre dentro del hábitat riojano de la especie); es decir, se encuentran en las cotas bajas, menos lluviosas y más calientes, o en las zonas más elevadas, lluviosas y frías. Edáficamente, a igualdad de otras características, el haya parece preferir suelos con cierta abundancia de arcilla, que tengan alta capacidad de retención de agua y, por ello, baja sequía fisiológica.

Para determinar una ecuación de pronóstico lineal, comentada en apartado anterior, eliminando redundancias de información y descubrir aquellos parámetros cuya influencia se encuentra enmascarada en el análisis bivariable por mecanismo de compensación, se ha seguido el análisis multivariable ascendente de regresión paso a paso, también señalado en dicho apartado. Para ello se hicieron dos ensayos: uno con los parámetros fisiográficos y climáticos, bastante ligados todos ellos, y otro con los edáficos y edafoclimáticos (que también podrían ser redundantes). Ambos ensayos permitieron seleccionar un conjunto de parámetros abióticos para, posteriormente, investigar la mejor regresión posible, en aras de obtener la ecuación de pronóstico definitiva, deteniendo el análisis de re-

Tabla 8. Coeficientes de correlación entre ABAS y los parámetros abióticos con mayor nivel de significación

Parámetro	Coef. correlación
ALT - 1.200	0,485*
PP - 250	0,410°
PO - 240	0,474*
PT - 850	0,408°
TMA - 9,5	0,538*
TMC - 18	0,542*
TMF - 2,5	0,544*
ETP - 620	0,532*
SUP - 500	0,414°
DEF - 170	0,558**
IH - 60	0,511*
TF - 25	0,453*
ARC	0,386°
CRA	0,398°
MO - 3,5	0,487*
ETRM	0,442*
SF	-0,478*
DRJ - 400	0,550**

Niveles de significación: °: $p > 90\%$. *: $p > 95\%$. **: $p > 99,5\%$. ***: $p > 99,9\%$.

gresión cuando se comprobó que la adición de un nuevo parámetro no aportaba reducción sensible ni de la absorción de la varianza ni del error estándar de la estimación.

La ecuación de pronóstico obtenida, con ABAS como variable dependiente, fue la siguiente:

$$ABAS = -45,7286 + 0,309282 |DEF-170| + 0,121274 \cdot ETRM$$

Esta ecuación de pronóstico sólo absorbe el 44,92 % de la varianza, teniendo un error estándar de estimación de 7,66 m², con un valor de la F de Snedecor de 9,16 para 2 y 18 grados de libertad. Lo exiguo del porcentaje de varianza absorbida demuestra que este parámetro descriptor está muy ligado a la historia anterior del tratamiento selvícola de la masa y menos ligado a las condiciones de la estación.

Correlación del índice de Hart por número de cepas (HARTC) con los parámetros abióticos

En la Tabla 9 puede observarse que todos los parámetros significativos lo son con signo negativo (volvemos a recordar que valores pequeños del índice de Hart indican fuertes espesuras) y marcan posiciones intermedias en cuanto a régimen pluviométrico, insolación, pedregosidad y capacidad de retención de agua.

Hay que interpretar, pues, que las masas de mayor espesura vegetan en los sitios más lluviosos, de clara orientación de umbría, poco pedregosos y sobre suelos con alta capacidad de retención de agua, circunstancia bastante acorde con las preferencias generales atribuidas a la especie; pero, también, en las comarcas menos lluviosas, pedregosas, con orientaciones inter-

Tabla 9. Coeficientes de correlación entre HARTC y los parámetros abióticos con mayor nivel de significación

Parámetro	Coef. correlación
INS - 0,55	-0,458*
PV - 160	-0,443*
PO - 240	-0,403°
PT - 950	-0,420°
SUP - 500	-0,420°
IH - 60	-0,383°
TF - 25	-0,466*
CRA - 90	-0,489*
DRJ - 400	-0,439°

Niveles de significación: °: p > 90 %. *: p > 95 %. **: p > 99,5 %. ***: p > 99,9 %.

medias o/y sobre suelos con muy baja capacidad de retención de agua, quizás porque, en estas situaciones más próximas a la marginalidad, el aprovechamiento del monte es nulo o muy escaso.

El análisis multivariable ascendente de regresión paso a paso, con las pautas metodológicas ya comentadas en párrafos precedentes, introduce en la ecuación de pronóstico, como nuevos parámetros a tener en cuenta, |NS - 0,40| y PHA que no habían salido significativos en el análisis bivariable y que indican, asimismo, que las mayores espesuras tienden a aparecer en los suelos de pH más elevado, con nivel de nitrógeno superficial, bien muy bajo o claramente alto.

La ecuación de pronóstico queda así:

$$HARTC = 57,2042 - 30,5757 |INS-0,55| - 0,589931 |PV-160| - 56,4451 |NS-0,40| - 2,00302 \cdot PHA$$

Esta ecuación absorbe el 52,03 % de la varianza, tiene un error estándar de 5,29, con una F de Snedecor de 6,42 para 4 y 16 grados de libertad. Este valor de la varianza, aunque algo superior al del caso anterior, sigue demostrando el carácter descriptivo de este parámetro, muy ligado a la historia anterior de las masas.

Correlación de la calidad del arbolado (CAL) con los parámetros abióticos

El análisis de correlación para el parámetro CAL aparece reflejado en la Tabla 10.

Las correlaciones negativas con |ALT-1.050|, |PV-150|, |SUP-400| y |DRJ-250| indican el óptimo

Tabla 10. Coeficientes de correlación entre CAL y los parámetros abióticos con mayor nivel de significación

Parámetro	Coef. correlación
ALT - 1.050	-0,371°
INS - 0,55	0,415°
PV - 150	-0,438*
SUP - 400	-0,376°
TF	0,473*
LIM - 40	0,518*
CRA - 90	0,572**
MO	-0,456*
MOS	-0,383°
CNS	-0,479*
ETRM - 500	0,424°
DRJ - 250	-0,376°

Niveles de significación: °: p > 90 %. *: p > 95 %. **: p > 99,5 %. ***: p > 99,9 %.

climático en cuanto a calidad de la estación de los hayedos riojanos: altitudes próximas a 1.050 m, precipitaciones estivales del orden de 150 mm y precipitaciones totales que aseguren una suma de superávits del orden de los 400 mm y un drenaje próximo a los 250 mm.

Las mejores calidades aparecen, desde el punto de vista edáfico, en los suelos poco pedregosos, pobres en materia orgánica y con valores relativamente altos de relación C/N. Texturalmente, prefiere los suelos poco limosos, aunque ello represente escasa capacidad de retención de agua, o muy limosos, con alta capacidad de retención.

La ecuación de pronóstico, deducida como en los casos anteriores, introduce tres nuevos parámetros enmascarados ($|ARE-40|$, NS e ISQ, aunque este último tiene un valor testimonial porque su valor es cero, a lo sumo, 0,02) que vienen a matizar las anteriores afirmaciones en el sentido de preferencia por suelos con un 40 % de arena en tierra fina y altos contenidos en nitrógeno.

La ecuación de pronóstico es la siguiente:

$$CAL = 20,2798 + 0,072718 |CRA-90| - 3,05985 \cdot MO + 0,563229 |LIM-40| - 0,329229 |ARE-40| + 331,104 \cdot ISQ + 22,4164 \cdot NS$$

Esta ecuación absorbe el 64,12 % de la varianza, presenta un error estándar de 3,51 m y un valor de la F de Snedecor de 6,96 con 6 y 14 grados de libertad, por lo que estas cifras se estiman bastante aceptables. Puede extrañar que en la ecuación no aparezca ningún parámetro climático, a excepción de ISQ. Esto en modo alguno quiere decir que la calidad presumible del haya sea independiente de las características climáticas. Es preciso volver a insistir que estas ecuaciones de pronóstico representan un «ejercicio estadístico» en el sentido de relacionar números, por lo que, además de que su validez debe circunscribirse al ámbito comarcal donde se ha efectuado el estudio, el azar hace que valores de determinados parámetros edáficos coincidan con ciertos valores de otros parámetros climáticos.

Conclusiones

A modo de síntesis, podemos citar algunas de las conclusiones u observaciones más relevantes obtenidas del estudio de las estaciones de hayedos en La Rioja:

Desde el punto de vista fisiográfico, los hayedos riojanos se encuentran, en su mayoría, situados entre los 850 y 1.650 m de altitud (sin que estos límites cons-

tituyan los extremos absolutos de su rango altitudinal); las pendientes son acusadas e, incluso, abruptas (el 80 % de las parcelas muestreadas han presentado pendientes comprendidas entre el 30 y el 60 %); casi todas sus localizaciones son marcadamente de umbría.

El clima es supramediterráneo, generalmente húmedo; la precipitación anual en la mayoría de su hábitat está comprendida entre los 600 y 1300 mm, con un valor medio en torno a los 900 mm; el régimen de estas precipitaciones es relativamente homogéneo, con un ligero máximo primaveral y un mínimo estival. A pesar de este mínimo estival, la sequía meteorológica, evaluada a través de los parámetros DSQ e ISQ, es nula o muy escasa. Hay que resaltar la diferencia con los hayedos catalanes, en los que, precisamente, el verano es la estación más lluviosa.

Los suelos están edificados sobre terrenos paleozoicos (cámbricos), mesozoicos (jurásicos y wealdenses) y miopliocenos. El material parental es fundamentalmente silíceo, predominando pizarras, esquistos, areniscas, cuarcitas y pudingas; no obstante, existen algunas calizas, aunque restringidas a terrenos jurásicos, mucho más minoritarios.

Según la clasificación F.A.O., los tipos de suelo predominantes son *Cambisoles* y *Luvisoles*, aunque también aparece algún *Umbrisol* y *Phaeozem*, dominando en el conjunto total las unidades *dístricas* y *crómicas*, y en menor proporción, la *estágnica*. En más de la mitad de las parcelas muestreadas se aprecian horizontes de acumulación de arcilla, de óxidos de hierro libres o de ambos, si bien la existencia de ambos está muy ligada a la abundancia de las precipitaciones (casi la totalidad de los *Luvisoles* se encuentran bajo lluvias anuales superiores a los 900 mm, es decir, a la media del hábitat estudiado). Aunque los suelos presentan una cierta heterogeneidad textural, el tipo textural más frecuente es el franco, y en menor proporción, el franco-limoso y franco-arenoso.

La reacción de los suelos es muy variada (el rango de pH oscila aproximadamente entre 5 y 8, aunque la mayoría de las estaciones son de carácter ácido, con una media en torno a 6); pero siempre el humus es de buena calidad, con relación C/N inferior a 13.

Los suelos presentan una elevada pedregosidad. El contenido en tierra fina de la mayoría de las muestras oscila entre el 16 y el 70 %, siendo el porcentaje medio del conjunto sólo del 35 %, es decir, un 65 % corresponde a gravas y gravillas. Este hecho explica que presenten una escasa capacidad de retención de agua (en torno a 90 mm de media), pese a lo cual, no pade-

cen una apreciable sequía a lo largo del año, debido a la regularidad de las precipitaciones.

Los hábitats marginales inferiores de los parámetros pluviométricos son muy estrictos y, por lo tanto, la utilización de esos valores para la localización de otros ámbitos susceptibles de forestarse con nuevas masas de hayedo, sería, cuando menos, arriesgada. No ocurre así con los hábitats marginales inferiores de carácter térmico, ni con los superiores de altitud, capacidad de retención de agua y contenido en carbonatos de los suelos.

Las masas actuales presentan las mayores áreas basimétricas y mejores espesuras sobre los suelos más arcillosos, con alta capacidad de retención de agua y baja sequía fisiológica, siempre a igualdad de otras circunstancias; curiosamente, esta mejora del área basimétrica y espesura se produce, dentro del hábitat, en las situaciones extremas desde el punto de vista climático, lo que sugiere que, en esas situaciones más próximas a la marginalidad, el aprovechamiento del monte ha sido nulo o muy escaso.

Las mejores calidades de la estación tienen lugar en situaciones próximas a los 1.050 m de cota, precipitaciones estivales del orden de 150 mm, superávits cercanos a 400 mm y drenajes próximos a 250 mm, sobre suelos poco pedregosos, pobres en materia orgánica y porcentajes de arena en tierra fina cercanos al 40 %.

El área basimétrica puede ser estimada, aunque con poca aproximación, a través de una ecuación de pronóstico cuyas variables independientes son los parámetros DEF y ETRM.

La ecuación de pronóstico del índice de Hart por número de cepas es también de escasa aproximación y en ella intervienen los parámetros INS, PV, NS y PHA.

La calidad de la estación puede ser bastante bien estimada con una ecuación de pronóstico en la que están presentes los parámetros CRA, MO, LIM, ARE, ISQ y NS.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la CICYT en el marco del convenio de colaboración entre dicho organismo y el INIA mediante el proyecto FOA 97-1649. Queremos agradecer la colaboración prestada por el personal de la Dirección General de Medio Ambiente de la Comunidad de La Rioja, que puso a nuestra disposición los medios materiales y humanos necesarios para el desarrollo de las tareas de campo.

Referencias bibliográficas

- ARANDA, 1998. Comportamiento ecofisiológico de *F. sylvatica* y *Q. petraea* (Matt) Liebl. en el «Hayedo de Montejo de la Sierra» (C.A.M.) Tesis Doctoral (inédita). Universidad Politécnica de Madrid. E.T.S.I. Montes. Madrid.
- AUNÓS A., ELGARRESTA E., DORRONSORO V., 1992. La luz y el sotobosque como factores determinantes en la regeneración natural de un hayedo guipuzcoano. En: ELENA-ROSELLO R. (Edit). Actas del Congreso Internacional del Haya. Pamplona. Vol. I, 247-260.
- AUSSENAC G., DUCREY M., 1977. Etude bioclimatique d'une futaie feuillue (*Fagus sylvatica* L. et *Quercus Sessiliflora* Salisb.) de l'Est de France. I Analyse des profils microclimatiques et des caractéristiques anatomiques et morphologiques de l'appareil foliaire. Ann. Sci. Forest. 34 (4), 265-284.
- BECKER M., 1981. Characterisation climatique de la hêtre. En: TESSIER DU CROS *et al.* (Edit.). Le Hêtre, pp. 71-77, INRA, Paris.
- BLANCO A., CASTROVIEJO M., FRAILE J.L., GANDULLO J.M., MUÑOZ L.A., SÁNCHEZ PALOMARES O., 1989. Estudio ecológico del pino canario. ICONA, serie Técnica, 6. Madrid.
- BLANCO A., RUBIO A., SÁNCHEZ O., ELENA R., GÓMEZ V., GRAÑA D., 2000. Autoecología de los castaños de Galicia (España). Invest. Agrar.: Sist. Recur. For. 9 (2), 337-361.
- BREMNER J.M., 1965. Methods of soil analysis. Part 2. American Society of Agronomy. pp. 1162-1164.
- BUNCE R.G.H., 1992. Some notes on the ecological status of beech in Britain. En: ELENA-ROSELLO R. (Edit). Actas del Congreso Internacional del Haya. Pamplona. Vol II, 129-137.
- CEBALLOS L., 1966. Mapa forestal de España. Escala 1:400.000. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- CEBALLOS L., RUIZ DE LA TORRE J., 1971. Árboles y arbustos de la España Peninsular. I.F.I.E. y E.T.S.I.M. Madrid.
- ELENA R., 1996. Clasificación biogeoclimática de España peninsular y balear. MAPA. Madrid.
- ELENA R., SÁNCHEZ F., RUBIO A., GÓMEZ V., AUNÓS A., BLANCO A., SÁNCHEZ O., 2001. Autoecología de los hayedos catalanes. Invest. Agrar.: Sist. Recur. For. 10 (1), 21-42.
- F.A.O., 1998. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports 84. Rome.
- GAMISANS J., 1992. Les hêtres de Corse. En ELENA-ROSELLO R. (Edit). Actas del Congreso Internacional del Haya. Pamplona. pp. 111-119.
- GANDULLO J.M. (Ed.), 1972. Ecología de los pinares españoles. III. *Pinus halepensis* Mill. INIA. Madrid.
- GANDULLO J.M., 1974. Ensayo de evaluación cuantitativa de la insolación en función de la orientación y de la pendiente del terreno. An. INIA: Ser. Recursos Naturales 1, 95-107.
- GANDULLO J.M., 1994. Climatología y ciencia del suelo. Fundación Conde del Valle de Salazar. E.T.S.I. Montes. Madrid.

- GANDULLO J.M., GONZÁLEZ S., SÁNCHEZ O., 1974. Ecología de los pinares españoles IV. *Pinus radiata* D. Don. Monografías INIA, nº 13. Madrid, 187 pp.
- GANDULLO J.M., SÁNCHEZ O., GONZÁLEZ S., 1983. Estudio ecológico de las tierras altas de Asturias y Cantabria. Monografías INIA, nº 49. Madrid.
- GANDULLO J.M., BAÑARES A., BLANCO A., CASTROVIEJO M., FERNÁNDEZ A., MUÑOZ L., SÁNCHEZ O., SERRADA R., 1991. Estudio ecológico de la Laurisilva Canaria. ICONA, Colección Técnica. Madrid.
- GANDULLO J.M., SÁNCHEZ PALOMARES O., 1994. Estaciones ecológicas de los pinares españoles. I.C.O.N.A. Madrid. 188 pp.
- GÓMEZ V., BLANCO A., SÁNCHEZ O., RUBIO A., ELENA R., GRAÑA D., 2002. Autoecología de los castaños andaluces. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 11 (1), 205-226.
- GRUBER M., 1992. Les hetraies des Pyrenees. En: ELENA-ROSELLO R. (Edit). Actas del Congreso Internacional del Haya. Pamplona. Vol II, 119-129.
- GUTIÉRREZ E., 1988. Dendroecological study of *Fagus sylvatica* L. in the Montseny mountains (Spain). Acta Oecol. 9 (3), 301-309.
- HART H.M.F., 1928. Stamtal en dunning; en orienteerend onderzoek naar de beste plantwijde en dunningswijze voor den djati. Veenman & Zonen. Wageningen.
- HERNÁNDEZ A., MODREGO P., 1992. Descripción edafológica y dasométrica de los hayedos de la provincia de Soria. En: ELENA-ROSELLO R. (Edit). Actas del Congreso Internacional del Haya. Pamplona. Vol. II, 203-212.
- HERNANDEZ-BERMEJO J.E., SAINZ-OLLERO H., 1978. Ecología de los hayedos meridionales ibéricos: el macizo de Ayllón. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- HOLMSGAARD E., 1958. Ring analysis of Danske Skotræer. Det Forstlinge Forsøgsvæsen in Danmark 22,1-246.
- LAUSI D., PIGNATI S., 1973. Die Phänologie der europäischen Buchenwälder auf pflanzensoziologischer Grundlage. Phytocoenologia 1 (1), 1-63.
- LE TACON F., 1981. Caracterisation edaphique du hêtre. En: TESSIER DU CROS *et al.* (Edit.) Le Hêtre, 77-95. INRA, Paris.
- MADRIGAL A., PUERTAS F., MARTÍNEZ MILLAN J., ZAZO J., ARRECHEA E., ERASO E., REPARAZ M., SÁNCHEZ P., 1989. Tablas de producción de selvicultura variable de *Fagus sylvatica* L. en Navarra. Gobierno de Navarra-Fundación General de la UPM. Madrid.
- MADRIGAL A., PUERTAS F., MARTÍNEZ MILLÁN J., 1992. Tablas de producción de *Fagus sylvatica* L. en Navarra. Publicaciones del Gobierno de Navarra. Pamplona.
- MAPA, 1980. Las frondosas en el Primer Inventario Forestal Nacional. ICONA. Madrid.
- MAPA, 1997. Anuario de estadística agraria. Madrid.
- MAYER H., 1984. Wälder Europas. Fischer, Stuttgart, 514 pp.
- PETERS R., 1997. Beech forest. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston y Londres.
- POTVIN C., ROFF D.A., 1993. Distribution-free and robust statistical methods: viable alternatives to parametric statistics? Ecology 74 (6), 1671-1628.
- RIVAS-MARTÍNEZ S., 1987. Memoria del mapa de series de vegetación de España, 1:400.000. Ser. Técnica, ICONA, M.A.P.A. Madrid.
- RUBIO A., GANDULLO J.M., 1994. Análisis ecológico comparativo de los castaños de Extremadura y de la región cántabro-astur (España). Invest. Agrar.: Sist. Recur. For. 3, 111-124.
- RUBIO A., ELENA R., SÁNCHEZ O., BLANCO A., SÁNCHEZ F., GÓMEZ V., 1999. Autoecología de los castaños catalanes. Invest. Agrar.: Sist. Recur. For. 8 (2), 387-405.
- RÜBEL E., 1932. Introduction to the symposium of beech forests of Europe. Die Büchenwälder Europas. Veröff d. Geob. Inst. Rübel, Zürich, 8, 7-10.
- RUIZ DE LA TORRE J., 1979. Árboles y arbustos de la España peninsular. E.T.S.I. Montes. Madrid.
- RUSSELL J.S., MOORE A.W., 1968. Comparison of different depth weightings in the numerical analysis of anisotropic soil profile data. Proc. 9th. Int. C. Soil Sci., 4, 205-213.
- SÁNCHEZ O., BLANCO A., 1985. Un modelo de estimación del equivalente de humedad de los suelos. Montes 4, 26-30.
- SÁNCHEZ O., CARRETERO M^a.P., 1993. Modelos predictivos ecológicos de la calidad de los hayedos de Navarra. En: SILVA J. y VEGA G. (Edit). Actas del Congreso Forestal Español. Pontevedra. Vol. II, 617-622.
- SÁNCHEZ O., CARRETERO M^a.P., ELENA R., 1992. Caracterización de los hábitats de los hayedos de Navarra. En: ELENA-ROSELLO R. (Edit). Actas del Congreso Internacional del Haya. Pamplona. Vol. II, 189-222.
- SÁNCHEZ O., SÁNCHEZ F., CARRETERO M^a.P., 1999. Modelos y cartografía de estimaciones climáticas termoplumiométricas para la España peninsular. INIA, Fuera de Serie. Madrid.
- SANTOCONA A., 1976. Forest tree coenoses and Schmid' vegetation belts on the Etna massif. Monti e boschi 27 (4), 29-40.
- SNEDECOR G.W., COCHRAN W.G., 1984. Métodos estadísticos. CECSA. México D.F.
- SOIL CONSERVATION SERVICE, 1975. Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Handbook nº 436. Soil Survey Staff. U.S. Department of Agriculture. Washintong, DC.
- STOYKO S., 1992. Coenotic structure of climax and polydominant beech forests in Ukraine, their ecological characteristics and preservation. En: ELENA-ROSELLO R. (Edit). Actas del Congreso Internacional del Haya. Pamplona. Vol. II, 57-71.
- SZAFER W., 1932. The beech and the beech forest in Poland. A Die Die Büchenwälder Europas. Veröff d. Geob. Inst. Rübel, Zürich, 8, 168-181.
- TERRADAS J. (Edit.), 1984. Introducció a l'ecologia del faig al Montseny. Diputació de Barcelona (Servie de Parcs Naturals). Barcelona, 83 pp.
- THIÉBAUT B., 1984. Modification du climat sur la limite du domaine méditerranéen. Les climats dans la région méditerranéenne. Les climats dans région méditerranéenne française et leur influence sur la végétation: le cas du hêtre. Bull. Soc. Bot. Fr. 131, Actual Bot. (2/3/4), 191-203.

- THOMASIU H., GÄRTNER H., 1988. Auswertung eines Büchenprovenienzversuches. En: MÜNCH (Edit.) Qualität und Phänologie. Tagungber. IUFRO Büchensymposium. Zvolen 31-45.
- THORNTHWAITE C.W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geogr. Rev. 38, 55-94.
- THORNTHWAITE C.W., MATHER J.R., 1955. The water balance. Climatology 8, 1-104.
- THORNTHWAITE C.W., MATHER J.R., 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balances. Centerton. New Jersey.
- U.S.D.A., 1975. Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Handbook n° 436. Soil Survey Staff. U.S.D.A. Washington, DC.
- WALKLEY A., 1946. A critical examination of a rapid method of determining organic carbon in soils-effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Sci. 63, 251-263.
- WALTER H., 1968. Die Vegetation den Erde in Ekophysiologischer Betrachtung. Veb. G. Fisher, Jena.
- WALTER H., LIETH H., 1960. Klimadiagramm Wetatlas. Veb. Gustav Fischer. Jena
- WATT A.S., TANSLEY A.G., 1932. British beech woods. Die Büchenwälder Europas. Veröff d. Geob. Inst. Rübel, Zürich 8, 168-181.