



**9CFE-1692**

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



## Cortas a hecho por bosquetes de diferente tamaño en una repoblación madura de pino carrasco: ¿se ha potenciado una masa mixta después de 25 años? ¿y el crecimiento de los árboles borde y de las especies arbóreas del bosquete?

MOLINA HERRERA, ANTONIO J. <sup>(1)</sup>, LULL NOGUERA, C. <sup>(2)</sup>, LIDÓN CEREZUELA, A. <sup>(2)</sup>

(1) Evaluación y Restauración de Sistemas Agrícolas y Forestales. Departamento de Ingeniería Forestal, ETSIAM, Universidad de Córdoba.

(2) Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA). Grupo de I+D+i Re-ForeST. Universitat Politècnica de València.

### Resumen

La regeneración de una masa forestal mediante la entresaca por bosquetes requiere definir el tamaño adecuado del tratamiento, así como si se va a proceder o no a la eliminación de todas las especies arbóreas según los objetivos marcados. Este trabajo evalúa el efecto de este tratamiento selvícola sobre el regenerado de pinar, las especies arbóreas acompañantes y los árboles “borde” en una repoblación madura de pino carrasco en la provincia de Valencia donde las especies arbóreas acompañantes no se eliminaron. El diseño experimental es de tres bloques completos al azar, con bosquetes cuadrados de tres tamaños diferentes (15, 30 y 45 m de lado) y un control. Se determinaron las especies, su frecuencia y densidad, y los crecimientos (alturas y diámetros) mediante 4 transectos sistemáticos por parcela, así como el incremento del área basimétrica anual de los árboles borde de pinar mediante dendrocronología. Los resultados obtenidos para las diferentes variables directas e indirectas (índice de Shannon, crecimiento anual, densidad de regenerado de pinar, etc.) muestran que es posible potenciar una masa mixta de mayor diversidad estructural y crecimiento acumulado global con una intervención que suponga al menos un tamaño de bosquete de 900 m<sup>2</sup>.

### Palabras clave

*Pinus halepensis*, dendrocronología, entresacas, silvicultura, sabina.

### 1. Introducción

Las repoblaciones forestales protectoras del siglo pasado que se llevaron a cabo en el levante peninsular a densidades iniciales elevadas se concibieron para ser gestionadas de acuerdo con itinerarios selvícolas comunes. Así, se llevarían a cabo tratamientos progresivos de eliminación de la competencia según la calidad de estación. Hoy día, sin embargo, estas plantaciones maduras, en su mayoría bosques monoespecíficos de pino carrasco, se encuentran en un estado de estancamiento significativo como consecuencia de una nula intervención desde su plantación (MOLINA ET AL., 2021), con estructuras forestales deficientes, escasez de riqueza de especies en el sotobosque y alta vulnerabilidad tanto a perturbaciones bióticas como abióticas (NAVARRO-CERRILLO ET AL., 2019).

En estas repoblaciones estancadas, es importante conocer los impactos de posibles



intervenciones selvícolas sobre la funcionalidad y resiliencia del ecosistema forestal y con ello en la provisión potencial de bienes y servicios. Si bien existen varios trabajos que analizan el efecto positivo del aclareo en aspectos tales como las propiedades físico-químicas del suelo (LULL ET AL., 2023), la recarga de capas profundas (nosotros), la dependencia climática (NAVARRO-CERRILLO ET AL., 2019) o la respuesta a sequías del crecimiento secundario (MANRIQUE-ALBA ET AL., 2020), existen otras intervenciones selvícolas, cuyo objetivo general es la regeneración de la masa forestal, que han sido menos evaluadas, en especial en el largo plazo. Así, la cuantificación de los impactos de determinadas cortas de regeneración sobre procesos y aspectos clave ecosistémicos nos debe ayudar a diseñar la gestión forestal más adecuada que optimice la funcionalidad del bosque. Entre ellas, la técnica selvícola de entresaca por bosquete implica la extracción de todos los árboles de la especie dominante en zonas delimitadas que generalmente están separadas entre sí por zonas sin gestionar, y es a priori la que menor alteración introduce sobre el microclima y las propiedades del suelo en comparación con intervenciones de corta a hecho de mayor envergadura (SERRADA, 2011). Así, se promueven claros forestales sistemáticos dentro de la cubierta forestal continua, lo que puede implicar situaciones locales con mayor diversidad vegetal y estructuras forestales más complejas (BAGNATO ET AL., 2021; ORMAN ET AL., 2021) una vez que se ha producido la etapa de emergencia y establecimiento de las plántulas o la colonización del espacio por especies arbóreas acompañantes que se encontraban en el sotobosque dominado.

Una decisión clave a la hora de diseñar tratamientos de cortas a hecho por bosquetes es el tamaño del claro donde se eliminan totalmente las especies arbóreas dominantes (COATES ET AL., 2022; BAGNATO ET AL., 2021). Este aspecto está directamente relacionado con las condiciones de luz y entrada de agua en el suelo para las especies arbóreas del sotobosque remanentes, pero también para la regeneración natural de los árboles durante los primeros años tras la intervención, ya que se pueden promover condiciones de sombra diferenciales y, por lo tanto, diferentes condiciones de equilibrio tanto en los ciclos hídrico, energético y de nutrientes según sea la orientación y/o la distancia al borde dentro de los claros (BAGNATO ET AL., 2021; BAGNATO ET AL., 2021). Bosquetes más pequeños pueden facilitar una regeneración más controlada y promover la biodiversidad al permitir una transición gradual entre las áreas taladas y el bosque circundante. Sin embargo, si son demasiado reducidos, pueden limitar el crecimiento de especies dependientes de la luz, como las pioneras, al no crear un entorno suficientemente despejado para su desarrollo óptimo (SMITH ET AL., 1997). Por otro lado, bosquetes de mayor tamaño ofrecen condiciones más favorables para especies heliófilas, pero pueden aumentar el riesgo de erosión del suelo y alterar significativamente el microclima local, lo que podría desestabilizar el ecosistema si no se gestionan adecuadamente (MATTHEWS, 1991). Por otro lado, los efectos indirectos sobre el estado de salud de los árboles del borde deben tenerse en cuenta también al diseñar este tipo de tratamientos (BAGNATO ET AL., 2021).

## 2. Objetivos

El presente trabajo forma parte de un estudio diseñado para evaluar los impactos a largo plazo de diferentes tratamientos selvícolas sobre una amplia gama de procesos y variables que describen el funcionamiento y la estructura tanto del



vuelo como de la parte subterránea en repoblaciones maduras de pino carrasco características del levante español. En este sentido, el objetivo general es comparar cómo diferentes tamaños de claros en tratamientos de entresaca por bosque, con eliminación exclusiva del pinar, han impactado sobre la evolución de la masa forestal, lo que permitirá generar recomendaciones futuras en cuanto al diseño en contextos mediterráneos similares. Para ello, los objetivos secundarios que se plantearon son:

- Analizar el crecimiento secundario de los árboles borde de pinar afectados indirectamente por el tratamiento selvícola
- Cuantificar el efecto diferencial sobre la densidad y el crecimiento del regenerado de pinar
- Cuantificar el efecto diferencial sobre el crecimiento de las especies arbóreas acompañantes que han sido potenciadas gracias a la eliminación del estrato forestal dominante
- Analizar el cambio inducido en la biodiversidad total por diferentes tamaños de bosque

### 3. Metodología

#### 3.1. Zona de estudio y diseño experimental

La zona de estudio se encuentra a unos 80 km de Valencia entre los montes de Tuéjar y Chelva (provincia de Valencia; 39°49'26" N, 1°05'47" W, 980 m.s.n.m.) (Figura 1), donde existen extensas áreas de repoblaciones protectoras de pinar de pino carrasco procedentes del siglo pasado, con una edad aproximada de 80 años. El sotobosque está dominado por grandes arbustos (*Quercus coccifera*, *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus phoenicea*), indicadores de la asociación *Rhamno lycioidis - Quercetum cocciferae*, en la que prosperan espinos, sabinas, pinos y otros arbustos típicos de contextos mediterráneos.

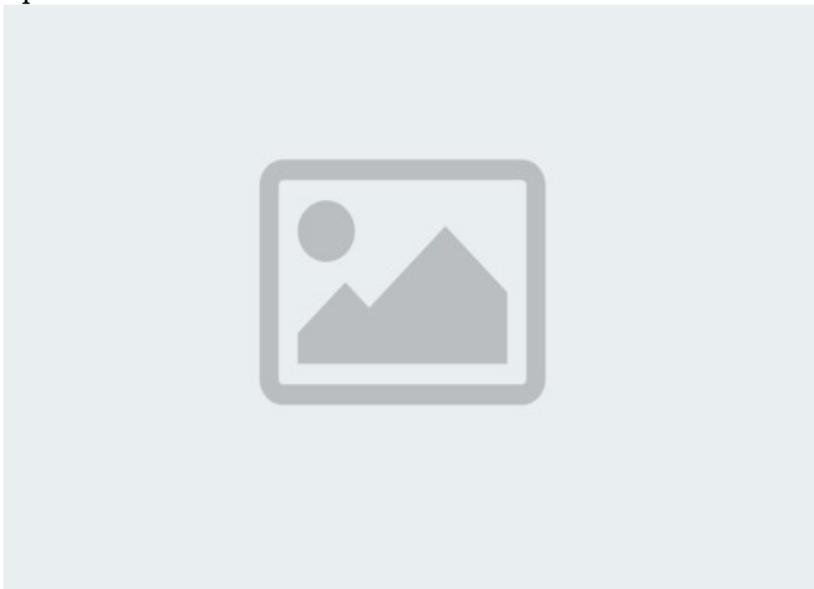


Figura 1. Mapas de situación de los tratamientos testados, donde se aprecian los bloques (Tuejar\_I, Tuejar\_D y Chelva) y las unidades del diseño experimental: CC15, con tamaño de 15x15m, CC30 de 30x30m, CC45 de 45x45m y las unidades control de tamaño 30x30m (T0).



El clima de la zona es mediterráneo, con un régimen térmico de tendencia continental. La temperatura media anual es de 16,5 °C y la precipitación acumulada media anual de 415 mm. Desde el punto de vista biogeográfico, según los criterios de Rivas-Martínez (1987), la zona de estudio se sitúa en el piso mesomediterráneo con ombroclima seco. Con respecto a los suelos, en la zona encontramos principalmente leptosoles rendzínicos, que se desarrollan sobre roca calcárea, con afloramientos de luvisoles álbicos y regosoles calcáricos (GVA, 1995). El pH se encuentra alrededor de 8, presenta un alto nivel de materia orgánica (12,1-19,9%) y baja conductividad eléctrica (0,045-0,201 dS m<sup>-1</sup>).

Los tratamientos selvícolas se realizaron en el año 1998 sobre repoblaciones de pinar con una cobertura mayor al 80% y una densidad de 900 pies ha<sup>-1</sup> (GALIANA ET AL., 2001), con pendientes suaves como consecuencia de su pasado agrícola. Se eliminaron todos los pinos maduros y se respetaron las especies arbóreas presentes en el sotobosque. Las unidades experimentales se corresponden con parcelas cuadradas con diferentes tamaños para reproducir diferentes grados de sombra en un gradiente norte-sur. El diseño experimental se basa en bloques completos al azar con 3 bloques o repeticiones separados menos de 3 km, donde los tratamientos testados fueron los siguientes: 45x45 m (CC45), 30x30 m (CC30) y 15x15 m (CC15), y las unidades “control” sin tratamiento (T0), de 30x30 m (Figura 1).

Las medidas realizadas para evaluar la evolución de la vegetación tras los tratamientos se llevaron a cabo entre mayo y agosto de 2023, y se detallan a continuación.

### **3.2. Variación del crecimiento secundario en pinares adultos de borde**

En cada unidad experimental se realizó un muestreo de uno de los árboles de borde por cada orientación (N, S, E y O) a 1,3 m con una barrena, obteniendo dos núcleos por árbol (4 árboles, 8 núcleos) en la dirección perpendicular a la pendiente máxima (FRITTS, 2001). Para establecer una cronología maestra para el análisis dendrocronológico de los pinos de borde, se cortaron 4 pinos de parcelas control para la obtención de rodajas completas y con ello tener una clara referencia para la detección de falsos anillos en los núcleos. Los núcleos y las rodajas se secaron al aire y luego se alisaron con un cepillo mecánico, se lijaron con lijas sucesivamente más finas hasta el N° 700, se limpiaron con etanol y se pulieron hasta que no quedaron restos visibles de serrín. Las rodajas y los núcleos se escanearon a una resolución de 1200 dpi y el ancho de los anillos en cada eje de la rodaja (N, S, E, O) y núcleo (N, S) se midió al 0,01 mm más cercano mediante los softwares CDendro y Coorecorder v9.8.1 (MAXWELL Y LARSSON, 2021). Los límites de los anillos se señalaron utilizando la herramienta semiautomática incluida en Coorecorder y las coordenadas se transcribieron al ancho de anillo de 0,01 mm más cercano. Se verificaron las series individuales para detectar anillos faltantes y errores de datación, y la cronología maestra media se obtuvo cruzando primero los cuatro ejes de los árboles para cada corte (n = 4 árboles) y luego obteniendo una cronología maestra media, cuya correlación media entre árboles fue de 0.8. Los parámetros dendrocronológicos clásicos y las transformaciones se calcularon respectivamente para todas las series individuales y para la cronología maestra media (FRITTS, 1976). La normalización (eliminación de los efectos de autocorrelación) se utilizó para preparar los datos de ancho de anillo para el



análisis de correlación como parte del trabajo de datación cruzada. También se aplicó la eliminación de la tendencia para eliminar los efectos del árbol de edad en el ancho de anillo. Una vez corregidas las series, se transformaron en incrementos del área basal (IAB), que es biológicamente más significativo para cuantificar las variaciones de crecimiento entre años y tratamientos. Los valores del IAB se calcularon anualmente asumiendo una forma circular como la diferencia entre las áreas basales de secciones transversales anuales consecutivas.

### 3.3. Caracterización del regenerado y el sotobosque

Para cada unidad experimental, se plantearon transectos desde el punto central hasta el punto medio de cada uno de los 4 lados del cuadrado (N, S, E y O). Se tendieron cintas métricas y se midieron todos los individuos de especies vegetales, tanto arbóreas como arbustivas, que interseccionaban con la cinta o cuya proyección caía sobre ella. Para cada individuo, se registró su posición en la parcela, midiendo la distancia desde el centro hasta el punto donde comenzaba y terminaba, además del diámetro, la altura y la orientación del sector en el que se encontraba.

En el caso de las especies arbóreas, se trazaron dos líneas paralelas adicionales a los transectos, a 2 metros de distancia de las cintas métricas, y se dividió la parcela en cuadrantes mediante círculos concéntricos centrados en el punto medio. En cada cuadrante, se seleccionó un individuo de cada especie arbórea, el más cercano a las cintas principales y se midió la distancia a la que se encontraba de la cinta

Con estas medidas realizadas, fue posible calcular las siguientes variables: nº individuos por especie, frecuencia y dominancia por especie, densidad de las especies arbóreas (tanto regenerado como sotobosque), altura y diámetro e índice de Shannon. Para el análisis del efecto de la distancia al borde y la orientación, estas medidas fueron agregadas espacialmente de forma sistemática, de tal manera que los bloques (no confundir con los bloques del diseño experimental) y los cuadrantes resultantes permitiesen la comparación estadística para uno u otro factor. Como ejemplo, en la figura 2, se presenta la citada agregación para el estudio de la variación de la densidad de una determinada especie con la distancia al borde.

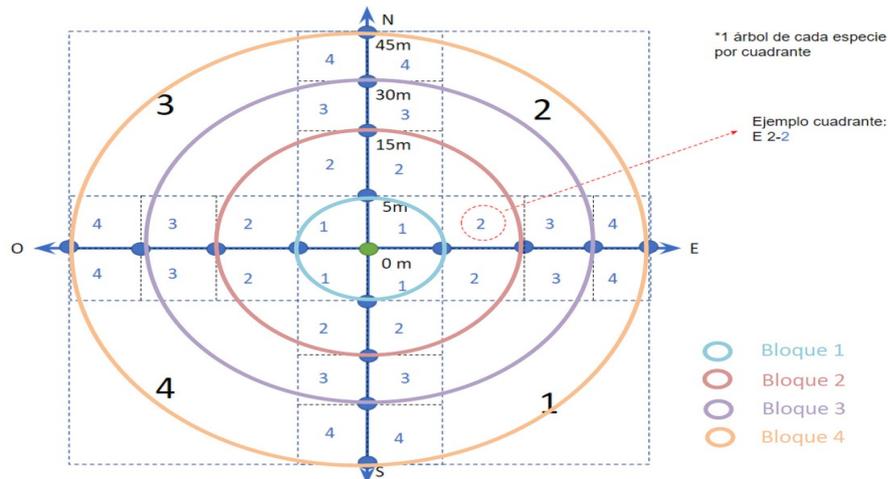


Figura 2. Esquema de diseño de la distribución de muestreo por bloques y cuadrantes para la obtención de la variable “densidad” para cada una de las especies arbóreas presentes y el análisis de la distancia al borde. Nótese que el bloque 1 se encuentra a la mayor distancia del borde (7,5, 15 y 22,5 m según tratamiento), mientras que el bloque 3 está presentes en los tratamientos CC30 (y T0) y CC45 respectivamente, y el 4 sólo en CC45.

### 3.4. Tratamiento de datos y análisis estadísticos

En el caso de los datos dendrocronológicos para crecimiento secundario, las diferencias en los valores de BAI entre las unidades experimentales se analizaron con ANOVA, considerando el tratamiento y el bloque como factores fijos. En este sentido, se consideraron tres períodos de tiempo diferentes, un período de pre-tratamiento antes de 1998, un período de post-tratamiento enfocado en los efectos de corto plazo (PostT10) y otro período de post-tratamiento enfocado en los de largo plazo (PostT25). En todos los casos, los datos se examinaron para asegurar la normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnoff y la homogeneidad de varianza mediante la prueba de Levene. Cuando se violaron los supuestos y las transformaciones no fueron adecuadas para lograr la normalidad u homocedasticidad, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Cuando las pruebas ANOVA o Kruskal-Wallis indicaron diferencias significativas entre tratamientos, se seleccionó la prueba post-hoc de Tukey para la comparación de medias múltiples. Por otra parte, se llevó a cabo una comparación de las dos rectas de regresión entre los datos de las parcelas tratadas y la control para el periodo pre-tratamiento y para el periodo post-tratamiento, como análisis alternativo a la comparación de medias. Para caracterizar las condiciones de sequía en nuestro sitio de estudio se utilizó el Índice de Evapotranspiración de Precipitación Estandarizada (SPEI) (BEGUERÍA ET AL., 2014). Las series temporales semanales del SPEI se descargaron de <http://monitordesequia.csic.es> utilizando las coordenadas de los sitios. Dado que los datos del SPEI consistían en valores semanales, y existen diferentes variantes del índice según la escala temporal, decidimos utilizar los valores del SPEI para los 9 meses anteriores a partir del 16 de junio de cada año según MANRIQUE-ALBA et al. (2020) para pino carrasco en condiciones ecológicas muy similares. Se obtuvieron, a su vez, los índices de resistencia, recuperación y resiliencia basados en datos dendrocronológicos según LLORET ET AL. (2011).



Para los datos de regenerado y sotobosque, los análisis estadísticos consistieron en análisis de la varianza de una o dos vías con el tratamiento como factor principal y un segundo factor (distancia al borde u orientación) en el segundo caso. Cuando fue necesario, los datos se transformaron logarítmicamente o mediante la raíz cuadrada para cumplir las condiciones de distribución normal e igualdad de varianzas. El supuesto de normalidad se comprobó mediante las pruebas de Shapiro-Wilk o Kolmogorov-Smirnoff, dependiendo del tamaño muestral, y la homocedasticidad mediante la prueba de Levene. Cuando alguna de las variables no cumplió alguna de las hipótesis de normalidad o homocedasticidad de las varianzas, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Todos los análisis se llevaron a cabo considerando un nivel de significación de  $p \leq 0,05$ .

#### 4. Resultados

##### 4.1. Efecto de la entresaca por bosquete sobre los árboles adultos de pinar ubicados en los bordes

La entresaca por bosquetes tiene un efecto claro sobre el área tratada pero también puede afectar a las condiciones ecológicas de los árboles adultos que la rodean. En este sentido, los resultados obtenidos en el crecimiento secundario de los pinos reflejaron diferencias significativas en los incrementos de área basal (IAB) entre los bloques, pero también entre los tratamientos, aunque la interacción entre bloque y tratamiento indicó que los efectos fueron diferentes según el bloque (Figura 3). Así, mientras que en “Chelva” las diferencias entre el control y el resto de los tratamientos sólo se acentuaron tras la intervención (del año 1998 en adelante) para el caso del bosquete de lado 30 m (CC30), esto fue más patente para el bosquete de lado 45 m (CC45) para el caso de “Tuéjar Derecha”. Con objeto de estudiar el efecto sobre las condiciones promediadas, una vez se comparan las rectas de regresión entre los IAB anuales de CC15, CC30 y CC45 versus T0 (Figura 4), se observan de forma más clara los efectos de la entresaca por bosquetes sobre el crecimiento en diámetro de los pinos del borde.

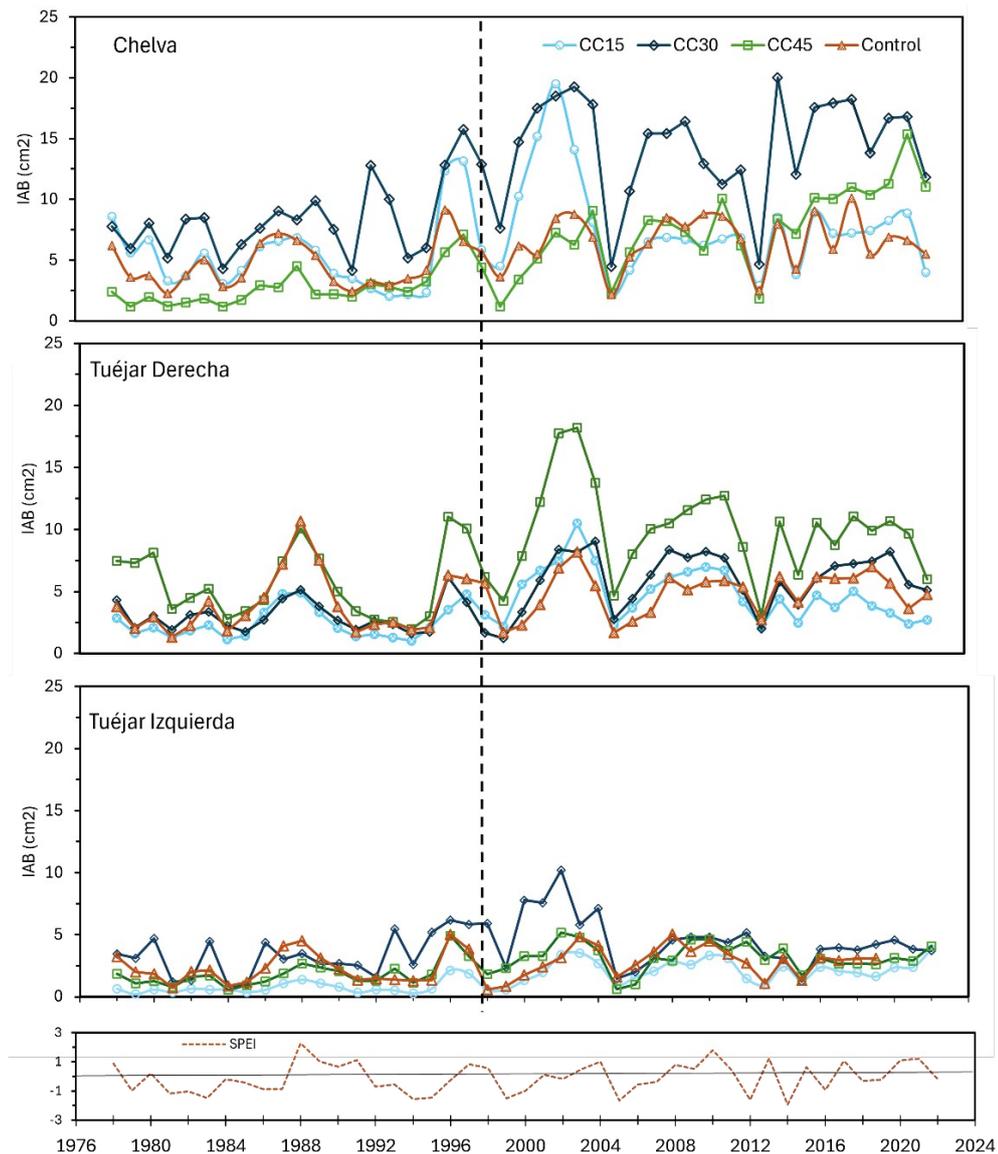


Figura 3. Incremento de área basimétrica anual (IAB, cm<sup>2</sup>) en cada uno de los tratamientos testados en este trabajo y para los 3 bloques o repeticiones (Chelva, Tuéjar Derecha y Tuéjar Izquierda). En el año 1998 se ejecutaron los tratamientos silvícolas.

El tratamiento CC15 no implicó cambio significativo en los coeficientes de las rectas de regresión entre el periodo previo y posterior a la intervención silvícola cuando se comparó con el tratamiento control. Sin embargo, tanto para el CC30 como el CC45, los resultados sí mostraron cambios significativos, lo que supuso valores un 45 o un 30 % superiores con respecto al control, respectivamente (Figura 4).

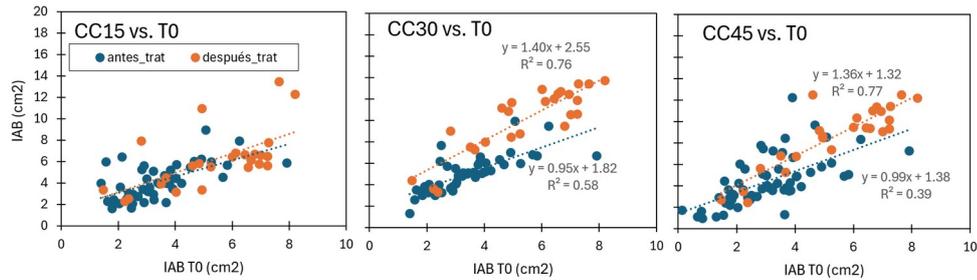


Figura 4. Gráfico de dispersión y rectas de regresión ajustadas (sólo se muestran las significativamente diferentes) entre el incremento de área basal anual (IAB,  $\text{cm}^2$ ) de CC15, CC30 y CC45 (ejes y) y T0 para el periodo previo al tratamiento (1950-1997) y posterior a éste (1998-2022).

#### 4.2. Efecto de la entresaca por bosquete sobre el regenerado de pinar y el sotobosque

Veinticinco años después de la aplicación de la entresaca, el diámetro y la altura media de los árboles observados en el sotobosque para *J. phoenicea*, *J. oxycedrus*, *Q. rotundifolia* y *P. halepensis* fueron de 5,1 cm y 2,3 m, 3,8 cm y 1,5 m, 5,4 cm y 2,3 m, y 9,4 cm y 5,3 m, respectivamente. Las comparaciones estadísticas no mostraron variaciones claras en estos valores como consecuencia del tratamiento selvícola, a excepción de la regeneración de pinar (Tabla 1). A diferencia de las otras especies leñosas dentro del sotobosque, con individuos presentes previamente a la aplicación de la entresaca, todos los pinos observados dentro de los bosquetes resultaron de la regeneración natural, con la mayoría de los árboles mostrando una altura inferior a 6 m (90% del total). En este sentido, en base en las ecuaciones de Montero et al. (2000) para predecir la edad del regenerado en función de la altura para el pino carrasco, podemos indicar que la regeneración se produjo principalmente entre el periodo de 4 a 9 años después, y los valores medios de edad no difirieron estadísticamente entre las parcelas tratadas. Con respecto a la densidad del regenerado de pinar, ésta fue claramente deficiente en las parcelas control (sin regenerado natural), y para CC15, CC30 y CC45 se obtuvieron valores medios de  $893,37 \pm 667,35$  pies  $\text{ha}^{-1}$ ,  $3131,70 \pm 1441,12$  pies  $\text{ha}^{-1}$  y  $3312,60 \pm 973,82$  pies  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente, siendo estas dos últimas significativamente diferentes al CC15.

Tabla 1. Datos medios de las especies arbóreas encontradas en el sotobosque.

Diferentes letras indican diferencias estadísticas en las pruebas post-hoc de comparación de medias. Para al tratamiento control no se encontraron pinos de regeneración.

| Número de árboles | Diámetro medio (cm) | Altura media (m) |      |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |
|-------------------|---------------------|------------------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|
|                   |                     | Sp.              | CC15 | CC30 | CC45  | T0   | CC15  | CC30 | CC45  | T0   | CC15  | CC30 | CC45 |
| J. phoenicea      | 7                   | 15               | 29   | 15   | 5.8ab | 4.9a | 5.6ab | 7.8b | 1.6a  | 4.0a | 3.8a  | 3.1a |      |
| J. oxycedrus      | 19                  | 45               | 31   | 45   | 4.9a  | 3.9a | 3.5a  | 3.4a | 3.6a  | 3.3a | 2.6a  | 3.7a |      |
| Q. rotundifolia   | 6                   | 38               | 30   | 5    | 5.8a  | 4.9a | 5.6a  | 7.8a | 4.5ab | 3.9a | 4.4ab | 4.0b |      |
| P.halepensis      | 6                   | 30               | 97   | 2.6a | 4.29a | 4.7a | 1.9a  | 3.4a |       |      | 4.2a  |      |      |

En cuanto a las otras especies, si bien el crecimiento de las frondosas no se vio afectado positivamente por la entresaca, sí lo fue la densidad de la encina, con más pies en los tratamientos CC30 y CC45 que en CC15 y T0, los cuales, además, se distribuyen fundamentalmente en clases diamétricas por debajo de 7,5 cm (Figura 5).

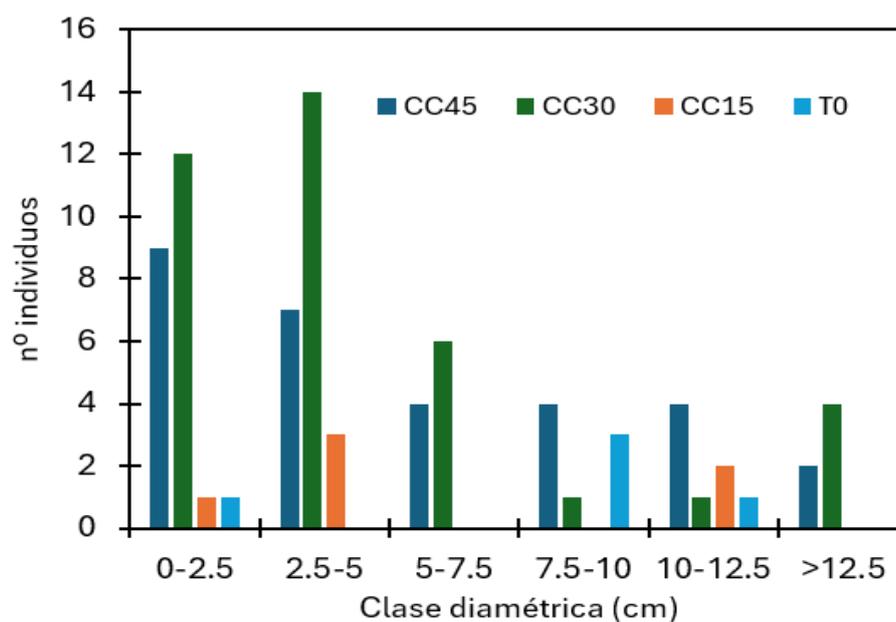


Figura 5. Total de individuos (datos medios) por clases diamétricas para la encina en los diferentes tratamientos estudiados en este trabajo.

Por último, los inventarios florísticos también arrojaron información sobre los estratos arbustivo y herbáceos presentes en las parcelas. En la Tabla 2 se presentan los datos medios de dominancia y frecuencia para todas las especies observadas en los transectos, donde destacan sobre el resto la presencia de coscoja, el romero y la aliaga. En este sentido, la entresaca ha favorecido claramente a la coscoja, especie heliófila que colonizó el suelo tras la intervención y que actualmente presenta los crecimientos mayores en el bosque de mayor tamaño (CC45). Por su parte, el romero también presentó los mayores datos de crecimiento en diámetro y altura para los bosques de mayor tamaño (CC30 y CC45), con los individuos mayores

sólo presentes en éstos y no en el resto. En cuanto al índice de biodiversidad de Shannon, se obtuvo un valor medio de  $2,5 \pm 0,2$ , y las pruebas estadísticas no mostraron efectos significativos ni del tratamiento ni de la orientación, si bien los datos indicaron menores valores para el CC15 y la orientación oeste con los mayores datos.

*Tabla 2. Datos medios de dominancia y frecuencia (%) para todas las especies arbustivas y herbáceas observadas.*

| Especie                       | Dominancia | Frecuencia |
|-------------------------------|------------|------------|
| <i>Quercus coccifera</i>      | 34,77      | 59,72      |
| <i>Rosmarinus officinalis</i> | 12,96      | 41,67      |
| <i>Genista scorpius</i>       | 4,48       | 32,64      |
| <i>Cistus albidus</i>         | 0,88       | 7,64       |
| <i>Atractylis humilis</i>     | 0,19       | 1,39       |
| <i>Bupleurum fruticoscens</i> | 0,19       | 1,39       |
| <i>Thymus vulgaris</i>        | 0,18       | 5,56       |
| <i>Ulex parviflorus</i>       | 0,1        | 0,69       |
| <i>Rubia peregrina</i>        | 0,07       | 3,47       |
| <i>Helianthemum syriacum</i>  | 0,03       | 1,39       |
| <i>Stipa tenacissima</i>      | 0,03       | 0,69       |
| <i>Stipa tenacissima</i>      | 0,03       | 0,69       |
| <i>Atractylis humilis</i>     | 0,01       | 0,69       |

## 5. Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio subrayan la importancia de considerar los efectos a largo plazo de actuaciones selvícolas propias de momentos cercanos al turno con objeto de su correcto diseño en base a los objetivos planteados. Así, el tamaño del claro en un tratamiento de entresaca por bosquete es una variable clave que se encuentra estrechamente relacionada con los ciclos de energía y agua como consecuencia de la mayor o menor sombra por parte de los árboles borde y la interacción con la propia dinámica de la vegetación del bosquete, así como con las propiedades edáficas.

Este trabajo se encuentra enmarcado dentro de un proyecto experimental cuyo objetivo general era potenciar una masa mixta con la creación de claros discontinuos dentro de un dosel continuo propio de una repoblación estancada de pino carrasco adulto, respetando los individuos dominados de las especies arbóreas acompañantes (ESCRIG ET AL., 2005; GALIANA ET AL., 2001). De esta



manera, 25 años después del tratamiento, se ha evaluado el efecto de 3 tamaños de bosque (225, 900 y 2025 m<sup>2</sup>) sobre el crecimiento de los pinos del borde y la vegetación presente actualmente en el sotobosque, ya sea el estrato arbóreo liberado de competencia pues se encontraba dominado previamente al tratamiento, o tras su incorporación tal es el caso exclusivo de los individuos del pinar (arbóreo, arbustivo y herbáceo).

Los resultados con respecto al efecto diferencial del tamaño de bosque sobre el crecimiento de los individuos de pinar mediante dendrocronología han mostrado que los bloques no han sido homogéneos ni se ha demostrado una mejora en índices de respuesta a la sequía según los descritos por LLORET ET AL. (2011) (análisis no mostrados). Sin embargo, la comparativa media de las rectas de regresión entre los tratamientos de entresaca y la parcela control para el periodo previo y posterior al momento de la intervención ha resultado ser mucho más concluyente, mostrando un efecto claramente positivo de los bosques de 900 y 2025 m<sup>2</sup> y un efecto despreciable del bosque de 225 m<sup>2</sup> sobre el crecimiento secundario de los pinos del borde. Si comparamos los valores de crecimiento obtenidos en este trabajo con actuaciones selvícolas de eliminación de la competencia mediante claras de intensidad alta (>50%) en repoblaciones de pinar en condiciones similares (MANRIQUE-ALBA ET AL., 2020), el efecto diferencial del bosque es de menor magnitud que actuaciones de este tipo (de 2 a 3 veces el crecimiento de los árboles con la intensidad de clara alta versus árboles control sin clara), donde se produce una eliminación de la competencia de mayor homogeneidad espacial e intensidad. Así, nuestros datos demuestran que, si bien una proporción de los árboles borde se encuentra aún en espesura por su pertenencia a la masa original, la eliminación parcial de la competencia ha mejorado notablemente sus condiciones de crecimiento y por tanto el acceso a recursos siempre que el lado del bosque sea superior a 15 m (diámetro y altura media del arbolado 26 cm y 9 m), y no encontrándose un efecto significativo de la orientación (resultados no mostrados).

Con respecto al regenerado del pinar, se ha encontrado una alta proporción tanto de individuos en estado de diseminado (menor a un año por tener < 15 cm de altura) como regenerado (mayor a un año por tener > 15 cm de altura) en las parcelas CC30 y CC45, indicando incorporación de árboles de pinar en diferentes años tras la intervención. Según el diámetro obtenido, se estima que la regeneración se ha producido fundamentalmente entre los 6 a 9 años tras la intervención selvícola, mientras que el tratamiento CC15 ha mostrado menor densidad de pinar, así como menores crecimientos tanto en altura como diámetro. Estos resultados concuerdan con el carácter heliófilo del pino carrasco y el efecto negativo del sombreado, tanto para su establecimiento como su posterior evolución. Por otra parte, las especies arbóreas acompañantes del sotobosque se han visto claramente liberadas de competencia por la eliminación del pinar, si bien daños en la aplicación de los tratamientos de entresaca han podido afectar a la evolución posterior, tal es el caso para individuos de enebro según los resultados observados 5 años después de la intervención (ESCRIG ET AL., 2005). 25 años después, las coberturas de estas especies se han recuperado claramente y, según nuestros datos, las condiciones de sombra como consecuencia del alto grado de matorralización han hecho que no sean diferentes los crecimientos encontrados



con respecto a las parcelas no tratadas, aún cuando en las parcelas tratadas la calidad del suelo se haya visto incrementada como consecuencia de un mejor balance de carbono y nitrógeno en el suelo y un incremento en el carbono orgánico del suelo (resultados presentados en otro trabajo). Es destacable, por otro lado, la presencia de encinas de pequeño porte en las parcelas CC30 y C45, indicando que estos tratamientos han propiciado que la citada especie tenga una mayor distribución de edades y un mayor potencial para diversificar la masa original en una mixta con encina. Esto último pasa, sin embargo, por una intervención selvícola que potencie nuevamente esta especie, eliminando individuos de pinar y controlando la competencia con la vegetación arbustiva.

Por último, los resultados obtenidos en cuanto a la diversidad según el índice de Shannon no han sido concluyentes, con valores muy similares entre todas las parcelas, y muy cercanos a su vez a los obtenidos en trabajos anteriores en el año 2003 (2,45 – 2,00) (ESCRIG ET AL., 2005) y 2016 (2,63 – 2,00) (GALIANA GALÁN, 2017). De esta manera, puede concluirse que la intervención probablemente fomentó una mayor diversidad en los años inmediatamente posteriores, pero que esta se mantiene con un valor más o menos constante en el medio y largo plazo.

## 6. Conclusiones

La entresaca por bosquete, como práctica selvícola encaminada a fomentar la regeneración de la especie principal una vez alcanzado el turno de la masa forestal, también puede tener el objetivo complementario de potenciar una masa de una mayor riqueza de especies gracias a la incorporación de individuos dominados previamente por el pinar como consecuencia de unas mejores condiciones del suelo para el establecimiento de especies más exigentes en cuanto a la disponibilidad hídrica y nutrientes presentes. Los resultados de este trabajo han demostrado efectos positivos en los árboles de pinar del borde (efectos indirectos de la intervención) para los tamaños de bosquete de 900 y 2025 m<sup>2</sup>, pero también una mayor regeneración del pinar y una distribución de edades más equilibrada para el caso de la encina, si bien las otras especies de frondosas (enebro y sabina) no se han visto mejoradas, pero tampoco perjudicadas por la apertura de claros. Estos resultados ponen de manifiesto que estos tamaños de bosquete propician la regeneración natural del pinar, pero también la creación de discontinuidades espaciales con mayor diversidad de especies arbóreas. Sin embargo, para evitar la elevada competencia del matorral del sotobosque, los bosquetes deben llevar asociadas operaciones de mantenimiento, en especial para controlar la cobertura tan elevada que los pies de coscoja pueden alcanzar y con ello dificultar especialmente el buen desarrollo de enebros y sabinas.

## 7. Agradecimientos

Los autores agradecen a Ángel Catalán y a Yanett Chumbimune por su ayuda en las tareas de recogida de muestras, y a Joana Oliver por su ayuda en el trabajo de laboratorio. A la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente de la GVA por permitirnos el seguimiento de las parcelas experimentales establecidas hace 25 años en el marco del proyecto “I + D en relación con la restauración de la cubierta vegetal y otros aspectos de investigación forestal”.



## 8. Bibliografía

BAGNATO, S.; MARZILIANO, P. A.; MUSCOLO, A.; SIDARI, M.; MALLAMACI, C.; MARRA, F.; 2021. Effects of gap size and cardinal directions on natural regeneration, growth dynamics of trees outside the gaps and soil properties in european beech forests of southern italy. *Forests*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/f12111563>

BEGUERÍA, S.; VICENTE-SERRANO, S. M.; REIG, F.; LATORRE, B.; 2014. Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring. *Int. J. Climatol.* 34(10), 3001-3023.

COATES, K. D.; 2002. Tree recruitment in gaps of various size, clearcuts and undisturbed mixed forest of interior British Columbia, Canada. *Forest Ecol. Manag.* 155(1-3): 387-398.

ESCRIG, A.; BADIA, R. P.; V ESTRUCH, F.; 2005, June. Evolución de la estructura y diversidad de la vegetación en un tratamiento selvícola experimental sobre pinar de carrasco en Tuéjar y Chelva (Valencia). En: *4º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL*. Sociedad Española de Ciencias Forestales. [https://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos\\_forestales/issue/view/284](https://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/issue/view/284)

FRITTS, H. C.; 1976. *Tree Rings and Climate*, Academic Press, London.

FRITTS, H. C., 2001. *Tree rings and climate*. Blackburn Press: Caldwell, NJ, USA.

GALIANA, F.; PÉREZ R.; REYNA, S.; SANCHO, J.; PRATS, G.; GONZÁLEZ, E; 2001. Efectos sobre la diversidad y estructura de la Vegetación de tratamientos selvícolas por cortas finales en pinares de *Pinus halepensis*. En: Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente Ed. Actas del III Congreso Nacional Forestal. Granada.

GALIANA GALÁN, F.; PALACIO SANTA ROSALÍA, A.; LIDÓN CEREZUELA, A.; MARTÍNEZ CAMPOS, F.; TORTAJADA CHACÓN, L.; BAUTISTA CARRASCOSA, I.; LULL NOGUERA, C.; 2017. “Evolución de la estructura de la vegetación y la regeneración del pinar en un tratamiento selvícola experimental en Tuejar (Valencia)”. En *7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL. Gestión de monte: servicios ambientales y bioeconomía*. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Plasencia: Sociedad Española de Ciencias Forestales. Disponible en [https://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos\\_forestales/article/view/19338](https://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/view/19338)

GVA.; 1995. Mapa de Suelos de la Comunidad Valenciana. Chelva (666). Proyecto



LUCDEME (ICONA), Centro de Investigaciones sobre Desertificación y Conselleria d'Agricultura i Medi Ambient.Generalitat Valenciana. Valencia

LLORET, F.; KEELING, E. G.; SALA, A.; 2011. Components of tree resilience: effects of successive low-growth episodes in old ponderosa pine forests.Oikos, 120(12), 1909-1920.

MANRIQUE-ALBA, À.; BEGUERÍA, S.; MOLINA, A. J.; GONZÁLEZ-SANCHIS, M.; TOMÀS-BURGUERA, M.; DEL CAMPO, A. D.; COLANGELO, M.; CAMARERO, J. J.; 2020.Long-term thinning effects on tree growth, drought response and water use efficiency at two Aleppo pine plantations in Spain. *Sci. Total Environ.* 728, 138536.

MATTHEWS, J. D. ; 1991. Silvicultural systems. Oxford University Press.

MAXWELL, R. S.; LARSSON, L. A.; 2021. Measuring tree-ring widths using the CooRecorder software application.Dendrochronologia, 67, 125841.

MOLINA, A. J.; GONZÁLEZ-SANCHIS, M.; BIEL, C.; DEL CAMPO, A. D.; 2021.Ecohydrological turnover in overstocked Aleppo pine plantations: Does the effect of thinning, in relation to water, persist at the mid-term?*Forest Ecol. Manag.* 483, 118781.

MONTERO, G.; GRAU, J. M.; RUÍZ PEINADO, R.; ORTEGA, C.; CAÑELLAS, I.; 2000. Tablas de producción para *Pinus halepensis* Mill.Cuadernos de la SECF, (10).

NAVARRO-CERRILLO, R. M.; SÁNCHEZ-SALGUERO, R.; RODRIGUEZ, C.; LAZO, J. D.; MORENO-ROJAS, J. M.; PALACIOS-RODRIGUEZ, G.; CAMARERO, J. J.; 2019.Is thinning an alternative when trees could die in response to drought? The case of planted *Pinus nigra* and *P. Sylvestris* stands in southern Spain. *Forest Ecol. Manag.* 433, 313-324.

ORMAN, O.; WRZESIŃSKI, P.; DOBROWOLSKA, D.; SZEWCZYK, J.; 2021. Regeneration growth and crown architecture of European beech and silver fir depend on gap characteristics and light gradient in the mixed montane old-growth stands.*Forest Ecol. Manag.* 482, 118866.

SERRADA, R.; 2011. *Apuntes de Selvicultura*. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Madrid: Fundación Conde del Valle de Salazar.

SMITH, D. M.; LARSON, B. C.; KELTY, M. J.; ASHTON, P. M. S.; 1997. The practice of silviculture: Applied forest ecology (9th ed.). John Wiley & Sons.