8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**

8CFE - 308

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cataluña | Catalunya · 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022

ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza

Masas naturales de *Pinus sylvestris* L. en el Alto Iregua (La Rioja): regeneración tras aclareo sucesivo uniforme y cortas a hecho por bosquetes

DE FRUTOS, S.[1], BENGOA, D.[3], BRAVO-FERNÁNDEZ, J.A.[1], CONDÉS, S[1]., ROIG-GÓMEZ, S.[1], RUIZ-PEINADO, R.[2], DEL RÍO, M.[2]

[1] *ECOGESFOR. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Madrid. José Antonio Novais 10. 28040 Madrid (sergio.defrutos.lopez@alumnos.upm.es).*
[2] *Centro de Investigación Forestal INIA-CSIC. Crta. de la Coruña km. 7, 28040 Madrid.*
[3] *Área Catálogo de Montes y Ordenación Territorial. Servicio de Gestión Forestal. Gobierno de La Rioja. C/ Prado Viejo, 62 bis 26007 Logroño.*

Resumen

El cambio global supone un nuevo reto para la gestión forestal, al tener que adaptarse los tratamientos de mejora y regeneración a las nuevas condiciones climáticas. Con el objetivo de valorar cómo están regenerando las masas naturales de *Pinus sylvestris* del Alto Iregua (La Rioja), se planteó el seguimiento de dos áreas, situadas en Villoslada y Ortigosa de Cameros, donde se han ejecutado cortas por aclareo sucesivo uniforme y a hecho por bosquetes, respectivamente. Algunos bosquetes, además, se han acotado al ganado. En Villoslada se han instalado 114 parcelas sistemáticamente (malla de 200 x 100m), mientras que en Ortigosa fueron 126 parcelas repartidas en transectos en 29 bosquetes. Sobre dichas parcelas, circulares de 2,5 m de radio y divididas en cuatro cuadrantes, se contabilizó la regeneración y diversas características del sitio, de la masa adulta y del ramoneo. Ambas zonas están regenerando de forma desigual, con más del 60% y 75% de parcelas con regenerado de pino y densidades medias de 9650 y 6820 pies ha^{-1} en Villoslada y Ortigosa respectivamente. Se está produciendo, asimismo, incorporación de regenerado de frondosas preexistentes, como *F. sylvatica* o *Q. pyrenaica*, en densidades apreciables incluso en cantones sin presencia de pies adultos de estas especies. En ambas zonas el ramoneo está dificultando la regeneración, tanto por porcentaje elevado de pies dañados como por la severidad de dichos daños.

Palabras clave

Selvicultura, adaptación, masas mixtas, regeneración natural, ramoneo, ganado doméstico, fauna silvestre.

1. Introducción

El pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) constituye una especie clave en las masas forestales de las montañas ibéricas, ocupando 1,28 millones de hectáreas por todo el territorio nacional, de las cuales aproximadamente la mitad son de origen natural (MONTERO et al. 2008). Las poblaciones españolas representan el límite meridional de la especie (CEBALLOS Y RUIZ DE LA TORRE 1971), lo que las hace especialmente vulnerables ante episodios climáticos adversos y al cambio global (GARCÍA-LÓPEZ y ALLUÉ 2010, BENAVIDES et al. 2013).

La regeneración natural de las masas forestales supone un momento crítico para la persistencia de las mismas, pues implica la renovación completa del vuelo en un plazo de tiempo variable a través de cortas de regeneración. El proceso de regeneración es de gran complejidad debido a las diversas fases que lo componen y los numerosos factores que condicionan cada uno de estos procesos. La regeneración natural de *P. sylvestris* en el

territorio nacional ha sido estudiada desde dos enfoques diferenciados: el primero de ellos se basa en un análisis pormenorizado de cada una de estas fases implicadas en la regeneración; mientras que el segundo, que es el que se aborda en este estudio, busca evaluar el éxito de la regeneración bajo distintas condiciones ambientales y de gestión (PARDOS et al. 2012).

Las cortas de regeneración suponen por tanto una fase crítica en la gestión forestal. La graduación de las condiciones lumínicas mediante las cortas de regeneración es uno de los grandes retos de la selvicultura por su gran complejidad. Si bien existen experiencias de regeneración natural exitosas en numerosos montes ordenados de *P. sylvestris* (HERNÁNDEZ y MONTERO 1993, BRAVO-FERNÁNDEZ et al. 2009), así como experiencias de investigación sobre cortas de regeneración repartidas por la extensa área de distribución del silvestre (DONÉS et al. 1994, VALKONEN 2000, MIINA & SAKSA 2008, BARBEITO et al. 2011), no se conoce bien qué factores determinan el éxito o fracaso de la regeneración (MONTERO et al. 2008). Por otra parte, si además se tiene en cuenta la existencia de unas condiciones climáticas cada vez más adversas que puede poner en juego la regeneración, la necesidad de investigación práctica sobre los tratamientos selvícolas más adecuados se acentúa.

La disponibilidad de semilla no se ha identificado como un factor determinante en nuestro país (CALAMA et al. 2017), aunque sí se ha observado la existencia de una cierta vecería (MONTERO et al. 2008) que podría causar problemas si coincide con otras condiciones adversas para la regeneración. La dispersión de la semilla no parece un problema hasta distancias entre 2 y 4 veces la altura del árbol (BURSCHEL & HUSS 1997), permaneciendo constante la cantidad de semilla dispersada desde posiciones bajo copa hasta tres veces la altura del árbol (CALAMA et al. 2015). El temperamento de media luz de la especie lleva a que un 35% de luz máxima incidente se haya identificado como la ideal para el regenerado de pino silvestre en estudios en el Sistema Central (CALAMA et al. 2015). Aperturas graduales como las aparejadas al aclareo sucesivo uniforme (ASU) son por tanto adecuadas para esta especie en nuestras latitudes (MONTERO et al. 2008). Sin embargo, hay que tener en cuenta las frecuentes variaciones estacionales que, incluso a pequeña escala superficial, obligan a matizar los criterios generales en cuanto a recomendaciones selvícolas.

La fase más crítica del proceso de regeneración para pino silvestre en la Península Ibérica es el establecimiento durante los primeros años de vida de la plántula (CALAMA et al. 2017). Las plántulas de pino silvestre son especialmente sensibles a la sequía estival y a las heladas tardías (BARBEITO et al. 2009), por lo que mantener la cobertura en los primeros años puede facilitar la supervivencia estival de las plántulas (PARDOS et al. 2008). Otros factores que condicionan el establecimiento de las plántulas de pino silvestre son la competencia con herbáceas y otras especies leñosas (MONTERO et al. 2008)

El ramoneo por parte tanto del ganado doméstico como de la fauna silvestre puede constituir otro factor de relevancia que condicione el éxito del proceso de regeneración. Según las condiciones meteorológicas de cada año, pues de ellas depende la producción de alimento, y en función de las cargas de ganado, de las épocas del año en que estén presentes los animales y de las querencias que tengan, el ramoneo ralentiza el crecimiento en altura del regenerado (ZAMORA et al. 2001) y puede comprometer la viabilidad de las plántulas si la afección es severa (GONZÁLEZ-MARTÍNEZ y BRAVO 2001; BRAVO-FERNANDEZ et al, 2008). Para hacer frente a este problema, una solución clásica es la de establecer acotados al ganado (GARCÍA-GÜEMES y CALAMA 2015). Sin embargo, esto puede conllevar un mayor desarrollo de la vegetación competidora, que también se ve excluida del diente del ganado.

El método de regeneración por aclareo sucesivo uniforme ha sido el más aplicado habitualmente en los pinares ibéricos de silvestre (MONTERO et al. 2008). Sin embargo, no siempre se consigue un regenerado adecuado, dado los numerosos factores bióticos y abióticos que condicionan la regeneración. Por otra parte, otro tipo de métodos orientados a promover una mayor irregularidad y diversidad de las masas, como las cortas a hecho por bosquetes pequeños, pueden presentar ventajas en determinadas circunstancias. No obstante, en nuestro país existen pocas experiencias con este tipo de cortas, y en general, con resultados no muy satisfactorios (DONÉS et al. 1994). Sin embargo, en el contexto de la selvicultura adaptativa al cambio global, este tipo de cortas están recomendadas por su capacidad para promover la diversificación estructural (BARBEITO et al. 2011) y específica (GARCÍA-GÜEMES y CALAMA 2015).

P. sylvestris es una especie que se mezcla con frecuencia con otras especies, tanto de pinos como de frondosas (SÁNCHEZ DE DIOS et al. 2019). En el caso de la Comunidad Autónoma de La Rioja, el pino silvestre se distribuye, según el 4º Inventario Forestal Nacional, en una superficie de unas 26.300 ha, tanto en masas puras como en mezclas con haya (*Fagus sylvatica* L.) y melojo *(Quercus pyrenaica* Lam.) localizadas en el sur de la Comunidad, coincidente con el Sistema Ibérico. Promover las masas mixtas existentes así como la diversificación de especies durante la regeneración de los pinares de silvestre, puede contribuir a reducir su vulnerabilidad y mejorar su adaptación al cambio climático.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es evaluar el éxito de la regeneración de *Pinus sylvestris* en el Alto Iregua (La Rioja) bajo distintos métodos de regeneración. Los objetivos específicos son:

1. Caracterizar la efectividad de dos tratamientos selvícolas, ASU y cortas a hecho por bosquetes, para regenerar masas de pino silvestre
2. Evaluar el proceso de diversificación específica que se está produciendo con los dos métodos de regeneración
3. Cuantificar los daños por ramoneo en la regeneración natural y la efectividad del acotado en cortas a hecho por bosquetes.

3. Metodología

3.1. Área de estudio

Este trabajo se ha desarrollado en dos montes de Utilidad Pública de la Comunidad Autónoma de La Rioja, en concreto, el M.U.P. nº 141 “Montes Madres”, en el T.M. de Villoslada de Cameros, y el M.U.P. nº 108 “Dehesa Boyal y Agregados”, en Ortigosa de Cameros. Ambos montes (de ahora en adelante se usará la denominación “Villoslada” para el monte 141, y “Ortigosa” para el 108, por simplicidad) presentan en la actualidad una cobertura arbórea natural de pino silvestre, mezclado en algunos cantones con haya y roble melojo.

Aunque ambos montes están ordenados desde la década de los años 20 del siglo XX, la aplicación histórica de cortas por huroneo ha generado una estructura muy desequilibrada de clases naturales de edad, con abundancia de fustales medios de pino silvestre y escasa representación de regenerado, monte bravo o latizal. Los proyectos de ordenación vigentes (5as Revisiones en ambos casos) marcan distintas formas principales de masa como objetivo, con una masa regular a través de cortas por aclareo sucesivo y

uniforme en el caso de Villoslada, y una masa irregular a través de cortas a hecho por bosquetes en Ortigosa.

En Villoslada se seleccionaron 13 cantones en regeneración, sobre los que se aplicaron cortas de ASU entre 1992 y 2013; variando el número de cortas entre una y cinco según el cantón. Las primeras cortas se ejecutaron entre 1992 y 2003, y las últimas entre 2001 y 2013, dependiendo del cantón.

En Ortigosa las cortas a hecho por bosquetes se realizaron entre 2002 y 2010, habiéndose seleccionado 29 bosquetes con forma geométrica irregular que se encuentran repartidos en 19 cantones diferentes. En 2007, 11 de esos bosquetes se acotaron al ganado silvestre (cérvidos) y doméstico (vacuno) mediante malla cinegética.

3.2. Diseño del muestreo y toma de datos

En Villoslada el inventario de la regeneración se realizó mediante muestreo sistemático con malla rectangular de 200 x 100 metros sobre los cantones estudiados, en cuyos nodos se colocaron 114 parcelas (Fig. 1). En Ortigosa el muestreo de la regeneración se dirigió exclusivamente a la superficie de los bosquetes. Dada la variabilidad en el tamaño y forma de los bosquetes, el reparto de las parcelas en cada bosquete varía, con un número de parcelas de 3 a 6 por bosquete distribuidas en uno o dos transectos (en función del tamaño del bosquete) con el fin de disponer de parcelas a distinta distancia del borde del bosquete. Se dispone de un total de 126 parcelas repartidas en los 29 bosquetes (Fig. 2).

Figura 1. Plano de situación de parcelas con límites dasocráticos (cantones) en Villoslada

Figura 2. Plano de situación de los bosquetes en Ortigosa

Las parcelas de inventario, similares en ambos montes, son circulares de radio 2,5 m y quedan divididas en cuatro cuadrantes según radios cardinales, mismo procedimiento seguido por GONZÁLEZ-MARTÍNEZ y BRAVO (1997).

La toma de datos se ha realizado entre octubre de 2019 y junio de 2020 gracias al apoyo en campo de los Agentes Forestales de La Rioja, supervisados por personal técnico del Centro de Investigación Forestal del INIA-CSIC. El protocolo de toma de datos ha sido el mismo en ambos montes, consistiendo en la medición de las principales variables fisiográficas (cota, pendiente, orientación) y ecológicas (cobertura de leñas, pinocha, herbáceas y matorral), así como el conteo de regenerado por clases de altura (A=h<0,3 m; B=0,3<h<1,3 m; C=h>1,3 m y d<2,5 cm; D=h>1,3 m y 2,5<d<7,5 cm; E=h>1,3 m y d>7,5 cm). Con respecto al ramoneo, se ha hecho conteo de pies sanos y ramoneados por clase de altura, utilizando como indicador de la intensidad de ramoneo el índice propuesto por PEREA et al. (2014). Asimismo, en el matorral presente en cada parcela se determinó la composición específica, altura media y la intensidad de ramoneo por especie. Por último, para caracterizar el nivel de cobertura arbórea (FCC y altura media), se han utilizado los vuelos disponibles de LIDAR del PNOA (2010 y 2016) en “buffers” de 10 y 25 metros alrededor de cada parcela.

2.3. Análisis

El análisis se ha realizado de forma similar en ambos montes, pero adaptándolo a las particularidades de cada tipo de corta. En primer lugar, se ha realizado una caracterización del regenerado de pino silvestre en cada monte con el fin de evaluar la idoneidad del método para la regeneración de esta especie, especie principal dominante en los dos montes. Las clases de altura iniciales se han reclasificado posteriormente en regenerado total (suma de todas las clases) y regenerado establecido (solo clases B a E), ya que se considera que las plantas de la clase A menores a 30 cm de altura no se pueden considerar como regenerado establecido. Para considerar como exitosa la regeneración se ha utilizado el límite de 2.000 pies/ha considerado como suficiente en masas del Alto Ebro

por GONZÁLEZ-MARTÍNEZ y BRAVO (1997), si bien para otros autores este límite es demasiado optimista, fijándolo en el entorno de los 10.000 pies/ha (GONZÁLEZ MOLINA 2006)

En el caso de cortas por ASU (Villoslada) se ha analizado la influencia de la fracción de cabida cubierta y de los años desde la primera y última corta realizada en la probabilidad de presencia de regenerado en la parcela y en la cantidad de regenerado, en ambos casos para el regenerado establecido. Este análisis se ha realizado mediante modelos tipo "cero inflados" que conllevan dos fases, un modelo que estima la probabilidad de existencia de regenerado más un modelo condicional que predice el número de plantas de regenerado establecido por hectárea (solo en aquellas parcelas con regeneración) basado en una distribución de Poisson truncada. Este tipo de modelos es necesario cuando hay muchas parcelas en las que la regeneración es nula. En este análisis se incluye un efecto aleatorio para el cantón para considerar la posible correlación entre las parcelas de un mismo cantón.

Posteriormente se ha analizado la diversificación de especies que ha tenido lugar bajo los dos métodos de regeneración. Para ello, se han calculado los porcentajes de regenerado de cada especie por cantón en el caso de Villoslada y por bosquete en Ortigosa.

Finalmente, se ha realizado una caracterización del ramoneo por especie, presentando los porcentajes de individuos ramoneados y un índice de ramoneo medio por cantón, media del nivel de ramoneo ponderada por el número de pies afectados por ramoneo. Con el fin de determinar si el ramoneo está condicionando la regeneración en Villoslada se ha analizado si la presencia de ramoneo en la parcela explica la probabilidad de que haya regeneración establecida. Dado que la presencia de pies dañados por ramoneo es una variable condicionada a la presencia de regenerado, se ha creado una variable nueva de ramoneo que toma valor 0 si hay matorral y/o regenerado pero ambos sin ramoneo, y es 1 si hay matorral y/o regenerado con ramoneo. Si no hay plantas sanas ni ramoneadas en matorral o regenerado no se utiliza la parcela en este análisis (quedan un total de 104 parcelas). Este análisis se ha realizado de manera análoga al análisis del efecto de la fracción de cabida cubierta y años desde la corta, aunque en este caso no se explora la influencia del ramoneo en la cantidad de regenerado por la vinculación entre las dos variables. En el caso de Ortigosa, se ha comparado la cantidad de regenerado de todas las especies, así como el porcentaje de individuos ramoneados y el índice de ramoneo, entre los bosquetes acotados y no acotados mediante un test no paramétrico U de Mann-Whitney.

4. Resultados

4.1 Caracterización de la regeneración de pino silvestre

Tomando como referencia la cifra de 2.000 pies/ha para considerar como exitosa la regeneración, un 46% de los cantones en Villoslada presentan una densidad de regenerado de *P. sylvestris* suficiente, lo que indica que en más de la mitad de los cantones de estudio la masa no está regenerando adecuadamente. El problema se agrava si consideramos densidades mínimas más exigentes, pues con un límite de 10.000 pies/ha solo dos cantones (un 15% del total) estarían regenerando bien. Tal y como se observa en la tabla 1, existen grandes diferencias en las densidades de regenerado entre cantones, con algunos incluso por encima de los 45.000 pies/ha, mientras en otros la densidad es muy escasa.

Tabla 1. Densidades medias (pies/ha) de P. sylvestris por cantones y clases de tamaño del regenerado, incluyendo también densidades medias totales y de regenerado establecido (clases B a E=Psyl_est)

Cantón	Psyl_A	Psyl_B	Psyl_C	Psyl_D	Psyl_E	Psyl_TOTAL	Psyl_est
75	736	905	396	340	679	3.056	2.320
131	1.783	0	0	0	0	1.783	0
136	1.237	0	0	73	218	1.528	291
162	722	806	1.316	1.188	340	4.372	3.650
166	424	127	0	42	382	975	551
225	1.455	4.802	873	327	36	7.493	6.038
226	0	170	170	170	340	850	850
227	13.242	7.300	764	340	255	21.901	8.659
228	5.399	917	407	509	815	8.047	2.648
253	5.659	226	0	0	0	5.885	226
254	45.437	1.055	0	0	0	46.492	1.055
289	0	0	0	278	0	278	278
290	255	255	0	0	191	701	446

Considerando que la clase A corresponde a pinos de menos de 30 cm de altura y pocos años de vida, seguramente no establecidos, solo cinco de los cantones (un 38%) tendrían regenerado establecido en densidades suficientes, dos de ellos además con problemas de distribución espacial del regenerado a tenor de los porcentajes de parcelas sin regenerado (Fig. 3).

Si se desciende a la escala de detalle de la parcela, son 50 parcelas de las 114 medidas en Villoslada (43,8%) las que superan el límite de los 2.000 pies/ha, un porcentaje similar al que ocurría en el caso de los cantones. Mientras que en el caso de regenerado establecido, son solo 29 parcelas las que superan el límite fijado (un 25% del total de parcelas). Otro dato de interés es el de las parcelas con ausencia total de regeneración, que representan el 39% y 57% de parcelas, respectivamente según se considere o no la clase A, lo que revela la dificultad de regeneración en el área de estudio. No obstante, si se considera la presencia de haya, el número de parcelas con ausencia total de regeneración se reduce al 25%. La distribución espacial de las parcelas sin regenerado de pino silvestre muestra cierto patrón espacial, como puede observarse en la figura 3, lo que indica la posible influencia de factores del sitio en el éxito o fracaso de la regeneración.

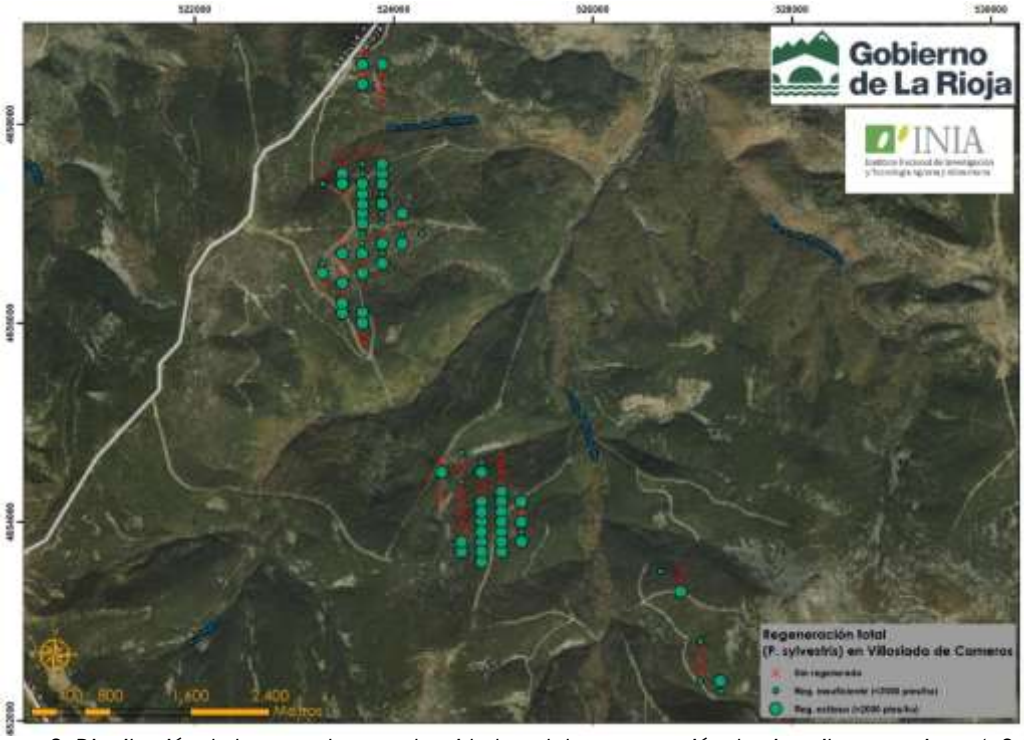

Figura 3. Distribución de las parcelas con densidad total de regeneración de pino silvestre exitosa (>2.000 pies/ha), insuficiente (<2.000 pies/ha) o sin regenerado en Villoslada de Cameros.

En cuanto al efecto de la fracción de cabida cubierta del arbolado adulto (FCC), el modelo ajustado indica que la FCC no influye en la probabilidad de presencia de regenerado en la parcela, pero sí en la cantidad de regenerado, con un efecto cuadrático (Fig. 4). La cantidad de regenerado aumenta ligeramente entre FCC=0 y FCC=27% y luego disminuye según aumenta la FCC. Los mejores resultados se han obtenido con la FCC estimada a partir del vuelo 2010 usando un radio de 10 m. La media de esta FCC en las parcelas toma un valor de 56,4%, superior al óptimo indicado, aunque hay una gran variabilidad entre parcelas (desviación estándar de 30,8), con valores desde cero a un 99%. Con respecto al número de años desde la primera y última corta, solo se ha encontrado un efecto positivo significativo (p=0.005) del número de años desde la última corta en la cantidad de regenerado, sin ningún efecto en la probabilidad de presencia de regenerado.

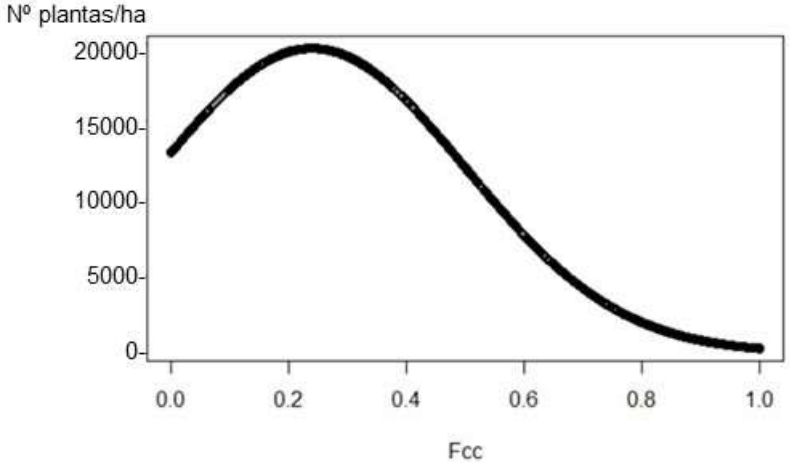

Figura 4. Villoslada (ASU). Densidad en pies/ha del regenerado estimado en función de la Fracción de cabida cubierta del arbolado adulto (Fcc, en tanto por uno).

En Ortigosa, por su parte, existen tres niveles distintos para el análisis de los resultados (parcela, bosquete y cantón). A escala cantón, encontramos que 12 de los 19 cantones alcanzan regenerado total suficiente (63%) en términos de individuos por hectárea en las superficies cortadas o bosquetes, mientras que en el caso del regenerado establecido este porcentaje solo es del 37%. Solo un cantón, el 36, no presenta regenerado alguno de pino silvestre.

A escala de bosquete, son 18 de 29 bosquetes (62%) los que alcanzan densidad de regenerado total suficiente (>2.000 pies/ha), porcentaje que desciende al 44,8% si descontamos la primera clase de tamaño de regenerado (clase A) (Tabla 2). Con un límite de 10.000 pies/ha, serían 4 bosquetes (un 14%) los que contarían con regenerado suficiente. La variabilidad entre los bosquetes es elevada, con dos bosquetes que no tienen nada de regenerado, mientras que otros alcanzan valores superiores a los 20.000 pies/ha. La distribución espacial del regenerado, tal y como se puede comprobar en la Figura 5, es bastante más homogénea que en el caso de Villoslada.

Tabla 2. Ortigosa (cortas a hecho por bosquetes). Densidades medias (en pies/ha) de P. sylvestris por bosquetes y clases de tamaño del regenerado, incluyendo también densidades medias totales y de regenerado establecido.

Bosquete	Psyl_A	Psyl_B	Psyl_C	Psyl_D	Psyl_E	Psyl_TOTAL	Psyl_Est
1	4.074	3.973	3.667	4.787	1.120	17.621	13.547
2	170	1.358	170	0	0	1.698	1.528
3	5.297	204	0	0	0	5.501	204
4	0	1.867	4.414	1.867	679	8.827	8.827
5	3.463	3.158	407	1.324	102	8.454	4.991
6	1.222	102	0	0	0	1.324	102
7	509	0	0	0	0	509	0
8	5.093	1.324	0	0	0	6.417	1.324
9	6.213	2.546	1.120	102	306	10.287	4.074
10	1.188	340	0	170	0	1.698	510
11	14.871	25.872	611	407	102	41.863	26.992
12	340	0	0	0	509	849	509
13	1.783	3.565	3.820	424	0	9.592	7.809
14	2.139	815	407	102	306	3.769	1.630
15	2.716	3.056	1.528	1.358	340	8.998	6.282
16	1.528	679	0	0	0	2.207	679
17	4.991	3.463	0	204	102	8.760	3.769
18	713	917	0	0	102	1.732	1.019
19	102	1.016	0	204	306	1.628	1.526
20	15.618	14.260	1.019	509	0	31.406	15.788
21	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0
23	306	509	407	306	102	1.630	1.324
24	170	1.867	1.019	849	170	4.075	3.905
25	102	1.019	815	713	306	2.955	2.853
26	2.750	1.426	0	0	0	4.176	1.426
27	611	2.037	815	509	102	4.074	3.463
28	0	102	0	102	204	408	408
29	5.806	1.630	306	102	1.324	9.168	3.362

A nivel parcela, se obtiene que un 50,8% de las parcelas tienen regenerado en densidad suficiente, mientras que un 37,3% de las parcelas tienen regenerado establecido suficiente. Con respecto a la falta de regeneración, un 24,6% y un 31,7% de las parcelas no tienen presencia de regenerado total o establecido, respectivamente. Estos porcentajes son en todos los casos mejores que los observados en Villoslada.

Figura 5. Distribución de las parcelas con densidad total de regeneración de pino silvestre exitosa (>2.000 pies/ha), insuficiente (<2.000 pies/ha) o sin regenerado en Ortigosa de Cameros.

4.2 Diversificación de la composición específica del regenerado

En cuanto a la composición específica del regenerado, en ambas localizaciones la presencia de haya y roble melojo es muy variable, tanto entre unidades (cantón y bosquetes) como dentro de los mismos. Teniendo en cuenta como criterio para considerar que la regeneración es mixta que la especie más representada no supere el 90% de la densidad total de regenerado (DEL RÍO y STERBA 2009), sólo 3 cantones de Villoslada se pueden considerar mixtos (un 23%), como se puede observar en la figura 6. En ninguno de los cantones se alcanzan los 10.000 pies/ha recomendados para considerar que el haya está regenerando satisfactoriamente (MADRIGAL et al. 2008, SERRADA 2011).

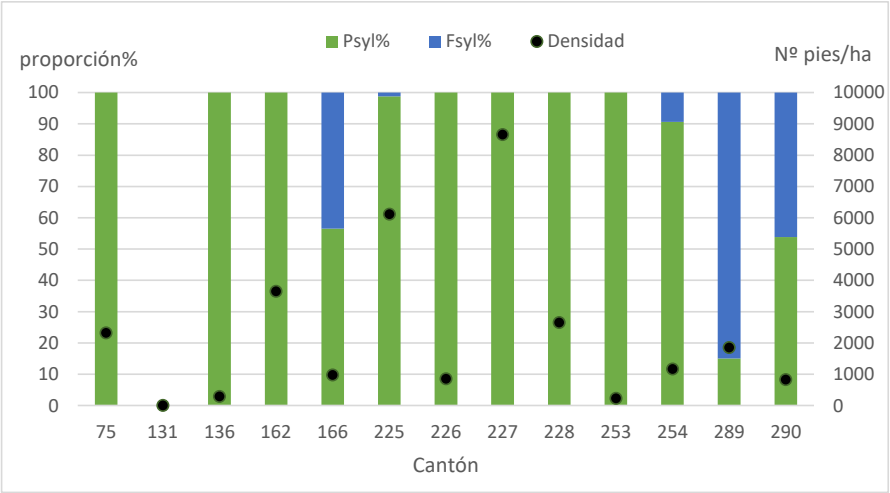

Figura 6. Composición específica de la regeneración por cantones junto con la densidad total del regenerado en Villoslada. Psyl, Pinus sylvestris; Fsyl, Fagus sylvatica.

Con el mismo criterio de composición mixta, en Ortigosa son 10 bosquetes los que pueden considerarse mixtos (34%), 16 son puros de *P. sylvestris*, 2 puros de haya (aunque con escasas densidades) y uno no tiene regenerado alguno (Fig. 7). Mientras que en Villoslada la presencia de melojo se reducía a 500 pies/ha en un cantón (no se aprecia en la Figura 3), en Ortigosa son 18 los bosquetes con regenerado de melojo, si bien se desconoce si este regenerado procede de rebrote de antiguas cepas o cepas dañadas por los trabajos de aprovechamiento, o es regenerado de nueva incorporación. Con respecto a la presencia de haya, un total de 18 bosquetes presentan individuos de esta especie, en ocho de ellos el porcentaje de haya es superior al 10%.

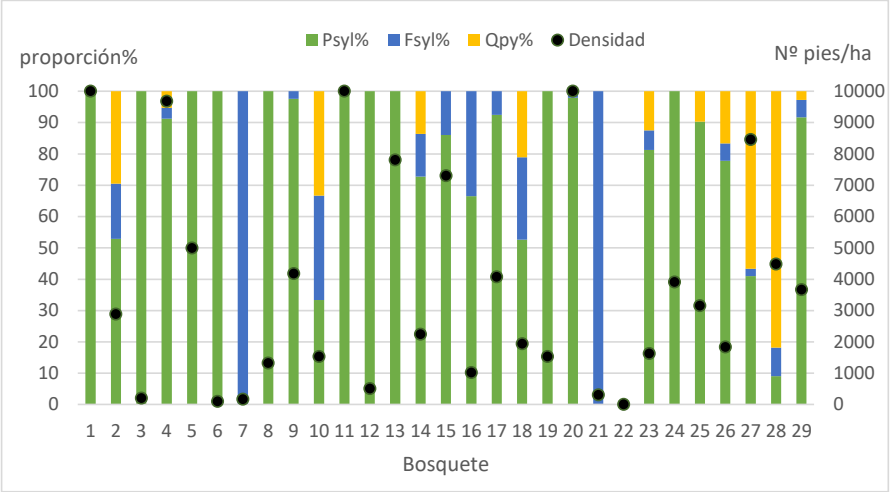

Figura 7. Composición específica de la regeneración por bosquetes junto con la densidad total del regenerado en Ortigosa. Psyl, Pinus sylvestris; Fsyl, Fagus sylvatica, Qpy, Quercus pirenaica.

4.3 Caracterización de la presencia de daños por ramoneo en el regenerado

Uno de los factores que se ha estudiado con mayor detalle es el ramoneo producido por el ganado y la fauna silvestre sobre el regenerado de las distintas especies. En la tabla 3 se presenta la densidad de regenerado total junto con el porcentaje de pies con ramoneo y el valor de índice de ramoneo medio, que pondera el nivel de ramoneo con el número de pies, en el dispositivo de Villoslada.

Tabla 3. Densidades de regenerado total, porcentaje de pies afectados por ramoneo e índice de ramoneo medio para P. sylvestris y F. sylvatica por cantón (Villoslada).

	P. sylvestris			*F. sylvatica*		
Cantón	N_reg	% ram	Ind_ram	N_reg	% ram	Ind_ram
75	3.056	27,8	2,3	0		
131	1.783	0,0		0		
136	1.528	0,0		0		
162	4.372	47,6	1,5	0		
166	975	30,4	2,1	467	0,0	0,0
225	7.493	25,7	1,9	146	25,0	3,0
226	850	20,0	2,0	0		
227	21.901	52,0	3,3	85	100,0	5,0
228	8.047	27,9	1,9	102	0,0	0,0
253	5.885	38,5	1,9	0		
254	46.492	35,5	1,3	218	33,3	3,0
289	278	0,0		2.639	14,0	
290	701	36,4	2,0	509	12,5	2,0

En el caso del pino silvestre se observa que tres de los cantones no presentan nada de ramoneo, mientras en el resto la situación es muy variable, con valores entre el 20 y el 50% en porcentaje de ramoneo, e índices de ramoneo en general no muy elevados, salvo en el cantón 227, donde se alcanzan máximos tanto de intensidad como de severidad del ramoneo, siendo además el cantón que mayor densidad de regenerado presenta. Para haya, en dos de los cantones con presencia de esta especie no se observan daños por ramoneo, a pesar de que el porcentaje de pies de silvestre dañados es superior al 25%. En los otros cantones los porcentajes de ramoneo son variables, desde el 12,5% al 100%, y en general, similares a los del pino silvestre excepto en el cantón 227. Sin embargo, la severidad del ramoneo sí es superior, algo que puede relacionarse con su mayor palatabilidad. El análisis del efecto de la presencia de ramoneo (incluyendo ramoneo en regenerado y/o matorral) sobre la probabilidad de regenerado indica que el ramoneo disminuye la probabilidad de presencia de regenerado en la parcela (p-valor =0.0012).

Para Ortigosa, en la tabla 4 se pueden observar los resultados de ramoneo para las tres especies. En este caso se presentan los valores medios, desviación estándar y valores mínimo y máximo de bosquete agrupados por tipo de bosquete, acotado o no acotado. Hay que indicar que en los bosquetes inicialmente acotados también hay presencia de ramoneo.

Tabla 4. Densidades de regenerado total, porcentaje de pies afectados por ramoneo e índice de ramoneo medio para P. sylvestris, F. sylvatica y Q. pyrenaica en Ortigosa. Se presentan la media, desviación estándar y valores mínimo y máximo por bosquete, agrupados por bosquetes acotados y no acotados.

		P. sylvestris			*F. sylvatica*			*Q. pyrenaica*		
Acotado		N_reg	% ram	Ind_ram	N_reg	% ram	Ind_ram	N_reg	% ram	Ind_ram
No	Media	7.586	62,5	2,8	317	47,7	3,2	276	56,0	3,1
	Des.	11.273	33,2	0,7	306	44,9	1,4	402	46,9	0,7
	Min.	0	0,0	2,0	0	0,0	1,0	0	0,0	2,3
	Max.	41.864	99,9	4,5	1.019	100,0	5,0	1.360	100,0	4,0
Si	Media	5.735	13,2	1,6	237	33,3	2,2	1.401	31,1	2,0
	Des.	4.972	16,0	0,8	234	47,1	0,8	2.199	47,1	1,0

	Min.	407	0,0	1,0	0	0,0	1,5	0	0,0	1,0
	Max.	17.622	45,0	3,1	815	100,0	3,0	6.723	100,0	3,0

Se observa cómo, en general, los niveles de ramoneo son superiores a los encontrados en Villoslada, con algunos bosquetes casi con un 100% de plantas afectadas. El porcentaje medio de pies afectados por ramoneo en los bosquetes no acotados es superior a los porcentajes por cantón observados en Villoslada (solo dos cantones tienen niveles comparables). Sin poder comparar cargas ganaderas de cada monte o la existencia de querencias, parece que la apertura de pequeños huecos en la masa arbolada puede tener un gran atractivo para la presencia y alimentación de los animales.

Los niveles de severidad, sin embargo, no son muy diferentes. En promedio, los bosquetes no acotados muestran mayor cantidad de regenerado de pino silvestre y haya que los acotados, aunque la variación también es mucho mayor y las diferencias no son significativas. En el caso del melojo, sí existen diferencias significativas, con más cantidad de regeneración en los bosquetes acotados ($p=0.039$ test unilateral). Como es esperable, el porcentaje de individuos ramoneados es mayor para las tres especies en los bosquetes no acotados, aunque las diferencias solo son significativas para el regenerado de pino silvestre ($p<0.001$). Del mismo modo, el índice de ramoneo es mayor en los bosquetes no acotados, con diferencias significativas para pino silvestre ($p=0.004$) y casi significativas para melojo ($p=0.073$).

Entre las tres especies, las frondosas presentan unos valores del índice de ramoneo mayor que el pino silvestre, mientras que en términos de porcentaje de plantas ramoneadas los patrones varían entre los bosquetes acotados y no acotados. En los no acotados el pino silvestre es la especie que muestra mayor porcentaje de ramoneo, probablemente por la mayor presencia de regenerado (presencia en más parcelas). En las parcelas acotadas el porcentaje de pinos silvestres ramoneados es inferior al de las frondosas. No obstante, los datos de ramoneo son muy variables entre bosquetes, tanto en los acotados como no acotados.

5. Discusión

Nuestros resultados apuntan a que existen ciertos problemas para la regeneración natural de las masas de *Pinus sylvestris* estudiadas en la comarca del Alto Iregua (La Rioja). Si bien en más de la mitad de las parcelas inventariadas se encuentran densidades superiores al límite de 2.000 pies/ha establecido por GONZÁLEZ MARTÍNEZ y BRAVO (1997) para considerar como exitoso un proceso de regeneración natural de silvestre, este porcentaje desciende si excluimos las plantas de menor talla (<30 cm), cuya vialidad es cuestionable, o si seleccionamos criterios más exigentes de densidad mínima, como el propuesto por GONZÁLEZ MOLINA (2006), bajo el cual estaríamos en el entorno del 15% de cantones (en Villoslada) y bosquetes (en Ortigosa) con regenerado suficiente.

Aún más problemático es el alto porcentaje de parcelas sin presencia de regeneración, especialmente elevado en el caso de Villoslada. El porcentaje de parcelas sin regeneración puede reflejar el comportamiento por agregados de esta especie a la hora de regenerarse (PARDOS et al. 2005), pero también puede relacionarse con la importancia de algunos factores ecológicos relevantes para el éxito de la regeneración, factores que han sido contemplados.

En Villoslada, donde se están aplicando cortas por ASU, parte de los problemas de regeneración se pueden deber a la implementación del método de regeneración. Los

resultados indican que la cantidad de regenerado aumenta con la FCC hasta alcanzar un máximo en torno al 27%, disminuyendo con FCC mayores, resultados concordantes con los encontrados por CALAMA et al. (2015), en donde se determinó un 35% como el óptimo de luz incidente para la regeneración de pino silvestre en el Sistema Central. Sin embargo, la elevada FCC promedio observada (56%), con parcelas que superan el 90%, sugiere que gran superficie de los cantones en regeneración presenta espesuras excesivas del arbolado adulto. No obstante, las diferencias en la fecha de inicio del ASU y del número de cortas entre cantones hacen necesario un análisis más detallado, aunque no se haya observado una relación directa entre la fecha de la primera corta y la presencia de regenerado. La relación positiva entre la fecha de la última corta y la cantidad de regenerado, coherente con lo encontrado en otros trabajos (GONZÁLEZ MARTÍNEZ y BRAVO 1997), que requiere la concurrencia de condiciones favorables. Estos resultados reflejan la dificultad de aplicación del ASU, ya que es difícil sistematizar la intensidad de las diferentes fases, que se deben adaptar a las condiciones concretas de cada cantón (MONTERO et al. 2008).

Además de las condiciones de luz reguladas por el ASU, la abundancia de ramoneo ha supuesto sin duda un impedimento para el éxito de la regeneración y puede ser una de las principales causas del elevado porcentaje de parcelas sin regenerado, como indican los resultados. En este sentido, cabe mencionar la presencia de pastoreo de vacuno en el monte y la elevada población de ciervos. Esta población se ha visto reducida en los últimos años debido a un brote de sarna sarcóptica, lo que podría estar relacionado con el efecto positivo de la fecha de la última corta en la cantidad de regenerado, e incide en la complejidad de la regeneración por la multitud de factores bióticos y abióticos que la condicionan (PARDOS et al 2012). Incluso cargas ganaderas medias reducidas pueden ser un factor clave en el regenerado de las masas arboladas (SCOTT et al. 2000). La existencia de querencias en los animales, la selección de la dieta hacia especies más palatables, los cambios de vegetación hacia formaciones pastables por las cortas de regeneración o la influencia de las necesidades de los animales a lo largo del año son factores que aún están por explorar en este análisis.

Las cortas a hecho por bosquetes realizadas en Ortigosa parecen adaptarse bien a las condiciones del sitio, presentando un mayor éxito de regeneración que el ASU en Villoslada. Aun así, tampoco en los bosquetes aparece regeneración suficiente de manera generalizada. El tiempo transcurrido desde las cortas a hecho –entre 10 y casi 20 años- es suficiente para considerar que la regeneración ya debería estar instalada en la mayoría de los casos, incluso teniendo en cuenta la vecería de la especie principal (MONTERO et al. 2008). El acotado de los bosquetes ha reducido la presencia y la intensidad del ramoneo, que ha influido positivamente en la densidad de plantas de melojo, indicando la mayor susceptibilidad de esta especie al ramoneo (hay que tener en cuenta que las variables de porcentaje e intensidad de ramoneo están relacionadas con la presencia de regenerado).

Comparando los resultados de diversificación de especies en el regenerado de los dos montes, las cortas a hecho por bosquetes han resultado en regenerados más diversos, aunque hay que considerar que la presencia de frondosas previa a las cortas de regeneración es mayor en Ortigosa que en Villoslada. En cualquier caso, el gradiente de condiciones ambientales provocado a pequeña escala tras la corta a hecho en el bosquete (SERRADA 2011, DE FRUTOS et al. 2019) facilita la incorporación de especies de diferentes temperamentos y requerimientos ecológicos, resultando en un porcentaje elevado de bosquetes con una composición específica mixta (Figura 7).

6. Referencias bibliográficas

BARBEITO, I.; FORTIN, M.J.; MONTES, F.; CAÑELLAS, I.; 2009. Response of pine natural regeneration to small-scale spatial variation in a managed Mediterranean mountain forest. *Appl Veg Sci* 12 488-503. https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2009.01043.x

BARBEITO, I.; LEMAY, V.; CALAMA, R.; CAÑELLAS, I.; 2011. Regeneration of Mediterranean *Pinus sylvestris* under two alternative shelterwood systems within a multiscale framework. *Can J For Res* 41(2) 341-351.

BENAVIDES, R.; RABASA, S. G.; GRANDA, E.; ESCUDERO, A.; HÓDAR, J. A.; MARTÍNEZ-VILALTA, J.; RINCÓN, A.M.; ZAMORA, R.; VALLADARES, F.; 2013. Direct and indirect effects of climate on demography and early growth of *Pinus sylvestris* at the rear edge: changing roles of biotic and abiotic factors. *PLoS One* 8(3) e59824.

BRAVO FERNÁNDEZ, J.A.; ROIG, S.; AROCA, P.; GASTÓN, A.; SERRADA, R.; 2008. Pastoreo y regeneración: condicionantes a la gestión forestal. Caso de un pinar de silvestre: monte Cabeza de Hierro (Rascafría, Madrid). En: FERNÁNDEZ-REBOLLO, P.; GÓMEZ CABRERA, A.; GUERRERO, J.E.; GARRIDO, A.; CALZADO, C.; GARCÍA-MORENO, A.M.; CARBONERO, M.D.; BLÁZQUEZ, A.; ESCUÍN, S.; CASTILLO, S. (eds.) Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas, pp. 551-557. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca.

BRAVO FERNÁNDEZ, J.A.; SERRADA HIERRO, R.; AROCA FERNÁNDEZ, M.J.; 2009. Tercera Revisión de la Ordenación del monte "Cabeza de Hierro" (Rascafría, Madrid). Actas del 5º Congreso Forestal Español. Ávila.

BURSCHEL, P.; HUSS, J.; 1997. Grundriß des Waldbaus. Parey Buchverlag, Berlin, 487 pp

CALAMA, R.; MANSO, R.; BARBEITO, I.; CAÑELLAS, I.; PARDOS, M.; 2015. Is natural regeneration a bottleneck in the performance of *Pinus sylvestris* mountain forests? Mountain Forest Management in a Changing World, Smokovce, 6-9 July.

CALAMA, R.; MANSO, R.; LUCAS-BORJA, M.E.; ESPELTA, J.M.; PIQUÉ, M.; BRAVO F.; DEL PESO, C.; PARDOS, M.; 2017. Natural regeneration in Iberian pines: A review of dynamic processes and proposals for management. *For Syst* 26:eR02S. doi: 10.5424/fs/2017262-11255.

CEBALLOS, L.; RUIZ DE LA TORRE, J.; 1971. Árboles y Arbustos de la España Peninsular. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Madrid.

DE FRUTOS, S.; FERNÁNDEZ-RAMÍREZ, S.; BARRERO, D.; MARTÍNEZ, G.; GARCÍA-PLASENCIA, S.; CASTILLA, M.A.; DEL RÍO, M.; RUIZ-PEINADO, R.; ROIG, S.; BRAVO-FERNÁNDEZ, J.A.; 2019. Buscando la diversificación estructural y específica en repoblaciones de *Pinus pinaster* Ait : Entresaca por bosquetes pequeños y corta a

hecho en dos tiempos. Cuad Soc Esp Cienc For 45(3):59–76. doi: 10.31167/csecfv0i45.19879

DEL RÍO, M.; STERBA, H.; 2009. Comparing volume growth in pure and mixed stands of *Pinus sylvestris* and *Quercus pyrenaica*. *Ann For Sci* 66:502

DONÉS J.; MONTERO G.; MADRIGAL A.; CABRERA M.; 1994. Study and characterization of *Pinus sylvestris* L. regeneration in "Pinar de Valsaín" forest. *Inves Agr: Sist Rec For* Fuera de Serie 3:141-148

GARCÍA-GÜEMES, C.; CALAMA, R.; 2015. La práctica de la selvicultura para la adaptación al cambio climático. In: Los bosques y la biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España (Herrero A, Zavala MA, eds). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Gobierno de España, Madrid, pp 501-512.

GARCÍA-LÓPEZ, J.M.; ALLUÉ, C.; 2010. Effects of climate change on the distribution of *Pinus sylvestris* L. stands in Spain. A phytoclimatic approach to defining management alternatives. *For Syst* 19(3) 329-339

GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, S.C.; BRAVO, F.; 1997. Estudio y caracterización de la regeneración natural del pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) en masas forestales del Alto Valle del Ebro. Actas del II Congreso Forestal Español, Irati (Navarra).

GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, S.C.; BRAVO, F.; 2001. Density and population structure of the natural regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the High Ebro Basin (Northern Spain). *Ann For Sci*, 58(3) 277-288.

HERNÁNDEZ A.; MONTERO G.; 1993. Evolución de la selvicultura en los montes de pino silvestre de Soria: Métodos de cortas y regeneración aplicados. I Congreso Forestal Español, Lourizán. Tomo II, pp. 511-516.

MADRIGAL, A.; CALAMA, R.; AUNÓS, A.; REQUE, J.A.; 2008. Selvicultura de *Fagus sylvatica* L. En: SERRADA, R.; MONTERO, G.; REQUE, J.A. (eds.): Compendio de selvicultura aplicada en España, pp. 155-185. INIA-FUCOVASA, Madrid.

MIINA, J.; SAKSA, T.; 2008. Predicting establishment of tree seedlings for evaluating methods of regeneration for *Pinus sylvestris*. *Scand J For Res*, 23(1), 12-27.

MONTERO, G.; DEL RÍO M.; ROIG S.; ROJO, A.; 2008. Selvicultura de *Pinus sylvestris* L. En: SERRADA, R.; MONTERO, G.; REQUE, J.A. (eds.): Compendio de selvicultura aplicada en España, pp. 503-534. INIA-FUCOVASA, Madrid.

PARDOS, M.; MONTERO, G.; CAÑELLAS, I.; RUIZ DEL CASTILLO, J.; 2005. Ecophysiology of natural regeneration of forest stands in Spain. *For Syst* 14 434-445

PARDOS, M.; MONTES, F.; CAÑELLAS I.; 2008. Spatial dynamics of natural regeneration in two differently managed *Pinus sylvestris* stands before and after silvicultural intervention using replicated spatial point patterns. *For Sci* 54 (3) 260-272.

PARDOS, M.; BRAVO, F.; GORDO, F.J.; MONTERO, G.; CALAMA, R.; 2012. La investigación en regeneración natural de las masas forestales. En: GORDO, F.J.; CALAMA, R.; PARDOS, M.; BRAVO, F.; MONTERO, G. (eds.): La regeneración natural de los pinares en los arenales de la meseta castellana, pp 17-36. Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible (Universidad de Valladolid-INIA).

PEREA, R.; PEREA GARCÍA-CALVO R.; DÍAZ-AMBRONA, C.G.; SAN MIGUEL, A.; 2014. The reintroduction of a flagship ungulate *Capra pyrenaica*: Assessing sustainability by surveying woody vegetation. Biol Cons 181:9-17. doi: 10.1016/j.biocon.2014.10.018

RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R.; SERRADA, R., LUCAS, J.A.; ALEJANO, R.; DEL RÍO, M.; TORRES, E.; CANTERO, A.; 2008. Selvicultura de *Pinus pinaster* subespecie *mesogeensis*. En: SERRADA, R.; MONTERO, G.; REQUE, J.A. (eds.): Compendio de selvicultura aplicada en España, pp. 399-430. INIA-FUCOVASA, Madrid.

SÁNCHEZ DE DIOS, R.; VELÁZQUEZ, J.C.; SAINZ OLLERO, H.; 2019. Classification and mapping of Spanish Mediterranean mixed forests. iForest 12 480-487. doi: 10.3832/ifor2817-012

SERRADA, R.; 2011. Apuntes de Selvicultura. Servicio de Publicaciones. EUIT Forestal. Madrid. 502 pp.

SCOTT, D.; WELCH, D.; THURLOW, M.; ELSTON, D. A.; 2000. Regeneration of *Pinus sylvestris* in a natural pinewood in NE Scotland following reduction in grazing by *Cervus elaphus*. *For Ecol Manage* 130(1-3) 199-211.

VALKONEN S., 2000. Effects of retained Scots pine trees on regeneration, growth, form and yield of forest stands. *Invest Agr: Sist Rec For* Fuera de Serie 1:121-145.

ZAMORA, R.; GÓMEZ, J.M.; HÓDAR, J.A.; CASTRO, J.; GARCÍA, D.; 2001. Effect of browsing by ungulates on sapling growth of Scots pine in a Mediterranean environment: consequences for forest regeneration. *For Ecol Manage* 144 33-42.