

La entresaca por bosquetes, explorando alternativas para la irregularización y diversificación de las repoblaciones forestales

Sergio de Frutos^{1,2},
Andrés de la Cámara³,
José Alfredo Bravo¹,
Sonia Roig¹,
Javier Rodríguez³,
Ricardo Ruiz-Peinado³,
Miren del Río³

¹ECOGESFOR. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid. Calle José Antonio Novais, 10. 28040 Madrid.

²Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC). Carretera de Sant Llorenç de Morunys, Km 2, 25280 Solsona.

³Departamento de Selvicultura y Gestión Forestal. Instituto de Ciencias Forestales (ICIFOR), INIA-CSIC, Ctra. de La Coruña, km. 7.5, 28040 Madrid.

En el actual contexto de cambio climático, la búsqueda de alternativas selvícolas que generen masas irregulares y con mayor diversidad específica, más resilientes ante los impactos esperados, debe ser uno de los objetivos que condicionen la gestión forestal. Las repoblaciones forestales procedentes del Plan General de Repoblación Forestal de España, generalmente pinares monoespecíficos, ocupan cerca de tres millones de hectáreas, cuya adaptación al cambio climático es fundamental. La intolerancia a la sombra de las especies empleadas supone un problema para la búsqueda de estructuras irregulares pie a pie, y la entresaca por bosquetes es una interesante opción para abordar este problema: genera estructuras irregulares a escala de unidad inventarial, favoreciendo también la diversificación específica y la reducción de impactos erosivos y paisajísticos asociados a cortas continuas en mayores superficies. En este trabajo exploramos dos ejemplos prácticos de aplicación de entresaca por bosquetes sobre masas de repoblación de pino resinero.

La aplicación del Plan General de Repoblación Forestal de España ayudó en gran manera a revertir la situación de deforestación de los sistemas montañosos de nuestro país, con la incorporación al patrimonio forestal nacional de más de tres millones y medio de hectáreas arboladas en menos de

50 años. Sin embargo, lo que fue un magnífico trabajo de implantación de masas forestales, con frecuencia ha derivado en una serie de problemas a causa de la escasa o a veces nula gestión postestablecimiento, provocando que los bosques repoblados que observamos en la actualidad no cumplan óptimamente las funciones



Fig. 1. Localización de ambos dispositivos experimentales

que la sociedad demanda de ellos. El marco actual de lucha contra el cambio climático y los Objetivos de Desarrollo Sostenible son una oportunidad para transformar muchas hectáreas repobladas en masas más resilientes y, como fin último, completar lo que fue la idea fundamental de Ceballos: utilizar los pinos como herramienta para la obtención final de masas mixtas o puras de especies más exigentes.

De entre las especies de pino utilizadas durante la tarea repobladora, el pino resinero (*Pinus pinaster* Aiton) fue la más empleada, llegando a cubrir más de 800 000 ha tras la aplicación del Plan, lo que se sumó a las aproximadamente 600 000 ha de origen natural con las que contaba la especie. Aunque en España tenemos masas repobladas de las dos subespecies existentes de este pino (*P. pinaster* subsp. *pinaster* y *P. pinaster* subsp. *escarena* (Risso) K.Richt.), esta última es la que está ligada a entornos mediterráneos, donde los impactos del cambio climático serán potencialmente más intensos. Por ello, centrarse en la adaptación de las repoblaciones de esta subespecie a la nueva coyuntura climática es particularmente interesante y necesario.

La silvicultura para la adaptación al cambio climático es un constructo más o menos reciente, que en realidad no hace más que constatar el

propio carácter de la silvicultura, que es el de la adaptación constante a las circunstancias de cada masa forestal. Por ello, dentro de la misma, no debemos esperar tratamientos silvícolas diferentes, sino un cambio de perspectiva a la hora de observar los efectos de estos tratamientos. Si tenemos que definir qué objetivos persigue la silvicultura para la adaptación al cambio climático, podemos resumirlos en dos principales ideas:

- La búsqueda de una mayor diversificación estructural y específica, bajo la premisa de que las masas mixtas y con mezcla de estratos son más resilientes.
- La reducción de la vulnerabilidad del árbol individual ante los distintos impactos abióticos y bióticos esperados.

Para afrontar estos objetivos podemos optar por tratamientos de mejora o por tratamientos de regeneración. Dentro del primer bloque se incluyen los clareos y claras, que han sido la base de la gestión forestal en nuestras repoblaciones forestales. Sin embargo, por las edades que empiezan a tener estas masas de repoblación, nos encontramos por un lado con que el efecto de las claras en masas hiperdensas puede no notarse ya tras un período prolongado de supresión del crecimiento y, por otro lado, con que la regeneración de estas masas tendrá que producirse en los

próximos años. Si lleváramos toda la superficie de pinares de repoblación a sus turnos habituales, nos encontraríamos con una acumulación de cortas al final de turno que conllevará un impacto paisajístico importante, con un rechazo social aparejado, un riesgo elevado de fracaso en la regeneración de superficies tan grandes y una posible saturación del mercado de la madera que haría caer los precios. Además, el sector de remanentes y la industria posiblemente no darían abasto para hacerse cargo de tal volumen de aprovechamientos y madera en un período corto de tiempo. Adelantar la regeneración de las repoblaciones supone afrontar sacrificios de cortabilidad durante el turno de transformación (por defecto, al principio, y por exceso, al final), pero también escalonar las cortas en un período más prolongado de tiempo.

El temperamento intolerante del pino resinero ha llevado a la aplicación de cortas continuas para su regeneración. Cortas a hecho en uno o dos tiempos o aclareos sucesivos uniformes han sido los tratamientos habituales, con mayor o menor éxito según las circunstancias particulares de cada monte. Sin embargo, estas cortas generan masas regulares, lo que supondría la perpetuación de las estructuras regulares y poco diversas que se busca evitar. Además, en caso de montes con fuertes pendientes, el riesgo de erosión es elevado, al afectar a superficies grandes. Si buscamos la irregularidad, la entresaca pie a pie es inaplicable por el temperamento de la especie, por lo que la alternativa viable es la entresaca por bosquetes.

EXPLORANDO EL MÉTODO

La entresaca por bosquetes como propuesta teórica para regenerar masas de repoblación de *Pinus pinaster* en España no es nueva (Carreras y García Viñas, 1998; Solís, 2003), e incluso hay alguna experiencia previa realizada a finales de la década de 1990 (de Benito, 1998). Sin embargo, aún quedan muchos factores por analizar. El tamaño de bosquete utilizado es un factor muy importante a evaluar, tanto por las repercusiones erosivas y paisajísticas como por el temperamento de la especie. Si se

aplica una superficie de bosquetes por encima de media hectárea, la actuación no distaría demasiado de una corta continua, mientras que con tamaños cada vez más parecidos al hueco provocado por la corta de un solo pie, la actuación será cada vez más similar a una entresaca pie a pie. El *quid* de la cuestión está, por tanto, en la búsqueda de tamaños de bosque que lo suficientemente pequeños para reducir los impactos asociados, y lo suficientemente grandes para permitir la regeneración del pino resinero.

En un trabajo colaborativo entre investigadores de la Universidad Politécnica de Madrid y del Instituto de Ciencias Forestales (ICIFOR-INIA, CSIC), hemos instalado dos ensayos sobre repoblaciones de pino resinero de entre 50 y 60 años de edad, localizadas en la Sierra Norte de Guadalajara y en Sierra Madrona (Ciudad Real).

El primero de los dispositivos se localiza en el monte de utilidad pública (MUP) n.º 261 “Jócar”, en el término municipal de Arbancón (Guadalajara), y es propiedad de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Este dispositivo (en adelante, Jócar) se encuentra situado sobre una repoblación forestal monoespecífica de *Pinus pinaster*, con escasos ejemplares de otras especies procedentes de colonización natural. La repoblación se ejecutó aproximadamente en 1967 mediante terrazas con subsolado, sobre las cuales se plantó. En 2006 se realizó una clara por lo bajo sobre el 50 % de los pies, teniéndose sospecha de la ejecución de otra intervención anterior en un momento indeterminado. La orientación del rodal es oeste, con una cota media de 1070 m y pendientes en el entorno del 30 %. El suelo es un alisol háplico siguiendo la clasificación de la FAO.

El segundo dispositivo se encuentra en el MUP n.º 6 “Nava del Horno”, en el término municipal de Fuencaliente (Ciudad Real), propiedad del ayuntamiento de esta localidad. Este dispositivo (en adelante, Fuencaliente) se localiza en otra repoblación de pino resinero, pero con presencia de distintas especies de frondosas en el subpiso: *Quercus*

Tabla 1. Caracterización pre y poscorta en ambos dispositivos

Dispositivo	Pt			Qs	Au	Qp	Jo
	N	d _g	H ₀				
Jócar	413,8	31,2	17,5	0,0	0,0	0,0	9,8
Fuencaliente	318,8	38,6	18,0	*	*	30,0	*
Bosquetes	0,0	0,0	0,0	0,5	4,0	34,1	0,8
CH2T	34,1	45,7	19,3	0,0	14,8	14,2	0,0

Notas: N = pies/ha; dg = diámetro cuadrático medio (cm); H₀ = altura dominante por el criterio de Assmann (m); Pt = *Pinus pinaster*; Qs = *Quercus suber*; Au = *Arbutus unedo*; Qp = *Quercus pyrenaica*; Jo = *Juniperus oxycedrus*; * ausencia de datos. Para especies distintas de *P. pinaster*, se muestra la densidad en pies por hectárea únicamente. En cursiva, valores poscorta.

pyrenaica Willd. y *Arbutus unedo* L. predominantemente, *Quercus faginea* Lam. y *Quercus suber* L. en menores proporciones. La repoblación del monte, mediante siembra, tuvo lugar en 1954. La orientación general del dispositivo es nordeste, la altitud media de 900 m y la pendiente media ligeramente superior al 20 %. El suelo es, en este caso, un luvisol háplico.

Ambos dispositivos experimentales fueron cortados durante el otoño-invierno de 2017 a 2018, mediante apeo manual con motosierra y saca con *skidder* en el caso de Jócar, y apeo con cosechadora y saca con autocargador en Fuencaliente. En ambos casos se respetaron los pies adultos de otras especies que se encontraran dentro del área de actuación.

En Jócar se instalaron tres bloques, con tres tratamientos cada uno: control, bosquetes pequeños y bosquetes grandes. La referencia al tamaño del bosque es meramente comparativa, pues en ambos casos se encuentran por debajo de lo recomendado en la bibliografía para el pino resinero. Dentro de cada área control, se dispone de tres parcelas de 10 m de radio. En las áreas con bosquetes, se cortaron nueve bosquetes pequeños ($d = 1,5$ veces la altura dominante (H_0) = 26 m; 530 m² de superficie) o tres bosquetes grandes ($d = 2,5 H_0 = 44$ m; 1500 m²).

Mientras, en Fuencaliente se aplican dos tratamientos selvícolas diferentes: entresaca por bosquetes de diferentes tamaños y corta a hecho en dos tiempos (este último es el método de regeneración habitualmente empleado en la zona), situados uno

al lado del otro en la misma ladera. Se cuenta con 14 bosquetes, con un abanico de diámetros entre 36 y 62 m, equivalentes a entre dos y tres veces y media la altura dominante de la masa (18 m). Debido a la existencia de pies adultos de especies acompañantes dentro de los bosquetes, se realizó un inventario dasométrico de todos los pies que superaban los 1,3 m de altura. En la zona de corta a hecho en dos tiempos se replantearon 14 parcelas de 20 m de radio, en las que se realizó un inventario dasométrico de los pies adultos remanentes de la corta (tanto pinos como frondosas) para la caracterización de las cortas. Los resultados de la caracterización pre y poscorta se presentan en la Tabla 1.

Para la monitorización del proceso de regeneración natural poscorta, se instalaron subparcelas de regeneración de un metro de radio en ambos dispositivos. Las subparcelas se distribuyeron por el interior de los bosquetes en ambos dispositivos, a distintas distancias y en ocho radios desde el centro para monitorizar la disposición espacial del regenerado. Además, se instalaron subparcelas en la prolongación de los radios suroeste y nordeste para controlar la influencia de la apertura de bosquetes en la regeneración en la periferia exterior de los mismos, esto es, dentro de la masa remanente. En las parcelas control de Jócar y la zona de corta a hecho en Fuencaliente se localizaron una subparcela concéntrica con la respectiva parcela control/corta a hecho, y otras cuatro en los radios principales (norte, sur, este y oeste) a 10 m del centro.



Fig. 1. Vista aérea de los dispositivos experimentales. Dcha.: Júcar. Izda.: Fuencaliente.

En total, en Júcar se dispone de 225 subparcelas en bosquetes pequeños, 261 en bosquetes grandes y 45 en parcelas control; mientras que en Fuencaliente hay 406 subparcelas en bosquetes y 70 en corta a hecho en dos tiempos.

CARACTERIZANDO LA REGENERACIÓN Y DIVERSIFICACIÓN ESPECÍFICA

Dentro de las subparcelas se han realizado mediciones bianuales en el caso de Júcar (primavera y otoño) y solo en otoño en Fuencaliente. Hasta el momento tenemos controlados entre cinco y seis años de regeneración postcorta, que se han relacionado con diversas variables ecológicas (cobertura de matorral y herbáceas), meteorológicas y morfológicas. Se han desarrollado diversos modelos que representan diferentes subfases del proceso de regeneración: germinación y primer establecimiento del regenerado, supervivencia y crecimiento en altura.

A continuación, presentamos los resultados más destacados obtenidos durante nuestro período de estudio:

Primer establecimiento del regenerado

En ambas localizaciones, este proceso no parece estar representando un problema para el éxito de la regeneración. Las diferencias entre dispositivos radican en los factores que han influido en una mayor o menor nascencia y establecimiento de plántulas. La aparición anual de nuevas plántulas ha sido suficiente en ambos dispositivos para generar densidades medias superiores a los 2000 pies/ha

en prácticamente todas las condiciones estudiadas (interior y exterior de bosque, sin importar su tamaño, y corta a hecho en dos tiempos) y en todos los inventarios realizados. Las parcelas control presentan menores densidades de nuevo regenerado, seguramente por falta de luz. En Júcar, donde disponíamos de algunos datos sobre la caída de semilla, se han observado patrones sincrónicos de mayor germinación en aquellos períodos en los que la lluvia de semillas era mayor. La cobertura herbácea ha representado un obstáculo al primer establecimiento en ambos dispositivos, mientras que la de matorral solo lo ha sido en aquellas situaciones donde había una presencia de matorral intensa. En Júcar, el matorral ha tenido un efecto negativo sobre el establecimiento, mientras que en las cortas a hecho en Fuencaliente ha tenido un efecto positivo, lo que permite hipotetizar un efecto protector ante el diente de ungulados, más abundantes en Fuencaliente que en Júcar. La cercanía al borde de bosque ha sido positiva en ambas zonas de estudio, algo explicable por el carácter anemócoro de la dispersión de semilla del pino resinero. La influencia meteorológica solo ha sido significativa en Júcar, donde una mayor precipitación durante los meses de marzo y diciembre ha estado asociada con mayores densidades de plántulas nuevas cada año.

Supervivencia

El proceso más interesante en las primeras etapas de la regeneración natural es el paso de la plántula recién emergida (menor a un año) hacia una plántula establecida (o mayor a un

año). En ambos dispositivos, si una plántula llega a superar el primer año de vida, prácticamente duplica sus posibilidades de supervivencia posterior, aunque esta supervivencia esté también controlada por otra serie de factores. El tratamiento selvícola es uno de ellos, pues las parcelas con menor disponibilidad de luz (exteriores a bosque y control) llevan aparejadas menores supervivencias. La luz también influyó en Júcar a través de la posición dentro del bosque, ya que aquellas parcelas localizadas en exposiciones intermedias tuvieron supervivencias un 5 % superiores a las de parcelas en plena exposición o algo más sombreadas (de Frutos et al., 2023). En las parcelas de corta a hecho en dos tiempos en Fuencaliente también se observa una supervivencia mayor que en los bosquetes del mismo dispositivo (Figura 3), lo que también podría estar debido a un cierto efecto protector de la cubierta arbórea. Este efecto, que podría sugerir que es la luz y no la competencia por agua y nutrientes la principal responsable de la supervivencia de las plántulas en esta zona, concuerda con lo observado en otros estudios recientes realizados en la península ibérica (Moreno-Fernández et al., 2018; Vergarechea et al., 2019; de Frutos et al., 2022). Además, en los bosquetes de Fuencaliente se ha observado que los restos leñosos reducen la supervivencia, mientras que el matorral ejerce un efecto positivo. Este efecto facilitador del matorral podría deberse a la protección que ejerce frente al ramoneo y frente a las altas temperaturas estivales, reduciendo la mortalidad por sequía, acusada en esta localidad.

Crecimiento en altura y análisis morfo-fisiológico

El crecimiento en altura del regenerado solo se ha analizado en el dispositivo de Júcar, por los menores crecimientos y supervivencias asociados hasta el momento al dispositivo de Fuencaliente. Los resultados de Júcar indican que el crecimiento en altura ha estado positivamente modulado por tres factores: la precipitación primaveral, lo que es muy interesante dada la actual y futura situación de cambio climático; la competencia negativa con el estrato de matorral, y el desarrollo de la propia plántula, mostrando mayores crecimientos asociados los pinos de mayor altura y con presencia de acículas adultas. No obstante, nuestros resultados tienen aplicabilidad solo para el crecimiento en altura durante la fase de establecimiento, siendo necesario alargar el período de seguimiento del regenerado para completar la valoración sobre la utilidad de la entresaca por bosquetes pequeños para regenerar repoblaciones de pino resinero, pues los requerimientos de luz de las plántulas pueden influir más en años venideros según vayan creciendo estas (de Frutos *et al.*, 2024).

Nuestro trabajo sobre el desarrollo morfológico y la fisiología del regenerado (Figura 4) de *P. pinaster* tras las cortas en Júcar muestra algunas evidencias sobre aspectos que normalmente no son considerados en el estudio de la regeneración natural, como el reparto alométrico de la biomasa o su respuesta fisiológica a la puesta en luz. Como especie de luz, el pino resinero se desarrolla mejor en las posiciones mejor iluminadas, donde también es más eficiente en el uso del agua. Las posiciones menos iluminadas, correspondientes con los controles, presentan plántulas con problemas de desarrollo de copa, menor captación fotosintética y eficiencia en el uso del agua, que conducen a que sean más proclives a la muerte temprana.

Diversificación específica

La diversificación específica esperable no se está produciendo en ninguno de los dos dispositivos. En el caso de Júcar, la falta de fuente de semilla en el entorno está jugando un

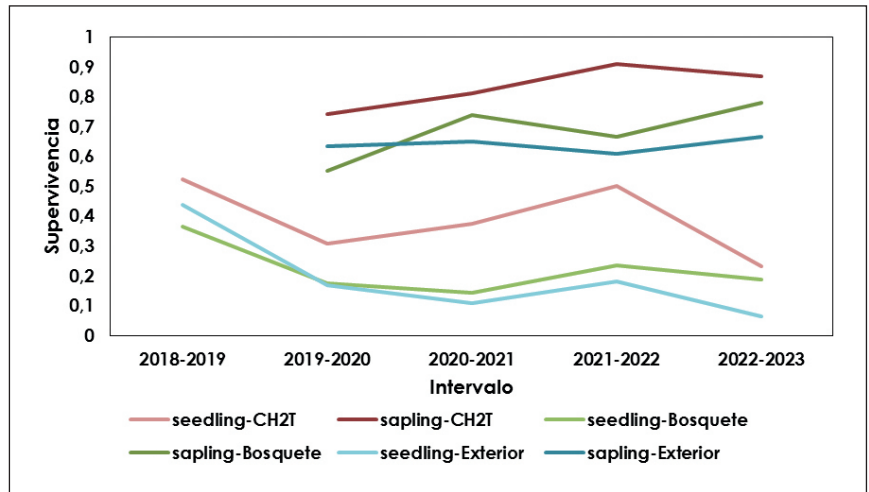


Fig. 3. Supervivencia media del regenerado en Fuencaliente, para plántulas menores de un año (seedling) y mayores de un año (sapling), durante los cinco intervalos entre muestreos



Fig. 4. Extracción del sistema radical en plántulas de regenerado en Júcar

papel importante en esta ausencia de diversificación. Salvo en el caso de *Juniperus oxycedrus*, que sí cuenta con cierta presencia (10 pies/ha), las dos especies del género *Quercus* que se adaptan bien a las condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio no están convenientemente representadas. El hecho de que estas especies sean de dispersión zoócora, y que no se hayan reportado episodios de dispersión a largas distancias, están impidiendo que se pueda producir una entrada significativa de regenerado. Por ello, tanto para el enebro de la miera como para la encina (y forma casi residual, para el quejigo), lo que observamos actualmente en el rodal es muy similar a la situación precorta, con apenas alguna nueva plántula. En el caso de las especies rebrotadoras,

seguramente estamos observando chirpiales de viejas cepas, que llevan años a la espera de brotar bajo la cubierta del pinar. Por ello, es necesario seguir monitorizando el comportamiento de estas plántulas.

La aparición de *Frangula alnus*, ligada a zonas de mayor humedad, no era esperable en el interior de los bosquetes, si bien, con el paso de los años se ha ido reduciendo su presencia hasta niveles bastante residuales. Lo natural es que el diente de la fauna silvestre, la competencia interespecífica con el matorral y el propio ambiente más seco de los bosquetes acabe por hacer desaparecer a esta especie.

En Fuencaliente, la fuente de semilla no es una justificación para el lento y poco exitoso proceso de

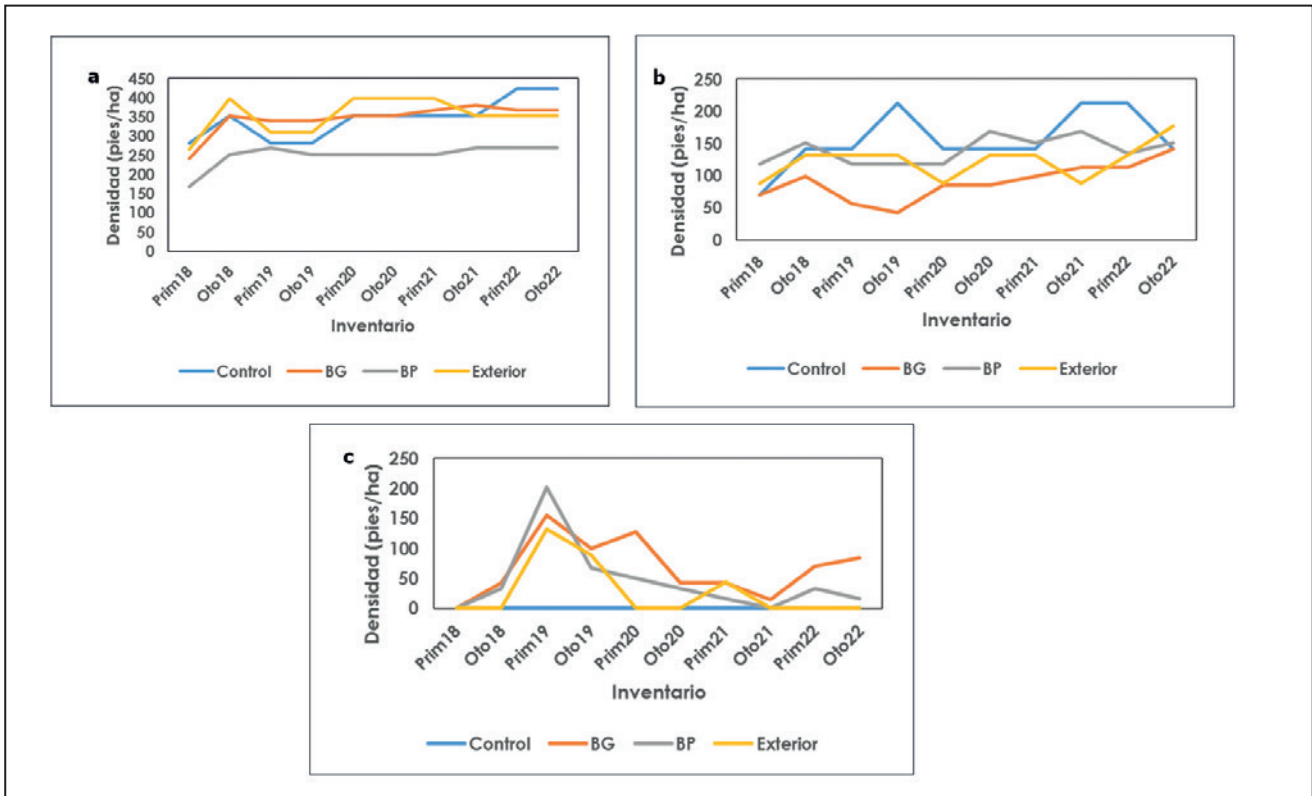


Fig. 5. Evolución temporal del regenerado en Júcar. Especies: a - *Quercus rotundifolia* b - *Juniperus oxycedrus*; c - *Frangula alnus*. Tratamientos: BG - bosquete grande; BP - bosquete pequeño)

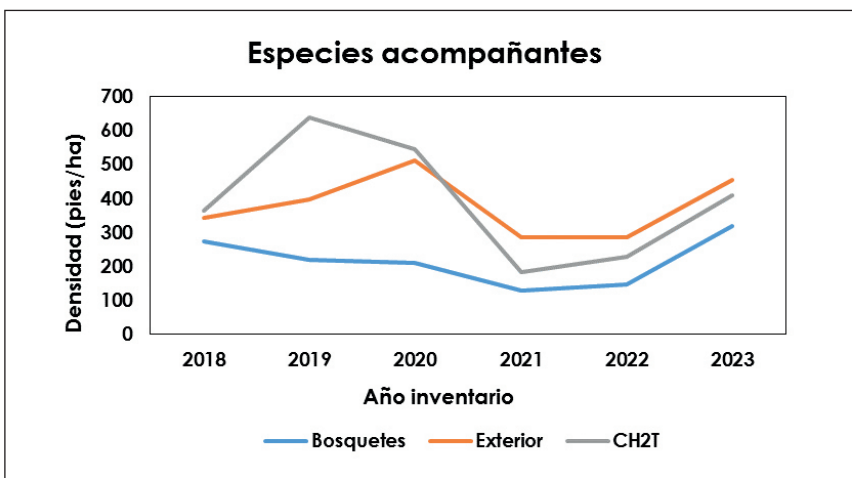


Fig. 6. Densidad media del regenerado de otras especies en Fuencaliente (género *Quercus* y *Juniperus oxycedrus*) según tratamiento. Años 2021 a 2023

implantación de otras especies en los bosquetes, pues hay presencia de pies de *Quercus suber*, *Quercus pyrenaica*, *Arbutus unedo* y *Juniperus oxycedrus*, tanto en el interior de los bosquetes y las parcelas de cortas a hecho como en sus alrededores. La regeneración de estas especies se observa principalmente en los bordes de los bosquetes y en el exterior, favorecido, generalmente, por su temperamento tolerante. No obstante, se

observa una tendencia creciente en la germinación y establecimiento de otras especies, que puede ser debida a la cubierta frente a la fuerte insolación estival que proporcionan los matorrales, que además protegen a estas plántulas del diente de la fauna silvestre (Figura 6).

Situación actual

La situación en otoño de 2022 en Júcar, fecha hasta donde llegan los re-

sultados presentados en este trabajo, se puede definir como de éxito en el proceso de regeneración del pino resinero. En ambos tamaños de bosquete se han alcanzado densidades por encima de los 2000 pies/ha de regenerado con más de un año de vida, como se puede observar en la figura 7.

En los bosquetes de ambos tamaños, se observa una importante proporción de regenerado que viene del primer impulso poscorta, junto a una incorporación moderada durante el otoño de 2022, mientras que en las subparcelas exteriores y de control, las densidades corresponden principalmente a plántulas recién nacidas (que justo en este inventario han sido muy abundantes). También se observa una escasa supervivencia de las plántulas nacidas en años previos, un resultado que va en consonancia con la menor supervivencia asociada a ambos tratamientos en nuestro modelo.

En la figura 8 se representa la altura de la plántula relacionada con las clases naturales de edad de Serrada (2011): diseminado ($h < 50$ cm), repoblado ($50 < h < 130$ cm) y monte bravo ($h > 130$ cm).

En las subparcelas exteriores y control prácticamente todas las plántulas son diseminadas, mientras que en los bosquetes, de los dos tamaños, hay aproximadamente la misma densidad de plántulas agrupando las clases repoblado y monte bravo, por debajo de los 2000 pies/ha pero con un estrato de diseminado que seguirá alimentando estas clases en los próximos años. El estrato de monte bravo solo aparece en bosquetes grandes y en pequeñas cantidades, por lo que la mayoría de las plántulas todavía no han alcanzado la altura normal.

El dispositivo de Fuencaliente presenta diferencias respecto al éxito de la regeneración natural. Por un lado, en las parcelas de cortas a hecho en dos tiempos (CH2T) ya se ha superado el umbral de 2000 pies/ha establecido. Sin embargo, en las zonas con entresaca por bosquetes, la regeneración pasados seis años es menos exitosa que en Júcar; el regenerado establecido es de 1850 pies/ha, con una altura media mucho menor. La densidad media en las subparcelas exteriores de los bosquetes es mayor que en el interior, 2330 pies/ha, valor que choca directamente con el temperamento de la especie.

La menor densidad de regenerado en los bosquetes puede deberse a que la estructura del rodal en la zona de los bosquetes, con masa residual entre ellos, atraiga más a los ungulados por su efecto protector.

Finalmente, atendiendo a la estructura de las parcelas, hemos observado dos procesos de cambio estructural tanto en los bosquetes como en las zonas con cortas a hecho. Los primeros tres años se produjo un proceso de empradización que dificultaba el enraizamiento de las plántulas. Los últimos tres años se ha observado un proceso de matorralización (Figura 10), mucho más intenso en las parcelas de cortas a hecho, que ha generado una disminución de la vegetación herbácea, favoreciendo que más semillas hayan podido llegar al suelo. Es posible que el sombreo proporcionado por el matorral durante el verano facilite la supervivencia de las plántulas en las primeras etapas de desarrollo, y además, por su menor palatabilidad, suponga un ambiente más desfavora-

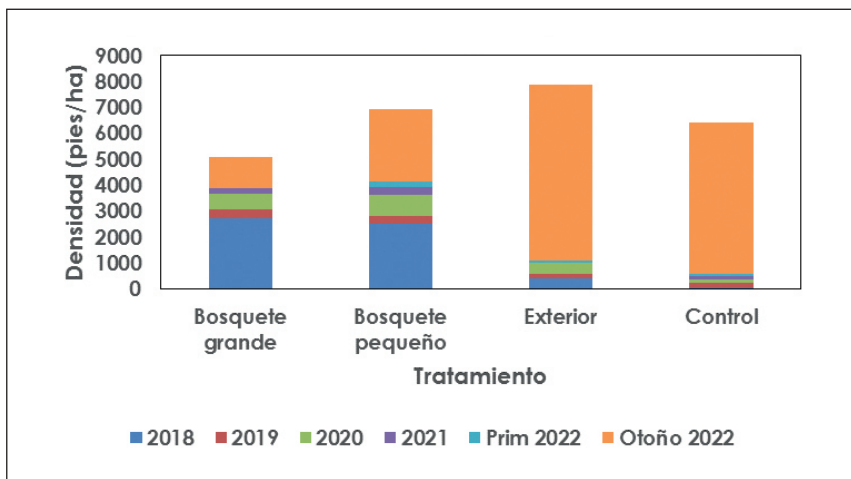


Fig. 7. Densidad media de regenerado de pino resinero en Júcar, según momento de nacimiento de la plántula y tratamiento. Año 2022

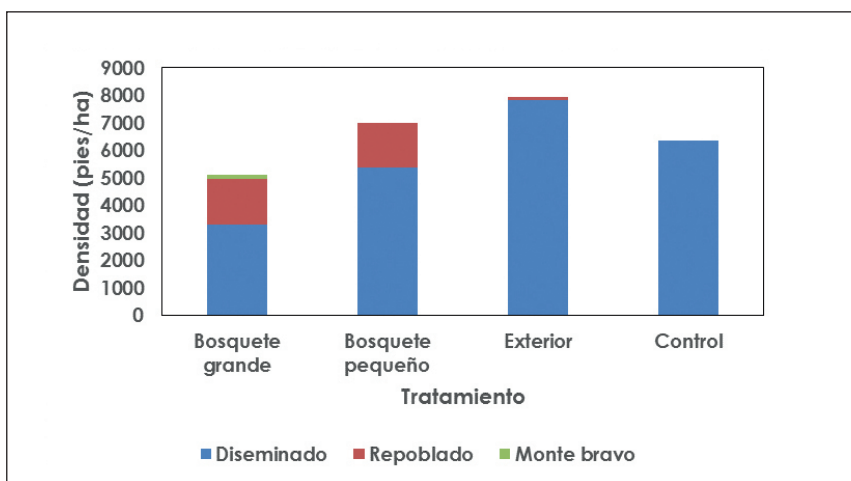


Fig. 8. Densidades medias de regenerado de pino resinero en Júcar por clases naturales de edad para cada tratamiento. Muestreo de otoño de 2022

ble para los ungulados, lo que podría explicar el mejor funcionamiento de las parcelas de cortas a hecho.

REFLEXIONES FINALES

Durante los años de desarrollo de este estudio, hemos mantenido varios debates con gestores forestales sobre el método de entresaca por bosquetes. En general, existen ciertas reticencias a la aplicación de este método por su elevado coste, el posible daño a la regeneración ya establecida en las siguientes cortas y la estructura menos favorable frente a incendios. Hasta el momento no existen estudios sobre los costes de este método, por lo que habría que determinar, en primer lugar, si es cierto que el método es más costoso. Con respecto a los posibles daños al abrir otros bosquetes, habría que considerar que las

nuevas actuaciones pueden ser una oportunidad para hacer gestión sobre el regenerado ya existente. Si hay que atravesar un bosquete para llegar a otro, la calle puede ser un claro sistemático sobre el regenerado, y si además se aprovecha esa calle para hacer un claro en la entrecalle, se ha utilizado la corta final de los bosquetes para hacer una gestión en la masa recientemente regenerada.

En cuanto al peligro de incendio, la utilización de tamaños de bosquete pequeños no genera una superficie de fustal viejo de elevada espesura lo suficientemente grande como para provocar cambios en el comportamiento del incendio, si bien en los bosquetes en regeneración el modelo de combustible asociado es desfavorable, con una posible continuidad vertical del combustible en las zonas

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a diversos proyectos de investigación a través de los cuales se han financiado los trabajos realizados: FORADMIT (AGL2016-77863), FORTRESS (PID2021-127241OB-I00), IMFLEX (PID2021-126275OB-C22), financiados por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y FEDER “Una manera de hacer Europa”. También queremos agradecer la asistencia técnica en campo de la empresa Lignum Gestión Forestal, S. L. y de los alumnos que han realizado sus trabajos de fin de grado y máster en nuestros dispositivos experimentales.

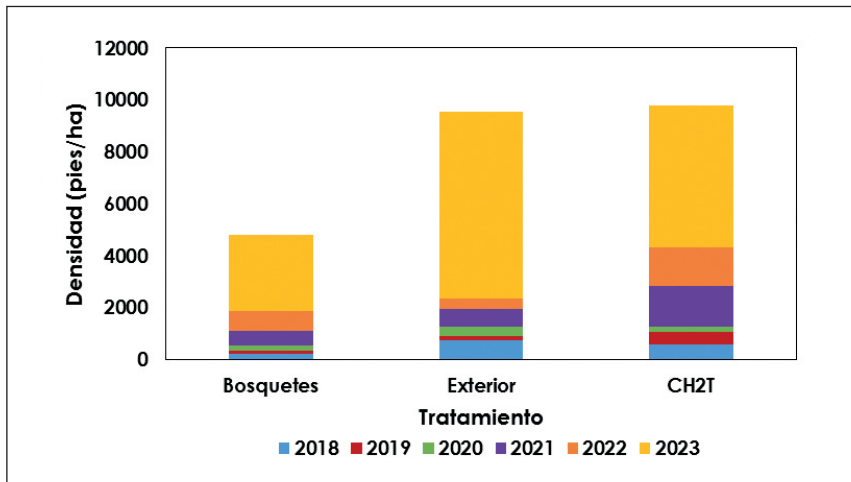


Fig. 9. Densidades medias de regenerado de pino resinero en Fuencaliente por momento de nacimiento de la plántula y tratamiento. Muestreo de otoño de 2023

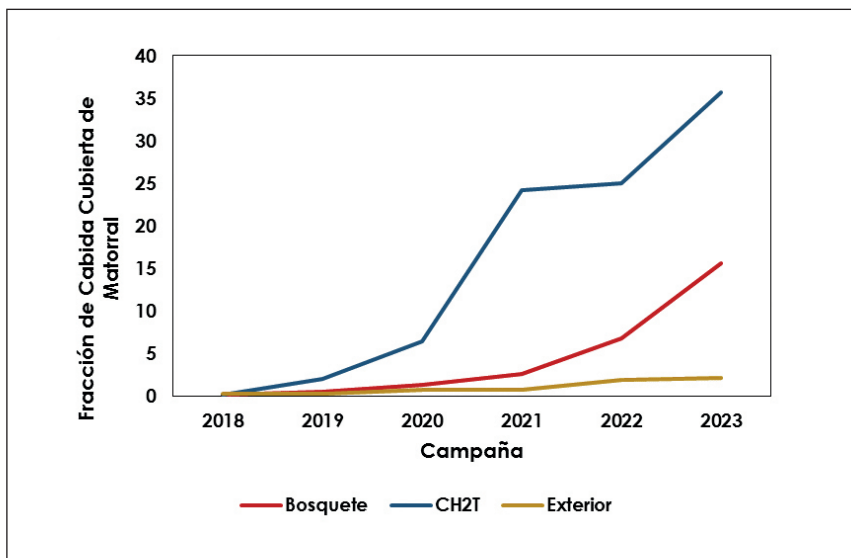


Fig. 10. Evolución temporal de la fracción de cabida cubierta del matorral según tratamiento en Fuencaliente

de borde. Sin embargo, hay que considerar que la alternativa de un modelo de tramos periódicos no es mucho más favorable. En este caso tendríamos superficies grandes de fustal, más o menos favorables en cuanto a modelo de combustible, pero en los tramos en regeneración tendríamos superficies mucho más grandes con un modelo de combustible muy peligroso, y posiblemente con presencia de un matorral heliófilo que ayudaría a la propagación.

Por ello, consideramos que si este método permite resolver inconvenientes asociados a otros, generando estructuras más diversas, y además es compatible con el temperamento de la especie, debería al menos ser considerado a la hora de gestionar las masas.

Los resultados obtenidos permiten recomendar a los gestores que, en ausencia de fuentes de semilla cercanas, la diversificación específica debería apoyarse en plantaciones dentro de los bosquetes, empleando especies con un gradiente de tolerancia a la sombra amplio y ecológicamente compatibles con la estación. En las zonas más expuestas del bosque se plantarían especies más intolerantes, y en las proximidades al borde, otras con mayor tolerancia a la sombra. También se recomienda la observación de los patrones de dispersión de semilla de las especies a potenciar en la futura composición del rodal para la toma de decisiones sobre el momento adecuado para regenerar la masa.

REFERENCIAS

- Carreras C, García-Viñas JI. 1998. Propuesta de ordenación para pinares artificiales de carrasco y negral en Almería. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 6: 61-65. <https://doi.org/10.31167/csef.v0i6.9143>
- De Benito N. 1998. Transformación de pinares xerófilos coetáneos en masas irregulares. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 6: 41-46. <https://doi.org/10.31167/csef.v0i6.9141>
- De Frutos S, Bravo-Fernández JA, Roig-Gómez S et al. 2022. Natural regeneration and species diversification after seed-tree method cutting in a maritime pine reforestation. *iForest* 15: 500-508. <https://doi.org/10.3832/ifor4088-015>
- De Frutos S, Fortin M, Roig-Gómez S et al. 2023. Group selection cutting for regenerating Mediterranean *Pinus pinaster* plantations: Gap effects on seedling survival. *For. Ecol. Manag.* 544: 121219. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121219>
- De Frutos S, Manso R, Roig-Gómez S et al. 2024. Height increment patterns in *Pinus pinaster* seedlings emerging in naturally regenerated gaps. *Forestry* cpae002. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpae002>
- Moreno-Fernández D, Montes F, Sánchez-González M et al. 2018. Regeneration dynamics of mixed stands of *Pinus pinaster* Ait. and *Pinus pinea* L. in Central Spain. *Eur. J. For. Res.* 137(1): 17-27. <https://doi.org/10.1007/s10342-017-1086-8>
- Serrada R. 2011. *Apuntes de selvicultura*. Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid.
- Solís A. 2003. Planteamientos sobre la regeneración en pinares de repoblación que alcanzan la edad de turno. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 15: 49-57. <https://doi.org/10.31167/csef.v0i15.9317>
- Vergarechea M, del Río M, Gordo J et al. 2019. Spatio-temporal variation of natural regeneration in *Pinus pinea* and *Pinus pinaster* Mediterranean forests in Spain. *Eur. J. For. Res.* 138(2): 313-326. <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01172-8>