



2025 | **16-20**
GIJÓN | JUNIO

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1621

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





Análisis del rebrote en rebollares de *Quercus pyrenaica* Willd. de León y Palencia tras diversos periodos desde tratamientos selectivos mecanizados.

TOLOSANA ESTEBAN E. (1), LAINA RELAÑO R. (1), TORRE ANTÓN M. (2), MALUENDA GARÍN C. (3), PARRA ANDRÉS L. (3).

(1) Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Madrid.

(2) Junta de Castilla y León. Consejería de Patrimonio Natural y Política Forestal.

(3) Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Universidad de León.

Resumen

Se ha analizado la respuesta en cuanto al rebrote de diez montes bajos de rebollo tras entre dos y diecisiete años después de llevar a cabo claras o resalveos mecanizados. Se describe la respuesta en cuanto al rebrote, se caracteriza en cuanto al número de brotes de cepa o raíz en calle y entrecalle y su diámetro altura, vigor y volumen por hectárea. Se estudia también el número y tamaño relativo de los brotes epicórmicos. A través de análisis de varianza y técnicas de regresión, se trata de poner en relación esas características del rebrote con parámetros de las intervenciones, tales como el número de periodos vegetativos desde la intervención, la calidad de estación, el peso de la corta en porcentaje de la biomasa inicial, la anchura de las calles y la ratio entre altura dominante inicial y anchura de las calles. Se confirma y cuantifica de forma orientativa la influencia positiva de la anchura de calles y del peso de la corta, y la influencia negativa del cociente entre altura dominante inicial y anchura de calle, sobre la densidad y la biomasa del rebrote.

Palabras clave

Montes bajos, resalveo, brotación, cortas mecanizadas, roble melojo.

1. Introducción

Los rebollares, son masas de *Quercus pyrenaica* Willd. que se desarrollan preferentemente sobre suelos silíceos y están asociados al ambiente de transición entre bosques templados de caducifolias y las formaciones vegetales mediterráneas adaptadas a veranos calurosos y secos (SANTA REGINA, 2000). Ocupan en España una superficie de 824.167 ha (Anuario de estadística forestal, 2020), siendo León la provincia donde se encuentran las mayores extensiones de esta especie junto con la provincia de Palencia (CALVO *et al.* 2003; CAÑELLAS *et al.* 2004).

Esta especie destaca por su gran capacidad de rebrote tanto de cepa como de raíz después del corte (SAN MIGUEL *al.*, 1992; HOFF *et al.*, 2002). La gestión tradicional de estas masas ha sido en monte bajo, buscando principalmente la obtención de leña y carbón vegetal y en menor medida la obtención de taninos o el pastoreo ovino y vacuno (CAÑELLAS *et al.* 2004; GONZÁLEZ, 2005; MORENO-FERNÁNDEZ *et*



al. 2021). Esta tipología de manejo ha dado lugar a aproximadamente cuatro millones de hectáreas en España de montes bajos dominados por el rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) y la encina (*Quercus ilex* L.), casi el 20% de la superficie arbolada total del país (PIQUÉ Y VERICAT, 2017).

A partir de la década de 1950, estas masas se fueron abandonando como consecuencia de cambios sociales (cese del uso de leña y carbón como fuente de energía) y económicos (alto coste de aprovechamiento y bajo precio de mercado) conduciendo a masas con exceso de existencias (tanto aérea como subterránea), envejecidas, desequilibradas y con una mayor vulnerabilidad a perturbaciones como los incendios, la sequía y las plagas (SERRADA *et al.* 1992; CAÑELLAS *et al.* 2004; CAÑELLAS *et al.* 2017).

Una herramienta fundamental para reducir principalmente el riesgo de incendios, pero también la resistencia a la sequía y plagas, son los clareos y resalveos utilizando el sistema de extracción de árboles completos (CORONA *et al.* 2015). Sin embargo, esta práctica de mejora no es muy habitual debido al balance económico negativo del aprovechamiento (HERGUIDO, 2022).

En las últimas décadas, se plantea la posibilidad de conversión a montes altos por regeneración sexual, si bien su aplicación es compleja por las condiciones naturales del rebollo (SERRADA *et al.* 1997; CAÑELLAS *et al.* 2004; MORENO-FERNÁNDEZ *et al.* 2021). Por otro lado, hay un incremento en el interés de los montes bajos como fuente de recursos para producción de energía renovable, como fuente de desarrollo de economías rurales sostenibles y como herramienta de mitigación del cambio climático por el balance positivo en captura de CO₂ de los aprovechamientos (FORD-ROBERTSON, 1996; BECKER & UNRAU, 2018).

La sostenibilidad económica de los aprovechamientos en montes bajos se basa en el uso de equipos y técnicas adecuadas (ENACHE *et al.* 2015). Hoy en día se tiende hacia una mayor mecanización con unos equipos más grandes y productivos, con mejores rendimientos, menores costes unitarios y una fuerte reducción de la gravedad y frecuencia de accidentes y enfermedades laborales (ALBIZU *et al.* 2013; LAINA *et al.* 2013; SPINELLI *et al.* 2016). Otra razón de esta evolución hacia la mecanización es la falta de mano de obra para trabajos forestales manuales (KÄRHÄ *et al.* 2005).

Esta mecanización es compleja técnica y económicamente en montes bajos, que presentan pies de pequeño tamaño y una agrupación en matas (SCHWEIER *et al.* 2015; SPINELLI *et al.* 2017a), pudiendo provocar daños en los suelos, pies remanentes, tocones y en su capacidad de rebrote (SPINELLI *et al.* 2017b).

En cuanto al efecto de este tipo de intervenciones mecanizadas en el rebrote, la bibliografía publicada es escasa, aunque sí hay estudios del efecto del peso de la intervención en parámetros como la densidad del rebrote: se ha observado que, en resalveos muy intensos, el rebrote tanto de cepa como de raíz tiene un importante



incremento (GONZÁLEZ, 2005), sobre todo al superarse pesos del orden del 60% del área basimétrica. Por lo tanto, la intensidad con la que se ha de intervenir ha de ser determinada con cautela, ya que intensidades de corta muy elevadas pueden poner el peligro el desarrollo de los pies elegidos como resalvos y si por el contrario son muy débiles, se deberá volver a actuar con menores intervalos de tiempo elevando el coste de la operación (SERRADA *et al.* 1997). Por otro lado, un resalveo de menor intensidad puede resultar en espesuras excesivas que conducen a una paralización del crecimiento de los chirpiales (SERRADA *et al.*, 1997).

Otras características del rebrote que pueden ser de interés en el estudio del efecto que tienen los resalvos sobre ellos (como la altura, diámetro o vigor), no se han tratado en bibliografía específica; sin embargo, sí se dispone de estudios sobre los efectos que estas actuaciones tienen sobre las masas remanentes en función del peso de la intervención: en cuanto al crecimiento en altura, autores como CAÑELLAS *et al.* (2004) no observaron diferencias significativas en función del tratamiento aplicado; sin embargo, ROTH (1956) y AMPSON (1988), sí observaron que los árboles más grandes tenían un crecimiento ligeramente mayor. Estos mismos autores junto con DUCREY & TOTH (1992) y CARTAN-SON *et al.* (1992) encontraron diferencias significativas en cuanto al crecimiento en diámetro, observando como en las zonas donde se habían realizado actuaciones más intensas (de mayor peso), era significativamente mayor que en las zonas donde no se habían realizado actuaciones o esta había sido menos intensa, de modo que podía apreciarse como aumentaba el crecimiento en diámetro con la intensidad de la intervención.

Otro aspecto relevante en las masas de frondosas y especialmente en los rebollares, es la presencia de brotes epicórmicos, desarrollados a partir de yemas durmientes en los troncos o ramas. Su desarrollo da lugar a nuevas ramas que generan a su vez nudos en el fuste, haciendo perder calidad en la madera, siendo en muchas especies el parámetro de mayor influencia en su precio (menor cuantos más nudos).

La producción de brotes epicórmicos es característica de cada especie y se ha visto que la presencia de estos brotes está relacionada con el intento de compensación del árbol a la pérdida de masa foliar eliminada en los resalvos (SERRADA *et al.* 1997; GONZÁLEZ, 2005). Por lo tanto, el número de brotes epicórmicos depende de la intensidad de la corta y la exposición a la luz del árbol (VIGNOTE *et al.*, 2010).

La Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural de la Universidad Politécnica de Madrid, bajo la dirección del Profesor Eduardo Tolosana, llevó a cabo estudios de mecanización de claras en que se realizaron además inventarios previos y posteriores a la intervención entre los años 2006 y 2021 en los siguientes montes:

- Monte “Dehesa de Valsemana”, N°936 de U.P en el T.M. de La Ercina (León), en que se trataron de forma mecanizada (cosechadora forestal y autocargador) y se inventarió un estrato, Valsemana M, en el año 2006.



- Monte “Dehesa de Corrales” N°937 de U.P., en el mismo T.M., en que se definieron, trataron de forma mecanizada (cosechadora forestal y autocargador), en el mismo año.
- Monte “Santiago”, N°33 de U.P., perteneciente a la Entidad Menor de Andiñuela, en el T.M. de Santa Colomba de Somoza, que se trataron mecanizadamente (cosechadora forestal y autocargador) y semi-mecanizadamente (apeo con motosierra y saca con autocargador), en ambos casos con calles de desembosque, definiéndose cuatro estratos diferenciados: Andiñuela 1, Andiñuela 2, Andiñuela 3 y Andiñuela 4 , en 2009.
- M.U.P. n° 40, “Dehesa y Coso”, perteneciente a la E.M. de Villar de Ciervos, en el T.M. de Santa Colomba de Somoza. Se realizaron aprovechamientos mecanizados (mediante taladora apiladora y autocargador) en 2021, en dos zonas, definiendo dos estratos, Villar de Ciervos 1 y Villar de Ciervos 2.
- Además, se realizaron dos experiencias similares (apeo mecanizado mediante taladora-apiladora y extracción con autocargador), aunque sin apertura de calles, dado el mayor peso de la intervención, en masas de la misma especie (*Q. pyrenaica* Willd.) de Palencia, en el monte del C.U.P. número 271, “El Páramo”, perteneciente a la Junta vecinal de Relea de la Loma, y situado en el Término Municipal de Saldaña (Palencia), en dos estratos que se denominarán Relea 1 y Relea 2.

El conjunto de estas experiencias permite contar con una muestra de diez estratos con tratamientos mecanizados sobre masas de rebollo en que poder plantear un seguimiento de sus resultados en relación con la brotación.

2. Objetivos

Se proyecta la realización de inventarios para el seguimiento de la evolución de las masas en cuanto a crecimiento, densidad y, especialmente, al rebrote, en los citados 10 estratos, objeto de tratamientos sobre melojares densos de roble (*Q. pyrenaica*) que fueron estudiados por este mismo equipo de investigadores, una vez ha transcurrido el tiempo suficiente (entre 2 y 17 años según los casos).

Se pretende valorar la respuesta de las masas tanto en cuanto a su crecimiento y variación de densidad, estado sanitario, cantidad, altura y vigor del rebrote en las calles y en las entrecalles, y tratar de relacionar las variables de respuesta, especialmente en cuanto a crecimiento y características del rebrote, con el tiempo desde la intervención y con variables previamente inventariadas (densidad inicial en número de pies, área basimétrica y existencias en peso por hectárea, peso de las claras, alturas medias y dominantes de la masa inicial, etc.) como con variables a medir en el inventario actual (anchura de calles, distancias entre calles).

Los datos procedentes de los estudios previos mencionados se han considerado útiles para detectar las tendencias en las respuestas en cuanto a rebrote frente a las características de las cortas, a pesar de las evidentes limitaciones del estudio:

- pequeño número de casos estudiados, por el escaso número de cortas realizadas en el periodo analizado, que además no se realizaron pensando en este análisis

posterior.

- experiencias medidas en distintos momentos, por diferentes equipos y con metodologías no siempre idénticas,

- carencia de un diseño experimental que cubriera los rangos de las posibles variables explicativas mencionadas además de por no haberse planteado desde el primer momento con este objetivo, sino con el de estudiar los rendimientos y costes de las operaciones.

3. Metodología

Para cumplir los citados objetivos, se plantea un inventario con la siguiente metodología:

1º) Medición de distancia entre calles y de la anchura de las calles.

2º) Selección de tres calles por estrato, evitando el efecto borde

3º) Selección y marcado con jalones de 4 puntos de muestreo por calle (por ejemplo, a 15, 30, 45 y 60 m del origen en la pista o cortafuegos)

4º) Marcado mediante baliza, un jalón en el centro de la calle y dos en los extremos, de un transecto de 20 m (10 a cada lado del centro de la calle), que será el centro de las parcelas de ancho variable (Figura 1).

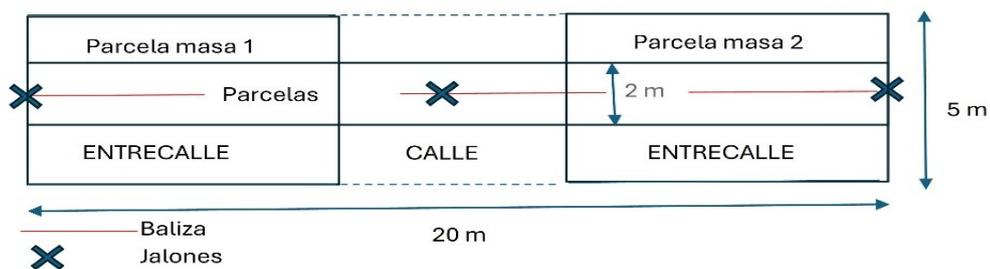


Figura 1. Esquema del diseño de las parcelas de inventario.

Se miden en las 12 parcelas por estrato:

- Todos los diámetros normales en las parcelas masa 1 y masa 2,

- La altura de los seis pies mayores más próximos a la baliza, que se caracterizan en cuanto a estado sanitario, tamaño de la copa (media de dos diámetros por



estimación visual y profundidad de copa por diferencia de la altura total con la de la primera rama viva que forme copa), se anota si hay signos de puntisecado, si son pies aislados o forman parte de una cepa y de cuántos pies en tal caso, y se hace conteo y caracterización de brotes epicórmicos (inferiores a un cuarto del radio de copa, entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$ del radio de copa y aproximados o mayores que el radio de copa).

- La altura del pie bien conformado de mayor diámetro de la parcela (altura dominante).

- Se cuentan los brotes de más de 30 cm en las parcelas de brotes, tanto en la calle como en las entrecalles.

- En los dos brotes más cercanos a la baliza en cada entrecalle y los cuatro más cercanos en la calle, se anota su distancia aproximada al centro de la calle, si son de cepa o raíz y se mide su diámetro a 30 cm y su altura, y se caracteriza el vigor vegetativo, anotando si los hubiera los signos de herbivoría.

Adicionalmente, se toman muestras (discos) de la base de dos o tres pies dominantes por estrato, midiéndose su altura y contando los anillos para estimar su edad, con el fin de estimar la calidad de estación de las masas.

Posteriormente, se utilizan herramientas estadísticas – análisis de varianza, y técnicas de regresión simple y múltiple - para el análisis de los datos de inventarios previos y posteriores en la época de los aprovechamientos y los inventarios actuales, tratando de correlacionar las características del rebrote y el crecimiento de las masas con los parámetros iniciales de los montes bajos (especialmente las alturas medias y/o dominantes y la densidad) y las características de los tratamientos efectuados (peso, anchura de calle, grado de mecanización, etc.).

4. Resultados1. Caracterización de las intervenciones realizadas.

En las Figuras 2 a 5, respectivamente, se muestran las características iniciales de las masas (Figura 2) y las de las claras o resalveos realizadas, el peso de la clara en % del número de pies y del peso verde inicial estimado (Figura 3), y las anchuras de calle y el cociente entre alturas dominantes y anchuras de calle (Figura 4).

Los montes bajos eran densos (entre 3000 y más de 13000 pies/ha), con relación inversa entre densidad y diámetros normales medios (entre 5 y 9,4 cm) y con alturas dominantes entre 7,2 y 14,2 m. Las calidades de estación eran por lo general bajas, entre por debajo de la calidad quinta y ligeramente por encima de la cuarta, de acuerdo con ADAME *et al.* (2006) (índices de sitio entre 3,5 y 7 m de altura dominante a los 25 años).

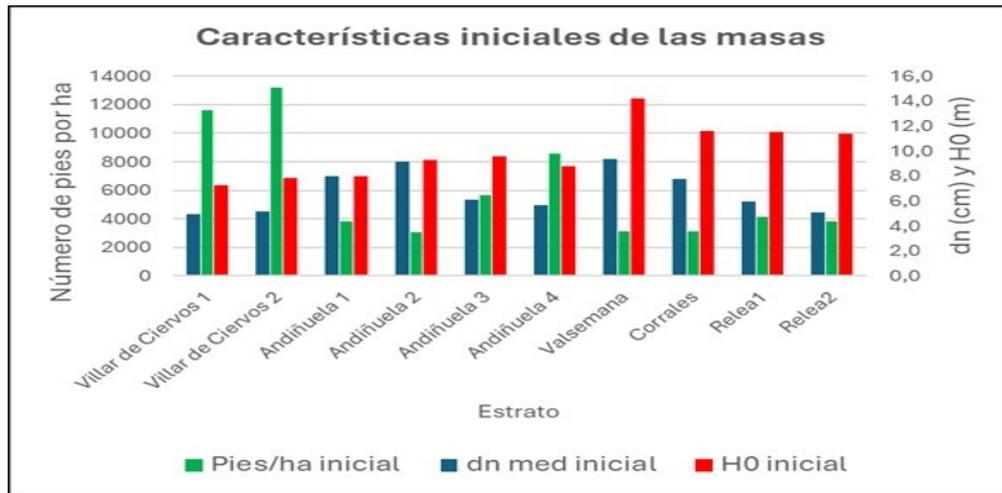


Figura 2. Características iniciales de los rebollares (densidad en pies por ha, diámetro normal medio y altura dominante).

En cuanto al tiempo transcurrido desde la intervención, fue de dos años en los estratos de Villar de Ciervos, de siete en los de Relea, quince en los cuatro estratos de Andiñuela, y diecisiete en Valsemana y Corrales.

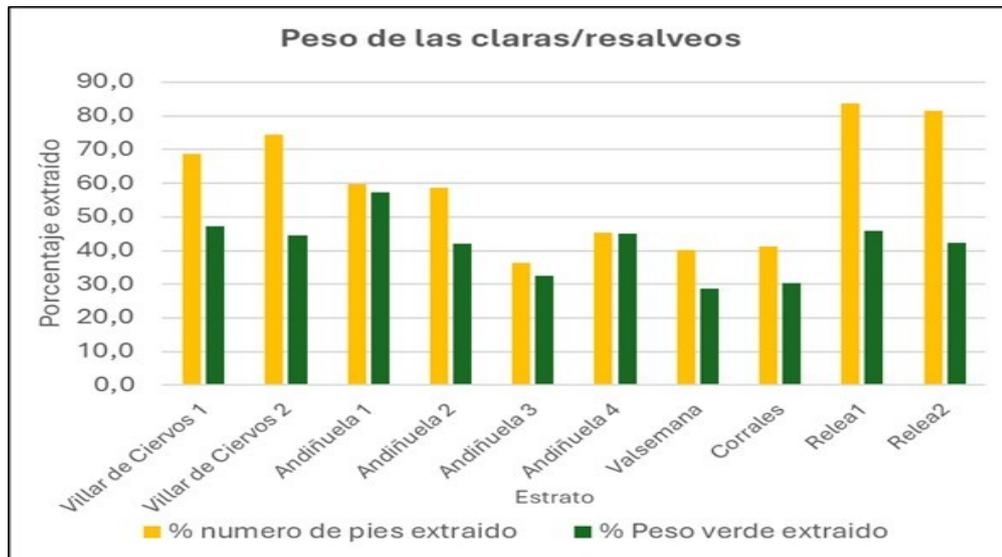


Figura 3. Peso de las intervenciones en porcentaje de número de pies inicial y peso verde estimado inicial extraídos.

En todos los casos se trató de claras fuertes o resalveos intensos, con pesos entre el 36,4 y el 86,7% del número inicial de pies y entre el 28,7 y 57,4% del peso. Las intervenciones más intensas en % del número de pies extraído corresponden a los estratos palentinos y los de Villar de Ciervos, mientras que los más intensos en peso extraído son esos mismos, superados o igualados puntualmente por Andiñuela 1 y 4, lo que parece indicar que la corta selectiva no se llevó a cabo con el criterio habitual (“por lo bajo”) en estos últimos estratos.

En la Figura 4 se representa la anchura de calle, que osciló entre cuatro metros (los valores inferiores son espaciamientos entre pies después de la corta en los estratos en que no se abrieron calles) y algo más de cinco. Se representa también el cociente entre la altura dominante y la anchura de calle, que se estima a priori como un parámetro que se podría relacionar con la importancia del rebrote en las propias calles de desembosque. Este último parámetro no se representa en los estratos de Relea, dado que allí no se realizaron calles.

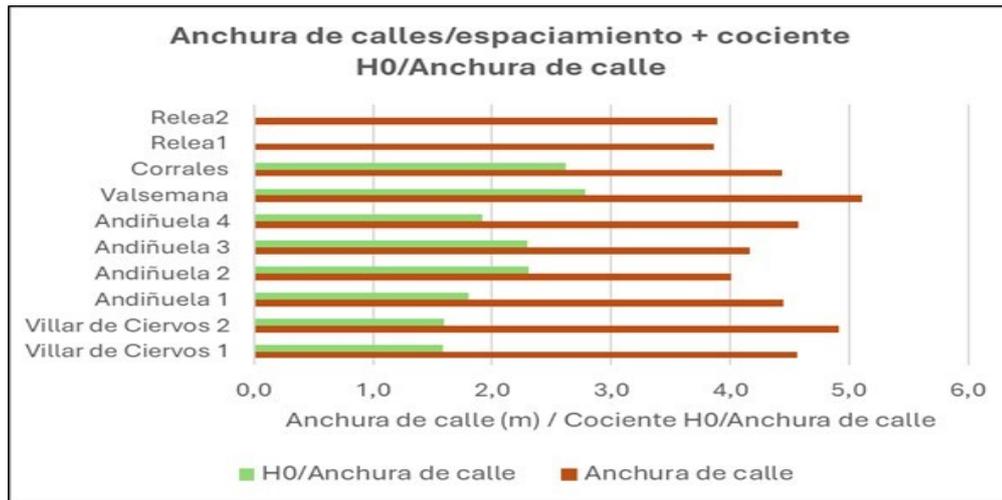


Figura 4. Anchura de las calles y relación con la altura dominante inicial.

Como se puede apreciar, el cociente entre altura dominante y anchura de calle no llegó en ningún caso a 3,0 – e incluso se quedó por debajo de 2,0 en varios casos -, frente al valor mínimo recomendado de 4,0 por algunos autores (TORRE 2024, comunicación personal).

4. 2. Respuesta del rebrote.4.2.1. Densidad de brotes en la superficie de las calles.

El número de brotes por ha en la superficie de las calles osciló, como media en los distintos estratos, entre 8.733 en Valsemana y 132.116 en Villar de Ciervos 1. El análisis de varianza con respecto a las variables consideradas mostró una tendencia decreciente en relación con el paso del tiempo desde la corta y una tendencia decreciente respecto a la variable “cociente entre altura dominante y anchura de calle”.

De acuerdo con esos resultados (y con la aparente falta de influencia de otras variables ensayadas), se decidió ensayar una regresión múltiple en que se incluyeron esas dos variables, obteniéndose el siguiente resultado (ecuación [1], con R2 ajustado = 73,8%).

Número de brotes calles/ha = 156527 – 23044·(H0 inicial/Anchura de calle) –

5571·Nº periodos vegetativos desde la corta

Ecuación [1]

Si se representa esta ecuación para un valor de $H_0 = 8$ m, se obtiene el gráfico de la Figura 5, en que se aprecia la disminución del número de brotes por ha para calles más estrechas y con el paso de los años desde la corta. La interpretación de este gráfico (como de los siguientes) es sólo orientativa, dado el escaso número de puntos con que se ha ajustado las curvas de regresión.

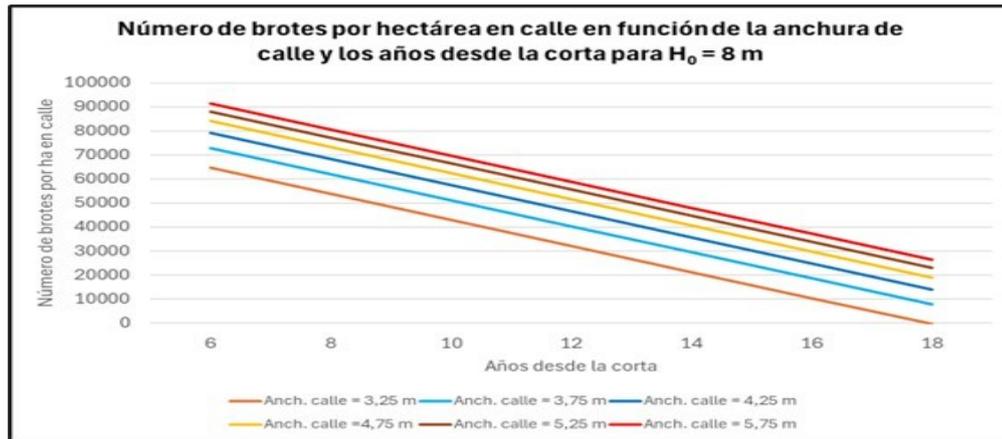


Figura 5. Evolución orientativa del número de brotes por ha en las calles en función del tiempo tras la corta y la anchura de calle para altura dominante de 8 m.

Es importante señalar que la disminución del número de brotes por ha en las calles, para una cierta altura dominante, se incrementa para las anchuras de calle inferiores (es decir, se reduce más entre 3,25 y 3,75 m de anchura que entre 5,25 y 5,75).

4. 2.2. Densidad de brotes en las entrecalles.

El número de brotes por ha en la superficie de las entrecalles osciló, como media en los distintos estratos, entre 5.210 en Valsemana y 82.970 en Villar de Ciervos 1. El análisis de varianza con respecto a las variables consideradas mostró una tendencia decreciente en relación con el paso del tiempo desde la corta y una tendencia creciente respecto al peso de la corta en porcentaje del peso verde inicial estimado. De acuerdo con esos resultados (y con la aparente falta de influencia de otras variables ensayadas), se decidió ensayar una regresión múltiple en que se incluyeron esas dos variables, obteniéndose el siguiente resultado (Ecuación [2], con R^2 ajustado del 76,6%).

Número de brotes entrecalles/ha = 1311·% Peso verde extraído - 2466,5·Nº años desde la corta Ecuación [2]

La ecuación [2] se representa en la Figura 6, en que se aprecia una tendencia a la reducción, a los seis años de la corta, a más de la mitad de los brotes por ha en las entrecalles si se compara un peso del 55% con un 30%, y una tendencia a la fuerte reducción o desaparición de los brotes a largo plazo para los pesos más reducidos.

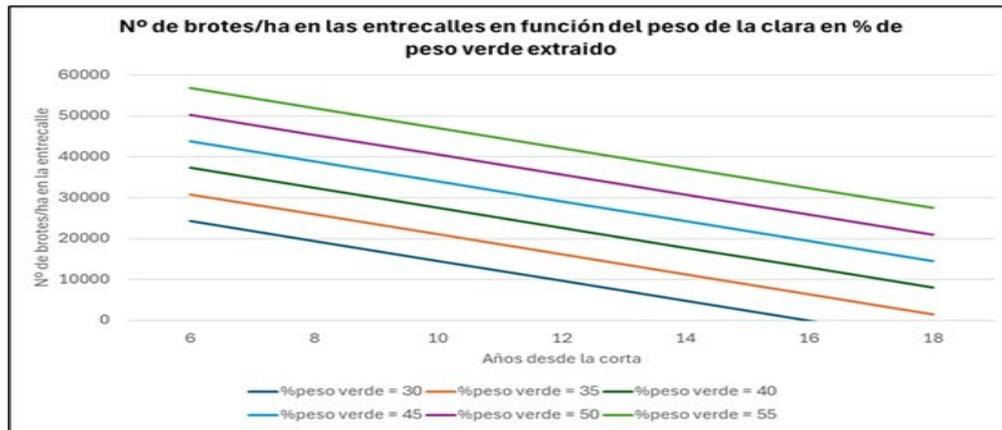


Figura 6. Evolución orientativa del número de brotes por ha en las entrecalles en función del tiempo tras la corta y el peso de la misma en % del peso verde inicial.

4. 2.3. Densidad media de brotes en toda la superficie.

El número de brotes por ha en la superficie total (de las calles más las entrecalles) osciló, como media en los distintos estratos, entre 6.222 en Valsemana y 93.417 en Villar de Ciervos 1. El análisis de varianza con respecto a las variables consideradas mostró, al igual que en el caso de los brotes en las entrecalles, una tendencia decreciente en relación con el paso del tiempo desde la corta y una tendencia decreciente respecto a la variable "peso de la corta".

De acuerdo con esos resultados (y con la aparente falta de influencia de otras variables ensayadas), se decidió ensayar una regresión múltiple en que se incluyeron esas dos variables, obteniéndose el siguiente resultado (Ecuación [3], con R2 ajustado =76,8%).

Número de brotes total/ha = 1470,35·% Peso verde extraído - 2816,99·Nº años desde corta
Ecuación [3]

La ecuación [3] se representa en la Figura 7, en que se aprecia una tendencia a la reducción, a los seis años de la corta, a más de la mitad de los brotes por ha en la superficie conjunta de calles y entrecalles si se compara un peso del 55% con un 30%, y una tendencia a la fuerte reducción o desaparición de los brotes a largo plazo para los pesos más reducidos.

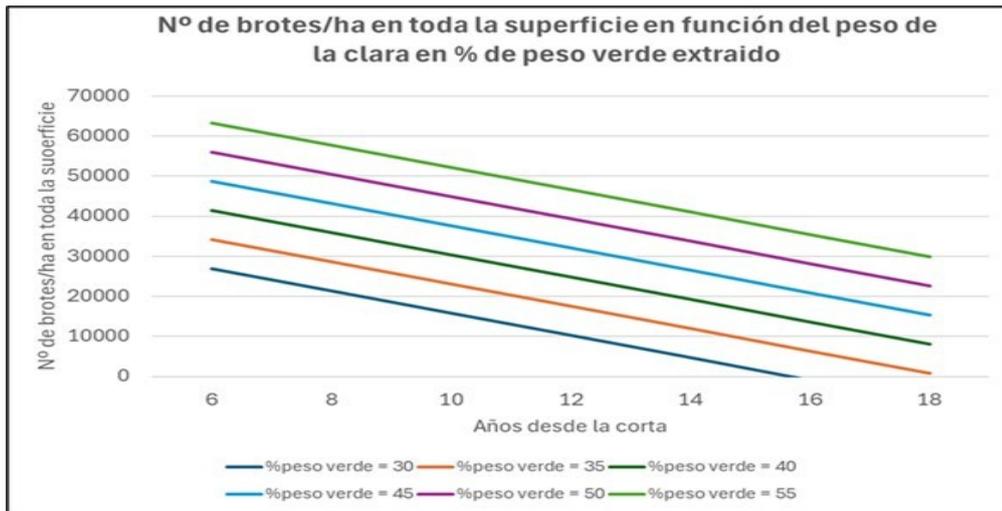
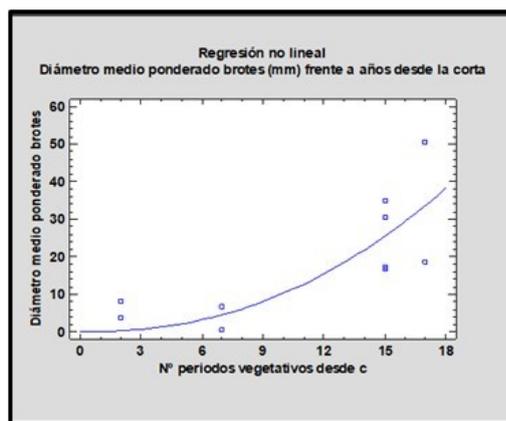


Figura 7. Evolución orientativa del número de brotes por ha en toda la superficie en función del tiempo tras la corta y su peso en % del peso verde inicial.

4. 2.4. Diámetro y altura media de los brotes.

Se midieron ambos parámetros (diámetro en la base - mm - y altura media - m -) en las calles y las entrecalles, y se obtuvieron sus valores medios ponderados para toda la superficie. Los análisis de varianza no mostraron tendencias consistentes de estos parámetros frente a las variables iniciales o características de la intervención, y únicamente mostraron una tendencia creciente frente al tiempo desde la intervención.

Ante la poca significación del término constante en la regresión lineal simple, se optó por un modelo alométrico que se ajustó mediante regresión no lineal que arrojó unos coeficientes de determinación ajustados superiores al 56% en ambos casos, con los resultados que se reflejan en la Figura 8.



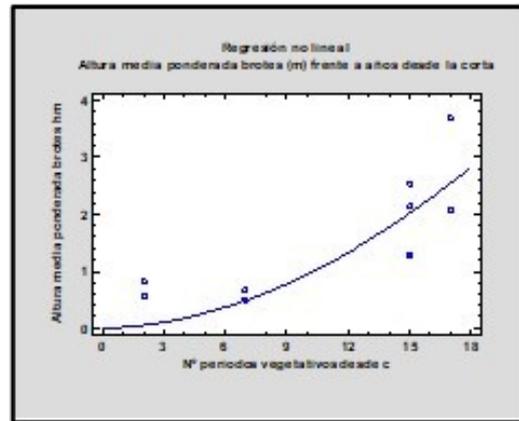


Figura 8. Evolución orientativa del diámetro y altura medios de los brotes en función del tiempo tras la corta.

4. 2.5. Pseudo volumen estimado de los brotes.

El pseudo volumen, definido como el resultado de multiplicar el número total de brotes por ha por su altura media y su diámetro medio al cuadrado, se considera una estimación de la biomasa total de brotes por hectárea. Esta magnitud, expresada en millones, oscila entre 0,85 en Villar de Ciervos 1 y 65,37 en Andiñuela 4, y se mostró sensible a través de análisis de varianza a las anchuras de calle. Por ello, no se consideraron para el ajuste las parcelas de Palencia, dado que el parámetro “anchura de calle” no tenía un significado real, dado que no se habían abierto calles en estos rebollares. El resultado de la regresión múltiple (R^2 ajustado = 82,5%) es el siguiente (Ecuación [4]):

$$\text{nm} \cdot \text{dm}^2 \cdot \text{hm} \text{ brotes media pond} * 0,000001 = 48,6 \cdot \text{Anchura de calle (m)} - 79,6 \cdot (\text{H0}/\text{Anchura de calle}) - 2,47 \cdot \% \text{ Peso verde extraído} + 6,04 \cdot \text{N}^\circ \text{Periodos Vegetativos desde la corta}$$

Ecuación [4]

La evolución orientativa de esta variable con el tiempo, en función de la anchura de las calles, para una altura dominante de 8 m y un peso de la corta del 35% del peso inicial se representa en la Figura 9, en que se aprecia la tendencia a la reducción de la biomasa de rebrote al reducirse la anchura de las calles.

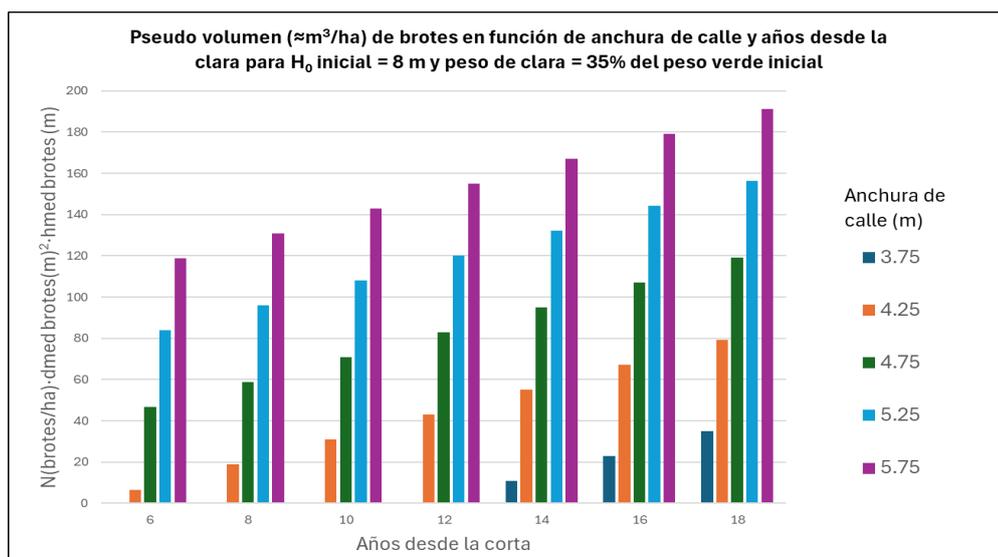


Figura 9. Variación del pseudo volumen con el tiempo desde la corta para distintas anchuras de calle, para $H_0=8$ m y Peso de la corta en % del peso inicial = 35%.

Aunque no se trata de una estimación precisa (dado el escaso número de puntos para el ajuste), el pseudo volumen sería, a los 18 años de la corta, 5,5 veces mayor para una anchura de calle de 5,75 metros, frente a una anchura de calle de 3,75 m.

4. 2.6. Otras variables analizadas.

En el caso del vigor de los brotes o del número y tamaño relativo al radio de la copa de los brotes epicórmicos, no se encontró correlación entre dichas variables y ninguna de las variables de masa (por ejemplo, el índice de sitio) o de la intervención (peso, anchura de calle, cociente entre altura dominante y anchura de calle, etc.).

Se apreció diferencia significativa entre el vigor de los brotes, en una escala de 1 (sano y vigoroso, dominante) a 6 (muerto), en la calle (media de 1,59) y en las entrecalles (media de 2,17). Es decir, los brotes son más vigorosos en las calles, lo que parece lógico por la menor competencia.

En cuanto a los crecimientos, se detectó una relación decreciente entre los crecimientos en diámetro y los periodos vegetativos transcurridos desde la corta, así como una relación positiva, más débil, entre el crecimiento diametral y el peso de la corta en área basimétrica.

5. Discusión

Se han analizado diez estratos de claras o resalvos sobre montes bajos de rebollo (*Q. pyrenaica* Willd.), en masas jóvenes con calidades de estación entre bajas y bajas-medias, densidades entre 3.000 y más de 13.000 pies/ha, diámetros normales medios entre 5 y 10 cm y alturas dominantes entre 7 y 14 m.

Las intervenciones se realizaron de forma mecanizada y semimecanizada, entre 2



y 17 periodos vegetativos antes del inventario actual, con pesos de clara fuertes, entre el 30 y el 57% del peso verde inicial. En 8 de las 10 intervenciones se abrieron calles definidas, con anchuras entre 4 y algo más de 5 m.

El rebrote se ha producido de forma generalizada en todas las intervenciones. En el caso de los brotes sobre la superficie de las calles, su densidad se ha relacionado negativamente con el cociente entre altura dominante y anchura de calle y también negativamente con el tiempo desde la clara. En las entrecalles y en el conjunto de la superficie, la densidad de brotes se ha relacionado positivamente con el peso de la corta (en % del peso verde inicial), reduciéndose por competencia con el tiempo (años) desde la corta.

El diámetro medio en la base de los brotes y su altura media han crecido con los años desde la corta, no habiéndose encontrado dependencia de otros factores.

El peso (o pseudo volumen, definido como el producto de altura media de brotes por diámetro en su base al cuadrado y por su número por ha) de los brotes ha crecido con los años transcurridos desde la intervención y se ha visto positivamente influido por la anchura de la calle, especialmente si ésta no era pequeña en comparación con la altura dominante de la masa inicial.

No se han podido establecer relaciones entre el número y tamaño relativo al radio de las copas de los brotes epicórmicos y los parámetros de las masas o de las intervenciones. Tampoco se ha podido llegar a conclusiones sobre los factores que afectan al vigor de los brotes, salvo su mayor vigor en las calles que en las entrecalles.

En cuanto a los crecimientos, el tamaño de la muestra y, posiblemente, la heterogeneidad metodológica de los inventarios iniciales (antes y justo después de las claras) no han permitido establecer relaciones entre las variables de masa y de la intervención, salvo la relación decreciente entre el crecimiento en diámetro y el tiempo desde la intervención, y una relación positiva muy débil entre el crecimiento en diámetro y el peso de la clara en porcentaje de área basimétrica, que ya había sido detectada en masas mixtas de rebollo y pino albar por ALDEA *et al.* (2017).

6. Conclusiones

Dados los resultados orientativos del estudio y a pesar de las limitaciones metodológicas y debidas al tamaño y al ámbito paramétrico de la muestra anteriormente mencionadas, parece claro que el control del rebrote en montes bajos jóvenes de calidades de estación bajas y bajas-medias de *Q. pyrenaica* requiere intervenciones suaves (con un peso moderado en % del peso verde de la masa inicial) y las calles necesarias para su mecanización deben ser de la menor anchura posible en términos absolutos, y en particular en relación con la altura dominante de la masa inicial.



Estos hechos conllevan la prioridad de intervenir en montes bajos con las mayores alturas dominantes dentro de lo posible, y de reducir la anchura de las calles, mediante instrucciones adecuadas al respecto y el correspondiente control y, cuando sea posible, mediante el uso de maquinaria de anchura de vía reducida (máquinas de la llamada *small-scale forestry*). En todo caso, se considera la ejecución mecanizada de los tratamientos como un requisito indispensable para su realización en una superficie significativa.

La reducción aparente del crecimiento en diámetro con el tiempo desde la intervención (a menos de la mitad en unos 15 años) y con los bajos pesos de las claras aconsejaría no espaciarlas excesivamente, teniendo en cuenta que, al tener que ser claras suaves, la respuesta en crecimiento será reducida en estos montes con bajas calidades de estación.

Como síntesis, la selvicultura del rebollo orientada a su conversión a monte alto requiere claras notablemente más suaves, más frecuentes y con calles más estrechas (con relación a la altura de los árboles remanentes) que las realizadas, aunque por la poca disponibilidad de parcelas en las que medir la respuesta temporal no permita concretar los valores adecuados de los parámetros detectados como relevantes.

Sería muy interesante el diseño de un experimento específico sobre una mayor amplitud de condiciones dasonómicas y fisiológicas (relativas a la relación entre la biomasa aérea y la subterránea) destinado a conocer en detalle los valores adecuados de los parámetros que deberán definir estas claras.

7. Agradecimientos

Los autores agradecemos a la Comisión Territorial de Mejoras de León por la financiación del estudio, y al personal de la Consejería de Patrimonio Natural y Política Forestal de la Junta de Castilla y León en León, Palencia y Valladolid por su apoyo en los estudios sobre mecanización de rebollares. Agradecemos también su colaboración al Profesor Marcos Guerra, de la Universidad de León.

8. Bibliografía

ALBIZU, P. M.; TOLOSANA, E.; ROMAN-JORDAN, E.; 2013. Safety and health in forest harvesting operations. Diagnosis and preventive actions. A review. For. Syst. 22(3): 392 - 400.

ALDEA, J.; BRAVO, F.; BRAVO-OVIEDO, A.; RUÍZ-PEINADO, R.; RODRÍGUEZ, F.; DEL RÍO, M.; 2017. Efecto de las claras en el incremento radial intra-anual de masas mixtas de *Pinus pinaster* Ait. y *Quercus pyrenaica* Willd. Actas del 7º Congreso Forestal Español.

BECKER, G.; UNRAU, A.; 2018. Coppice Forests in Europe - A Traditional Landuse with New Perspectives. In UNRAU, A.; BECKER, G.; SPINELLI, R.; LAZDINA, D.; MAGAGNOTTI, N.; NICOLESCU, V. N.; BUCKLEY, P.; BARTLETT, D.; KOFMAN, P. D.



(Eds.), *Coppice Forests in Europe* (pp. 18–21). Albert Ludwig University Freiburg. 399 págs. Friburgo (Alemania).

CALVO, L.; SANTALLA, S.; MARCOS, E.; VALBUENA, L.; TARREGA, R.; LUIS, E.; 2003. Regeneration after wildfire in communities dominated by *Pinus pinaster*, an obligate seeder, and in others dominated by *Quercus pyrenaica*, a typical resprouter. *For. Ecol. Manag.* 184:209-223.

CAÑELLAS, I.; DEL RÍO, M.; ROIG, S.; MONTERO, G.; 2004. Growth response to thinning in *Quercus pyrenaica* Willd. coppice stands in Spanish central mountain. *Ann. For. Sci.* 61(3), 243-250.

CAÑELLAS, I.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, M.; BOGINO, S.M.; *et al.*; 2017. Secuestro de carbono en robledales mediterráneos. En: Bravo, F.; LeMay, V.; Jandi, R. (Ed.) *Gestión de ecosistemas forestales: el desafío del cambio climático*. Springer, págs. 403-427.

CARTAN-SON, M.; FLORET, C.; GALAN, M.J.; GRANDJANNY, M.; LE FLOCH'H, E.; MAISTRE, M.; PERRET, P.; ROMANE, F.; 1992. Factors affecting radical of *Quercus ilex* L., in a coppice stand in southern France. *Vegetatio* 99/100: 61-68.

CORONA, P.; ASCOLI, D.; BARBATI, A.; BOVIO, G.; COLANGELO, G.; ELIA, M.; GARFÌ, V.; IOVINO, F.; LAFORTEZZA, V.; LEONE, V.; LOVREGLIO, R.; MARCHETTI, M.; MARCHI, E.; MENGUZZATO, G.; NOCENTINI, S.; PICCHIO, R.; PORTOGHESI, L.; PULETTI, N.; SANESI, G.; CHIANUCCI, F.; 2015. Integrated forest management to prevent wildfires under Mediterranean environments. *Ann. Silv. Res.* 39 (1): 1-22.

DUCREY, M.; TOTH, J.; 1992. Effect of cleaning and thinning on height growth and girth increment in holm oak coppices (*Quercus ilex* L.), *Vegetatio* 99/100: 365-376.

ENACHE A.; KÜHMAIER, M.; VISSER, R.; STAMPFER, K.; 2015. Forestry Operations in the European Mountains: A study of current practices and efficiency gaps. *Scand. J. For. Res.* 7581: 1–39.

FORD-ROBERTSON, J. B.; 1996. Estimating the net carbon balance of the plantation forest industry in New Zealand. *Biom. Bioenerg.* 10(1), 7–10.

GONZÁLEZ, J.M.; 2005. *Introducción a la selvicultura general*. Ed. Universidad de León, Secretariado de Publicaciones. 209 pág. León.

HERGUIDO, L.; 2022. Análisis de productividad, costes y efectos ambientales de las claras mecanizadas selectivas y sistemáticas sobre monte bajo de rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) con el cabezal Bracke C16.c en Villar de Ciervos (León). Trabajo de Fin de Grado (inédito).



HOFF, C.; RAMBAL, S.; JOFRE, R.; 2002. Simulation carbon and water flows and growth in a Mediterranean evergreen *Quercus ilex* coppice using the FOREST-BGC model. *For. Ecol. Manag.* 164:121-136

KÄRHÄ, K.; JOUHIAHO, A.; MUTIKAINEN, A.; MATTILA, S.; 2005. Mechanized Energy Wood Harvesting from Early Thinnings. *Int. J. For. Eng.* 16(1): 15–25.

LAINA, R.; TOLOSANA, E.; AMBROSIO, Y.; 2013. Productivity and cost of biomass harvesting for energy production in coppice natural stands of *Quercus pyrenaica* Willd. in central Spain. *Biom. Bioen.* 36: 1–9.

LAMPSON, N.I.; 1988. Precommercial thinning and pruning of Appalachian stump sprouts 10 year results, *South. J. App. For.* 12: 23–27.

MORENO-FERNÁNDEZ, D.; ALDEA, J.; GEA-IZQUIERDO, G.; CAÑELLAS, I.; MARTÍN-BENITO, D.; 2021. Influence of climate an thinning on *Quercus pyrenaica* Willd. Coppices growth dynamics. *Eur. J. For. Res.* 140(1), 187-197.

PIQUÉ, M.; VERICAT, P.; 2017. Spain. In Nicolescu, V. N.; Bartlett, D.; Buckley, P.; Rossney, D.; Pyttel, P.; Unrau, A. (Eds.). National Perspectives on Coppice from 35 EuroCoppice Member Countries. Eurocoppice COST Action report. Ed: Univ. Freiburg. 84 pág. Friburgo (Alemania).

ROTH, E.R.; 1956. Decay following thinning of sprout oak clumps, *J. For.* 59: 26–30.

SAN MIGUEL, A.; FERNÁNDEZ CANCIO, A.; SAN MIGUEL, J; 1992. Tablas de peso para pies individuales de rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) en montes bajos del Sistema central español. *Investigación agrarian. Sistemas y recursos forestales.* 1(2).

SANTA REGINA, I.; 2000. Biomass estimation and nutrient pools in four *Quercus pyrenaica* in Sierra de Gata Mountains, Salamanca, Spain. *For. Ecol. Manag.* 132:127-141.

SCHWEIER, J.; SPINELLI, R.; MAGAGNOTTI, N.; BECKER, G.; 2015. Mechanized coppice harvesting with new smallscale feller-bunchers: Results from harvesting trials with newly manufactured felling heads in Italy. *Biom. Bioen.* 72: 85-94.

SERRADA, R.; ALLUÉ, M.; SAN MIGUEL, A.; 1992. The coppice system in Spain. Current situation, state of art and major areas to be investigated. *Ann Ist Sper Selv*, 23, 266-275.



SERRADA, R.; BRAVO, A.; REVILLA, C.; ALLÚE CAMACHO, M.; 1997. Resalveo de conversión en monte bajo: estimación del rebrote en función del peso de clara aplicado. Ed. Servicio Territorial de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Junta de Castilla y León.

SPINELLI, R.; CACOT, E.; MIHELIC, M.; NESTOROVSKI, L.; MEDERSKI, P.; TOLOSANA, E.; 2016. Techniques and productivity of coppice harvesting operations in Europe: a meta-analysis of available data. *Ann. For. Sci.* 73:1125–1139.

SPINELLI, R.; MAGAGNOTTI, N.; SCHWEIER, J.; 2017a: Trends and perspectives in coppice harvesting. *Croat. j. for. eng.* 38(2): 219-230.

SPINELLI, R.; PARI, L.; AMINTI, G.; MAGAGNOTTI, N.; GIOVANNELLI, A.; 2017b. Mortality, re-sprouting vigor and physiology of coppice stumps after mechanized cutting. *Ann. For. Sci.* 74: 5, 12 pages.

VIGNOTE, S.; MARTINEZ-ROJAS, I.; VILLASANTE, A.; 2010. *Silvicultura y calidad de madera*. Ed. Servicio de Publicaciones E.T.S.I. Montes. 48 pág. Madrid.