

Prescripciones selvícolas para roble albar (*Quercus petraea*) en la Cordillera Cantábrica a partir de un análisis sincrónico

J. Reque Kilchenmann

Dpto. de Producción Vegetal y Silvopascicultura
E.T.S. Ingenierías agrarias: Universidad de Valladolid.
Avda. Madrid, 57. 34071 Palencia. España
requech@pvs.uva.es

RESUMEN

Se presenta una norma selvícola y los valores recomendados del índice de Hart para rodales regulares de roble albar (*Quercus petraea* Matts. Liebl.) en la Cordillera Cantábrica. El procedimiento de trabajo se basa en una aproximación sincrónica analizando rodales en todas las etapas de desarrollo, intentando cubrir toda la serie cronológica del rodal regular de roble albar en monte alto. La metodología de campo aplicada permite cubrir amplias zonas de estudio por una sola persona y puede ser adaptada a cualquier especie forestal.

Los resultados del presente estudio se basan en el análisis de 32 parcelas con alturas dominantes situadas entre los ocho y los veintidós metros. La expresión matemática de la norma es: $\ln(N/ha) = 11,1347 - 1,64823 * \ln(H_0)$ o $(N/ha = 69671,68061 * H_0^{-1,64823})$. Los valores recomendados del índice de Hart para un rodal regular de la especie se sitúan en el intervalo $S(\%) \in [24,26]$.

Los resultados que se presentan suponen una primera aproximación para el manejo de la espesura de los rodales regulares en monte alto del roble albar.

Palabras clave: silvicultura, *Quercus petraea* Matts. Liebl., densidad, norma selvícola, índice de Hart, aproximación sincrónica

INTRODUCCIÓN

El nivel de conocimiento de la Silvicultura a aplicar en muchas masas forestales naturales en España es, frecuentemente, muy escaso. Esta realidad es especialmente notoria en el caso de las frondosas de montaña. En pocas décadas, como consecuencia del abandono rural, del desarrollo tecnológico y de demandas sociales, se ha pasado de la sobreex-

Recibido: 3-7-01

Aceptado para su publicación: 3-4-02

plotación de los recursos forestales a la ausencia de intervención selvícola en muchos montes.

A la hora de obtener indicaciones selvícolas para facilitar la gestión forestal, aparte de la experiencia previa y del análisis de parcelas permanentes, se cuenta con dos grandes metodologías de trabajo: la aproximación diacrónica y la aproximación sincrónica.

Mediante la aproximación diacrónica (del griego: *dia*-a través; *cronos*-tiempo) se pretende seguir la evolución de un rodal a lo largo del tiempo. Esta metodología, viable en especies de turno corto, obliga en ausencia de parcelas permanentes en especies de selvicultura extensiva a inferir y reconstruir el desarrollo del rodal mediante el estudio del registro temporal que suponen los anillos de crecimiento.

Frente a la aproximación diacrónica se sitúa la aproximación sincrónica (del griego: *sin*-con; *cronos*-tiempo). En ella se analizan rodales en distinto estado de desarrollo con el fin de reconstruir la serie cronológica del mismo. Esta metodología se aplica comúnmente en estudios sobre biodiversidad en ecosistemas forestales (Deconchat *et al.*, 1988). La base científica para el estudio de la espesura en rodales forestales fundamentada en una aproximación sincrónica fue establecida por Reineke (1933). Este autor estableció su, ya clásico, índice de espesura del rodal SDI recorriendo y analizando un elevado número de rodales regulares de coníferas en distinto estado de desarrollo (Daniel *et al.*, 1982). Con posterioridad a la publicación del índice de Reineke se han propuesto numerosos modelos de manejo de espesura y tablas de producción basadas en aproximaciones sincrónicas (Gadow *et al.*, 1999; Madrigal *et al.*, 2000). En España, destaca por su novedad y pragmatismo el trabajo de Montero y Candela (1998) sobre claras en masas artificiales de pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en Andalucía. Ante la ausencia de parcelas experimentales de la especie, los autores establecen una aproximación sincrónica analizando 56 parcelas de espesura completa sobre las que se determina, empírica y visualmente, la espesura postclara en base al índice de Reineke y al valor máximo de este índice encontrado por los autores en la zona de estudio. Las parcelas se sitúan en rodales de distinta edad, intentando cubrir toda la serie cronológica del desarrollo del rodal regular de pino piñonero. El resultado del trabajo se traduce en una recta como ecuación matemática que expresa la espesura postclara recomendada para las distintas etapas del desarrollo del rodal regular, viniendo el grado de desarrollo definido en este trabajo por el diámetro medio.

El roble albar es una de las frondosas más estudiadas a nivel europeo. El elevado valor de su madera justificó en centroeuropa un notable esfuerzo de conversión de las masas en monte bajo a monte alto regular en los siglos XIX y XX (Buffet, 1980; Hubert, 1983; Dubourdieu, 1991; Bary-Lenger y Nebout, 1993). El objetivo tecnológico buscado en la selvicultura centroeuropea es la obtención de madera de calidad con diámetros de cortabilidad altos (entre 50 y 80 cm) en turnos elevados (superiores a 150 años). Los turnos adoptados conducen a anillos de crecimiento de espesor inferior a 2,5 mm, siendo éste otro de los objetivos tecnológicos buscados. Hasta la mitad del siglo XX las claras aplicadas fueron mayoritariamente bajas y de peso reducido, intentando no provocar anillos de crecimiento superiores a 2 mm con la disminución de la espesura (Assmann, 1961; Ertfeld y Hengst, 1966). Según comienza a aceptarse internacionalmente la validez e idoneidad de las claras de selección propuestas por Schädelin (1942) en la segunda mitad del siglo pasado, el manejo de la espesura en masa regular de roble albar se centra en la selección de candidatos a árbol de porvenir en monte bravo y latizal (selección positiva) y en la clara de selección de árboles de porvenir (árboles Z) en alto latizal y fustal (Leibundgut, 1984). Por otra parte, Mitscherlich (1953) analizando parcelas

permanentes en Baviera, demostró que al contrario que con el crecimiento en volumen, el incremento en valor de la madera disminuye en los regímenes de claras bajas. Numerosas experiencias posteriores en todo Europa refuerzan esta apreciación (Kramer, 1988). Actualmente, la selección de árboles de porvenir es la base de la mayoría de modelos selvícolas tendentes a obtener madera de alta calidad (Lorne, 1959; Jobling y Pearce, 1977; Pardé, 1978; Abetz, 1979; Kenk, 1980; Burschel y Huss, 1987; Kramer, 1988; Jarret, 1996; Courraud, 1990).

En cualquier programa de manejo de la espesura, por otro lado, se considera fundamental el mantenimiento de un estrato de servicio para evitar la emisión de brotes epicórmicos (Jarret, 1996; Schütz, 1990).

Las masas forestales de roble albar (*Quercus petraea* Matts. Liebl.) en España son un claro ejemplo de la silvicultura de frondosas en monte alto. Los robledales albares más extensos se sitúan en la Cordillera Cantábrica y en el Pirineo, pudiéndose clasificar la especie como de media montaña o de montaña, al constituir el roble albar el límite altitudinal superior del arbolado en muchas zonas. Aun sólo apareciendo en un 22 % de su distribución en monte bajo (ICONA, 1980), las referencias bibliográficas sobre la silvicultura de la especie se centran en el método de beneficio de monte bajo (Ximénez de Embún, 1977; Ruiz de la Torre, Ceballos, 1979). Por otro lado, Torre y Roy (1996) presentan recomendaciones para la gestión forestal en zonas oseras en la Cordillera Cantábrica. En el período 1960-80 se redactaron proyectos de ordenación en montes altos de roble albar en la Cordillera Cantábrica, los cuales nunca se llevaron a la práctica debido, entre otras causas, a la escasa intensidad de gestión y al incumplimiento de los acotamientos al pastoreo en los rodales en regeneración (Allué, 1998). Los cuidados culturales aplicados en la actualidad a la especie se centran en la clara baja, siendo reducidísima la ejecución de claros en selección positiva o la clara de selección. Los tratamientos de regeneración se basan, hoy en día y en la mayoría de los montes en el aclareo sucesivo.

El presente trabajo presenta una norma de silvicultura y prescripciones selvícolas para el roble albar (*Quercus petraea* Matts. Liebl.) en la Cordillera Cantábrica. Ante la ausencia de parcelas permanentes de la especie, y debido a la gran extensión superficial de la zona de estudio se optó por establecer una metodología de trabajo basada en una aproximación sincrónica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

La zona de estudio se sitúa en la región de procedencia *Cordillera Cantábrica Meridional* (Díaz Fernández *et al.*, 1995) y se encuadra entre los: 5° 35'W-3°00'W de longitud y los 43°05'W-42°35'N de latitud. Las cotas en las que se sitúan los montes de la especie oscilan entre los 800 y 1.600 m pudiéndose, por tanto, clasificar al roble albar en la zona como especie de montaña. El fitoclima característico de la región de procedencia es *oroborealoide subnemoral VIII (VI)* y, en menor medida, *nemoral genuino VI* y *nemoro-mediterráneo genuino VI (VI)₂* (Allué, 1990).

Mayoritariamente, el método de beneficio es de monte alto o fustal sobre cepa, habiendo sido el tratamiento selvícola tradicional la entresaca por huroneo. La mayoría de los montes están catalogados como montes de utilidad pública (Torre, Roy, 1996) y muchos de ellos se sitúan en los espacios naturales protegidos. En los montes del área de estudio se asientan remarcables poblaciones de especies protegidas, como el oso pardo (*Ursus arctos ssp. arctos* L.). Dentro de la avifauna destaca el pico mediano (*Dendrocopos medius* L.) como indicador del grado de madurez de muchos robledales (Purroy *et al.*, 1984). Otro factor resaltable es la fragmentación que presentan los robledales en la región de procedencia.

Métodos

Identificación y selección de rodales de estudio; muestro piloto

Los métodos adoptados modifican y adaptan a masas de frondosas de montaña la metodología utilizada por Montero y Candela (1998) para la determinación de la densidad ideal para rodales regulares de pino piñonero.

Tomando como base los mapas de vegetación del Sistema de Información Geográfica (S.I.G.) realizados para el Plan de Ordenación de Recursos Naturales (P.O.R.N.) del Parque Natural de Fuentes Carrionas y Fuente el Cobre - Montaña Palentina, se seleccionaron las manchas de vegetación con especie principal roble albar; de este mapa se segregaron aquellas manchas con fracción de cabida cubierta defectiva o en método de beneficio de monte bajo. Este proceso de segregación de montes se realizó mediante evaluación visual en campo y mediante encuestas al personal técnico y de guardería de la administración de medio ambiente. Mediante este proceso se seleccionaron 16 montes, catalogados todos como de utilidad pública.

Para confeccionar la relación de rodales sobre los que se llevó a cabo la aproximación sincrónica se establecieron dos procedimientos de trabajo: el análisis de planes dasocráticos redactados para montes de la especie en la zona de estudio y el inventario propio.

Tomando como base los planes dasocráticos redactados para masas de roble albar en el Parque Natural de Fuentes Carrionas y Fuente el Cobre - Montaña Palentina, se seleccionaron del capítulo *Estado Forestal - Apeo de Cantones* de estos documentos aquellos cantones con valores del Índice de Reineke (SDI) superiores al 30 % de su valor máximo (SDI = 1.294) encontrado en la zona de estudio (Reque, Campana, 1999). Long (1985) establece para distintas coníferas el valor del 35 % del SDI correspondiente a la *máxima densidad* biológica para una especie como el mínimo para la ocupación completa del rodal. Teniendo en cuenta este valor de SDI se puede estimar si el bosque presenta fracción de cabida cubierta (FCC) completa o defectiva.

En el presente trabajo se tomó un valor de SDI un 5 % más bajo que el establecido por Long (1985), debido al desconocimiento de la validez del principio de este autor para frondosas de montaña y para evitar así infravalorar los datos del inventario. Considerando el SDI máximo encontrado, y excluyendo todos los cantones con SDI < 30 %, se seleccionaron 51 rodales.

En segundo lugar se desarrolló una metodología de inventario abordable por una sola persona y que posibilitase cubrir la mayor superficie posible. Los montes no analizados en el punto anterior fueron recorridos en los meses de abril y mayo de los años 1998,

1999 y 2000. Debido a la fisiografía abrupta del terreno y al darse en esta época una distinta brotación de las hojas del roble albar, el rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) y el haya (*Fagus sylvatica* L.), se pudieron seleccionar visualmente en los montes los rodales de roble albar de fracción de cabida cubierta completa, optimizándose de esta forma el tiempo dedicado a recorrer los montes.

En cada rodal visitado que cumplía las condiciones de fracción de cabida cubierta completa, superficie superior a media hectárea y altura media superior a ocho metros, se realizó un inventario. Se estimó una altura de ocho metros como suficiente para poder diferenciar, por un lado los rodales en método de beneficio de monte bajo y, por otro lado, los rodales en monte alto y con estructura de fustal o latizal sobre cepas. El muestreo consistió en la realización de tres parcelas de muestreo de radio variable por bosque, distantes entre sí 20 m, sobre un rumbo que atravesase completamente el rodal. En ellas se midió la altura dominante siguiendo el criterio de Hamilton y Christie (1981) (Bengoa, 1999), el área basimétrica media determinada angularmente con relascopio y el número medio de pies por hectárea evaluado mediante el método de distancia punto-árbol tomando la distancia al sexto árbol más próximo al centro de la parcela (Prodan, 1968; Slodoba, 1976).

La altura dominante se midió con regla Christen y pértiga a dos metros, de tal forma que la medición pudo ser realizada por una sola persona. Sobre cada pie se llevó a cabo una doble lectura con escala de pértiga de dos metros y escala sobre pértiga visual de diez metros. En condiciones de buena visibilidad, las medidas obtenidas con la regla Christen no difieren en más de medio metro de las obtenidas con hipsómetros convencionales (Espinel, 1995). Esta diferencia no se considera significativa en trabajos de muestreo inicial como el presente. Las condiciones de buena visibilidad se garantizan en meses fuera del periodo vegetativo o en las primeras semanas de brotación foliar.

El número de pies por hectárea (N/ha) aplicando el método del sexto árbol se obtiene mediante las siguiente expresión:

(Slodoba, 1976):

$$N = \frac{18.320}{r_6^2}$$

donde:

N = número de pies por hectárea

r_6 = radio al sexto árbol más próximo al centro de la parcela (en metros)

La utilización del método del sexto árbol para la determinación del número de pies por hectárea, combinado con el muestreo relascópico y la medición de la altura superior de la parcela, posibilita la obtención de dos índices de espesura no deducibles en el muestreo relascópico normal y de gran importancia para programar y establecer prescripciones selvícolas:

- Índices de espesura de Hart para masas sin distribución espacial (S %):

$$S(\%) = \frac{1}{H_0} * \frac{10.000}{\sqrt{N * 0,933}}$$

- Índice de densidad de Reineke-SDI (Stand Density Index):

$$SDI = N * \left(\frac{d_g}{25} \right)^\beta$$

donde:

H_o = altura dominante (en metros)

N = número de pies por hectárea

d_g = diámetro medio cuadrático (en centímetros)

Mediante inventario se obtuvieron 36 rodales de diez montes distintos. En la Tabla 1 se muestran las variables dasométricas de los 87 rodales considerados en el muestro piloto (51 seleccionados de los planes dasocráticos y 36 replanteados en el inventario).

Tabla 1

Parámetros de estadística descriptiva de los 87 rodales considerados en el muestro piloto (51 seleccionados de los planes dasocráticos y 36 replanteados en el inventario)

Variable	Extremos	Media	Mediana	Desviación típica	Apuntamiento (STD)	Kurtosis (STD)	Distribución paramétrica
Ab (m²/ha)	[12,1; 78]	31,5	30	11,4	4,5	5,1	NO
N/ha	[297; 4130]	1.412	1.094	884	5,5	2,8	NO
Dg (cm)	[7; 51]	18	18	7	5,3	8,1	NO
Ho (m)	[8,9; 22]	14,6	15	2,6	-0,17	0,99	SI
S (%)	[9,4; 46,5]	21,1	19,8	6,7	4	3	NO
SDI	[361; 1294]	724	705	210	1.8	-0,59	SI

Estratificación

Los rodales que cumplían los requisitos de espesura completa y $SDI > 30 \%$ se estratificaron por su altura dominante e índice de Reineke. Si consideramos a la altura dominante como un invariante de masa, esta ordenación es independiente del pasado selvícola de las masas. El Índice de Reineke nos permite ordenar rodales de igual espesura dentro de las clases de altura determinadas. Se clasificaron los rodales en tres estratos definidos por los percentiles 33 y 66 según la altura dominante.

En base a estos percentiles se estratificó la muestra en tres grupos de la siguiente forma:

- Estrato I: Rodales con: $H_o(m)$ entre [8,9, 14] y SDI entre: [361, 1294]
- Estrato II: Rodales con: $H_o(m)$ entre [14, 15.5] y SDI entre: [399, 1066]
- Estrato III: Rodales con: $H_o(m)$ entre [15.5, 22] y SDI entre: [421, 1206]

Las rodales para el estudio sincrónico se eligieron aleatoriamente dentro de cada uno de estas clases. Para cada estrato se sortearon 11 rodales.

Aproximación sincrónica

Cada una de las 33 parcelas de aproximación sincrónica fue considerada como una parcela de contraste, realizándose en ellas un análisis visual tendente a establecer la espesura ideal para la etapa de desarrollo en que se encuentra el rodal. Una parcela del estrato tres fue desechada por haberse ejecutado en ella cortas de regeneración, quedando por tanto la muestra a considerar reducida a 32 parcelas. Los pies a apear para alcanzar la espesura correcta en aquellos rodales con espesura excesiva fueron señalados según los criterios de una clara mixta, no estableciéndose pies a seleccionar al no estar determinado el número de árboles de porvenir a favorecer por hectárea. Como espesura ideal se consideró aquella que visualmente permita presuponer un óptimo desarrollo de la masa remanente o aquellas que permitan la existencia de vegetación acompañante, interesante desde un punto de vista frutero como los arándanos (*Vaccinium myrtillus* L.) o serbales (*Sorbus sp.*), etc.).

El marcaje de los árboles a apear se realizó siempre por la misma persona en cuatro unidades elementales de señalamiento independientemente delimitadas por cuatro jalones.

Una vez concluido este primer marcaje se revisó desde el centro de la parcela la correcta distribución y aplicación del señalamiento corrigiéndose posibles defectos.

El radio de las parcelas definitivas de contraste fue variable, posibilitando la inclusión en la misma de al menos veinte pies. Ante la imposibilidad de replantar las parcelas en el mismo punto que en el muestreo piloto, se tomó un radio variable en función de la espesura.

La determinación del radio de la parcela se rigió por el número medio de pies por hectárea, el cual fue establecido mediante la distancia al sexto árbol según Slodoba (1976).

En rodales de pendiente superior al 20 % se corrigió el radio resultante. Con apoyo de telémetro láser se contó el número de pies por parcela anterior y posterior al señalamiento y la altura dominante de Hamilton y Christie (1981).

Métodos estadísticos

Con los datos de las parcelas de contraste se realizó un estudio de regresión para analizar la dependencia entre la variable independiente, altura dominante (H_0), y la otra variable, número de pies por hectárea (N), dependiente de la anterior. La deslinealización del modelo alométrico fue realizada a través del modelo de los estimadores de cociente (Cunha, 1979). Los pares de valores determinados permitieron, además, calcular el Índice de Hart (postclara) recomendado como prescripción selvícola.

$$S(\%) = \frac{1}{H_0} \cdot \frac{10.000}{\sqrt{N \cdot 0,933}}$$

Con estos valores se pudo calcular los intervalos de confianza de este índice de espesura.

RESULTADOS

Norma selvícola para roble albar (*Quercus petraea*)

Los modelos analizados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2
Modelos de regresión analizados y valores del coeficiente de correlación

Exponencial (<i>exponential</i>)	$y = e^{a+bx}$ o $\ln(y) = a+bx$	$R^2 = 69,04 \%$
Inversa en y (<i>Reciprocal-y</i>)	$y = \frac{1}{a + bx}$ o $y^{-1} = a + bx$	$R^2 = 68,4 \%$
Inversa en x (<i>Reciprocal-x</i>)	$y = a + b/x$ o $y = a + bx^{-1}$	$R^2 = 73,58 \%$
Inversa en x e y (<i>Double Reciprocal-x</i>)	$y = \frac{1}{a + b \cdot \frac{1}{x}}$ o $y^{-1} = a + bx^{-1}$	$R^2 = 67,27 \%$
Logarítmica en x (<i>logarithmic-x</i>)	$y = a + b \ln(x)$ (lineal en $\ln(x)$ e y)	$R^2 = 69,62 \%$
Potencial (alométrico) (<i>Multiplicative - alometric</i>)	$y = a * x^b$ o $\ln(y) = \ln(a) + b * \ln(x)$	$R^2 = 72,07 \%$
Raíz cuadrada en x (<i>Square root-x</i>)	$y = a + b * (x)^{0,5}$ (lineal en $x^{0,5}$ e y)	$R^2 = 67,0 \%$
Raíz cuadrada en y (<i>Square root-y</i>)	$y = (a + bx)^2$ (lineal en x e $y^{0,5}$)	$R^2 = 67,24 \%$
Curva en S (<i>S-curve</i>)	$y = \exp(a + b/x)$ o $\ln(y) = a + bx^{-1}$	$R^2 = 73,11 \%$
Lineal (<i>linear</i>)	$y = a + bx$	$R^2 = 64,09 \%$

El modelo que mejor se ajusta, considerando el coeficiente de determinación, es el recíproco (inverso) en X. La recta de regresión y el intervalo de predicción del modelo se muestra en la Figura 1. En el análisis del gráfico de residuos (Fig. 2) del modelo recíproco se puede recelar sobre la ausencia de correlación entre residuales al apreciarse cierta tendencia al ajuste a una curva en U (tipo parabólica).

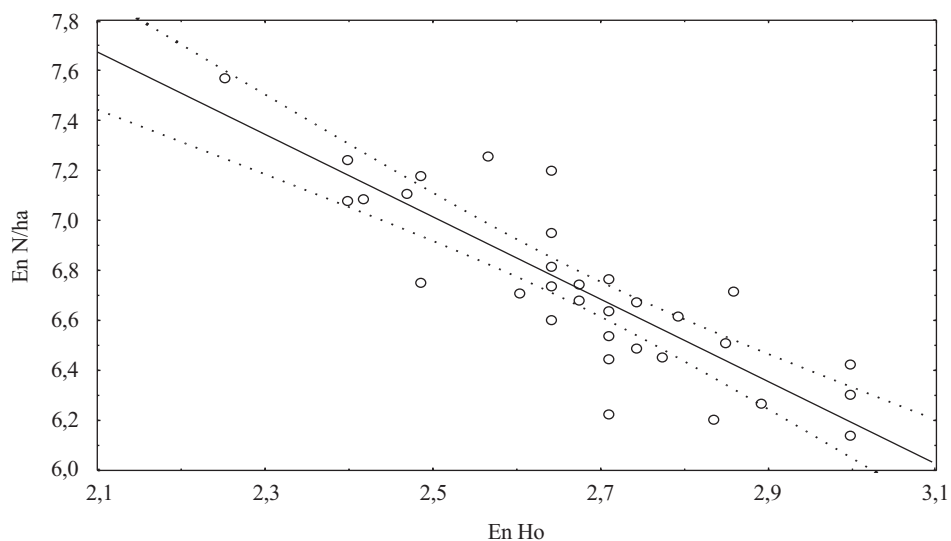


Fig. 1.—Representación gráfica de la ecuación de regresión ajustada para la norma de selvicultura para roble albar *Quercus petraea* (Matts.) Liebl. en la región de procedencia Cordillera Cantábrica meridional y diagrama de dispersión de las variables altura dominante, Ho (en metros) y número de pies por hectárea (N/ha) de las parcelas de contraste del análisis sincrónico. Con trazo discontinuo se muestran las bandas de predicción muestral al 95 % de confianza

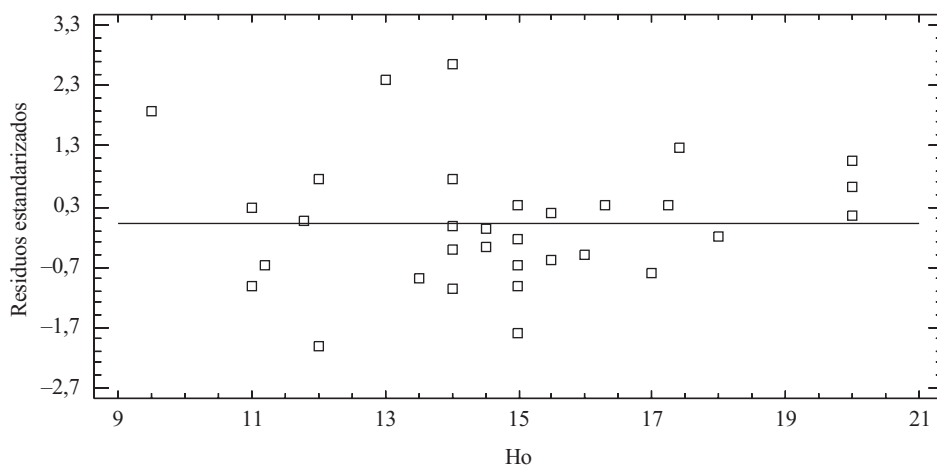


Fig. 2.—Gráfica de residuos del modelo recíproco

Observando los valores de los coeficientes de correlación se aprecia una gran similitud entre los modelos recíproco (inverso) en X, el modelo en curva en S (*S-curve*) y el modelo potencial (multiplicativo).

De especial similitud son el modelo recíproco y el potencial ya que en ambos, cuando X tiende a cero, los dos convergen a infinito. De la misma forma al tender X a infinito ambos modelos son asintóticos.

El modelo potencial o multiplicativo, también llamado alométrico, ha sido ampliamente utilizado en modelización forestal (Person, 1992; Bravo, 1999). Ante la escasa diferencia entre los coeficientes de correlación y R^2 , frente a la sospecha de correlación entre residuales y debido a la mayor validación biológica del modelo alométrico se aceptó en el presente estudio el modelo alométrico (Tabla 2 y Fig. 3).

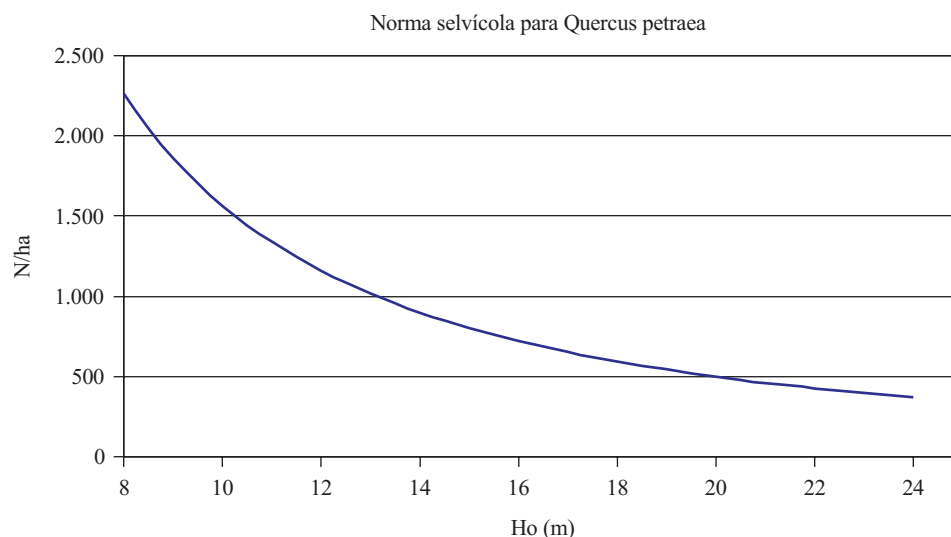


Fig. 3.—Representación gráfica de la ecuación de regresión de la norma de selvicultura para roble albar *Quercus petraea* (Matts.) Liebl. en la región de procedencia Cordillera Cantábrica meridional

El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,7207$) permite explicar el 72 % de la variabilidad de la variable dependiente (Número de pies por hectárea). Este valor se puede considerar muy aceptable en estudios sobre masas forestales como el presente. Asimismo, los análisis de la varianza del modelo de regresión lineal y el contraste de significación para cada una de las variables independientes presentan un nivel de significación del 99 %.

Análisis del índice de Hart

Con los pares de valores determinados en las parcelas de contraste se calculó el índice de Hart post clara recomendado para la especie. El test de normalidad de Shapiro Wills no rechazó la hipótesis de normalidad ($p = 0,787829$) del conjunto de valores del citado índice. Del cálculo de los intervalos de confianza ($\gamma = 90 \%$) para poblaciones con distribución normal como la presente, se puede obtener como prescripción selvícola para mantener constante la densidad a través de la conservación de un espaciamiento relativo invariable, un valor situado entre el 24 % y el 26 %.

DISCUSIÓN

El trabajo de campo del presente estudio adopta una metodología similar a la de cualquier planificación dasocrática. Debido a la amplia zona de estudio, en el proceso de estratificación y muestreo piloto se trabaja con dos fuentes distintas: los planes dasocráticos redactados para los montes de la zona y el inventario propiamente dicho. El replanteo de parcelas en ambos métodos es diferente, siendo lógicamente más precisos los resultados obtenidos de los inventarios de los planes dasocráticos. La consideración de distintas precisiones en los dos muestreos se considera aceptable en el presente trabajo al ceñirse a la fase inicial del trabajo de campo (estratificación/muestreo piloto) y posibilitar abarcar un número muy elevado de montes y de hectáreas.

En la selección de rodales con fracción de cabida cubierta completa incluidos en planes dasocráticos se adaptan las prescripciones de Long (1985) al máximo valor de SDI encontrado en la zona (Reque y Campana, 1999). Los valores porcentuales de SDI dados por LONG (1985) y la pendiente de la recta de Reineke no están validados para frondosas en general y, por supuesto, tampoco, para frondosas de montaña. Ante la ausencia de referencias a la aplicación del índice de Reineke para la especie se toma como pendiente el valor recomendado por Reineke (1933) y Daniel *et al.* (1982). Los posibles errores derivados de la utilización de SDI y de las indicaciones de Long (1985) en la estratificación y muestreo piloto son aceptados en el presente estudio en la fase inicial del trabajo de campo al, hacerse de esta forma posible la inclusión de los planes dasocráticos en la estratificación. También es importante indicar que se asumen los errores anteriormente comentados pues, aun calculándose el índice de Reineke con cierto margen de error, el SDI permite comparar con eficacia la espesura entre rodales, haciéndose factible la asignación de rango de cara a la estratificación.

La utilización de una metodología empírica basada en aproximaciones sincrónicas es un procedimiento de gran pragmatismo para la obtención de indicaciones para la gestión de masas forestales poco conocidas y descritas desde un punto selvícola. Un procedimiento como el presente lleva anejo cierta carga de subjetividad por parte del selvicultor que replantea la parcela de contraste. Esta subjetividad es disminuida en este trabajo con el replanteo de cuatro unidades elementales de señalamiento supervisándose posteriormente de forma global el marcaje en la parcela.

Hasta el presente, el único estudio similar realizado en España en masas sin distribución espacial es el realizado por el INIA para pino piñonero en Andalucía (Montero y Candela, 1998). Los autores del estudio basan la prescripción selvícola en el diámetro y

en el índice de densidad del rodal (SDI). Al igual que en el presente trabajo, las parcelas de contraste y el señalamiento en ellas efectuado se basa en criterios empíricos y subjetivos.

La norma e índice de Hart recomendado para la especie propone unas densidades más bajas que las planteadas por la mayoría de normas selvícolas centroeuropeas. En la figura 4, se muestra la norma selvícola del presente trabajo junto con la norma de Jarret (1996) para calidad de estación tres, la cual plantea densidades menores que normas publicadas en la década de los setenta y ochenta como las de Pardé (1978).

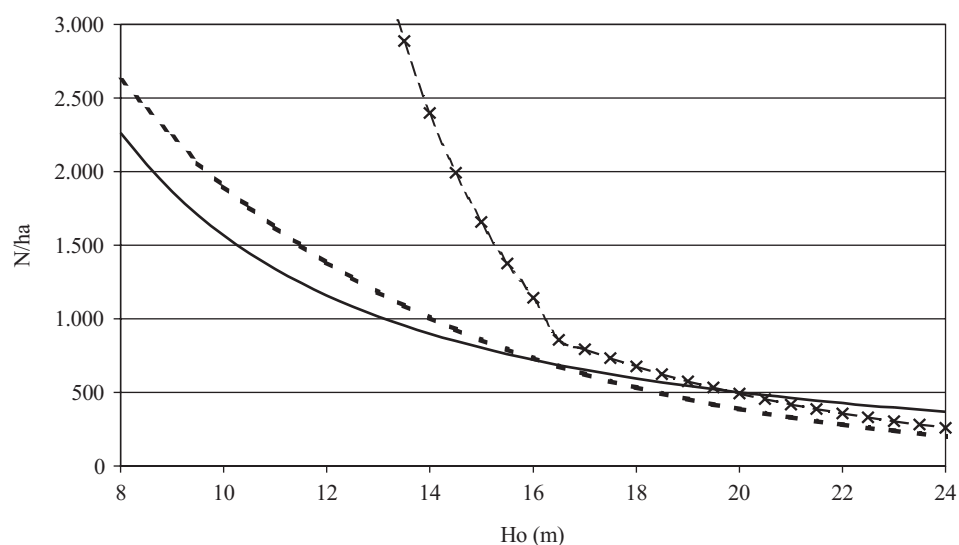


Fig. 4.—Comparación de la norma de selvícola para roble albar en la región de procedencia Cordillera Cantábrica Meridional con la norma selvícola propuesta (trazo continuo) por la O.N.F. (*Office National de forêts*) (Jarret, 1996) con y sin clareo (trazo discontinuo y trazo discontinuo con asterisco)

Las menores densidades recomendadas en el presente trabajo pueden ser explicadas por las notablemente inferiores espesuras conseguidas tras la regeneración natural en los robledales de la Cordillera Cantábrica si se comparan con las obtenidas en otros países. Este hecho se debe al escaso respeto del acotado en los rodales en regeneración, a la mayor vecería, a las menores fructificaciones y a la situación física de los montes, ya que mientras en centroeuropa el roble albar es especie de zonas colinas en España la especie es propia de zonas montañosas.

La norma y prescripción presentadas suponen en el estado actual de conocimiento de la silvicultura del roble albar un avance de gran pragmatismo. Aceptando las críticas de Schober (1987) y de Schütz (1990) a la obtención de prescripciones selvícolas únicamente en base a variables dendrométricas, se debe evitar intentar aplicar estrictamente los resultados, recomendándose interpretar la norma y el índice de Hart como un criterio orien-

tador de cara al señalamiento y a la programación de actuaciones. De manera global, se puede sugerir tomar un «rango de maniobra» (Pardé, 1978) situando la densidad por encima de la norma en las mejores estaciones y por debajo en las peores (Lanier, 1986). Analizando el diagrama de dispersión de las parcelas de contraste y los intervalos de predicción del modelo de correlación de la norma de selvicultura, se puede estimar este rango de densidad en un 10 a 15 %.

Por otro lado, cabe citar que la norma e índice de Hart recomendados únicamente son válidos para rodales uniformes. Frecuentemente aparecen rodales de cubierta completa, pero con presencia de pies trasnochados o árboles lobo. Debido al desproporcionado desarrollo de la copa de estos árboles, la norma propuesta no es aplicable, recomendándose en este caso analizar el tratamiento a aplicar en función de consideraciones de protección de fauna, de vitalidad de estos árboles y de la necesidad global de regeneración.

Otro punto a valorar es la frecuente existencia de rodales uniformes de pasado selvícola muy poco favorable para el desarrollo de los brinzales. Se pueden incluir aquí rodales con pies con daños pretéritos por ramoneo de herbívoros, o rodales surgidos de regeneraciones defectivas y con portes extremadamente globosos y ramificados. A ciertas alturas dominantes, estos rodales pueden llegar a presentar fracciones de cabida cubierta completas, siendo el número de pies por unidad de superficie muy inferior al propuesto en la norma. En estos casos, tampoco es aplicable la norma de selvicultura y el índice de Hart propuesto. Probablemente, el único tratamiento parcial en estos casos sólo sea la clara baja o la no intervención.

Atendiendo a las consideraciones expuestas y a la interpretación de los resultados obtenidos en el presente trabajo, se deduce la necesidad de centrar futuras líneas de investigación en la selvicultura de uso múltiple en tres campos: (1) la validación de la robustez de las prescripciones selvícolas planteadas y de la metodología presentada, (2) la consideración del pasado selvícola y el crecimiento y (3) la inclusión de un mayor número de variables en el modelo y prescripción.

SUMMARY

Silvicultural prescriptions for density management of even-aged stand of sessile oak (*Quercus petraea*) in the Cantabrian on base of a synchronic approach

(Silvicultural prescriptions for density management of even-aged stand of sessile oak (*Quercus petraea* Matts. Liebl.) in the Cantabrian range are presented. The methodology of the study was based on a synchronic approach. Even-aged stands of every stage of development of the species were analysed in order to reconstruct the chronological series of sessile oak. The field work methodology can be adapted to any forest species and allows a single person to cover a wide study area.

The results of the present study are based on the analysis of 32 plots with dominant heights between eight and twenty-two meters. A silvicultural norm (regression line of density on dominant height) is obtained for even aged stands of oak as well as the recommended values of the Hart index for the species in a management model of multiple (productive and-protective) use. The mathematical expression of the norm is: $\ln(N/ha) = 11,1347 - 1,64823 * \ln(H_0)$ or $(N/ha = 69671,68061 * H_0^{-1,64823})$. The recommended values of the Hart index for even aged stands of the species are situated in the interval $S(\%) \in [24,26]$.

The results are a first approach to the density management of the species.

Key words: silviculture, *Quercus petraea* Matts. Liebl., density, silviculture norm, Hart index, synchronical approach

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABETZ P., 1979. Beiträge zur Bestandespflege. Allgemeine Forstztg. 90, 287-291.
- ALLUÉ J.L., 1990. Atlas fitoclimático de España. ICONA, Madrid, 221 pp.
- ALLUÉ M., 1998. Ordenación de montes planifolios en Castilla y León. Medio Ambiente en Castilla y León. 10. Junta Castilla y León, Valladolid, 13-20.
- ASSMANN E., 1961. Waldertragskunde. BLV., München, 490 pp.
- BARY-LENGER A., NEBOUT J., 1993. Le chêne. Ed. du Perron, Alleur-Liege, 604 pp.
- BENGOA J., 1999. Estimación de la altura dominante de la masa a partir de la altura dominante de parcela. Ventajas frente a la altura dominante de Assmann. Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales, Fuera de Serie 1, 311-321.
- BLANCO E., MORLA C., SAINZ H., 1997. Los bosques ibéricos. Ed. Planeta, Barcelona, 572 pp.
- BRAVO F., 1999. Modelo de producción para pino silvestre en el alto valle del Ebro. Tesis doctoral. Universidad de Valladolid ETSIIAA, Palencia.
- BUFFET M., 1980. A propos de la designation des arbres de place. Bulletin technique O.N.F. 12, 41-42.
- BURSCHEL P., HUSS J., 1987. Grundriss des Waldbaus. Verlag Paul Parey, Hamburg, 352 pp.
- CARVALHO A., 1985. Teoria da producao florestal. Universidad Técnica de Lisboa, Lisboa, 519 pp.
- COURRAUD P., 1990. La culture rapide de chêne. Rev. Forestière Française. XLII - 2. ONF, 265-268.
- CUNIA T., 1979. On sampling trees for biomass tables construction: some statistical comments. For. Res. Inven. Workshop. Proceedings, vol 2. Colorado.
- DANIEL P., HELMS U., BAKER F., 1982. Principios de selvicultura. MacGraw-Hill, México, 491 pp.
- DECONCHAT M., BALENT G., VIÉBAN S., LAUGA-REYREL F., 1988. Relations entre biodiversité et exploitation forestière: bases pour un methode de analyse. Rev. Forestière Française L-2-1988, 159-168.
- DIAZ-FERNÁNDEZ P., JIMÉNEZ P., MARTÍN S., TUERO de M., GIL L., 1995. Regiones de procedencia, *Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt) Liebl.; *Quercus humilis* Miller. ICONA, Madrid, 87 pp.
- DUBOURDIEU J., 1991. L'intérêt de la conversion de taillis-sous-futaie es ses limites. Rev. Forestière Française XLIII, 147-162.
- DREW T.; FLEWELLING J., 1977. Some recent Japanese theories of yield-density relationship. Forest Science 23, 517-534.
- ERTFELD W., HENGST E., 1966. in KRAMER H., 1988. Waldwachstumslehre. Vg. Paul Parey, Hamburg, 373 pp.
- ESPINEL S., 1995. Un sistema sencillo y rápido para calcular existencias de pino radiata. Montes 42, 44-46.
- GADOW K., ROJO A., ÁLVAREZ J., RODRÍGUEZ R., 1999. Ensayos de crecimiento. Parcelas permanentes, temporales y de intervalo. Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales, Fuera de Serie 1, 299-310.
- HAMILTON G., CHRISTIE M., 1981. Yield models for forest management. Forestry Commission, London, 201 pp.
- HUBERT, M. 1983. L'ammeloration des taillis: par balivage intensif. Inst. pour le Devolppment Forestier, Paris, 117 pp.
- ICONA, 1980. Las frondosas en el primer Inventario Forestal Nacional. M.A.P.A., Madrid, 236 pp.
- JARRET P., 1996. Sylviculture de chêne sessile. Bulletin Technique O.N.F. 31, 21-28.
- JOBLING J., PEARCE M.L., 1977. Free Growth of Oak. Forest Resources, Forestry Commision, London, 113 pp.
- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN, Ed. 1995. Actas del primer Seminario sobre gestión forestal en zonas oseras. Junta de Casilla y León; Valladolid, 180 pp.
- PERSON O.A., 1992. A growth simulator for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Forest Yield Research Report Nr. 31, 205 pp.
- KENK G., 1980. Pflegeprogramm «Werteiche»: Überlegungen zu einem Betriebsziel. Begründung und Pflege von Werteichenbeständen. Landesforstverwaltung Baden Württemberg E.M.-8, 89-116.
- KRAMER H., 1988. Waldwachstumslehre. Vg. Paul Parey, Hamburg, 373 pp.
- LANIER L., 1986. Precis de sylviculture. ENGREF, Nancy, 486 pp.
- LEIBUNDGUT H., 1984. Die Waldpflege. Ed. Haupt. Bern, 214 pp..
- LONG J.N., 1985. A practical approach to density management. Forestry Chronicle 61, 23-27.
- LORNE P., 1959. in OSWALD H., 1981. Résultat principaux del places d'experience de chêne du Centre national de Recherches forestières. Revue Forestière Française XXXIII N.º sp, 65-85.
- MADRIGAL A., ÁLVAREZ J., ROJO A., RODRÍGUEZ R., 2000. Tablas de producción para los montes españoles. Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid, 253 pp.
- MITSCHERLICH G., 1953. Der Eichenbestand mit Buchen - und Tannenunterbestand. Schriftenr. Forstl. Vers. Anst. Bad.- Württem.. 9 pp.

- MONTERO G., CANDELA J., 1998. Manual de claras para repoblaciones artificiales de *Pinus pinea* L.. EGMASA, Huelva, 47 pp.
- PARDÉ J., 1978. Normes se sylviculture puor les forêts de chêne rouvre. Revue Forestière Francaise XXX, 11-17.
- PRODAN, M. 1968. Punktstichprobe für die Forsteinrichtung. En: Der Forst und Holzwirt. Verlag M. und H. Schaper, pp. 225-226.
- PURROY, F., ÁLVAREZ A., PETTERSON B. 1984. La población de pico mediano, *Dendrocopus medius* (L.), de la Cordillera Cantábrica. *Ardeola*, 31: 81-90.
- REINEKE L., 1933. Perfecting a stand density index for even-aged forests. Journal Agricultural Research 46, 627-638.
- REQUE J., CAMPANA V., 1999. Oak forest (*Quercus petraea*) structure and silvicultural prescriptions for grey bear (*Ursus arctos arctos*) conservation in the southern Cantabrian range, northern Spain. Primary results. Proceedings of the International IUFRO Workshop Structure of mountain forests. Davos-Suiza.
- RUIZ DE LA TORRE J., CEBALLOS L., 1979. Árboles y arbustos. ETSIM, Madrid, 512 pp.
- SCHÄDELIN W., 1942. Die Auslesedurchforstung als Erziehungsprinzip höchster Wertleistung. Aufl. 3. Bern und Leipzig, 147 pp.
- SCHÖBER R., 1987. Durchforstung nach Zahlen. Allg. Forst und Jagdztg. 158, 174-183.
- SCHÜTZ J., 1990. Sylviculture 1. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 243 pp.
- SLODOBA B., 1976. Mathematische und stochastische Modelle zur Beschreibung der Statistik und Dynamik von Bäumen und Bestände. Habilitationsschrift Universität Freiburg, Freiburg.
- TORRE M., ROY E., 1996. Conservación y mejora del hábitat del oso pardo. Junta de Castilla y León, 104 pp.
- XIMÉNEZ DE EMBÚN J., 1977. El monte bajo. M.A.P.A. Madrid, 90 pp.
- ZEIDE B., 1995. A relationship between size of trees and their number. Forest Ecology and Management 72, 265-272.